

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE DIETAS PARA RUMINANTES  
CONTENDO TORTAS ORIUNDAS DA OBTENÇÃO DO  
BIODIESEL

Autora: Cristianne dos Santos Pinto  
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

GARANHUNS  
Estado de Pernambuco  
Fevereiro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE DIETAS PARA RUMINANTES  
CONTENDO TORTAS ORIUNDAS DA OBTENÇÃO DO  
BIODIESEL

Autora: Cristianne dos Santos Pinto  
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns. Área de Concentração: Produção Animal.

GARANHUNS  
Estado de Pernambuco  
Fevereiro – 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns-PE, Brasil

P659a Pinto, Cristianne dos Santos  
Avaliação *in vitro* de dietas para ruminantes contendo  
tortas oriundas da obtenção do biodiesel / Cristianne dos  
Santos Pinto. - 2017.  
127 f.:il.

Orientador: André Luiz Rodrigues Magalhães.  
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens -  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós  
- Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns,  
BR-PE, 2017.

Inclui referências, anexo e apêndice.

1. Nutrição animal 2. Sementes 3. Animais - Alimentos  
I. Magalhães, André Luiz Rodrigues, orient. II. Título

CDD 636.0852

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE DIETAS PARA RUMINANTES  
CONTENDO TORTAS ORIUNDAS DA OBTENÇÃO DO  
BIODIESEL**

Autora: Cristianne dos Santos Pinto  
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

**TITULAÇÃO:** Mestre em Ciência Animal e Pastagens  
**Aprovada:** 24/02/2017.

---

**Prof. Dr. Robson Magno Liberal Vêras – UFRPE/UAG**  
(Examinador)

---

**Dr. Fleming Sena Campos – PNP/DFRPE/UAG/PPGCAP**  
(Examinador)

---

**Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – UFRPE/UAG/PPGCAP**  
(Orientador)

## ***Epígrafe***

*Tu, Senhor, guardará em perfeita paz aquele cujo propósito está firme, porque em  
Ti confia*

(Isaías 23:6)

*A Deus que até aqui me permitiu chegar.  
Minha tia/mãe Lêda por todo o amor e dedicação e ao meu pai “postiço” Júnior.  
Minhas primas/irmãs Camilla, Carol e Millene.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, Senhor, por me mostrar que sou protegida, guiada e iluminada pela Sua presença divina no mais íntimo do meu ser, agradeço também por me dar abrigo na tempestade e não me deixar esquecer que Você me habita e é a força que dá vida a minha alma.

À minha tia/mãe Lêda por todos os ensinamentos durante toda a minha vida. Pela compreensão, amor, carinho, atenção, incentivo e dedicação. Ao meu pai “postiço” Júnior por se fazer presente em todas as etapas da minha vida acadêmica. As minhas primas/irmãs por toda a amizade e cumplicidade durante todos os dias em que estive distante me mostrando que para os que amam a distância é só um detalhe.

À minha mãe Carmem e tia Raimunda por todo o amor e incentivo.

A todos os membros da minha família, até mesmo os mais distantes, por todo o incentivo.

À minha amiga Ana Luiza que quando mais precisei me estendeu a mão e continua sempre por perto, e a sua família que me acolheu de uma forma tão amorosa que me faltam palavras para agradecer.

Ao meu orientador, Prof. André pelos seus ensinamentos como orientador e pelos seus conselhos como amigo. Sou grata a Deus por ter participado de um grupo que me ensinou o que é companheirismo e determinação.

À minha co-orientadora Ana Lúcia pela amizade construída durante esse tempo, pela paciência e por todos os ensinamentos passados.

Aos colegas de trabalho Rayanne, Edilma, Messias, Leandro, Géssica, Italvan, Cícero, Cláudia, Juliana e Marciano por toda ajuda e conversas que me ajudaram a seguir sempre firme rumo ao meu objetivo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens por todos os ensinamentos passados.

Aos meus amigos e irmãos de laboratório, Daniel, Isis, Gislane e Jackson por fazerem dos meus dias de luta, dias de alegria também! Obrigada por toda ajuda no laboratório e fora dele também.

A todos os funcionários da UAG, em especial, aos do laboratório por toda ajuda.

À UFRPE-UAG, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens.

Ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pelo financiamento da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível a realização deste curso.

À Usina Experimental de Biocombustíveis do CETENE, localizada no município de Caetés-PE por disponibilizar o local para a coleta dos resíduos.

**A TODOS VOCÊS MINHA ETERNA GRATIDÃO!**

## **BIOGRAFIA**

Cristianne dos Santos Pinto, filha de Carmem Tereza Rodrigues dos Santos e José de Ribamar Santos Pinto, nasceu na cidade de São Luís - MA, em 06 de outubro de 1990. Em março de 2010, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) – Campus São Luís, onde desenvolveu atividades de monitoria, extensão e estágios extracurriculares em abatedouros municipais, em fazendas e no Laboratório de Nutrição Animal da UEMA. Em março de 2015, recebeu o título de Bacharel em Zootecnia. Em janeiro de 2015, ingressou no curso de especialização em Vigilância e Qualidade dos Alimentos pela Faculdade AVM (A Vez do Mestre), submetendo a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso no dia 03 de dezembro de 2016. Em agosto de 2015, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 24 de fevereiro de 2017.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>13</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>14</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>16</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 Criação de pequenos ruminantes no Semiárido</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 Produção do biodiesel</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3 Coprodutos da indústria do biodiesel</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4 Uso de subprodutos e coprodutos na alimentação de ruminantes</b> .....	<b>24</b>
<b>3. REFERÊNCIAS CITADAS</b> .....	<b>29</b>
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>36</b>
<b>EXPERIMENTO I</b> .....	<b>36</b>
<b>4.2 Geral</b> .....	<b>36</b>
<b>4.3 Específicos</b> .....	<b>36</b>
<b>EXPERIMENTO II</b> .....	<b>36</b>
<b>4.4 Geral</b> .....	<b>36</b>
<b>4.5 Específicos</b> .....	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>37</b>
<b>AVALIAÇÃO DE TORTAS ORIUNDAS DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO PARA     OBTENÇÃO DO BIODIESEL</b> .....	<b>37</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>37</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>38</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>60</b>
<b>TORTA DA SEMENTE DE GRAVIOLA (<i>Annona muricata</i>) ORIUNDA DA     EXTRAÇÃO DE ÓLEO PARA PRODUÇÃO DO BIODIESEL EM DIETAS     PARA OVINOS: AVALIAÇÕES <i>IN VITRO</i></b> .....	<b>60</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>60</b>

<b>ABSTRACT.....</b>	<b>61</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>63</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>76</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO III .....</b>	<b>100</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva de degradação <i>in vitro</i> das tortas residuais das sementes. ....	49
<b>Figura 2.</b> Curva de produção de gases <i>in vitro</i> das tortas residuais das sementes. ....	49
<b>Figura 3</b> Curvas de degradação das dietas incluindo diferentes níveis da torta de semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ). ....	71
<b>Figura 4</b> Curva de volume de gases produzidos durante incubação <i>in vitro</i> das dietas incluindo a torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ). ....	71
<b>Figura 5</b> Curvas de nitrogênio amoniacal das dietas incluindo torta de semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ). ....	73
<b>Figura 6</b> Torta da semente de maracujá ( <i>Passiflora edullis</i> ) ....	94
<b>Figura 7</b> Torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) ....	95
<b>Figura 8</b> Torta da semente de pinha ( <i>Annona squamosa</i> ). ....	95
<b>Figura 9</b> Solução A para incubação de degradabilidade e digestibilidade <i>in vitro</i> . ....	96
<b>Figura 10</b> Filtragem das amostras após cessar a fermentação ....	96
<b>Figura 11</b> Jarrinhos incubados em estufa a 39°C. ....	97

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Composição química das tortas residuais de sementes usadas na extração de óleo para produção do biodiesel .....	46
<b>Tabela 2</b> Frações dos compostos nitrogenados e dos carboidratos totais das tortas residuais de sementes usadas na extração de óleo para produção do biodiesel .....	47
<b>Tabela 3</b> Cinética de degradação e produção de gás <i>in vitro</i> das tortas residuais de sementes usadas na extração de óleo para produção do biodiesel .....	48
<b>Tabela 4</b> Exigências nutricionais para ovinos .....	65
<b>Tabela 5</b> Níveis de inclusão da torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) e composição bromatológica dos ingredientes e das dietas avaliadas <i>in vitro</i> .....	66
<b>Tabela 6</b> Cinética de degradabilidade e produção de gases total e digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> das dietas incluindo a torta de semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) .....	70
<b>Tabela 7</b> Valores médios de pH ruminal das dietas incluindo a torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) .....	72
<b>Tabela 8</b> Valores médios de N-amoniaco (mg/dL) das dietas incluindo a torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) .....	72
<b>Tabela 9</b> Composições químico-bromatológicas das tortas .....	85
<b>Tabela 10</b> Desaparecimento da matéria seca (DMS g/kg) .....	88
<b>Tabela 11</b> Produção de gases (mL) obtida em cada tempo de incubação <i>in vitro</i> .....	89
<b>Tabela 12</b> DIVMS dos ingredientes das dietas .....	90
<b>Tabela 13</b> Desaparecimento da matéria seca das dietas incluindo torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) .....	91
<b>Tabela 14</b> Produção de gases (mL) obtida em cada tempo de incubação <i>in vitro</i> das dietas incluindo a torta da semente de graviola ( <i>Annona muricata</i> ) .....	92

## RESUMO

PINTO, Cristianne dos Santos. **Avaliação *in vitro* de dietas para ruminantes contendo tortas de resíduos oriundas da obtenção do biodiesel.** 2017. 127 folhas. Defesa (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, PE.<sup>1</sup>

**Resumo:** Uma alternativa viável para alimentar os animais nas épocas secas é o uso de alimentos regionais, como os subprodutos agroindustriais, que em geral são de baixo custo, fácil aquisição e transporte. Porém, o desconhecimento da composição química e do valor nutritivo desses subprodutos, se apresenta como um desafio na área da pesquisa da produção e nutrição de ruminantes. Foram realizados dois experimentos. No experimento I objetivou-se caracterizar as tortas da semente da pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e do maracujá (*Passiflora edulis*). Coletou-se quatro amostras das tortas na Usina de Biodiesel localizada no município de Caetés-PE e foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG). Analisou-se matéria seca (MS); matéria mineral (MM); matéria orgânica (MO); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); proteína bruta (PB); lignina detergente ácido (LDA); extrato etéreo (EE); digestibilidade *in vitro* verdadeira (DIV) e estimou-se os valores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e celulose (CEL). O fracionamento dos carboidratos e proteínas foi realizado com base no Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Para a quantidade de carboidratos totais, a torta de semente de maracujá se destacou (75%), porém, a fração C (86% dos carboidratos totais) era mais evidente na mesma, contrariamente a torta da semente de pinha que apresentou menor concentração de carboidratos totais (59%), mas com a fração A+B1 (13%) mais evidente. Quanto ao fracionamento dos compostos nitrogenados, maiores teores da fração A foi constatado na torta de semente de pinha (20%). Dentre as tortas avaliadas, a torta de semente de pinha (57,6%) destacou-se com maior intensidade de degradação ruminal, seguida da torta de semente de graviola (49,2%). A digestibilidade verdadeira, também, foi maior para a torta de semente de pinha (51,7%) e a menor para torta de semente de maracujá (27,1%). O maior volume de gases produzido foi constatado nas tortas de semente de pinha e graviola (133,3 mL/g MS; 115,8 mL/g MS respectivamente). No experimento II objetivou-se avaliar a inclusão a torta de semente de graviola (*Annona muricata*) em níveis crescentes (5, 10, 15 e 20%) em dietas completas para ovinos com 20kg e ganho diário de 200g. Os ingredientes utilizados foram feno de Tifton, milho moído, palma miúda, farelo de soja, ureia e mistura mineral. Houve influência significativa ( $P < 0,05$ ) pelas dietas experimentais, apresentando efeito linear decrescente sobre os níveis de inclusão da torta de semente de graviola sobre as médias de DIVMS e para os parâmetros de degradabilidade *in vitro*, assim como para o volume total de gases produzidos. A produção total de gás ( $V_{t1}$ ), assim como o volume da produção de gases da degradação das frações de carboidratos não fibroso ( $V_{f1}$ ) e fibroso ( $V_{f2}$ ) e suas respectivas taxas de degradação diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ) conforme

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – UAG/PPGCAP/UFRPE (orientador); Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade – UAG/PPGCAP/UFRPE (coorientador); Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Teodoro – PNPd/UAG/UFRPE/PPGCAP (coorientadora).

aumentaram os níveis da torta na dieta. O *lag time* não teve influencia significativa ( $P>0,05$ ). O pH das dietas não sofreu modificações durante o período de incubação assim como as concentrações de nitrogênio amoniacal. A busca por alternativas alimentares para a produção animal é uma das mais promissoras áreas de pesquisas na nutrição animal e os resultados desta pesquisa confirmam o potencial de uso desses coprodutos da indústria do biodiesel além de mostrar que a integração da agricultura com a pecuária é importante. Deste modo, é sugerida a realização de mais estudos que demonstrem a importância e caracterizem esses resíduos da cadeia do biodiesel como alimentos alternativos para animais de produção.

**Palavras-chave:** Coprodutos. Semiárido. Torta de semente de graviola. Torta de semente de maracujá. Torta de semente de pinha

## ABSTRACT

PINTO, Cristianne dos Santos. ***In vitro* evaluation of diets for ruminants containing waste crushed from biodiesel production.** 2017. 127 sheets. Defense (Master of Animal Science and Pastures) - Rural Federal University of Pernambuco, Academic Unit of Garanhuns, PE.<sup>2</sup>

**Abstract:** A viable alternative to feed animals in dry seasons is the use of regional foods, such a agroindustrial by products, which are generally low-cost, easy to acquire and transport. However, the lack of knowledge about the chemical composition and nutritive value of these by-products is a challenge in the research area of ruminant production and nutrition. Two experiments were carried out. In the experiment I, we aimed to characterize the sweet apple (*Annona squamosa*), sour soup (*Annona muricata*) and passion fruit seeds (*Passiflora edulis*). Four samples of the crushed were collected at the Biodiesel Plant located in the municipality of Caetés-PE and were sent to the Animal Nutrition Laboratory (LANA) of the Federal Rural University of Pernambuco, Garanhuns Academic Unit (UFRPE / UAG). The dry matter (DM), mineral matter (MM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), acid detergent lignin (LDA) ethereal extract (EE), true *in vitro* digestibility (IVD), and total digestible nutrients (NDT) and cellulose (CEL) values were estimated. Fractionation of carbohydrates and proteins was performed based on the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). For the amount of total carbohydrates, the passion fruit seed crushed stood out (75%), but the fraction C (86% of the total carbohydrates) was more evident in the same, contrary to the pecan seed crushed that presented lower concentration of Total carbohydrates (59%), but with the A + B1 fraction (13%) more evident. Regarding the fractionation of nitrogen compounds, higher levels of fraction A were observed in the sweet apple seed crushed (20%). Among the evaluated crushed, sweet apple seed crushed (57.6%) was highlighted with greater intensity of ruminal degradation, followed by sour soup seed crushed (49.2%). True digestibility was also higher for sweet apple seed crushed (51.7%) and lower for passion fruit seed crushed (27.1%). The highest volume of gases produced was observed in sweet apple and sour soup (133.3 mL / g MS, 115.8 mL / g MS respectively). In the experiment II the objective was to evaluate the inclusion of sour soup seed crushed (*Annona muricata*) at increasing levels (5, 10, 15 and 20%) in complete diets for sheep with 20kg and daily gain of 200g. The ingredients used were Typhthon hay, milled corn, small palm, soybean meal, urea and mineral mix. There was a significant influence ( $P < 0.05$ ) in the experimental diets, showing a linear decreasing effect on the inclusion levels of sour soup seed on the means of IVDMD and on *in vitro* degradability parameters, as well as on the total volume of Gases produced. The total gas production ( $V_{t1}$ ), as well as the volume of the production of gases from the degradation of non-fibrous ( $V_{f1}$ ) and fibrous carbohydrate fractions ( $V_{f2}$ ) and their respective degradation rates decreased linearly ( $P < 0.05$ ) as they increased The levels of pie in the diet. The lag time had no significant influence ( $P > 0.05$ ). The pH of the diets did not change during the incubation period as well as the concentrations of ammoniacal nitrogen. The search for alternative food for animal production is one of the

---

<sup>2</sup> Committee Advisor: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – UAG/PPGCAP/UFRPE (advisor); Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade – UAG/PPGCAP/UFRPE (co-advisor); Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Teodoro - PNP/PPGCAP/UFRPE (co-advisor).

most promising areas of research in animal nutrition and the results of this research confirm the potential use of these co-products from the biodiesel industry and show that the integration of agriculture and livestock is important. Thus, it is suggested to carry out further studies demonstrating the importance and characterizing these residues of the biodiesel chain as an alternative food for production animals.

**Keywords:** Coproducts. Semi-arid. Sour soup seed crushed. Passion fruit seed crushed. Sweet apple seed crushed

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Na criação intensiva de ruminantes, os gastos com alimentação representam um dos principais componentes do custo de produção, dependendo da atividade e tipo de exploração. A busca por alimentos alternativos e de baixo valor comercial, como os resíduos e subprodutos agrícolas, representa uma forma de minimizar estes custos. Dentre os vários fatores a serem considerados na escolha de um material a ser utilizado na alimentação de ruminantes, destacam-se os seguintes: a quantidade disponível; a proximidade entre a fonte produtora e o local de consumo; as suas características nutricionais; os custos com o transporte, condicionamento e armazenagem.

A utilização de alimentos regionais alternativos (coprodutos ou subprodutos) da agroindústria, oriundos da lavoura de grãos, da fruticultura e de empresas processadoras de frutas, e de indústrias de biocombustíveis (álcool e principalmente de biodiesel) na alimentação de ruminantes tem sido amplamente estudada sob vários aspectos (valor nutritivo e digestibilidade dos alimentos, bem como o desempenho consumo, ganho de peso e conversão alimentar, parâmetros ruminais e sanguíneos dos animais, a produção e qualidade da carne ou do leite, e a viabilidade econômica deste uso (Oliveira et al., 2012).

O avanço na produção do biodiesel e a crescente preocupação mundial com o meio ambiente, juntamente com a busca por fontes de energia renováveis e pelo aproveitamento das grandes quantidades de resíduos gerados, colocam o biodiesel no centro das atenções e interesses (Oliveira et al., 2013). O Brasil é considerado um dos maiores produtores e consumidores do mundo de biodiesel com expectativas de crescimento até 2020 (Agência Nacional de Petróleo, 2012; Petrobrás, 2012). O aumento de 4 para 5% da proporção de biodiesel, na composição do óleo diesel, contribuiu para a elevação da formação de resíduos sólidos orgânicos que, uma vez tratados de forma inadequada, podem ocasionar poluição ambiental e potenciais riscos à saúde. Caso estes sejam descartados sem nenhum tratamento,

poderão comprometer o solo, a água e o ar. Em relação ao meio ambiente e às legislações cada vez mais rigorosas, é imprescindível que empresas e pessoas adotem ferramentas que minimizem os impactos decorrentes do descarte de resíduos sem tratamento ao meio ambiente. (Gentil; Serra; Castro, 2012).

Em razão do elevado teor de proteína bruta e bom valor energético os resíduos da extração de óleo para obtenção do biodiesel podem ser alimentos alternativos interessantes para animais, principalmente ruminantes, que possuem maior capacidade de degradar fibra. Contrariamente as matérias primas tradicionais utilizadas para essa produção (soja, milho e algodão, por exemplo), as alternativas a elas apresentam poucas informações sobre sua composição.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Criação de pequenos ruminantes no Semiárido**

O Nordeste brasileiro é caracterizado por possuir 70% da sua área em clima semiárido, com precipitações anuais que variam em média de 200 a 700 mm (Guerra, 2004), concentradas em um período de 3 a 4 meses do ano. A diversidade de paisagens é característica da região e a Caatinga destaca-se como o único bioma exclusivamente brasileiro, com área de 844,453 km<sup>2</sup>, ao qual cobre cerca 53% da área do Nordeste e 9,8% do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004). Estendendo-se pelos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do norte de Minas Gerais (Andrade et al., 2005).

Nessas condições, a vegetação local tende a diminuir ou anular a produção de biomassa verde, com redução concomitante do valor nutricional na maioria das vezes. Em decorrência dessa irregularidade na oferta quantiqualitativa dos recursos forrageiros, a produtividade animal, em especial a de ruminantes, se torna bastante comprometida e, segundo Carvalho (2006), situa-se em torno de 8 a 10 kg de peso corporal/ha/ano.

A estrutura fundiária predominante na região semiárida do Nordeste brasileiro é a pequena propriedade rural, onde o cultivo de culturas forrageiras convencionais em quantidade suficiente para suprir as deficiências nutricionais dos rebanhos na época seca do ano se torna uma prática inviável na maioria das vezes. No estado de Pernambuco, as propriedades possuem, em média, 17 hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012), sendo a maioria com área inferior a 10 hectares o que dificulta também, na maioria dos casos, a criação de animais de grande porte, como bovinos. Uma alternativa é a criação de pequenos ruminantes, uma vez que o aproveitamento da área e da vegetação disponível pode ser otimizada.

Alguns fatores que favorecem a caprinovinocultura no Nordeste é a sua adaptabilidade aos agroecossistemas do Semiárido, a baixa necessidade de capital inicial, a capacidade de

acumulação de renda em pequena escala, o elevado potencial de geração de ocupações produtivas, a fácil apropriação sociocultural, e, a oferta de produtos com grande apelo em novos mercados (Hollanda Júnior; Martins, 2008).

A importância dos pequenos ruminantes no Nordeste se refere aos aspectos socioeconômicos, por meio da produção de leite e de carne, oferecendo proteína de origem animal com preço acessível, para as populações de média e baixa renda, além de produzir peles que ao serem comercializadas fornecem renda (Silva; Araújo, 2000).

A intensificação da produção animal baseada no aumento da produção por indivíduo seria uma alternativa para melhorar as condições da ovinocultura, porém, isso aumentaria os custos com insumos alimentares. No que tange os sistemas intensivos de produção de ovinos de corte, a utilização de alimentos alternativos deve ser considerada, uma vez que tal decisão diminuirá os custos com os alimentos tradicionais (farelo de soja, por exemplo). Contudo, devem-se considerar alguns fatores para a escolha do material a ser utilizado na alimentação de ruminantes, como a quantidade disponível; a proximidade entre a fonte produtora e o local de consumo; as suas características nutricionais; os custos com o transporte, condicionamento e armazenagem.

O Brasil conta com cerca de 8,9 milhões de caprinos e 17,6 milhões de ovinos, sendo que 91,6% e 57,49% dos caprinos e ovinos, respectivamente, encontram-se na região Nordeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014).

O rebanho de caprinos no Nordeste é composto em sua maioria por raças nativas e animais sem padrão racial definido (SPRD), que por sua vez, apresentam expressiva rusticidade, porém deixando a desejar na produção de leite, (Fernandes et al., 1985; Silva et al., 1993). Em decorrência do número reduzido de animais mestiços especializados em produzir carne e/ou leite, a exploração econômica da caprinocultura é simplória.

Destaca-se também que os ovinos, por serem ruminantes, podem utilizar alimentos que não são consumidos pelo homem ou pelos não ruminantes, devido às intensas transformações que ocorrem nos constituintes dietéticos no rúmen. Dessa forma, a utilização de coprodutos agroindustriais de origem vegetal para os ovinos apresenta as seguintes vantagens: aumento na oferta de ingredientes tradicionalmente utilizados em rações de não ruminantes (milho e farelo de soja); possibilidade de negociação de preços com consequente otimização dos custos, já que não são *commodities* comercializadas no mercado internacional; redução da poluição ambiental, entre outras (Magalhães, 2008).

## **2.2 Produção do biodiesel**

Segundo Abdalla et al. (2008), o biodiesel é um combustível renovável e biodegradável fabricado através da transesterificação que gera ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina (produto valorizado no mercado de sabões); além de coprodutos (torta, farelo etc.) que podem constituir outras fontes de renda importantes para os produtores.

Sendo considerado um dos maiores produtores e consumidores do mundo de biodiesel (Agência Nacional de Petróleo, 2012; Petrobrás, 2012) e com os atuais 7% da proporção de biodiesel na composição do óleo diesel no Brasil acaba por contribuir para uma maior produção de resíduos orgânicos que uma vez tratados de forma inadequada, podem ocasionar poluição ambiental e potenciais riscos à saúde e, em caso de descarte sem nenhum tratamento, poderão comprometer o solo, a água e o ar.

A produção do biodiesel é proveniente principalmente de fontes tradicionais, como a soja. Porém, têm-se estudado as inferências relacionadas à produção de alimentos em contraste com a produção de biocombustíveis quando se faz uso de fontes oleaginosas comestíveis (Silitonga et al., 2011; Atabani et al., 2012).

Segundo Dharma et al. (2016), o investimento na melhoria da produção do biodiesel a partir do óleo vegetal não comestível é uma das alternativas para variar a quantidade limitada de matérias-primas tradicionais e os seus preços elevados.

Por apresentar uma grande diversidade em grãos que são fontes de extração de óleo, o Brasil tem se destacado no cenário mundial do biodiesel, o que é positivo pois o mesmo tem se mostrado um produto “ecologicamente correto, uma vez que por não apresentar enxofre em sua composição, sua queima não provoca emissão de óxidos de enxofre ( $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ ), poluentes danosos à qualidade do ar e responsáveis pela chuva ácida e quando comparado ao diesel de petróleo, o biodiesel também tem significativas vantagens ambientais, o que foi comprovado por estudos norte-americanos, em que a queima de biodiesel pode emitir em média 48% menos monóxido de carbono, 47% menos material particulado (que penetra nos pulmões) e 67% menos hidrocarbonetos (Lofrano, 2008; Mota et al., 2009; Agência Nacional de Petróleo, 2012).

### **2.3 Coprodutos da indústria do biodiesel**

Todas as matérias-primas utilizadas no processo de produção do biodiesel geram resíduos. As oleaginosas geram resíduos no campo (palhas e podas), no processo de extração (cascas, farelos e tortas) e no processo industrial (glicerina) e, de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (2015), a soja é matéria-prima mais utilizada no Brasil para a produção do biodiesel (77,71%), seguida pela gordura animal (18,76).

A viabilidade econômica dos projetos de produção de biodiesel tem sido bastante discutida entre os especialistas, onde o custo de produção (custo agrônomico e custo industrial) é um dos temas, sendo considerado como fator que possa estimular ou inibir futuros empreendimentos nesse negócio, porém estudos aprofundados que determinem o impacto dos subprodutos do biodiesel no custo total de sua produção ainda são escassos. Conforme estudo do CEPEA-ESALQ/USP, a análise de custos do biodiesel deixou clara a grande importância dos subprodutos na contabilidade final da indústria integrada do biodiesel (Barros et al., 2006).

No entanto, o gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes do biodiesel apresenta grandes potenciais e possibilidades de serem utilizados no mercado, possibilitando retornos econômicos (Gentil; Serra; Castro, 2012).

Segundo Oliveira et al. (2010), o aproveitamento dos coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel influencia diretamente a viabilidade econômica e ambiental da substituição do diesel pelo biodiesel. Os principais coprodutos são obtidos após a extração do óleo de sementes oleaginosas (tortas e farelos) e após o processo de conversão de triglicerídeos em biodiesel por meio de transesterificação (glicerina bruta), os quais somam mais de 50% da massa inicial de sementes utilizada na cadeia agroindustrial. Assim, faz-se necessário desenvolver formas de utilização destes produtos a fim de agregar renda à cadeia produtiva do biodiesel e minimizar impactos ambientais.

Uma das características mais notáveis dessas tortas e farelos é a sua diversidade química e bromatológica que podem variar em função da espécie (e/ou cultivar), dos métodos de extração e da eficácia do processamento (Oliveira et al., 2012). A utilização adequada dos coprodutos é limitada constantemente ao pouco conhecimento das suas características e valores nutricionais e seus efeitos sobre os animais, quando incluídos na alimentação animal (Meneghetti & Domingues, 2008; Oliveira et al., 2013).

#### **2.4 Uso de subprodutos e coprodutos na alimentação de ruminantes**

A produção de biodiesel a partir de plantas oleaginosas produz uma grande quantidade de coprodutos que podem ser utilizados na alimentação animal, sendo os principais a torta, se a extração do óleo for feita por prensagem (extração física), ou o farelo, quando o material é submetido à extração com solventes (extração química), após o processo de extração física (Severino, 2005; Bonfim et al., 2007).

De acordo com Abdalla et al. (2008), as características nutricionais dos resíduos gerados na extração do óleo não são conhecidas e não apresentam um valor agregado exceto algumas

culturas já estabelecidas, como a soja, algodão e girassol. Logo, pesquisas afins de caracterizar esses coprodutos são necessárias, propiciando maior valor agregado de forma que o produtor possa comercializar também os resíduos de sua cultura.

Ainda segundo os mesmos autores, atualmente, os principais empregos das tortas são adubação orgânica, geração de energia e alimentação animal. Ao se considerar a alimentação animal como o elo entre a produção de biodiesel e a produção animal, a inclusão deste subproduto na alimentação de ruminantes implicará no aumento da produtividade, além de resultar em menor emissão de gases de efeito estufa pelos animais, gerando créditos de carbono e atendendo ao interesse da iniciativa privada.

Deste modo, o biocombustível é o caminho para maior equilíbrio entre a produção e o consumo de CO<sub>2</sub> na natureza que além disso propiciará o crescimento do cultivo de plantas oleaginosas e, portanto, a inserção no mercado de maior número de indústrias que beneficiem resíduos do processo e que forneçam novas matérias primas (Schneider et al., 2006).

Alguns pontos devem ser considerados quando se avalia coprodutos da extração de óleo. Primeiro, dependendo do método de extração, o teor de óleo no coproduto pode ser bastante variável. Se por um lado, a presença do óleo eleva o valor de energia das dietas e, na maioria das vezes, melhora o perfil da gordura presente nos produtos animais. Por outro, pode reduzir o consumo voluntário e a produção pela interferência na digestão da fibra ou palatabilidade das dietas (Bomfim; Silva; Santos, 2009).

As tortas oriundas da produção de biodiesel apresentam consideráveis concentrações de proteína e extrato etéreo, que as caracterizam como alimentos proteicos e/ou energéticos, capazes de permitir o atendimento das exigências nutricionais destas frações pelos animais o que permite sua utilização na alimentação de ruminantes (Oliveira et al., 2012).

A busca de alternativas alimentares para os sistemas de produção animal é uma das mais promissoras áreas de pesquisas na nutrição animal. O interesse da sociedade em reduzir os

danos causados ao meio ambiente e a tentativa de evitar todo e qualquer tipo de desperdício, torna a integração das atividades da agricultura com a pecuária cada vez mais importante (Barreto, 2008).

Segundo Goes et al. (2010), o milho e o farelo de soja são os dois principais alimentos utilizados na alimentação para ruminantes. O custo da produção desses alimentos é proporcional ao custo dos mesmos, logo a utilização de alimentos alternativos de boa qualidade, com menor custo e que mantenha o patamar atual de produção de rebanhos se torna necessária. O beneficiamento de produtos agroindustriais também é uma alternativa, pois produz resíduos que contribuem com alternativas para o sistema de produção de ruminantes. Nos últimos anos, o interesse por oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel tem se intensificado.

Entretanto, as implicações do uso de alguns destes produtos, sejam elas positivas ou negativas, apesar de importantes, são ainda pouco conhecidas ou até mesmo desconhecidas para alguns alimentos. As características nutritivas desses coprodutos é um ponto extremamente importante para a sua inclusão na alimentação animal. Além disso, para que se possa incorporá-los em rações para ruminantes, faz-se necessárias suas caracterizações, o conhecimento prévio de suas composições bromatológicas, a aceitabilidade pelos animais e o consequente desempenho e eficiência de conversão alimentar.

Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de mitigar os impactos ambientais gerados pela indústria do biodiesel dando um destino adequado aos seus resíduos e aliado a isso a busca por alimentos alternativos para a produção animal. Em pesquisa sobre dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel na alimentação de novilhos, Correia et al. (2011) afirmaram que dietas contendo torta de amendoim no concentrado são uma alternativa de substituição dos componentes proteicos das misturas concentradas. De acordo com Azevedo e Lima (2001), a torta de mamona apresenta elevado teor proteico, e dependendo das condições

de cultivo e da semente, para cada tonelada de óleo extraída há a produção de 1,2 toneladas de torta.

A torta da macaúba, resíduo da extração do óleo da polpa do fruto, pode ser um coproduto viável para a alimentação de ovinos, em razão da disponibilidade da palmeira (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.). Análises químicas preliminares, realizadas nas tortas residuais do coco da macaúba, mostram que este coproduto poderia ser aproveitado na alimentação de ruminantes, principalmente pelo maior teor de gordura em comparação ao milho (Barreto, 2008).

Estudos feitos por Silva et al. (2014) confirmaram a utilização das tortas de girassol, licuri e mamona como concentrados proteicos. Esses autores avaliaram a torta de amendoim e concluíram com base nos teores de PB, NDT e DIVMS, que a mesma é considerada um alimento completo para alimentação animal.

Ahmed e Abdalla (2005) avaliaram a inclusão da torta de algodão na proporção de 4% da dieta para terminação de ovinos, durante 12 semanas com consumo diário de 45 g/cab/dia e verificaram que não afetou o consumo ou a digestibilidade para animais alimentados com ingredientes alternativos com ganho médio de 76 g/cab/dia. Os autores avaliaram também a inclusão da torta de amendoim na proporção de 4% da dieta para terminação de ovinos durante 12 semanas, com consumo diário de torta de 44 g/cab/dia, não afetou o consumo ou a digestibilidade dos nutrientes e propiciou um ganho médio de 73 g/cab/dia. Já estudos realizados por Costa et al. (2007) mostraram que cordeiros podem ter seu volumoso de baixa qualidade substituído por torta de dendê em até 30% sem prejuízo para o consumo de matéria seca.

Carvalho (2006a) observou que a inclusão de torta de dendê em substituição ao farelo de soja não afetou parâmetros do comportamento ingestivo em ovinos alimentados com dietas compostas de capim elefante. Em um outro estudo feito com bovinos de corte, Wan Zahari et

al. (2004) suplementaram as dietas com torta de dendê rações em níveis de 30 e 50% observaram aumento no desempenho produtivo e ganho de peso. Ao compararem com as carcaças de animais alimentados à pasto, indicaram que a carne dos animais alimentados com torta de dendê era de qualidade superior.

Marcondes et al. (2009), estudando a degradação ruminal e digestibilidade potencial da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de diversos subprodutos em bovinos, incubando as amostras no rúmen por até 72 h, consideraram o farelo de babaçu como alimento energético com 95,17% de MS, 16,99% de PB, 38,46% de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), 25,01% de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e 40,18% de carboidratos não fibrosos (CNF).

Os teores elevados de FDN de coprodutos da indústria do biodiesel possibilitam sua utilização na alimentação de ruminantes como substitutos de várias forragens com base na sua cinética de fermentação ruminal (Silva et al., 2015). Castro (2012) substituiu a cana-de-açúcar pela torta de babaçu nas dietas de novilhas em níveis de 0, 10, 20 e 30%, e não observou alterações no consumo de matéria seca ou ingestão de FDN.

De acordo com pesquisas realizadas por Souza Júnior et al. (2011) sobre a digestibilidade aparente das frações fibrosas da torta de coco para ovinos, concluíram que esta possui fibra de qualidade nutricional superior à da gramínea *Brachiaria humidicola*, apresentando maior aceitabilidade para o consumo voluntário (preferência) pelos ovinos. A torta de coco apresenta características que viabilizam seu uso na suplementação alimentar de ovinos.

Silva et al. (2015) avaliaram o uso de dietas com torta de girassol e constataram que a DIVMS e DIVMO (digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica) foram alteradas, porém, não interferiram na DIVPB (digestibilidade *in vitro* da proteína bruta), mas promoveu alterações na cinética de fermentação através da avaliação pela produção de gás bem como nos parâmetros de pH e N-amoniaco. Portanto, há necessidade de se atentar quanto aos teores tanto de EE

como de FDA e de FDN da dieta, a fim de evitar influência sobre a digestibilidade e ingestão, o que poderá prejudicar o desempenho dos animais.

Sabendo que a maioria do rebanho brasileiro é mantida a pasto e que em épocas de escassez de chuva o mesmo diminui a sua qualidade e seu valor nutritivo, a busca por alimentos alternativos que visem suprir as exigências dos animais durante essa época é cada vez mais crescente. O emprego de coprodutos na alimentação animal, especialmente na nutrição de ruminantes, resultará no aumento da demanda com conseqüente redução da vantagem diferencial de preço dos ingredientes tradicionais (Oliveira et al., 2013).

Apesar da grande disponibilidade de coprodutos que serão gerados a partir do aumento da produção de biodiesel, é importante atentar aos níveis ideais de sua utilização na alimentação animal, lembrando que por serem resíduos da extração de óleo os mesmos podem ainda apresentar teores elevados, outro ponto importante são os fatores antinutricionais que podem influenciar negativamente o desempenho animal. Por fim, ao incluir esses coprodutos na alimentação de ruminantes deve-se avaliar todos os fatores que vão influenciar tanto positivo quanto negativamente.

### 3. REFERÊNCIAS CITADAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C. A.; EDUARDO, J. L. de P. 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.37, p. 258-260. Suplemento especial.
- AHMED, M.M.M.; ABDALLA, H.A. 2005. Use of different nitrogen sources in the fattening of yearling sheep. **Small Rumin.**, v.56, p.39-45.
- ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M. R. V. 2005. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, v.11, n.3, p.253-262.

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. ANP. 2012. Dados Estatísticos. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. ANP. 2015. Dados Estatísticos. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2016.
- ATABANI, A.E.; SILITONGA, A.S; BADRUDDIN, I. A.; MAHLIA, T. M. I.; MEKHILEF, S. 2012. A comprehensive review on biodiesel as na alternativa energy resource and its characteristics. **Renew. Sustainable Energy Rev**, v. 16, n. 4, p. 2070-2093.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. 2001. **O agronegócio da mamona do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 350p.
- BARROS, G.S.A.C.; SILVA, A.P.; PONCHIO, L.A.; ALVES, L. R. A.; OSAKI, M.; CENAMO, M. 2006. Custos de produção de biodiesel no Brasil. **Rev. Política Agríc.**, v.15, n.3, p.36-50.
- BARRETO, S. M. P. 2008. **Avaliação dos níveis de inclusão da torta de macaúba (*Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) na alimentação de caprinos**. 102p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros-MG.
- BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. 2007. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 3, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SIMCORTE, p. 1-21.
- BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. dos. 2009. Pontencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnol. Ciênc. Agropec.**, v.3, n.4, p.15-26, dez. 2009.

- CARVALHO, E. M. 2006a. **Torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) em substituição ao feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) na alimentação de ovinos.** 2006. 120f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Setor de Ciências Agrárias, UESB. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga-BA.
- CARVALHO, F. C. 2006b. Estado da arte, do conhecimento e da prática dos sistemas agroflorestais pecuários na região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, PB. p.512-534.
- CASTRO, K. J. 2012. **Torta de babaçu: consumo, digestibilidade, desempenho, energia metabolizável, energia líquida e produção de metano em ruminantes.** 2012. 89f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CORREIA, B.R.; OLIVEIRA, R.L.; JAEGER, S.M.P.L.; BAGALDO A.R.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVEIRA, G.J.C.; LIMA, F.H.S.; OLIVEIRA, P.A. Consumo, digestibilidade e pH ruminal de novilhos submetidos a dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel em substituição ao farelo de soja. 2011. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.2, p.356-363.
- COSTA, D.A. da; SALIBA, E.O.S.; FERREIRA, L.M.A. 2007. Consumo das frações fibrosas da torta de dendê. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 27, 2007. Londrina. **Anais...** Universidade Estadual de Londrina. CD-ROM.
- DHARMA, S.; MASJUKI, H. H.; ONG, H. C.; SEBAYANG, A. H.; SILITONGA, A.S.; KUSUMO, F.; MAHLIA, T. M. I. 2016. Optimization of biodiesel production process for mixed *Jatropha curcas-Ceiba pentandra* biodiesel using response surface methodology. **Energy Convers. Management.** v.115, p. 178-190.

- FERNANDES, A. A. O.; MACHADO, F. H. F.; ANDRADE, J. M. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; SHELTON, M.; PANT, K. P. 1985. Efeito do cruzamento sobre o crescimento de caprinos no Ceará. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 20, n. 1, p.109-114.
- GENTIL, R. de M.; SERRA, J. C. V.; CASTRO, R. B. de. 2012. Resíduos sólidos orgânicos provenientes da extração de oleaginosas para biodiesel e seus potenciais de uso. **Geoambiente on-line**, n. 18, p. 127-142, jan./jun.
- GOES, R.; SOUZA, K.; PATUSSI, R.; CORNELIO, T.; OLIVEIRA, E.; BRABES, K. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. 2010. **Acta Sci. Anim. Sci.**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277.
- GUERRA, P; NUNES, F.; COSTA, E. 2004. **Projeto relatório técnico**. RECIFE: DATAMÉTRICA. 110p.
- HOLANDA JÚNIOR, V.; MARTINS, E. C. 2008. Análise da produção e do mercado de produtos caprinos e ovinos: o caso do território do sertão do Pajeú em Pernambuco. Infoteca EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 18 out. 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. **Mapa de biomas 756 do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. **Censo agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação – Segunda apuração**. Rio de Janeiro, 2012. 774p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. **Produção da pecuária municipal 2014**. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=251400&idtema=147&search=paraiba|sao-joao-do-cariri|pecuaria-2014>. Acesso em 30 out. 2016.

- LOFRANO, R.C.Z. Uma revisão sobre biodiesel. 2008. **Rev. Cient. UNIFAE**, v. 2, n.2, São João da Boa Vista.
- MAGALHÃES, A.L.R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A.C.; MELLO, R.; DETMANN, E.; PEREIRA, J.C. 2008. Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e eficiência de alimentação. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 3, p. 529-537.
- MARCONDES, M.I; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. 2009. Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.38, n.11, p. 2247-2257.
- MENEGHETTI, C.C.; DOMINGUES, J.L. 2008. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Rev. Eletrôn. Nutrit.**, v.5, p.512-536.
- MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X.; GONÇALVES, V. L. C. 2009. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Rev. Quím. Nova**, v.32, n.3, p.639-648.
- OLIVEIRA, A.S.; PINA, D.S.; CAMPOS, J.M.S. 2010. Coprodutos do biodiesel na alimentação de ruminantes. In: V Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, III Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. **Anais...** Viçosa-MG: UFV, v.1, p.419-462.
- OLIVEIRA, R.L.; CÂNDIDO, E.P.; LEÃO, A.G. A nutrição de ruminantes no Brasil. **In: TÓPICOS ESPECIAIS EM CIÊNCIA ANIMAL I - COLETÂNEA DA I JORNADA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**, 2012, 169p.

- OLIVEIRA, R. L.; LEÃO, A. G.; ABREU, L. L. DE . ; TEIXEIRA, S.; SILVA, T. M. Alimentos Alternativos na Dieta de Ruminantes. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.15, n.2, p.141-160, 2013.
- OLIVEIRA, J.S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; MULLER, M.D. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.509-512, mar, 2013.
- PETROBÁS. **Biocombustível**. 2012. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/biocombustiveis/>>. Acesso em: 08 nov. 2016.
- SEVERINO, L.S. 2005. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Documento, 134). 31p.
- SCHNEIDER, R.C.S.; RODRIGUES, A. L.; MAHLMANN, C. M.; BALBINOT, N.; RADKTE, L.; BERGONSKI, R. 2006. **Obtenção e caracterização de compósitos de termoplásticos e resíduos da produção de óleo de girassol**. 17º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, Foz do Iguaçu.
- SILITONGA, A.S.; ATABANI, A.E.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H.; BADRUDDIN, I. A.; MEKHILEF, S. 2011. A review on prospecto f *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3733-3756.
- SILVA, F. L. R. da; ARAÚJO, A, M. de. 2000. Desempenho produtivo em caprinos mestiços no semiárido do Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Zootec.** v. 29. n. 4. p. 1028-1035.
- SILVA, F.L.R.; FIGUEIREDO, E.A.P.; SIMPLÍCIO, A.A.; BARBIERI, M. E.; ARRUDA, F. A. V. 1993. Parâmetros genéticos e fenotípicos para pesos de caprinos nativos e exóticos criados no Nordeste do Brasil, na fase de crescimento. **Rev. Soc. Bras. Zootec.** v. 22, n. 2, p. 350-359.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEÃO, A. G. 2014. Valor nutricional de resíduos

- da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunic. Scient.**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 370-379, out/dez.
- SILVA, A. L. da.; MARCONDES, I. M.; VELOSO, C. M.; SOUSA, F. C. de.; KNUPP, L. S. 2015. Simulation of rumen fermentation kinetics of by-products from the biodiesel industry with *in vitro* gas production technique. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 6, p. 3851-3862, nov./dez.
- SILVA, L. H. X.; GOES, R. H. T. B.; CARNEIRO, M. M. Y.; BURIN, P. C.; OLIVEIRA, E. R.; SOUZA, K. A.; ITAVO, L. C. V.; BRANCO, A. F.; OLIVEIRA, R. T. 2015. Produção total de gases e degradabilidade *in vitro* de dietas com torta de girassol. **Arch. Zootec.**, v.64, n.248, p.365-371.
- SILVA SOBRINHO, A.G. 1997. **Criação de ovinos**. Jaboticabal: Funep. 203p.
- SOUZA JÚNIOR, L. de; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B.; SANTOS, N. de F. A. dos; FERREIRA, G. D. G.; GARCIA, A. R.; NAHÚM, B. de S. 2011. Ingestão de alimentos e digestibilidade aparente das frações fibrosas da torta de coco para ovinos. **Acta Sci. Anim. Sci.** v.33, n.2, p.169-174.
- WAN ZAHARI, M.; ALIMON, A. R. 2001. **Use of palm kernel cake and oil palm by products in Washington**. [S.l.: s.n.]. p. 289.

## 4. OBJETIVOS

### EXPERIMENTO I

#### 4.2 Geral

Avaliar a composição bromatológica das tortas oriundas da extração de óleo para produção do biodiesel das sementes de pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e do maracujá (*Passiflora edulis*).

#### 4.3 Específicos

- Caracterizar bromatologicamente as tortas de resíduos da produção de biodiesel;
- Avaliar a digestibilidade *in vitro* verdadeira;
- Determinar a cinética de produção de gás *in vitro*;
- Determinar a cinética de degradação ruminal *in vitro*.

### EXPERIMENTO II

#### 4.4 Geral

- Avaliar a inclusão de diferentes níveis da torta de semente de graviola (*Annona muricata*) em níveis crescentes na dieta para ovinos.

#### 4.5 Específicos

- Avaliar a digestibilidade *in vitro* verdadeira;
- Determinar a cinética de produção de gás *in vitro*;
- Determinar a cinética de degradação ruminal *in vitro*;
- Determinar a concentração de nitrogênio amoniacal e pH *in vitro*.

## CAPÍTULO 1

### AValiação de Tortas Oriundas da Extração de Óleo para Obtenção do Biodiesel

#### RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição bromatológica, fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados, os parâmetros da digestibilidade da matéria seca (DIVMS), a cinética da produção cumulativa de gases e parâmetros da fermentação ruminal, utilizando-se a técnica *in vitro*, das tortas de resíduos da produção de biodiesel. As tortas avaliadas foram a da semente da pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e do maracujá (*Passiflora edulis*). Coletou-se quatro amostras das tortas na Usina Experimental de Biodiesel localizada no município de Caetés-PE e encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), onde foram secas a 55°C em estufas de circulação forçada e moídas em moinhos de facas com peneiras de 1 mm para as amostras destinadas à caracterização bromatológica e 2 mm para as análises de digestibilidade *in vitro* verdadeira, cinética de degradação e produção de gases *in vitro*. Analisou-se matéria seca (MS); matéria mineral (MM); matéria orgânica (MO); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); proteína bruta (PB); lignina detergente ácido (LDA); extrato etéreo (EE); digestibilidade *in vitro* verdadeira (DIV); cinética de gradação e produção de gases *in vitro* e estimou-se os valores de hemicelulose (HEM), de celulose (CEL), de carboidratos totais (CHO), de carboidratos não fibrosos (CNF), dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia digestível (ED). O fracionamento dos carboidratos e proteínas foi realizado com base no Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). A quantidade de CNF e a fração A+B1 não diferiu estatisticamente entre as tortas ( $P>0,05$ ). A torta de semente da graviola com 253,0 g/kg de CHOT apresentou maior teor da fração B2 (fração de lenra degradação). A fração C (fração indisponível) foi maior para a torta de semente de maracujá (860,0 g/kg de CHOT). A torta de semente de pinha (*Annona squamosa*) apresentou maiores concentrações de proteína bruta (216,7 g/kg de MS). Não houve diferença estatística entre as tortas nas frações A e B3 ( $P>0,05$ ). A degradabilidade potencial das tortas de semente de pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e maracujá (*Passiflora edulis*) foram de 529,8; 385,2 e 239,6 g/kg de MS, respectivamente. A digestibilidade verdadeira foi maior para a torta de semente de pinha (*Annona squamosa*) (517,7 g/kg de MS) e a menor para torta de semente de maracujá (*Passiflora edulis*) (271,9 g/kg de MS). O maior volume de gases produzido foi constatado nas tortas de semente de pinha (*Annona squamosa*) e graviola (*Annona muricata*) (133,3 mL/g MS; 111,9 mL/g MS respectivamente). Todas as tortas avaliadas apresentam bom valor nutritivo para alimentação de ruminantes. As tortas de semente de pinha e graviola apresentaram maior produção de gases, o qual demonstra maior disponibilidade de nutrientes em nível de rúmen. As tortas da semente da pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e do maracujá (*Passiflora edulis*) podem ser incluídas em dietas para ruminantes, porém em conjunto com outros ingredientes para que possam suprir as exigências da categoria animal em questão.

**Palavras-chave:** Coprodutos. Semiárido. Torta de semente de graviola. Torta de semente de maracujá. Torta de semente de pinha

## CHAPTER 1

### EVALUATION OF CRUSHED FROM THE EXTRACTION OF OIL TO OBTAIN BIODIESEL

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical composition, carbohydrate fractionation and nitrogen compounds, dry matter digestibility parameters (DIVMS), cumulative gas production kinetics and ruminal fermentation parameters, using the *in vitro* technique of crushed of biodiesel production. The evaluated pips were the seed of the sweet apple (*Annona squamosa*), sour soup (*Annona muricata*) and passion fruit (*Passiflora edulis*). Four samples of the crushed were collected at the Biodiesel Plant located in the municipality of Caetés-PE and sent to the Laboratory of Animal Nutrition (LANA) of the Federal Rural University of Pernambuco, Garanhuns Academic Unit (UFRPE / UAG), where they were dried at 55° C in forced circulation greenhouses and milled in 1 mm sieve mills for the samples intended for the bromatological characterization and 2 mm for the analyzes of true *in vitro* digestibility, degradation kinetics and *in vitro* gas production. The dry matter (DM), mineral matter (MM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (PB), acid detergent lignin (LDA) Ethereal extract (EE); true *in vitro* digestibility (IVD); (HEM), cellulose (CEL), total carbohydrates (CHO), non-fibrous carbohydrates (CNF), total digestible nutrients (TDN) and of digestible energy (ED). Fractionation of carbohydrates and proteins was performed based on the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). The amount of CNF and the fraction A + B1 did not differ statistically between the crushed ( $P>0.05$ ). The sour soup seed crushed with 253.0 g/kg CHOT presented higher fraction B2 (fraction of slow degradation). The fraction C (fraction unavailable) was higher for the passion fruit seed crushed (860.0 g/kg CHOT). The sweet apple seed crushed (*Annona squamosa*) had higher concentrations of crude protein (216.7 g/kg DM). There was no statistical difference between the pies in fractions A and B3 ( $P>0.05$ ). The potential degradability of sweet apple (*Annona squamosa*), sour soup (*Annona muricata*) and passion fruit (*Passiflora edulis*) were 529.8; 385.2 and 239.6 g/kg of DM, respectively. True digestibility was higher for sweet apple (*Annona squamosa*) (517.7 g/kg DM) and lower for passion fruit (*Passiflora edulis*) seed crushed (271.9 g/kg DM). The highest volume of gases produced was found in sweet apple (*Annona squamosa*) and sour soup (*Annona muricata*) (133.3 mL/g MS, 111.9 mL/g MS, respectively). All the evaluated crushed present good nutritive value for ruminant feeding. The sweet apple and sour soup seedlings showed higher gas production, which shows greater availability of nutrients at the rumen level. Sweet apple (*Annona squamosa*), sour soup (*Annona muricata*) and passion fruit seeds (*Passiflora edulis*) may be included in ruminant diets but together with other ingredients to meet the requirements of the relevant animal category.

**Keywords:** Coproducts. Semi-arid. Sour soup seed crushed. Passion fruit seed crushed. Sweet apple seed crushed

## INTRODUÇÃO

A utilização de alimentos regionais alternativos oriundos das agroindústrias na alimentação de ruminantes tem sido cada vez mais estudada tanto sob os aspectos da produção animal quanto da viabilidade econômica (Oliveira et al., 2012 e 2013).

Além dos benefícios econômicos, a utilização destes resíduos como matéria-prima representaria a redução de impactos ambientais e custos nas empresas processadoras (Lousada Júnior et al., 2005). No entanto, o desconhecimento de suas possíveis aplicações tem interferido negativamente na utilização e, por vezes, gerado desperdícios. Magalhães et al. (2008) afirmaram que para se incluir esses alimentos em dietas para ruminantes, é necessário o conhecimento prévio de suas composições bromatológicas, a aceitabilidade pelos animais e o consequente desempenho e eficiência de conversão alimentar.

De acordo com Nunes et al. (2007), alguns produtores têm mantido nutricionalmente os seus rebanhos a partir da inclusão dietética de coprodutos do processamento de frutas, além do uso de ingredientes mais baratos e de fácil aquisição na região Semiárida como por exemplo o milho, o sorgo forrageiro e as leguminosas nativas. As sementes de pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e maracujá (*Passiflora edulis*), após a extração do óleo, permitem o aproveitamento da torta ou do farelo restante para a alimentação animal. Oliveira e Cáceres (2005) afirmaram que, dentro da produção de biocombustíveis, a extração do óleo por prensagem das matérias primas é a mais utilizada e geram tortas que contém aproximadamente 15% de óleo. Estas apresentam características bromatológicas e nutrientes importantes para a alimentação animal.

O Semiárido brasileiro é caracterizado pela baixa pluviosidade e irregularidade da ocorrência de chuvas, com consequente redução da oferta de alimentos para os animais ruminantes nos períodos mais secos do ano. Além disso, muitos criadores mantêm os seus rebanhos apenas para subsistência e/ou possível acréscimo na renda familiar, dada a

descapitalização da unidade produtiva, o que implica na inviabilidade da compra de ingredientes tradicionais.

A composição nutricional e a digestibilidade das tortas de semente da pinha (*Annona squamosa*), graviola (*Annona muricata*) e maracujá (*Passiflora edulis*) oriundas das usinas de biodiesel não constam na 3ª edição do trabalho intitulado Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos, editado por Valadares Filho et al. (2010), como também não estão disponíveis nas Tabelas Nordestinas de Composição de Alimentos (2011).

Diante disto, objetivou-se avaliar a composição química das tortas residuais da extração de óleo para obtenção do biodiesel, além da digestibilidade, cinética de degradação e produção de gases por meio de ensaios com uso de técnicas *in vitro*.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Local*

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), situado no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), Pernambuco, Brasil. Foram feitas as análises químicas, os ensaios de cinética de fermentação e de degradação ruminal pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gás, com diferentes tempos de incubação e digestibilidade *in vitro* verdadeira das tortas residuais da indústria de extração de óleos vegetais.

### *Coleta das amostras*

Coletou-se as amostras na Usina Experimental de Biocombustíveis pertencente ao Centro de Tecnologias de Estratégicas do Nordeste (CETENE), localizada no Município de Caetés, Pernambuco, Brasil. Após as coletas, realizou-se a pré-secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a temperatura de 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho com peneiras de crivos de 2 mm e 1 mm e, em seguida, armazenadas em potes plásticos previamente identificados.

### *Análises bromatológicas*

As análises da matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942.05), matéria mineral (MM) (942.05), proteína bruta (PB) (954.01) e extrato etéreo (EE) (Sohxlet) (920.39) foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). Para a análise de EE, foi utilizado o ingrediente controle (feno de Tifton 85 – padrão utilizado no Laboratório de Nutrição Animal) e sacos XT4 da ANKOM<sup>®</sup>. As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>c</sub>) foram de acordo com Goering & Van Soest (1970) e Van Soest et al. (1991), com modificações propostas por Senger et al. (2008). Para determinação da lignina, as amostras foram imersas em ácido sulfúrico a 72%, visando a solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA), conforme metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações:  $HEM = FDN_{c} - FDA$  e  $CEL = FDA - LDA$ , respectivamente.

Os carboidratos totais e suas frações foram quantificados de acordo com Sniffen et al. (1992), em que os carboidratos não-fibrosos (CNF), correspondentes às frações A+B1, foram obtidos pela diferença entre os CHO e a FDN<sub>c</sub>; e a fração C, pela FDN indigestível após 288 horas de incubação *in situ* (Valente et al., 2011). A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDN<sub>c</sub> e a fração C.

Os teores de nitrogênio não-proteico (NNP), ou seja, a fração A; o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados conforme metodologia descrita por Licitra et al. (1996). A fração A foi obtida pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel (residual) em ácido tricloroacético (10%). A fração B1+ B2 foi obtida através da expressão:  $B1 + B2 = 100 - (A +$

B3 + C); a fração B3 foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA e a fração C foi considerada como o NIDA.

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com o NRC (2001), por meio da equação:  $\%NDT = CNFd + PBd + (AGd \times 2,25) + FDNnd - 7$ ; sendo o valor 7 o NDT fecal metabólico; CNFd corresponde a carboidratos não fibrosos digestíveis; PBd equivale a proteína bruta digestível; AGd significa ácidos graxos digestíveis; FDNnd corresponde a FDN corrigida para nitrogênio digestível. Para o cálculo de CNFd, utilizou-se a equação:  $CNFd = 0,98 \times [100 - (\%PB + \%EE + \%FDNn + \%MM)] \times PAF$ , onde PAF é um fator de ajuste igual a 1 para todas as variedades segundo NRC (2001). Para os cálculos de PBd e AGd, utilizou-se as equações:  $PBd = PB - \exp[-1,2 \times (PIDA/PB)]$  e  $AGd = EE - 1$ , levando em consideração que para alimentos com teores de  $EE < 1$ ,  $AGd = 0$ . A FDNnd foi obtida por meio de ensaio de degradabilidade *in vitro* por 48 horas conforme NRC (2001). Para o cálculo da energia digestível (ED), foi utilizada a equação proposta pelo NRC (2001):  $ED = (CNFd/100) \times 4,2 + (FDNnd/100) \times 4,2 + (PBd/100) \times 5,6 + (AGd/100) \times 9,4 - 0,3$ .

#### *Degradabilidade in vitro*

A degradabilidade *in vitro* foi realizada de acordo com o primeiro estágio da metodologia de Tilley & Terry (1963), a partir da incubação *in vitro* de 600 mg de amostra seca ao ar, com 60 mL do meio nutritivo de Marten e Barnes (1979) (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 15 mL de inóculo coletado de dois caprinos fistulados no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze e injeção constante de gás carbônico para manutenção da anaerobiose do meio. Incubou-se nos tempos de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 e 48 horas, sendo que no tempo zero, as amostras foram submetidas apenas a lavagem com água destilada a 39°C. Nos demais tempos, os materiais foram incubados em estufa com temperatura constante de 39°C.

Atingindo-se o tempo de incubação, cessou-se a fermentação com banho de gelo e posteriormente filtrou-se em cadinhos de vidro com porosidade nº 1, previamente pesados, com

lavagem constante com água destilada. Por diferença obteve-se a degradação da matéria seca de acordo com o horário de incubação. Para estimar os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$ , utilizou-se o modelo proposto por Orskov & McDonald (1979) (1) com o auxílio do procedimento não linear do programa Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>):

$$Dp = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

Onde:

$Dp$  = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo  $t$ ;

$a$  = intervalo da curva de degradabilidade quando  $t = 0$ ;

$b$  = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado;

$c$  = taxa de degradação por ação fermentativa da fração  $b$ ;

$t$  = tempo de incubação, em horas.

Uma vez calculados os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$ , estes foram aplicados à equação proposta por Orskov e McDonald (1979) para determinar a degradabilidade efetiva de cada alimento de acordo com as taxas de passagem:

$$DE = a + \left( \frac{(b * c)}{(c + k)} \right)$$

Em que:

$DE$  = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

$k$  = corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen (0,02; 0,05 e 0,08.h<sup>-1</sup>);

#### *Digestibilidade in vitro*

A análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo Tilley & Terry (1963), com modificação proposta por Holden (1999), na qual foi incubado um grama (1 g) da dieta com 100 mL de meio nutritivo de Marten e Barnes, (1979) e 25 mL de inóculo ruminal de caprinos. Após este tempo, foram adicionados 2 mL de ácido clorídrico (6 Molar) e 1 mL de solução de pepsina (1:1000), incubando por mais 24 h. Ao término da incubação, foi feita a lavagem, conforme citado na incubação anterior.

### *Produção de gases in vitro*

Para cinética de produção de gases, foi utilizada a técnica *in vitro* com uso do transdutor de pressão, proposta por Theodorou et al. (1994). As amostras foram incubadas em frascos (160 mL), com 1,0 g de amostra, juntamente com 90 mL de meio nutritivo de Goering e Van Soest (1970), injetando CO<sub>2</sub> constantemente e 10 mL de líquido ruminal dos mesmos caprinos citados acima. Em seguida, os frascos foram vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio. Os frascos foram incubados em uma estufa com temperatura constante de 39°C. A produção cumulativa dos gases foi estimada por meio da mensuração da pressão dos gases produzidos no decorrer do processo fermentativo, utilizando-se transdutor de pressão (LOGGER AG100 - Agricer), nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42 e 48h pós-incubação.

De cada leitura, foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra. A partir da equação desenvolvida no Laboratório de Produção de Gases (-8° 90' 77" S, -36° 49' 49" W, altitude de 844 metros), os dados obtidos em PSI (pressão por polegada quadrada) foram transformados em mL para obtenção do volume de gases produzidos durante a incubação, onde observou-se que 1 PSI = 4,859 mL de gases.

$$y = 5,1612x - 0,3017$$

Onde: y é a produção de gases em mL; x é a observação da pressão em PSI.

Para determinação dos parâmetros, foi utilizado o modelo Logístico Bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994) com o auxílio do procedimento não linear misto do programa Statistical Analysis System (SAS®):

$$V_t \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4k1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4k2(t-\lambda)]}}$$

Onde:

V<sub>t</sub>= volume total de gases produzidos;

$V_{f1}$  = volume de gases produzidos pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação;

$V_{f2}$  = volume de gases produzidos pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação;

$k_1$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF);

$k_2$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF);

$t$  = tempo de fermentação;

$\lambda$  = fase de latência ou *lag time*;

### *Análises estatísticas*

Os dados das análises químicas, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados e de DIVMS foram submetidos à análise de variância utilizando o PROC GLM e as médias foram comparadas pelo teste Tukey à 0,05 de significância por meio do programa Statistical Analysis System (SAS®).

## **RESULTADOS**

### *Composição química*

As tortas das sementes de maracujá (912,8g MS/kg MN), graviola (852,5 g/kg MN) e pinha (874,9g MS/kg MN) apresentaram elevados teores de matéria seca (Tabela 1). Quanto aos teores de proteína bruta, as mesmas tortas também apresentam os maiores valores, a torta de semente de maracujá com 173,2 g/kg de MS e 216,7,0 g/kg de MS para a pinha. A matéria mineral (MM) e a matéria orgânica (MO) se apresentaram com o maior teor nas tortas de semente de pinha (22,1 g/kg de MS e 977,9 g/kg de MS) e torta da semente de maracujá (16,7 g/kg de MS e 983,3 g/kg de MS), respectivamente. Maiores concentrações de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN g/kg PB) foram encontradas para a torta de semente de pinha (479,0) e graviola (472,0) em relação à torta da semente de maracujá (206,3) que apresentou menor quantidade. As maiores quantidades de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA

g/kg PB) também foram encontrados para a torta de semente de pinha e graviola, respectivamente (324,4 e 323,2 g/kg PB). Menores teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram encontrados nas tortas de semente de pinha (515,8g/kg de MS) e graviola (561,5g/ kg de MS), contudo, a torta da semente de maracujá (677,1 g/kg de MS) apresentou maiores valores de FDNcp. Os maiores teores de fibra em detergente ácido (FDA) foram encontrados na torta da semente do maracujá (653,0 g/kg de MS) seguido da graviola (410,6 g/kg de MS) e pinha (371,1 g/kg de MS), respectivamente. A torta da semente do maracujá (426,0 g/kg de MS) também apresentou maiores concentrações de lignina (LDA). Sendo o menor valor encontrado para a torta da semente de pinha (94,5 g/kg de MS). Para o extrato etéreo, a torta da semente de graviola se destacou das demais.

**Tabela 1** Composição química das tortas residuais de sementes usadas na extração de óleo para produção do biodiesel

Variável	<i>A. muricata</i>	<i>P. edulis</i>	<i>A. squamosa</i>	EPM <sup>5</sup>	P Valor
MS <sup>1</sup>	852,5±2,9b	912,8±3,5a	874,9±18,8b	8,2	0,0003
MM <sup>2</sup>	17,3±0,5b	16,7±0,5b	22,1±1,6a	0,8	0,0002
MO <sup>2</sup>	982,7±0,5a	983,3±0,5a	977,9±1,6b	0,8	0,0002
EE <sup>2</sup>	194,6±15,5a	59,4±7,2c	165,1±12,9b	17,9	<0,0001
PB <sup>2</sup>	164,1±4,0b	173,2±4,6b	216,7±8,4a	7,1	<0,0001
PIDN <sup>3</sup>	472,0±21,7a	206,3±34,1b	479,0±14,7a	39,0	<0,0001
PIDA <sup>3</sup>	323,2±7,0a	87,0±14,1b	324,4±8,9a	33,8	<0,0001
FDNcp <sup>2</sup>	561,5±4,5b	677,1±9,1a	515,8±11,3c	20,6	<0,0001
FDA <sup>2</sup>	410,6±6,4b	653,0±7,0a	371,1±9,3c	37,6	<0,0001
HEM <sup>2</sup>	150,9±7,2a	24,1±12,9b	144,7±6,1a	17,8	<0,0001
LDA <sup>2</sup>	127,2±7,9b	426,0±7,7a	94,5±8,7c	45,0	<0,0001
CEL <sup>2</sup>	283,4±3,9a	227,0±3,0b	276,7±11,7a	7,9	<0,0001
CNF <sup>2</sup>	62,3±14,8a	73,6±2,8a	79,0±13,1a	4,1	0,2470
CHO <sup>2</sup>	623,8±13,0b	750,7±9,7a	594,8±2,9c	20,6	<0,0001
NDT <sup>2</sup>	789,1±13,7a	358,5±13,9b	804,5±14,2a	62,5	<0,0001
ED <sup>4</sup>	3,5±0,1b	1,7±0,1c	3,6±0,1a	0,3	<0,0001

MS=matéria seca; MM=matéria mineral; MO=matéria orgânica; EE=extrato etéreo; PB=proteína bruta; PIDN=proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA=proteína insolúvel em detergente ácido; FDNc=fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; FDA=fibra em detergente ácido; HEM=hemicelulose; LDA=lignina digerida em ácido; CEL=celulose; CNF=carboidratos não fibrosos; CHO=carboidratos totais; NDT=nutrientes digestíveis totais; ED=energia digestível. <sup>1</sup>g/kg na matéria natural; <sup>2</sup>g/kgMS; <sup>3</sup>g/kgPB; <sup>4</sup>Mcal/kgMS; <sup>5</sup>Erro padrão da média.

\*Letras diferentes nas linhas representam diferenças de acordo com Teste de Tukey, considerando  $\alpha=0,05$ .

### Fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados

Em relação ao fracionamento dos carboidratos, a torta da semente de maracujá e a torta da semente de graviola apresentaram os maiores teores de carboidratos totais (750,7 g/kg MS e 623,8 g/kg de MS, respectivamente) (CHOT), quando comparadas com a torta de semente de pinha (594,8 g/kg de MS) (Tabela 2). As quantidades de carboidratos não fibrosos não diferiram entre si ( $P>0,05$ ). Os maiores teores das frações A+B1 (frações de rápida e média degradação), foram encontrados para a torta de semente de pinha (132,7 g/kg CHOT). A torta de semente de graviola (253,0 g/kg de CHOT) apresentou a maior concentração da fração B2 (fração de lenta degradação). A fração C (fração não degradável no rúmen) foi encontrada em maior quantidade na torta de semente do maracujá (860,7 g/kg de CHOT).

**Tabela 2** Frações dos compostos nitrogenados e dos carboidratos totais das tortas residuais de sementes usadas na extração de óleo para produção do biodiesel

Variável	<i>A. muricata</i>	<i>P. edulis</i>	<i>A. squamosa</i>	EPM <sup>3</sup>	P Valor
	Compostos nitrogenados				
PB <sup>1</sup>	164,1±4,0b	173,2±4,6b	216,7±8,4a	7,1	<0,0001
A	130,9±23,1a	137,4±38,4a	179,8±38,4a	12,2	0,22
B1+B2	397,0±23,9b	656,3±41,3a	341,2±24,2b	42,4	<0,0001
B3	148,8±15,9a	119,3±35,3a	154,7±6,5a	8,3	0,18
C	323,3±7,0a	87,0±14,1b	324,4±8,9a	33,8	<0,0001
Carboidratos totais					
CHO <sup>1</sup>	623,8±13,0b	750,7±9,7a	594,8±2,9c	20,6	<0,0001
A+B1	99,4±21,6a	98,1±3,5a	132,7±21,7a	7,2	0,07
B2	253,0±54,5a	41,3±4,0c	160,1±25,1b	28,1	0,0001
C	647,6±39,2b	860,7±1,7a	707,2±24,1b	28,2	<0,0001

PB=Proteína bruta; A= nitrogênio não proteico; B1+B2= fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; B3= fração nitrogenada de lenta degradação; C= fração nitrogenada indisponível; CHO=carboidratos totais; A+B1= fração de rápida e média degradação; B2= fração de lenta degradação; C= fração indigerível no rúmen. <sup>1</sup>g/kg de matéria seca; <sup>2</sup>g/kgPB; <sup>3</sup>g/kg CHO. <sup>3</sup>Erro padrão da média.

\*Letras diferentes nas linhas representam diferenças de acordo com Teste de Tukey, considerando  $\alpha=0,05$ .

Para o fracionamento dos compostos nitrogenados (Tabela 2), foram encontrados maiores teores da fração A (correspondente ao nitrogênio não proteico), na torta da semente de pinha (179,8 g/kg de PB). As frações B1+B2 (frações de alta e média degradação ruminal) foram encontradas em maiores concentrações na torta de semente de maracujá (656,3 g/kg de PB). A

fração C (fração do nitrogênio que está indisponível) foi maior na torta de semente de graviola (323,3 g/kg de PB) e menor na torta de semente do maracujá (87,0 g/kg de PB).

#### *Cinética de degradação, produção de gás e digestibilidade in vitro da matéria seca*

Dentre as tortas avaliadas, a da semente de pinha apresentou maiores valores tanto na degradabilidade potencial (529,8 g/kg de MS) quanto na digestibilidade *in vitro* verdadeira (517,7 g/kg de MS), enquanto a torta da semente de maracujá (239,6 e 271,9 g/kg de MS, respectivamente) apresentou valores menores.

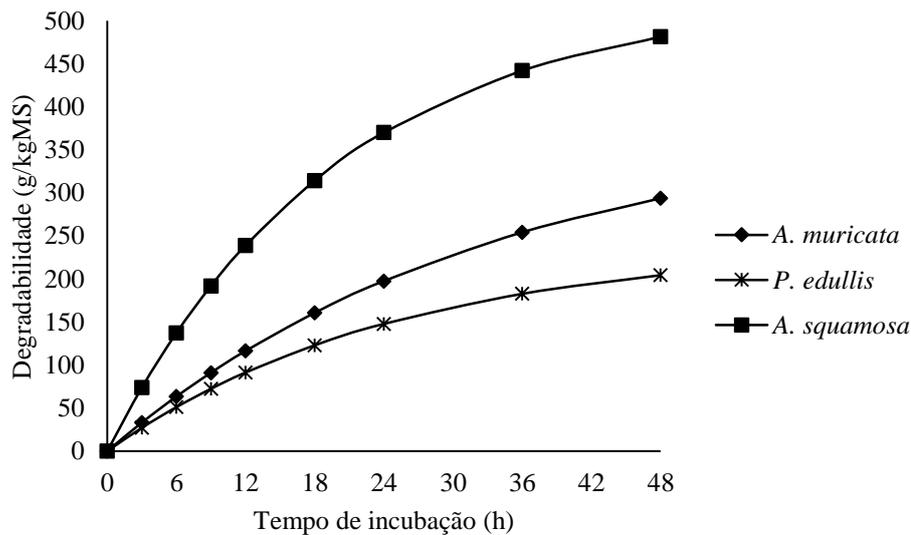
Quando avaliado o volume total de gases em mL/g de matéria seca incubada ( $V_{t1}$ ), obteve-se menor produção para a torta da semente de maracujá (46,1 mL/g de MS) e maior para a torta da semente de pinha (133,3 mL/g de MS) (Tabela 3).

**Tabela 3** Cinética de degradação e produção de gás *in vitro* das tortas residuais de sementes usadas na extração de óleo para produção do biodiesel

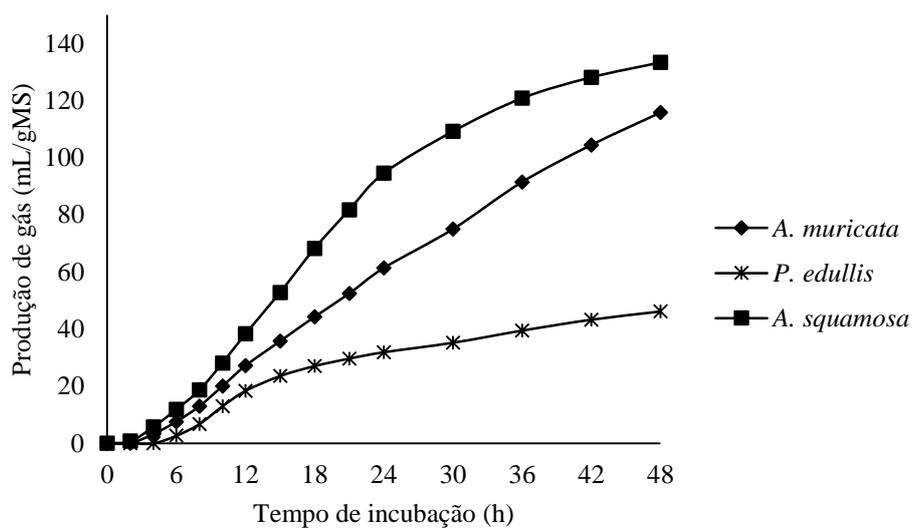
Variável	<i>A. muricata</i>	<i>P. edulis</i>	<i>A. squamosa</i>	EPM <sup>3</sup>	P Valor
	Cinética de degradação				
$a^1$	38,6±4,3a	11,9±5,4b	45,3±18,4a	5,5	0,01
$b^1$	346,5±58,9b	227,7±9,5c	484,5±24,2a	33,6	<0,0001
$c$ (h)	0,03±0,0b	0,04±0,01ab	0,05±0,01a	0,003	0,01
DE <sub>0,02</sub> <sup>1</sup>	235,4±16,1b	162,2±3,5c	385,3±18,9a	28,3	<0,0001
DE <sub>0,05</sub> <sup>1</sup>	158,6±6,9b	111,9±4,4c	280,5±21,7a	21,8	<0,0001
DE <sub>0,08</sub> <sup>1</sup>	125,0±5,5b	86,9±4,5c	225,2±22,1a	18,0	<0,0001
DP <sup>1</sup>	385,2±57,8b	239,6±4,5c	529,8±14,5a	37,3	<0,0001
DE <sub>48h</sub> <sup>1</sup>	275,4±11,1b	201,6±4,2c	464,4±14,5a	33,5	<0,0001
DIVMS <sup>1</sup>	437,3±11,5b	271,9±3,9c	517,7±26,5a	31,3	<0,0001
Cinética de produção de gases					
$V_{t1}^2$	111,9±7,4b	46,1±3,0c	133,3±7,8a	11,3	<0,0001
$V_{t2}^2$	119,0±8,0a	47,4±3,6b	133,7±8,2a	11,6	<0,0001
$V_{f1}^2$	102,1±7,7a	29,3±3,1b	98,7±6,4a	10,3	<0,0001
$k_1$ (h)	0,03±0,0a	0,03±0,0a	0,03±0,0a	0,001	0,27
$\lambda$ (h)	9,3±0,3a	7,8±0,4b	7,5±0,6b	0,3	0,002
$V_{f2}^2$	16,9±0,3b	18,0±1,0b	35,0±9,4a	3,0	0,005
$k_2$ (h)	0,24±0,01a	0,20±0,02b	0,12±0,02c	0,02	<0,0001

<sup>1</sup> $a$ ,  $b$  e  $c$  referem-se aos parâmetros de Orskov & McDonald (1979); DE = degradabilidade efetiva para taxa de passagem de 0,02; 0,05 e 0,08; Dp = degradabilidade potencial; DE<sub>48h</sub>=degradabilidade observada no tempo de 48 horas após a incubação; DIVMS= digestibilidade *in vitro* verdadeira;  $V_{t1}$  = volume total de gás observado;  $V_{t2}$  = volume total de gás ajustado pelo modelo;  $V_{f1}$  = volume de gases produzidos pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF);  $k_1$ =taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF);  $V_{f2}$  = volume de gases produzidos pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF);  $k_2$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF);  $\lambda$  = latência ou *lag time* . <sup>1</sup>g/kg de matéria seca (MS); <sup>2</sup>mL/g MS incubada; <sup>3</sup>Erro padrão da média.

\*Letras diferentes nas linhas representam diferenças de acordo com Teste de Tukey, considerando  $\alpha=0,05$ .



**Figura 1.** Curva de degradação *in vitro* das tortas residuais das sementes.



**Figura 2.** Curva de produção de gases *in vitro* das tortas residuais das sementes.

## DISCUSSÃO

Observou-se apenas 8,73; 14,75 e 12,5% de umidade nas tortas de semente de maracujá, graviola e pinha, respectivamente, ou seja, mais de 80% da matéria natural dessas tortas é matéria seca (Tabela 1), aonde está presente parte dos nutrientes que são importantes para a

alimentação animal. A obtenção do produto por prensagem para extração do óleo explica parcialmente o baixo teor de umidade.

A torta de semente de maracujá apresentou menor quantidade de EE, possivelmente explicada pelo tamanho das sementes que favorece a extração de óleo mais eficiente devido a maior superfície de contato da semente com a prensa. As demais tortas apresentaram concentrações acima do recomendado em dietas para ruminantes, lembrando que grande quantidade de gordura presente na dieta de ruminantes pode ser prejudicial aos microrganismos ruminais. Recomenda-se o limite máximo de 5% de EE, o que resulta em aumento do consumo de energia, enquanto que níveis superiores podem acarretar no comprometimento do consumo de matéria seca (Palmquist e Jenkins, 1980; NRC, 2001; Fievez et al., 2003). Sendo assim, a inclusão destes coprodutos na dieta de ruminantes precisa ser feita de forma a não exceder os níveis dietéticos de EE, assegurando-se a manutenção do ambiente ruminal saudável.

Observa-se que a torta da semente de pinha possui 216,7 g/kg de MS de proteína bruta (Tabela 1), sendo esta uma característica de alimento proteico, já que os alimentos proteicos possuem mais de 20% de PB. As tortas de semente da pinha e da graviola apresentam 67% da proteína disponível, enquanto que a torta de semente de maracujá 91%. A fração que não está disponível está ligada a fibra não digestível (Licitra et al., 1996) e os valores de proteína insolúvel na fibra em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) podem aumentar com a presença de taninos e lignina em sua composição e que afeta a degradabilidade da proteína (Braga et al, 2016).

Alimentos com mais de 18% de fibra bruta são classificados como volumosos (Andriguetto et al., 1982). Para animais ruminantes criados no Semiárido, a torta residual da pinha pode ser parcialmente utilizada como fonte de fibra (557,3 g/kg de MS), uma vez que durante os períodos de estiagens, a redução na oferta de forragens disponíveis muitas vezes compromete o atendimento das exigências nutricionais dos animais.

Nem toda FDN presente nos alimentos vai ser utilizada como fonte de energia para os ruminantes, pois parte desta pode estar ligada a lignina formando complexos de lignocelulose e a fibra fica indisponível (Getachew et al., 2004). Nas tortas de semente de pinha, pode se afirmar que a maior parte destas fibras podem ser digeridas, pois menos de 10% da MS é composta de lignina, por outro lado, da torta de semente do maracujá apresentou mais de 40% de lignina em sua composição.

A maior concentração de carboidratos totais (Tabela 2) nas tortas de semente de graviola e maracujá é reflexo dos altos teores da fração fibrosa. A fração C dos carboidratos ocorreu em maior proporção em relação às frações A+B1 e B2 para todas as tortas avaliadas, sendo a maior participação desta fração encontrada na torta da semente do maracujá (860,6 g/kg de CHOT). Segundo Van Soest (1994) a fração C dos carboidratos exerce efeito na repleção ruminal, levando a menor disponibilidade energética devido ao menor consumo potencial por unidade de tempo. Este resultado é consequência do alto teor de lignina do material, que por sua vez diminui a digestão do mesmo.

No que se refere ao fracionamento dos compostos nitrogenados, as maiores quantidades da fração A (nitrogênio não-proteico) encontradas na torta de semente de pinha (179,8 g/kg de PB) indicam a possibilidade de utilização desse coproduto como fonte de N prontamente disponível para utilização pelos microrganismos do rúmen. Ao relacioná-la com a disponibilidade de carboidratos nas frações A+B1 (Tabela 2), estas que apresentam rápida degradação ruminal, observa-se a sincronia nas taxas de degradação de N e CHO no rúmen, conforme o CNCPS (Lazzarini et al, 2009) quando da utilização desse alimento. Assim, Nocek & Russel (1988) afirmaram que quando um alimento apresenta elevado teor proteico e grande parte desta proteína encontra-se nas frações de rápida degradação, é necessário o fornecimento de uma fonte de carboidratos com alta taxa de degradação ruminal para que a síntese de proteína microbiana no rúmen seja eficiente.

A torta da semente de pinha também apresentou maior concentração para a fração B3 (154,7 g/kg de PB), e que de acordo com Licitra et al. (1996), esta fração proteica está associada à parede celular com taxa de degradação lenta no rúmen e, portanto, apresenta um elevado escape.

A torta da semente de maracujá apresentou os parâmetros de degradabilidade (Tabela 3) mais baixos para *a* (fração de rápida degradação), *b* (insolúveis, porém degradados pelos microorganismos em função do tempo de incubação) e *c* (taxa de degradação da fração *b* de acordo com o tempo de incubação) foram 11,9 g/kg de MS; 227,7 g/kg de MS e 0,04/h respectivamente. Considerando-se as taxas de passagem baixa, média e alta, observou-se que a DE foi de 162,2; 111,9 e 86,9 g/kg de MS, respectivamente. A degradação potencial foi de 239,6 g/kg de MS, que é considerada baixa, uma vez que nesse tipo de análise se estima a degradabilidade de todos os compostos possíveis de serem degradados durante o tempo total de incubação (Mizibuti et al., 2011). No que se refere a DIVMS, observou-se um valor abaixo do considerado adequado (271,9 g/kg de MS), já que menos de 30% da matéria seca presente foi aproveitada pelos microrganismos ruminais (Tabela 4).

A baixa taxa de degradação e digestibilidade da torta de semente do maracujá é explicada pela maior quantidade de carboidratos não digestíveis (parte C), que somam mais de 80% dos carboidratos totais (Tabela 2). Essa fração C dos carboidratos na verdade é composta quase na sua totalidade por compostos como a lignina e complexos de lignocelulose, que não sofrem degradação dos microrganismos ruminais.

A curva de degradação da semente de graviola difere da torta da semente de maracujá (Figura 1), fato que é explicado pelas características distintas das tortas. Apresentando uma Dp de 385,2 g/kg de MS e taxas de passagem baixa, média e alta de 235,4; 158,6 e 125,0 g/kg de MS, respectivamente e com uma DIVMS de 437,3 g/kg de MS a torta de semente de graviola

mostrou-se potencialmente viável na alimentação de ruminantes, tendo em vista as dificuldades de aquisição de alimentos nutricionalmente adequado durante as épocas de escassez.

A torta da semente de pinha (*Annona squamosa*) apresentou degradabilidade potencial de 574,0 g/kg de MS o que é considerada boa ao considerarmos que mais de 50% dos nutrientes presente na torta são passíveis de degradação no tempo de 48 horas. Considerando-se as taxas de passagem baixa, média e alta, observou-se que a DE foi de 386,8; 267,6 e 209,6 g/kg de MS, respectivamente.

Essa maior degradabilidade potencial da torta de semente de pinha pode ser explicada pela maior concentração da fração A+B1 associado com a quantidade de proteína disponível proporcionando uma fermentação mais eficiente se observarmos a mesma fração das demais tortas. Kozloski (2011) diz que para uma condição adequada de fermentação ruminal há necessidade de sincronia entre a quantidade de carboidratos e compostos nitrogenados. Com base nisso, Lazzarini et al. (2009) afirmaram que para uma adequada utilização dos constituintes fibrosos de determinado alimento, os microrganismos necessitam de níveis de PB próximos de 8%, valor este inferior aos encontrados nesta pesquisa. Em relação a DIVMS, a torta de semente de pinha se mostrou satisfatória, uma vez que um pouco mais de 50% foi aproveitada pelos microrganismos.

Na produção de gases *in vitro*, a fermentação dos CHOT gerou maior volume final de gases para a torta de semente de pinha (133,32 mL/g MS), seguida torta de semente de graviola (115,8 mL/g MS) em relação à torta de semente de maracujá (46,11 mL/g MS) (Tabela 5) o que demonstra maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais. O volume de gases total observado ( $V_{t1}$ ) foi próximo ao estimado pelo modelo bicompartimental ( $V_{t2}$ ), comprovando o ajuste do modelo. O menor volume de gases produzido pela fermentação da torta de semente do maracujá pode ter sido ocasionado pelo fato de 80% dos CHOT estarem presentes na fração C, a qual não é digestível.

O maior volume total de gases produzidos pelos CF (35,0 mL/g MS) foi da torta de semente de pinha, o que pode ser explicado pelo menor teor de lignina (94,5 g/kg de MS) em sua composição, associado ao fato dessa torta apresentar mais de 20% de PB. Lazzarini et al (2009) concluíram que para a otimização da fração fibrosa não digestível, os microrganismos necessitam de cerca de 11% de PB, lembrando que a fração C dos carboidratos da torta de semente de pinha somam cerca de 70%.

Durante os eventos iniciais da degradação ruminal, os nutrientes solúveis são responsáveis pelo maior volume dos gases produzidos. Os maiores volumes de gases produzidos pela fermentação dos CNF foram verificados para a torta da semente de graviola (102,1 mL/g MS) o que é explicada pela quantidade de CNF dela (35%) ser maior que nas demais tortas.

Considerando que os gases produzidos são resultados da degradação do alimento e que o potencial máximo desses parâmetros são pontos de avaliação da qualidade do alimento (Tomich et al., 2003), pode-se afirmar que a torta da semente de pinha apresentou melhores qualidades fermentativas, uma vez que seus potenciais máximos e sua taxa de produção de gases foram mais elevados que nas demais tortas.

## **CONCLUSÃO**

As tortas residuais das sementes de pinha, graviola e maracujá podem ser incluídas na dieta para ruminantes, sendo alternativas alimentares que podem vir a reduzir os custos com animais criados no Semiárido nas épocas de escassez. Porém, a inclusão desses alimentos deve ser acompanhada de outros ingredientes que atendam as exigências nutricionais de acordo com a categoria animal.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Usina Experimental de Biocombustíveis do CETENE no Município de Caetés-PE. Ao Banco do Nordeste do Brasil pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A. de; BONA FILHO, A. 1982. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal - os Alimentos**, Vol. I, São Paulo:Nobel, 395 p.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 1990. 18.ed. Gaithersburg, Maryland.
- BRAGA, A. P.; AMÂNCIO, A, V. DE A. F.; GONÇALVES, J. de S.; ASSIS, L. C. da S. L. C ;SOUZA, C. M. S. de ; MAIA, I. S. A da S. ; GERRA, D. G. F. 2016. Ruminant degradability of agro-industrial fruit residues. **Semin: Ciên. Agrár.**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 279-292, jan./fev.
- FIEVEZ, V.; DOHME, F.; DANNEELS, M.; RAES, K.; DEMEYER, D. 2003. Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. **Anim. Feed Sci.Technol.**, v.104, p41-58.
- GETACHEW, G.; ROBINSON, P. H.; DEPETERS, E. J.; TAYLOR, S. J. 2004. Relationship between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. **Anim. Feed Sci.Technol**, Amsterdam, v. 111, n. 1-4, p. 57-71.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).

- HOLDEN, L. A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Sci.**, v. 82, n. 8, p. 1791-1794.
- KOZLOSKI, G. V. 2011. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A. E OLIVEIRA, F.A. 2009. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.3, p.635-647, 2009
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 57, n. 4, p. 347-358.
- LOUSADA JÚNIOR, J.E.; NEIVA, J.N.; RODRIGUEZ, N.M. 2005. Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Rev. Bras. Zootec.**, v.34, n.2, p.659-669.
- MAGALHÃES, A.L.R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A.C.; MELLO, R.; DETMANN, E.; PEREIRA, J.C. 2008. Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e eficiência de alimentação. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 3, p. 529-537.
- MARTEN, G.C., BARNES, R.F. 1979. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzymes systems. **In:** PIGDEN, W.J., BALCH, C.C., GRAHAM, M. (Eds.) Standardization of analytical methodology for feeds. Ottawa: International Development Research. Center, p.61-128

- MERTENS, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **J. AOAC Intern.**, v.85, p.1217-1240.
- 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, M.G.M. E MUNIZ, E.B.. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semin: Ciên. Agrár.**, v.32, suplemento 1, p. 2021-2028, 2011.
- NUNES, H. ZANINE, A. de M.; MACHADO, T. M. M.; CARVALHO, F. C. de. 2007. Alimentos alternativos na dieta dos ovinos. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 15, n. 4, p.141-151.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washinton, D.C: National Academic of Science. 254p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants**. 1. ed. Washinton, D.C: National Academic Press. 368p.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system: relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **J. Dairy Sci.**, v.71, p.2070-2107.
- OLIVEIRA, R.L.; CÂNDIDO, E.P.; LEÃO, A.G. 2012. A nutrição de ruminantes no Brasil. **In: TÓPICOS ESPECIAIS EM CIÊNCIA ANIMAL I - COLETÂNEA DA I JORNADA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**, 169p.
- OLIVEIRA , R. L.; LEÃO ,A. G.; ABREU ,L. L. DE . ; TEIXEIRA , S.; SILVA, T. M. 2013. Alimentos alternativos na dieta de ruminantes. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.15, n.2, p.141-160.

- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agricult. Sci.**, v. 92, n. 2, p. 499-503.
- PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. 1980. Fat in lactation rations: Review. **J. Dairy Sci.**, v.63, n.1, p.1-14.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. 1994. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 11, p. 2980-2991.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B.. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v. 70, n. 7, p. 3562–3577.
- THEODOROU, M .K.; WILLIAMS, B. A.; DHANA, M. S.; McALLAM, A. B.; FRANCE, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 48, n. 3-4, p. 185-197.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **J. British of Grassland Soci.**, v. 18, n. 2, p. 104-111.
- TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; RODRIGUES, J.A.S. 2003. Composição brom atológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v.55, p.747-755.
- VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L.; AMARAL, H. F.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. 2010. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. CQBAL3.0. 3a ed., Viçosa-MG, Editora UFV, 502f.

- VAN SOEST, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.24, n.3, p.834-844.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597.
- VAN SOEST, P. J. 1994. **Nutricional ecology of the ruminant**. 2. ed. Cornell, Editora. 976p.
- VELÁSQUEZ, P.A.T.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. de. 2010. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, n.6, p.1206-1213.

## CAPÍTULO 2

### TORTA DE SEMENTE DE GRAVIOLA (*Annona muricata*) ORIUNDA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO PARA PRODUÇÃO DO BIODIESEL EM DIETAS PARA OVINOS: AVALIAÇÕES *IN VITRO*

#### RESUMO

Objetivou-se determinar os efeitos de níveis crescentes da torta de semente de graviola (*Annona muricata*) em dietas para ovinos sobre a cinética de degradação e produção cumulativa de gases e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), pH e concentração de nitrogênio amoniacal. Coletou-se quatro amostras da torta da semente de graviola (*Annona muricata*) na Usina Experimental de Biocombustíveis pertencente ao Centro de Tecnologias de Estratégicas do Nordeste (CETENE) e foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), onde foram secas a 55°C em estufas de circulação forçada e moídas em moinhos de facas com peneiras de 1 mm para caracterização bromatológica e 2 mm para as análises de digestibilidade *in vitro* verdadeira, cinética de degradação e produção de gases *in vitro*. Caracterizou-se os bromatologicamente os demais ingredientes. As dietas foram formuladas para ganho de 200g/dia para ovinos com 20kg sendo elas isoproteicas e isoenergéticas com quatro níveis de inclusão (5, 10, 15 e 20%) da torta de semente da graviola mais o controle (0%). Os ingredientes utilizados foram feno de tifton, milho moído, palma miúda, farelo de soja, ureia e mistura mineral. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre as dietas experimentais, apresentando efeito linear decrescente dos níveis de inclusão da torta de semente de graviola sobre as médias de DIVMS, os parâmetros de degradabilidade *in vitro* e o volume total de gases produzidos. O volume total de gases produzidos ( $V_{t1}$ ) foi aproximado ao volume obtido através do modelo ( $V_{t2}$ ), comprovando o ajuste do mesmo. A produção total de gás ( $V_{t1}$ ), assim como o volume da produção de gases da degradação das frações de carboidratos não fibroso ( $V_{f1}$ ) e fibroso ( $V_{f2}$ ) e suas respectivas taxas de degradação diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ) conforme aumentaram os níveis da torta na dieta. O *lag time* não teve influencia significativa ( $P > 0,05$ ). Concluiu-se que a torta da semente de graviola (*Annona muricata*) pode ser incluída como alimento alternativo em dietas para ruminantes.

**Palavras-chave:** Alimentação. Biodiesel. Coprodutos. Ruminantes. Semiárido.

## CHAPTER 2

### INCLUSION OF SOUR SOUP SEED CRUSHED (*Annona muricata*) IN DIETS FOR SHEEP: *IN VITRO* ASSESSMENTS

#### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effects of increasing levels of sour soup (*Annona muricata*) seed in diets for sheep on the kinetics of degradation and cumulative gas production and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), pH and ammoniacal nitrogen concentration. Four samples of sour soup (*Annona muricata*) seed crushed were collected at the Biofuels Experimental Plant belonging to the Centro de Tecnologias de Estratégicas do Nordeste (CETENE) and were sent to the Animal Nutrition Laboratory (LANA) of the Federal Rural University of Pernambuco Unit (UFRPE/UAG), where they were dried at 55° C in forced circulation greenhouses and milled in 1 mm sieve mills for bromatological characterization and 2 mm for true *in vitro* digestibility, degradation kinetics And *in vitro* gas production. The other ingredients were bromatologically characterized. The diets were formulated to gain 200g/day for sheep with 20kg being isoproteic and isoenergetic with four levels of inclusion (5, 10, 15 and 20%) of the sour soup seed crushed plus control (0%). The ingredients used were Tifton 85 hay, milled corn, small palm, soybean meal, urea and mineral mix. There was a significant difference ( $P<0.05$ ) in the experimental diets, with a linear effect decreasing the inclusion levels of sour soup seed on mean IVDMD, *in vitro* degradability parameters and the total volume of gases produced. The total volume of gases produced ( $V_{t1}$ ) was approximated to the volume obtained through the model ( $V_{t2}$ ), proving the adjustment of the same. The total gas production ( $V_{t1}$ ), as well as the volume of the production of gases from the degradation of non-fibrous ( $V_{f1}$ ) and fibrous carbohydrate fractions ( $V_{f2}$ ) and their respective degradation rates decreased linearly ( $P<0.05$ ) as they increased The levels of crushed in the diet. The lag time had no significant influence ( $P>0.05$ ). It was concluded that the sour soup seed (*Annona muricata*) can be included as an alternative food in diets for ruminants.

**Keywords:** Feeding. Biodiesel. Coproducts. Ruminants. Semi-arid.

## INTRODUÇÃO

A ovinocultura é responsável por uma parte importante na produção da pecuária nacional, em especial no Nordeste que, na maioria das vezes, é praticada na forma de subsistência. Além disso, existe mercado com grande potencial para consumo da carne ovina e de seus coprodutos (Geron et al., 2012).

O sistema de produção de ovinos é decorrente da influência de fatores que podem desencadear uma série de mudanças nos resultados zootécnicos. Logo, é imprescindível, o conhecimento dos fatores que exercem influência sobre as diferentes características da carcaça e da carne ou do leite produzido. Desta forma, a alimentação é um dos fatores de maior custo nos sistemas de produção intensivos, tornando necessário a utilização de fontes alimentares alternativas que tenham um bom valor nutritivo e custo de acordo com as condições da produção (Pompeu et al., 2012). Sendo assim, uma boa estratégia de alimentação é baseada em uma mistura completa, tendo em vista a variedade dos alimentos disponíveis na região e que sejam adequados para a nutrição animal.

A busca por outras opções de alimentos de baixo valor comercial, como os resíduos e coprodutos agrícolas, representa uma forma de diminuir os gastos com alimentação (Cândido et al., 2008). A utilização de coprodutos para alimentar ruminantes é uma alternativa que pode fechar o ciclo da indústria do biodiesel, uma vez que se agrega valor ao material e melhorar a produtividade e rentabilidade das atividades agrárias, como a criação de ruminantes. Estes benefícios podem melhorar o padrão de vida nas populações rurais, ressaltando a importância de identificar aplicações potenciais para os subprodutos do biodiesel, tais como a utilização destes na alimentação de ruminantes (Oliveira et al., 2012). A qualidade nutricional destes coprodutos, todavia, apresenta variações que devem ser levadas em consideração quando do

balanceamento das dietas e está diretamente relacionada à cultura, variedade, e também, ao processo de extração do óleo (Bomfim et al., 2009).

Hipoteticamente, as avaliações *in vitro* devem simular as condições ruminais incluindo o processo de digestão completa para posteriores estimativas quantitativas do que foi aproveitado similarmente aos dados obtidos em ensaio *in vivo* e alguns pesquisadores tem os ensaios *in vitro* com como procedimentos práticos e precisos, uma vez que todos os processos são realizados dentro das condições laboratoriais (Alcalde, 2001; Berchielli et al., 2006). De acordo com Araújo (2010), os métodos de avaliação *in vitro* tem, além do controle da pesquisa (em função das condições laboratoriais), a rapidez na conclusão da pesquisa e consequente obtenção dos dados, menor custo, a possibilidade de trabalhar com um maior número de tratamento e menores quantidades de amostra.

Deste modo, objetivou-se avaliar a inclusão da torta da semente de graviola (*Annona muricata*) em níveis crescentes de inclusão para dietas completas de ovinos sob a cinética de degradação e produção de gases *in vitro*, digestibilidade da matéria seca, pH e concentração de nitrogênio amoniacal *in vitro*.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Local do experimento*

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), localizado no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), onde foram realizadas as análises bromatológicas das tortas residuais da indústria de extração de óleos vegetais, ensaios de cinética de fermentação e de degradação ruminal pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gás, com diferentes tempos de incubação e digestibilidade *in vitro* verdadeira.

### *Coleta das amostras*

As amostras foram coletadas na Usina de Experimental de Biocombustíveis do Centro de Tecnologias de Estratégicas do Nordeste (CETENE) localizada no Município de Caetés-PE. Após as coletas, realizou-se a pré-secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a temperatura de 55°C por 72 horas. Posteriormente, moídas em moinho de facas com peneiras de crivos de 2 mm e 1 mm e, em seguida, armazenadas em potes plásticos previamente identificados.

#### *Análises bromatológicas*

As análises referentes à composição química (Tabela 1) matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942.05), matéria mineral (MM) (942.05) e proteína bruta (PB) (954.01) e o extrato etéreo (EE) (Sohxlet) (920.39) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). Para a análise de EE foi utilizado o ingrediente controle (feno de Tifton 85 – padrão utilizado no Laboratório de Nutrição Animal) e sacos XT4 da ANKON®. As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram de acordo com Goering e Van Soest (1979) e Van Soest et al. (1991). Para determinação da lignina, as amostras foram imersas em ácido sulfúrico a 72%, visando a solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA), conforme metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações:  $HEM = FDN - FDA$  e  $CEL = FDA - LDA$ , respectivamente.

Os carboidratos totais e o fracionamento destes foram quantificados de acordo com Sniffen et al. (1992), onde os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, foram obtidos pela diferença entre os CHO e a FDN; e a fração C, pela FDN indigestível após 288 horas de incubação *in situ* (Valente et al., 2011). A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

Os teores de nitrogênio não-proteico (NNP), ou seja, a fração A; o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados conforme metodologia descrita por Licitra et al. (1996). A fração A foi obtida pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel (residual) em ácido tricloroacético (10%). A fração B1+ B2 foi obtida através da expressão:  $B1 + B2 = 100 - (A + B3 + C)$ ; a fração B3 foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA e a fração C foi considerada como o NIDA.

#### *Formulação das dietas*

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007) tendo em vista o ganho de 200 g/dia para ovinos com peso inicial de 20 kg (Tabela 4) e tiveram como base a inclusão da torta da semente de graviola (*Annona muricata*) em substituição aos demais ingredientes mantendo-as isoproteicas e isoenergéticas (Tabelas 5) não havendo assim, um ingrediente específico a ser substituído.

**Tabela 4** Exigências nutricionais para ovinos

		Variável			
Peso corporal (Kg)	Taxa de ganho (kg/dia)	CMS (kg/dia)	PC (%)	NDT (%/dia)	PB (%/dia)
20	0,200	0,590	2,97	66,1	18,8

Adaptada do NRC (2007)

**Tabela 5** Níveis de inclusão da torta da semente de graviola (*Annona muricata*) e composição bromatológica dos ingredientes e das dietas avaliadas *in vitro*

Ingrediente (g/kg de MS)	0% TSG	5% TSG	10% TSG	15% TSG	20% TSG
Torta de semente de graviola	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0
Feno de Tifton 85	35,5	34,5	35,0	34,6	34,2
Palma miúda	37,5	36,0	32,3	30,3	28,0
Farelo de soja	14,5	13,5	12,2	11,0	10,0
Milho moído	9,5	8,0	7,5	6,1	4,8
Ureia	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mistura mineral	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ingrediente (%)	PB	FDN	EE	NDT	MS
Torta de semente de graviola	16,42	60,93	19,46	75,90	95,7
Feno de Tifton 85	13,78	71,32	1,69	55,30	95,50
Palma miúda	3,80	12,66	0,90	70,9	94,1
Farelo de soja	50,61	15,44	3,74	79,8	93,6
Milho moído	9,83	14,16	3,36	86,90	90,80
Ureia	281,00	-	-	-	99,00
Mistura mineral	-	-	-	-	99,00
Composição química	0% TSG	5% TSG	10% TSG	15% TSG	20% TSG
PB	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
FDN	33,7	35,4	38,1	40,2	42,3
EE	1,8	2,7	3,5	4,4	5,3
NDT	66,1	66,1	66,1	66,1	66,1
MS	94,3	94,5	94,6	94,7	94,8

MS=matéria seca, EE=extrato etéreo, PB=proteína bruta, FDN=fibra em detergente neutro, NDT= nutrientes digestíveis totais

### *Degradabilidade in vitro*

A degradabilidade *in vitro* foi realizada de acordo com o primeiro estágio da metodologia de Tilley & Terry (1963) a partir da incubação *in vitro* de 600 mg de amostra seca ao ar, com 60 mL do meio nutritivo de Marten e Barnes (1979) (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 15 mL de inóculo coletado de dois caprinos fistulados no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze, injetando constantemente gás carbônico para manter o meio anaeróbico. Incubou-se nos tempos de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 e 48 horas, sendo que no tempo zero as

amostras passaram apenas por lavagem com água destilada a 39°C. Nos demais tempos, os materiais foram incubados em estufa com temperatura constante de 39°C.

Atingindo-se o tempo de incubação, cessou-se a fermentação com banho de gelo e posteriormente filtrou-se em cadinhos de vidro com porosidade nº 1, previamente pesados, com lavagem constante com água destilada. Por diferença obteve-se a degradação da matéria seca de acordo com o horário de incubação. Para estimar os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$ , utilizou-se o modelo proposto por Orskov & McDonald (1979) com o auxílio do procedimento não linear do programa estatístico SAS®:

$$Dp = a + b(1 - e^{-ct})$$

Onde:

$Dp$  = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após um tempo  $t$ ;

$a$  = intervalo da curva de degradabilidade quando  $t = 0$ ;

$b$  = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado;

$c$  = taxa de degradação por ação fermentativa da fração  $b$ ;

Uma vez calculados os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$ , estes foram aplicados à equação proposta por Orskov e McDonald (1979) para determinar a degradabilidade efetiva de cada alimento de acordo com as taxas de passagem:

$$DE = a + \left( \frac{(b * c)}{(c + k)} \right)$$

Em que:

$DE$  = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

$k$  = corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen (0,02, 0,05 e 0,08);

#### *Digestibilidade in vitro*

A análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo Tilley & Terry (1963), com modificação proposta por Holden (1999), na qual foi incubado um grama (1 g) da dieta com 100 mL de meio nutritivo de Marten e Barnes (1979) e 25 mL de inóculo

ruminal de caprinos. Após este tempo, foram adicionados 2 mL de ácido clorídrico (6 Molar) e 1 mL de solução de pepsina (1:1000), incubando por mais 24 h. Ao término da incubação foi feito o mesmo procedimento de lavagem como na incubação anterior.

#### *Produção de gás in vitro*

Para cinética de produção de gás, foi utilizada a técnica *in vitro* com uso do transdutor de pressão, proposta por Theodorou et al. (1994). As amostras foram incubadas em frascos (160 mL), com 1,0 g de amostra, juntamente com 90 mL de meio nutritivo de Goering e Van Soest (1970), injetados CO<sub>2</sub> constantemente e 10 mL de líquido ruminal dos mesmos caprinos citados acima. Em seguida, os frascos foram vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio. Os frascos foram incubados em uma estufa com temperatura constante de 39°C. A produção cumulativa dos gases foi estimada por meio da mensuração da pressão dos gases produzidos no decorrer do processo fermentativo, utilizando-se transdutor de pressão (LOGGER AG100 - Agricer), nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42 e 48h pós-incubação.

De cada leitura, foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra. A partir da equação desenvolvida no Laboratório de Produção de Gases (-8° 90' 77" S, -36° 49' 49" W, altitude de 844 metros), os dados obtidos em psi foram transformados em mL para obtenção do volume de gás produzido durante a incubação, onde observou-se que 1 psi = 4,859 mL de gases.

$$y = 5,1612x - 0,3017$$

Onde: y é a produção de gás em mL; x é a observação da pressão em PSI.

Para determinação dos parâmetros, foi utilizado o modelo Logístico Bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994) com o auxílio do procedimento não linear misto do programa estatístico SAS®:

$$V_t \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4k1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4k2(t-\lambda)]}}$$

Onde:

$V_t$  = volume total de gases produzido;

$V_{f1}$  = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação;

$V_{f2}$  = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação;

$k_1$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF);

$k_2$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF);

$t$  = tempo de fermentação;

$\lambda$  = fase de latência;

#### *Análises estatísticas*

Os dados obtidos de cada parâmetro foram desdobrados em polinômios ortogonais de forma a permitir a análise de variância e regressão, de acordo com suas distribuições, utilizando-se o programa estatístico SAS®.

## **RESULTADOS**

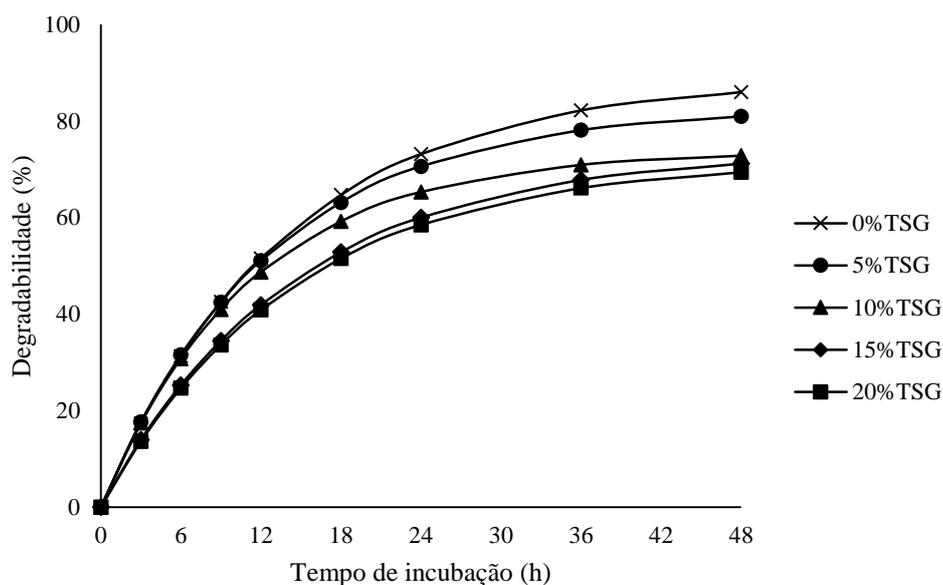
### *Cinética de degradação, produção de gás e digestibilidade in vitro da matéria seca*

Dentre as dietas avaliadas, a inclusão de 5, 10, 15 e 20% torta da semente de graviola (Tabela 6) apresentaram degradabilidade potencial de 827,6; 737,9; 737,6 e 719,3 g/kg de MS respectivamente. Os valores da digestibilidade *in vitro* verdadeira, foram 812,2; 801,1; 781,8 e 752,7 g/kg de MS para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão. O comportamento das dietas durante o período de incubação foi distinto (Figura 3).

**Tabela 6.** Cinética de degradabilidade e produção de gases total e digestibilidade verdadeira *in vitro* das dietas incluindo a torta da semente de graviola (*Annona muricata*)

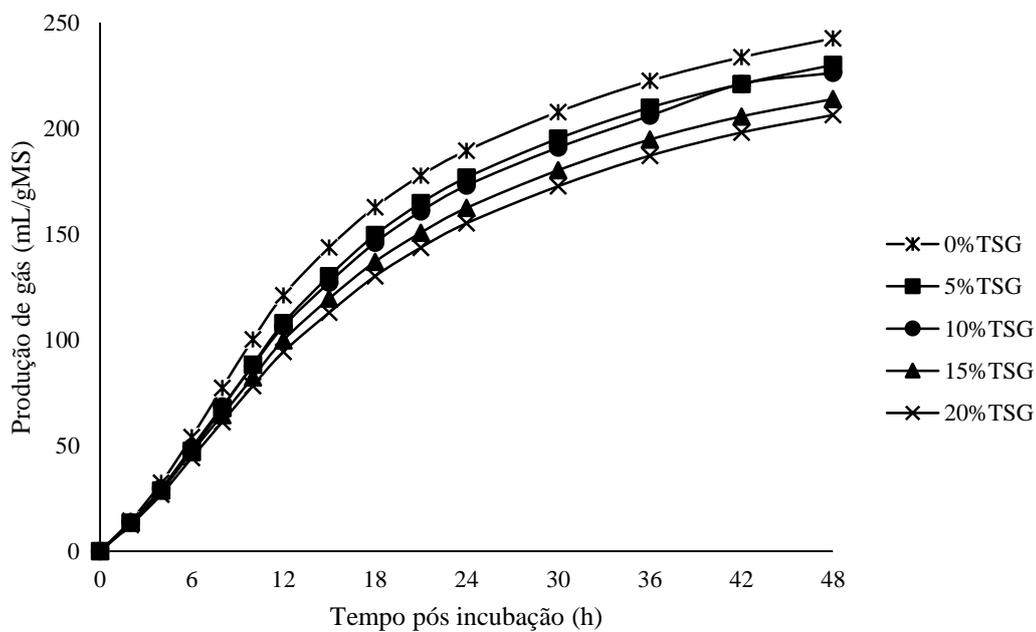
	Níveis de inclusão					P valor		EPM <sup>3</sup>
	0%	5%	10%	15%	20%	L <sup>1</sup>	Q <sup>2</sup>	
Cinética de degradabilidade								
<i>a</i> (g/kgMS)	151,3	148,1	130,1	123,9	129,7	0,0177	0,3432	0,42
<i>b</i> (g/kgMS)	736,2	679,5	607,9	613,8	589,6	0,0316	0,4494	2,42
<i>c</i> (h)	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,0779	0,0532	0,002
Dp (g/kgMS)	887,5	827,6	737,9	737,6	719,3	0,0104	0,3419	2,47
DE 0,02 (g/kgMS)	727,6	689,3	620,9	604,4	591,3	0,0074	0,4809	2,00
DE 0,05 (g/kgMS)	586,1	563,1	511,3	486,5	478,0	0,0053	0,6210	1,59
DE 0,08 (g/kgMS)	500,4	484,7	441,8	415,0	409,4	0,0040	0,6995	1,33
DE (g/kgMS)	784,5	758,1	681,5	674,6	652,3	0,0086	0,1995	13,77
DIV (g/kgMS)	852,5	812,2	801,1	781,8	752,7	0,0147	0,7696	8,45
Cinética de produção de gases								
V <sub>t1</sub> (mL/g MS)	242,4	229,9	226,2	213,8	206,2	0,0103	0,9675	3,06
V <sub>t2</sub> ( mL/g MS)	245,30	233,28	231,49	217,60	209,60	0,0092	0,6427	2,99
V <sub>f1</sub> (mL/g MS)	115,02	139,54	143,79	136,40	135,66	0,0012	0,0040	2,98
k <sub>1</sub> (/h)	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0005	0,0043	0,006
λ (h)	3,49	3,71	3,55	3,40	3,54	0,8462	0,7005	0,04
V <sub>f2</sub> (mL/g MS)	130,28	93,74	87,70	81,20	73,94	<0,0001	0,0065	4,85
k <sub>2</sub> (/h)	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,0006	0,0051	0,006

<sup>1</sup>Linear; <sup>2</sup>Quadrático; <sup>3</sup>Erro Padrão da Média; DIV – Digestibilidade *in vitro* verdadeira; DE – Degradabilidade efetiva total no tempo de 48 horas; V<sub>t1</sub> = volume total observado; V<sub>t2</sub> = volume total encontrado a partir do modelo; V<sub>f1</sub> = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B<sub>1</sub> do Sistema de Cornell (CNF); k<sub>1</sub>=taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B<sub>1</sub> (CNF); V<sub>f2</sub>= volume de gases produzido pela degradação da fração B<sub>2</sub> do Sistema de Cornell (CF); k<sub>2</sub>= taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B<sub>2</sub> (CF); λ = latência . *a*, *b* e *c* referem-se aos parâmetros de Orskov & McDonald (1979); DE = degradabilidade efetiva para taxa de passagem igual a 0,02; 0,05 e 0,08; Dp = degradabilidade potencial, representada pelo somatório de *a* e *b*.



**Figura 3** Degradação das dietas incluindo diferentes níveis da torta da semente de graviola (*Annona muricata*).

Quando avaliada a produção de gases total em mL/g de matéria seca incubada ( $V_{t1}$ ), obteve-se produção total de gases (Tabela 6) para os níveis de inclusão de 5, 10, 15 e 20% da torta da semente de graviola os valores de 229,9; 226,2; 213,8 e 206,2 mL respectivamente.



**Figura 4** Volume de gases produzidos durante incubação *in vitro* das dietas incluindo a torta da semente de graviola (*Annona muricata*).

A inclusão dos diferentes níveis da torta da semente de graviola mostrou-se diferente em cada dieta experimental (Figura 4).

*pH e N-amoniaco in vitro*

Durante os horários de incubação, o pH das dietas se mativeram estáveis, com valores máximos de 6,89; 6,97; 6,92 e 6,94 para inclusão de 5, 10, 15 e 20%, respectivamente (Tabela 7).

**Tabela 7** Valores médios de pH ruminal das dietas incluindo a torta da semente de graviola (*Annona muricata*)

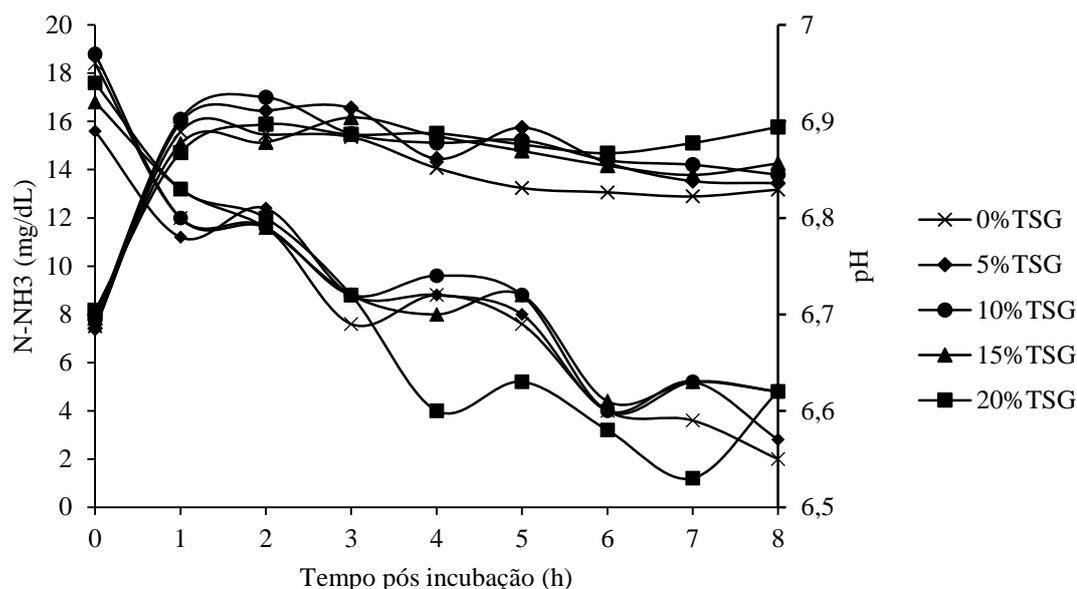
Tempo (hora)	Tratamento (g/kg de MS)				
	0%	5%	10%	15%	20%
0	6,96	6,89	6,97	6,92	6,94
1	6,8	6,78	6,8	6,83	6,83
2	6,79	6,81	6,79	6,79	6,8
3	6,69	6,72	6,72	6,72	6,72
4	6,72	6,72	6,74	6,7	6,6
5	6,69	6,7	6,72	6,72	6,63
6	6,6	6,6	6,6	6,61	6,58
7	6,59	6,63	6,63	6,63	6,53
8	6,55	6,57	6,62	6,62	6,62

O pico de N-amoniaco aconteceu nas primeiras 2 horas de incubação e se se manteve horas seguintes (Tabela 8).

**Tabela 8** Valores médios de N-amoniaco (mg/dL) das dietas incluindo a torta da semente de graviola (*Annona muricata*)

Tempo (hora)	Tratamento (g/kg de MS)				
	0%	5%	10%	15%	20%
0	7,50	7,41	7,80	7,83	8,16
1	15,57	15,96	16,08	16,06	14,71
2	15,46	16,45	16,99	15,13	15,89
3	15,36	16,55	15,48	16,16	15,46
4	14,07	14,45	15,11	15,39	15,51
5	13,24	15,74	15,22	14,77	15,05
6	13,06	14,28	14,39	14,16	14,68
7	12,89	13,53	14,20	13,78	15,11
8	13,17	13,44	13,79	14,26	15,77

Todas as dietas experimentais apresentaram o mesmo comportamento para os níveis de nitrogênio amoniacal durante o período de incubação (Figura 5). A concentração máxima e mínima para inclusão de 5% da torta foi de 16,55 e 7,41 mg/dL; para 10% 16,99 e 7,80 mg/dL; 15% concentrações de 16,16 e 7,83 mg/dL e para a inclusão de 20% observou-se valores de 15,89 e 8,16 mg/dL, respectivamente.



**Figura 5** Nitrogênio amoniacal e pH das dietas incluindo torta de semente de graviola (*Annona muricata*)

## DISCUSSÃO

As dietas incluindo torta da semente de graviola a degradação potencial (Dp) variou de 719,3 g/kg (inclusão de 20% da torta de semente de graviola) a 827,6 g/kg (inclusão de 5% da torta da semente de graviola) (Tabela 6). Já para a digestibilidade *in vitro* verdadeira, observou-se valor de 812,21g/kg MS (TSG 5%) e 752,2g/kg MS (TSG 20%). Todas as dietas experimentais apresentaram efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ), ou seja, a proporção que a torta era incluída os valores da DIVMS, Dp e o volume total da produção de gases ia diminuindo, fato justificado pela mudança da quantidade de FDN na dieta (Tabela 6), isso é explicado pelo fato de os constituintes fibrosos (a torta de semente de graviola é um alimento fibroso) (Tabela 5) serem correlacionados negativamente à digestibilidade (Brito et al., 2003; Velásquez et al.,

2010; Singh et al., 2014), ou seja, a proporção que a quantidade de FDN da dieta aumenta a DIVMS diminui (Figura 3).

Observou-se que a medida que a inclusão da torta da semente de graviola na dieta aumenta, os ingredientes tradicionais diminuem (Tabela 5). O milho por exemplo, é um grão alimentar importante para os animais de produção e que tem alto custo, fator que tem levado os produtores a buscarem fontes de alimentação alternativas (Vito et al., 2016).

Durante os eventos iniciais da degradação ruminal, os nutrientes solúveis são responsáveis pelo maior volume dos gases produzidos. A dieta incluindo 5% da torta da semente da graviola foi a que apresentou o maior volume de produção de gases. E a medida em que o nível de inclusão aumenta, o volume total de gás produzido é reduzido (Figura 4), isso implica dizer que essa torta interfere diretamente na redução da degradabilidade, apresentando como consequência a redução na produção de gases. Segundo Mertens (1996), os carboidratos fibrosos apresentam lenta e incompleta digestão ruminal, logo pode-se inferir que esses compostos influenciaram na diminuição da digestibilidade e degradabilidade das dietas conforme incluía-se a torta de semente de graviola (Tabela 6), lembrando que as dietas não apresentavam os mesmos teores de FDN (Tabela 5).

O volume de gases total observado ( $V_{t1}$ ) foi próximo ao encontrado pelo modelo bicompartimental ( $V_{t2}$ ), comprovando o ajuste do modelo. Os maiores volumes de gases produzidos pela fermentação dos CNF foram verificados para a dieta incluindo 10% da torta da semente de graviola (Tabela 8). Segundo Tomich et al. (2003), partindo do princípio de que os gases produzidos refletem a degradação da amostra, a taxa e o potencial máximo de produção de gases são as principais características para avaliar a qualidade de forrageiras pelas técnicas de produção de gases. Campos et al. (2000) afirmaram que os CNF podem influenciar no aumento da produção cumulativa de gás, uma vez que o volume de gases produzidos pode estar associado à degradação da fração de rápida degradação. Sabe-se que com o passar do tempo,

os substratos presentes no ambiente ruminal diminuam, logo as fontes de energia restantes são fermentadas com mais lentamente (Bueno, 2002).

Todas as dietas contendo a torta apresentaram tempo de colonização dos microrganismos ao substrato ou *lag time* estável, quando comparadas com a dieta controle. Os alimentos volumosos geralmente apresentam maior *lag time* por conter maiores teores de fibra detergente neutro (FDN) (Azevêdo et al., 2003), necessitando de um tempo mais longo para a ação dos microrganismos ruminais. Cabe ressaltar que, quanto menor o tempo de colonização (*lag time*), mais rapidamente a microbiota ruminal conseguirá degradar o substrato (Mertens, 1997; Pereira et al., 2008), aumentando assim a quantidade de gás produzida.

Fatores como o consumo de matéria seca, o tipo de dieta e o tempo após a alimentação exercem influencia sob o pH ruminal, sendo que a manutenção do mesmo entre 6,0 e 7,0 é consequência da produção de agentes tamponantes e remoção dos ácidos graxos voláteis (Van Soest, 1982).

Observou-se que o pH das dietas se manteve estável durante todo o tempo de incubação (Tabela 7) o que dificilmente seria diferente, principalmente em sistemas *in vitro* que empregam eficientes soluções tamponantes, isso provavelmente justifica a pouca variação no pH aqui observado. Esta estabilidade do pH é importante para a proteólise ruminal (Coelho da Silva e Leão, 1979). Logo, a inclusão de 20% da torta na dieta aparentemente não interferiu no pH da dieta.

A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) também se manteve próxima a todas as dietas (Tabela 8) mesmo com a inclusão crescente das tortas. Segundo Russel et al. (1983) a concentração de N-NH<sub>3</sub> é influenciada pela reciclagem e taxa de degradação do nitrogênio, além da taxa de fermentação dos carboidratos. Lembrando que as dietas experimentais são isoenergéticas e isoproteicas (Tabela 5).

Segundo Firkins (1996) a quantidade de  $N-NH_3$  depende da fonte de proteína e da sincronia entre a produção e consumo pelos micro-organismos. Logo, a otimização da síntese de proteína microbiana é necessária concentrações adequadas de energia e proteína.

Van Soest (1994) afirmou que a concentração mínima de  $N-NH_3$  é de 10 mg/dL para maior adequação do meio de crescimento à disponibilidade de compostos nitrogenados para o anabolismo microbiano. Satter e Slyter (1974) afirmaram que quando a concentração de amônia ruminal é menor que 5,0 mg/dL, deve ser feita a suplementação com nitrogênio não proteico na alimentação dos animais para adequadas condições do desenvolvimento microbiano. Krebs e Leng (1983) concluíram que a celulose é melhor digerida com concentração de amônia de 21-31,7mg/dL. Porém, Gabarra (2001) afirmou que o nível ótimo de  $N-NH_3$  será influenciado pelo tipo de alimento. É válido lembrar que tanto a síntese de proteína microbiana quanto a digestibilidade da fibra mais eficiente com maiores concentrações de  $N-NH_3$  (Satter e Roffler, 1979).

O pico de nitrogênio amoniacal ocorreu durante as primeiras horas de incubação e se manteve, situação diferente da que ocorre em animais, uma vez que durante a incubação não havia escape para o nitrogênio presente no jarrinho. Segundo Nolan et al. (1973) o rápido desaparecimento da amônia do rúmen pode ser parcialmente atribuído à sua absorção pela parede ruminal e/ou pela utilização pelos microrganismos ruminais.

## **CONCLUSÃO**

A torta da semente da graviola (*Annona muricata*) oriunda da extração do biodiesel apresenta características nutricionais que permitem sua inclusão na dieta de ruminantes criados no Semiárido, podendo ser fornecidas como alimento alternativo. Levando-se em conta a dificuldade de aquisição de alimentos nutritivos durante épocas de escassez, a torta de semente de graviola é uma alternativa viável para substituir em partes os alimentos tradicionais. Além

de suas características nutricionais apresentadas na presente pesquisa, outro fator que favorece sua inclusão, é o fato da fruta ser regional, o que facilita sua aquisição.

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Usina Experimental de Biocombustíveis do CETENE do Município de Caetés-PE. E ao Banco do Nordeste do Brasil pelo financiamento da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

- ALCALDE, C. R.; MACHADO, R. M.; SANTOS, G. T.; PICOLLI, R.; JOBIM, C. C. 2001. Digestibilidade *in vitro* de alimentos com inóculos de líquido de rúmem ou de fezes de bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 917-921.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland.
- ARAÚJO, R. C. 2010. **Óleos essenciais de plantas brasileiras como manipuladores da fermentação ruminal *in vitro***. 2010. 178f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- AZEVEDO, R. A.; BICALHO, F. L.; ARAÚJO, L.; RIBEIRO JR., C. S.; SANTOS, A. C. R.; JAYME, D. G.; GERASEEV, L. C. 2003. Technical and economic analysis of different levels of macauba cake in diets for dairy cows. **Arch. Zootec.** v. 62, n. 237, p. 147-150.
- BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V. OLIVEIRA, S. G. 2006. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. **In:** BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V. OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. 583p.
- BOMFIM, M.A.D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S.F. 2009. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnol. Cienc. Agrop.**, v.3, p. 15-26.

- BRITO, C.J.F.A. de.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. 2003. Perfil químico da parede celular e suas implicações na digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. **Rev. Bras. Zootec.**, v.32, n.8, p.1835-1844.
- BUENO, I. C. S. 2002. **Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com fenos de três qualidades distintas**. 2002. 97f. Tese (Doutorado em Ciência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP.
- CAMPOS, F.P.; BOSE, M.L.V.; BOIN, C.; LANNA, D. P. D.; MORAIS, J. P. G. de. 2000. Comparação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão *in vitro* com os métodos *in vivo* e *in situ*. 2. Uso do resíduo da matéria seca de forragens. **Rev. Bras. Zootec.**, v.29, p.531-536.
- CÂNDIDO, M.J.D.; BOMFIM, M.A.D.; SEVERINO, L.S.; OLIVEIRA, S.Z.R. 2008. Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2008, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 1-21.
- COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. 1979. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres.
- DETMANN, E.; CECON, P.R.; PAULINO, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. e DETMANN, K.S.C. 2007. Rumen variables evaluated through continuum mathematical functions. **Pesq. Agrop. Bras.**, 42: 1651-165.
- FIRKINS, J.L. 1996. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. **J. Nutrition**, v.126, p.1347s-1354s. Supplement.
- GABARA, P.R. 2001. **Digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos de novilhos nelore alimentados com fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais**. 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e

- Pastagens). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. ESALQ. Piracicaba-SP.
- GERON, L.J.V.; MEXIA, A.A.; GARCIA, J.; ZEOULA, L.M.; GARCIA, R.R.F.; MOURA, D.C. 2012. Desempenho de cordeiros em terminação suplementados com caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e grão de milho moído (*Zea mays* L.). **Arch. Vet. Sci.** v.17, n.4, p.34-42.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA. (Agricultural Handbook, 379).
- HOLDEN, L. A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Sci.**, v.82, n.8, p.1791-1794.
- KREBS, G.; LENG, R.A. 1984. The effect of supplementation with molasses/urea blocks on ruminal digestion. **Anim. Prod. Aust.**, v.15, p.704.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.57, n.4, p.347-358.
- MARTEN, G.C., BARNES, R.F. 1979. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzymes systems. **In:** PIGDEN, W.J., BALCH, C.C., GRAHAM, M. (Eds.) **Standardization of analytical methodology for feeds**. Ottawa: International Development Research. Center, p.61-128.
- MERTENS, D.R. 1996. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. **In:** INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Wisconsin, USA. Wisconsin, [s.ed.]. **Proceedings...** p.81-92.
- MERTENS, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J Dairy Sci**, v.80, n.7, p.1463-1481.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants**. 1. ed. Washinton, D.C: National Academic Press. 368p.
- NOLAN, J.V., NORTON, B.W., LENG, R.A. 1973. Nitrogen cycling in sheep. **Proc. Nutr. Soc.**, v.32, n.2, p.93-98.
- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agricult. Sci.**, v.92, n.2, p.499-503.
- OLIVEIRA, R.L.; LEÃO, A.G.; RIBEIRO, O.L.; BORJA, M.S; PINHEIRO, A.A; OLIVEIRA, R.L; SANTANA, M.C.A. 2012. Biodiesel by-productes used as ruminant feed. **Rev. Colomb. Cienc. Pec.**, v.25, n. 4.
- PEREIRA, L.G.R.; BARREIROS, D.C.; OLIVEIRA L.S. 2008. Composição química e cinética de fermentação ruminal de subprodutos de frutas no sul da Bahia. **Livest. Res. Rur. Devel.**, v.20, p.1-11.
- POMPEU, R.C.F.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; PEREIRA, E.S.; BONFIM, M.A.D.; CARNEIRO, M.S.S.; ROGÉRIO, M.C.P.; SOMBRA, W.A.; LOPES, M.N. 2012. Desempenho produtivo e características de carcaça de ovinos em confinamento alimentados com rações contendo torta de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.41, n.3, p.726-733.
- RUSSELL, J.B., SNIFFEN, C.J., VAN SOEST., P.J. 1983. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilisation of casein by mixed rumen bacteria. **J. Dairy Sci.** v.66, n.4, p.763-775.
- SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E.1979. Nitrogen requeriment and and utilization in dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v.58, n.8, p.1219-1237.
- SINGH, S. ANELE, U. Y.; EDMUNDS, B.; SUDEKUM, K. H. 2014. *In vitro* ruminal dry matter degradability, microbial efficiency, short chain fatty acids, carbohydrate and

- protein fractionation of tropical grass-multipurpose tree species diets. **Livest. Sci.** 160, 45–51.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. 1994. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **J. Anim. Sci.**, v.72, n.11, p.2980-2991.
- SNIFFEN, C. J. O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS, Version 9.0. Institute Inc. Cary, NC. 2002.
- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANA, M. S.; McALLAM, A. B.; FRANCE, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. Technol**, v.48, n.3-4, p.185-197.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **J. British Grassl. Society**, v.18, n.2, p.104-111.
- TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; RODRIGUES, J.A.S. 2003. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.55, n.6, p.747-755.
- VAN SOEST, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.24, n.3, p.834-844.
- VAN SOEST, P.J. 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 1. ed. Corvalis: O. & B. Books. 373p.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597.

VAN SOEST, P. J. 1994. **Nutricional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. Cornell University Press. 476p.

VELÁSQUEZ, P.A.T.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. de. 2010. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, n.6, p.1206-1213.

VITO, E. S.; MESSANA, J. D.; CASTAGNINO, P. S.; GRANJ-SALCEDO, Y. T.; DALLANTONIA, E. E.; BERCHIELLI, T. T. 2016. Effect of crude glycerine in supplement on the intake, rumen fermentation, and microbial profile of Nellore steers grazing tropical grass. **Livest. Sci.** 192, 17–24.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabendo que a maioria do rebanho brasileiro é mantida a pasto e que em épocas de escassez de chuva o mesmo diminui a sua qualidade e seu valor nutritivo, a busca por alimentos alternativos que visem suprir as exigências dos animais durante essa época é cada vez maior. O emprego de coprodutos na alimentação animal, especialmente na nutrição de ruminantes, resultará no aumento da demanda com conseqüente redução da vantagem diferencial de preço dos ingredientes tradicionais.

Entretanto, as implicações do uso de alguns destes produtos, sejam elas positivas ou negativas, apesar de importantes, são ainda pouco conhecidas ou até mesmo desconhecidas para alguns alimentos. A utilização racional desses produtos para alimentação animal depende, de fatores como suas características nutritivas, relação custo e benefício e disponibilidade. Além disso, para que se possa incorporá-los em rações para ruminantes, faz-se necessário caracterizá-los, o conhecimento prévio de suas composições químico-bromatológicas, a aceitabilidade pelos animais e o conseqüente desempenho e eficiência de conversão alimentar.

## APÊNDICES

## APÊNDICE I

**Tabela 9.** Composições químico-bromatológicas das tortas observadas

Amostra	MS g/kg MN	MM g/kg MS	MO g/kg MS	EE g/kg MS	PB g/kg MS	PIDN g/kg MS	PIDN g/kg PB	PIDA g/kg MS	PIDA g/kg PB	FDN g/kg MS	FDNcp g/kg MS
Torta de semente de pinha-A1	851,35	19,27	19,27	186,79	202,98	103,71	493,62	68,70	33,84	595,66	528,75
Torta de semente de pinha -A2	871,41	22,83	22,83	162,05	222,03	105,31	474,30	112,36	50,60	566,63	508,41
Torta de semente de pinha -A3	872,77	23,42	23,42	153,67	224,73	105,56	469,83	72,02	32,04	577,44	515,66
Torta de semente de pinha -A4	904,03	22,87	22,87	157,96	222,23	103,79	467,57	69,82	31,41	569,56	488,24
Torta de semente de graviola-A1	853,74	17,11	17,11	194,26	158,88	78,94	496,89	50,85	32,00	611,16	570,17
Torta de semente de graviola -A2	847,55	18,07	18,07	169,44	170,19	70,77	416,25	53,68	31,54	600,93	-
Torta de semente de graviola -A3	854,03	16,82	16,82	207,13	163,14	81,88	501,94	54,538	33,42	619,59	576,10
Torta de semente de graviola -A4	854,85	17,18	17,18	207,58	164,93	79,97	485,03	49,96	30,29	605,62	566,20
Torta de semente de maracujá-A1	917,23	16,46	16,46	69,75	170,85	-	-	20,98	12,28	675,73	-
Torta de semente de maracujá -A2	913,35	17,24	17,24	53,73	174,91	10,74	61,43	24,58	14,05	681,64	-
Torta de semente de maracujá -A3	907,46	16,00	16,00	51,70	167,31	19,97	119,38	21,58	12,89	700,27	682,88
Torta de semente de maracujá -A4	913,01	16,91	16,91	62,47	179,78	19,87	110,42	24,64	13,71	676,81	673,52

Continuação Tabela 9...

Amostra	FDA g/kg MS	LDA g/kg MS	Hemicelulose g/kg MS	Celulose g/kg MS	CNF g/kg MS	CHO g/kg MS	CF g/kg MS	A+B1 g/kg CHO	B2 g/kg CHO	C g/kg CHO
Torta de semente de pinha-A1	386,76	93,22	208,90	286,42	54,94	590,93	535,99	92,98	184,76	722,25
Torta de semente de pinha -A2	367,18	104,58	199,44	263,33	86,11	593,07	506,95	145,20	123,63	731,15
Torta de semente de pinha -A3	362,07	81,20	215,36	267,07	81,68	598,16	516,48	136,55	156,35	707,08
Torta de semente de pinha -A4	368,56	81,20	201,00	272,57	86,47	596,92	510,45	144,86	186,89	668,23
Torta de semente de graviola-A1	401,42	120,84	209,74	270,89	66,82	629,73	562,91	106,11	223,79	670,08
Torta de semente de graviola -A2	407,78	118,45	193,14	284,12	83,88	642,28	558,39	130,60	210,48	658,90
Torta de semente de graviola -A3	417,03	137,73	202,56	282,58	44,03	612,89	568,85	71,85	347,16	580,98
Torta de semente de graviola -A4	416,02	131,69	189,60	276,07	53,09	610,28	557,19	87,00	232,74	680,25
Torta de semente de maracujá-A1	655,07	432,93	20,66	220,19	78,58	742,92	664,33	105,783	34,90	859,30
Torta de semente de maracujá -A2	641,10	413,19	40,54	229,19	79,76	754,09	674,32	105,78	35,12	859,09
Torta de semente de maracujá -A3	659,08	431,26	41,18	224,25	78,68	764,97	686,28	102,86	36,11	861,01
Torta de semente de maracujá -A4	656,84	426,62	19,97	242,11	77,46	740,82	663,36	104,56	32,16	863,27

Continuação Tabela 9 ...

Amostra	A g/kg PB	B1+B2 g/kg PB	B3 g/kg PB	C g/kg PB	DIVMS (%)
Torta de semente de pinha-A1	118,64	378,33	164,54	338,47	50,49
Torta de semente de pinha -A2	260,92	264,15	146,55	506,03	48,89
Torta de semente de pinha -A3	222,23	310,71	152,85	320,49	51,67
Torta de semente de pinha -A4	198,38	334,56	-	314,19	56,02
Torta de semente de graviola-A1	94,09	426,02	159,79	320,08	42,67
Torta de semente de graviola -A2	156,64	405,03	122,88	315,42	45,32
Torta de semente de graviola -A3	141,95	359,94	163,79	334,29	44,32
Torta de semente de graviola -A4	223,41	453,32	20,31	302,94	42,58
Torta de semente de maracujá-A1	121,43	773,90	127,06	122,81	27,40
Torta de semente de maracujá -A2	165,46	755,52	170,71	140,54	26,51
Torta de semente de maracujá -A3	82,45	798,32	105,80	128,97	27,43
Torta de semente de maracujá -A4	180,33	709,11	73,58	137,10	27,41

**Tabela 10.** Desaparecimento da matéria seca (DMS g/kg)

Amostra	Hora	DMS (g/kg)	Amostra	Hora	DMS (g/kg)
Torta de semente de pinha	0	60,8871	Torta de semente de pinha	24	383,1873
Torta de semente de graviola	0	33,3870	Torta de semente de graviola	24	292,8835
Torta de semente de maracujá	0	14,9868	Torta de semente de maracujá	24	135,3530
Torta de semente de pinha	3	106,2622	Torta de semente de pinha	36	444,1148
Torta de semente de graviola	3	76,4030	Torta de semente de graviola	36	396,4397
Torta de semente de maracujá	3	25,8977	Torta de semente de maracujá	36	192,1051
Torta de semente de pinha	6	128,4960	Torta de semente de pinha	48	464,3838
Torta de semente de graviola	6	94,9381	Torta de semente de graviola	48	414,2711
Torta de semente de maracujá	6	50,3373	Torta de semente de maracujá	48	201,5998
Torta de semente de pinha	9	159,3258			
Torta de semente de graviola	9	136,4694			
Torta de semente de maracujá	9	81,7099			
Torta de semente de pinha	12	218,9008			
Torta de semente de graviola	12	143,3641			
Torta de semente de maracujá	12	107,6189			
Torta de semente de pinha	18	315,9233			
Torta de semente de graviola	18	198,2847			
Torta de semente de maracujá	18	.			

**Tabela 11.** Produção de gases (mL) obtida em cada tempo de incubação *in vitro*

Amostra	2h	4h	6h	8h	10h	12h	15h	18h	21h	24h	30h	36h	42h	48h
Torta de semente de pinha-A1	-0,24	3,11	7,60	14,75	23,46	31,74	45,19	58,65	70,46	82,26	97,48	109,71	117,45	122,79
Torta de semente de pinha -A2	1,14	6,22	12,63	18,89	28,99	39,09	52,99	68,92	82,98	95,23	108,70	120,51	128,11	132,92
Torta de semente de pinha -A3	-0,08	5,20	11,40	17,75	26,75	37,13	51,17	66,68	80,72	95,49	109,95	120,22	127,00	132,77
Torta de semente de pinha -A4	2,08	8,19	15,73	23,10	33,14	45,29	61,75	78,58	92,65	105,12	120,62	132,78	139,89	144,78
Torta de semente de graviola-A1	0,49	3,54	7,28	14,11	21,86	28,10	37,61	46,31	55,07	65,17	78,62	99,83	114,57	127,44
Torta de semente de graviola -A2	0,71	4,32	9,32	14,69	21,90	29,37	37,70	46,52	53,99	63,13	77,70	93,98	107,21	117,32
Torta de semente de graviola -A3	-0,89	2,27	6,77	11,86	18,71	26,48	35,59	45,13	54,02	63,13	78,08	94,32	107,77	118,59
Torta de semente de graviola -A4	-0,24	2,48	6,65	11,15	17,30	24,48	31,92	39,09	46,53	53,97	65,53	77,79	88,28	99,84
Torta de semente de maracujá-A1	-1,63	0,12	3,10	8,47	14,58	19,95	25,75	27,87	30,26	32,39	35,69	39,83	47,17	49,78
Torta de semente de maracujá -A2	-2,23	-0,46	2,70	6,08	12,95	18,37	23,20	27,71	30,61	33,35	36,68	40,86	43,49	47,68
Torta de semente de maracujá -A3	-2,22	-1,36	1,03	4,33	11,15	16,48	21,28	24,90	27,35	29,32	32,68	36,84	39,40	41,79
Torta de semente de maracujá -A4	-1,47	0,55	3,69	7,85	12,92	18,47	23,85	27,59	30,31	32,33	35,69	40,17	42,90	45,19

**Tabela 12.** DIVMS *in vitro* dos ingredientes das dietas

<b>INGREDIENTE</b>	<b>Hora</b>	<b>Desaparecimento de MS(%)</b>
Feno	48H	64,30791461
Feno	48H	62,93179594
Feno	48H	64,64167369
Feno	48H	62,61393642
Milho	48H	-
Milho	48H	-
Milho	48H	92,95884677
Milho	48H	91,78781158
Soja	48H	93,58079466
Soja	48H	93,95943102
Soja	48H	94,69875629
Soja	48H	95,60459595

DIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca

**Tabela 13.** Desaparecimento da matéria seca das dietas incluindo torta da semente de graviola (*Annona muricata*)

Amostra	0h	3h	6h	9h	12h	18h	24h	36h	48h
Controle	159,5938	332,1861	317,6102	398,6595	617,4369	659,3290	734,4919	762,1144	782,3346
Torta de semente de graviola 5%	154,0113	310,0378	354,0096	399,8578	576,8000	664,9789	696,4387	714,5282	761,2592
Torta de semente de graviola 10%	148,1301	285,0759	321,1251	397,3618	568,5788	638,3249	681,8021	725,9999	681,5176
Torta de semente de graviola 15%	159,7072	232,0201	310,9204	337,4633	525,1464	610,8973	659,7255	704,2221	674,5584
Torta de semente de graviola 20%	290,8111	270,936	243,2717	349,7675	529,4130	594,8374	658,3000	684,4113	652,3367

**Tabela 14.** Produção de gases (mL) obtida em cada tempo de incubação *in vitro* das dietas incluindo a torta da semente de graviola (*Annona muricata*)

Amostra	2h	4h	6h	8h	10h	12h	15h	18h	21h	24h	30h	36h	42h	48h
Controle	15,61	34,55	57,52	82,14	106,31	127,91	151,22	170,21	184,73	195,90	214,09	228,26	237,97	246,59
Controle	15,88	34,87	54,26	78,35	102,33	122,95	144,70	163,35	178,14	190,50	208,14	222,36	233,73	242,54
Controle	13,15	30,25	52,87	75,62	96,87	117,18	140,42	160,24	175,31	187,13	205,83	221,04	232,91	242,11
Controle	12,857	29,48	50,85	72,74	94,99	115,53	137,96	156,97	172,12	184,03	202,68	217,86	229,49	238,52
Torta de semente de graviola-5%	12,43	27,96	46,58	66,99	87,35	107,79	129,62	148,50	163,54	175,35	193,44	207,96	219,13	228,09
Torta de semente de graviola-5%	13,94	30,28	49,12	69,93	90,62	110,49	133,15	153,12	168,97	181,31	200,22	215,34	226,32	235,36
Torta de semente de graviola-5%	13,60	29,23	47,75	68,30	89,06	107,95	129,65	148,64	163,40	175,78	194,42	208,99	220,17	229,19
Torta de semente de graviola-5%	13,54	27,03	46,28	65,38	85,71	104,95	127,74	147,57	162,25	174,14	192,27	206,82	218,11	227,08
Torta de semente de graviola -10%	13,97	30,51	50,52	69,02	88,44	107,67	130,31	150,30	165,59	178,62	197,78	213,63	219,13	234,55
Torta de semente de graviola -10%	12,90	29,24	48,84	68,73	88,16	106,61	128,34	147,27	162,69	175,46	193,23	208,94	226,32	230,05
Torta de semente de graviola -10%	13,34	29,07	48,26	67,74	87,104	105,47	126,19	144,62	159,05	170,74	188,54	203,00	220,17	222,56
Torta de semente de graviola -10%	14,09	29,28	48,11	67,99	86,82	105,25	123,39	141,17	155,49	166,90	184,00	198,13	218,11	217,71
Torta de semente de graviola -15%	13,01	27,55	45,17	63,08	80,64	99,23	119,08	137,34	151,39	163,08	181,15	195,82	206,81	215,16

Continuação da Tabela 14...

Amostra	2h	4h	6h	8h	10h	12h	15h	18h	21h	24h	30h	36h	42h	48h
Torta de semente de graviola -15%	14,87	30,29	49,14	65,94	83,59	100,63	119,82	136,42	150,05	161,74	179,46	193,33	203,78	211,46
Torta de semente de graviola -15%	14,00	29,58	47,83	64,96	82,61	99,163	118,78	135,99	149,34	161,04	178,59	193,33	204,21	212,60
Torta de semente de graviola -15%	12,43	27,36	45,27	63,31	81,87	99,77	119,81	137,49	151,28	163,26	181,19	195,87	207,42	215,78
Torta de semente de graviola -20%	12,99	27,89	45,65	61,75	78,86	95,14	113,19	129,85	143,56	155,24	172,90	187,34	198,31	206,81
Torta de semente de graviola -20%	12,78	27,74	44,76	62,83	80,51	96,38	115,97	133,85	148,32	160,16	178,71	193,81	205,38	213,97
Torta de semente de graviola -20%	12,07	25,49	42,43	59,49	76,43	92,81	111,27	128,36	141,30	152,32	169,49	183,91	194,88	202,83
Torta de semente de graviola -20%	11,67	25,89	43,36	60,08	76,69	92,46	110,54	127,68	140,81	152,35	169,08	182,84	193,18	201,16

## APÊNDICE II



**Figura 6** Torta da semente de maracujá (*Passiflora edulis*)



**Figura 7** Torta da semente de graviola (*Annona muricata*)



**Figura 8** Torta da semente de pinha (*Annona squamosa*)



**Figura 9** Solução A para incubação de degradabilidade e digestibilidade *in vitro*



**Figura 10** Filtragem das amostras após cessar a fermentação



**Figura 11** Jarrinhos incubados em estufa a 39°C

## **ANEXOS**

## ANEXO I

Meio nutritivo (GOERING AND VAN SOEST, 1970) para produção de gases *in vitro*:

---

**Solução resazurina 0,1% (peso/volume)**


---

Dissolver 0,1 g de resazurina em 100 mL de água destilada

---



---

**Solução tampão (1 L)**


---

NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 4,0 g

NaHCO<sub>3</sub> 35,0 g

---



---

**Solução macromineral (1 L)**


---

Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> anidro 5,7 g

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> anidro 6,2 g

MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,6 g

---



---

**Solução micromineral (100 mL)**


---

CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 13,2 g

MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 10,0 g

CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 1,0 g

FeCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 8,0 g

---



---

**Solução redutora (100 mL)**


---

Cisteína - HCl 13,2 g

NaOH 1N 4 mL

Na<sub>2</sub>S.9H<sub>2</sub>O 1,0 g

---

**ANEXO II**

Meio nutritivo (Kansas State) para as incubações da DIV e degradabilidade *in vitro* (Marten e Barnes, 1979):

<b>Solução A (1 L)</b>	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	10,0 g
MgS <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,5 g
NaCl	0,5 g
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,1 g
Ureia	0,5 g

<b>Solução B (100 mL)</b>	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	15,0 g
Na <sub>2</sub> S.9H <sub>2</sub> O	1,0 g

### **ANEXO III**

Normas da Revista Livestock Science

## ANEXO III

### Normas da Revista Livestock Science

#### DESCRIPTION

*Livestock Science* promotes the sound development of the **livestock sector** by publishing original, peer-reviewed research and review articles covering all aspects of this broad field. The journal welcomes submissions on the avant-garde areas of **animal genetics, breeding, growth, reproduction, nutrition, physiology, and behaviour** in addition to **genetic resources, welfare, ethics, health, management and production systems**. The high-quality content of this journal reflects the truly international nature of this broad area of research.

#### Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our author services. Please see our Guide for Authors for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

#### ABSTRACTING AND INDEXING

AGRICOLA

Agris

BIOBASE

BIOSIS

BioBusiness

Current Contents Search

EBSCOhost

FSTA (Food Science and Technology Abstracts)

SCISEARCH

UnCover

Web of Science

CAB Abstracts

CSA Database

Inside Conferences

Scopus

Science Citation Index Expanded

Global Health

Foodline: Food Science and Technology

## **EDITORIAL BOARD**

### *Editor-in-Chief*

**J.E. Hermansen**, Aarhus Universitet, Foulum, Denmark

### *Honorary Editor-in-Chief*

**J.G. Boyazoglu**, Menton, France

### *Section Editors*

#### *Genetics, Animal Genetic Resources and Breeding*

**J.B.S. Ferraz**, Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, Sp, Brazil

**L. Fontanesi**, University of Bologna, Bologna, Italy

**F. Goyache**, SERIDA (Deva), Gijon, Spain

**J. Windig**, Livestock Research Wageningen UR, Wageningen, Netherlands

#### *Ruminant Nutrition*

**K-H. Südekum**, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Germany

**M.R. Weisbjerg**, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark

**G. Zervas**, Athens, Greece

#### *Non-Ruminant Nutrition*

**L.I. Chiba**, Auburn University, Auburn, AL, USA

**J.E. Lindberg**, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden

**E.G. Manzanilla**, Autonomous University of Barcelona, Bellaterra, Spain

***Behaviour, Health and Welfare***

**D. Maes**, Universiteit Gent, Merelbeke, Belgium

**J. Malmkvist**, Tjele, Denmark

**S. Waiblinger**, University of Veterinary Medicine Vienna, Vienna, Austria

***Livestock Farming Systems and Management***

**K. Galanopoulos**, Democritus University of Thrace, Orestiada, Greece

***Physiology***

**E. Albrecht**, Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Dummerstorf, Germany

**I. Louveau**, INRA, Saint-Gilles, France

***Reproduction Physiology***

**M-A. Driancourt**, Astek Consult, Chateauneuf sur Sarthe, France

**P. Humblot**, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden

***Editorial Advisory Board***

**J. Balcells**, Universitat de Lleida, Lleida, Spain

**P. Bosi**, Università di Bologna, Bologna, Italy

**J. Cañon**, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

**I. Curik**, University of Zagreb, Zagreb, Croatia

**A. De Vries**, University of Florida, Gainesville, FL, USA

**M'N. Djemali**, United Arab Emirates (UAE) University, Al-Ein, United Arab Emirates

**M. Dominguez**, New York University (NYU) School of Medicine, San Juan, Puerto Rico

**M.A. Elzo**, University of Florida, Gainesville, FL, USA

**J.C.P. Ferreira**, University of Sao Paulo State (UNESP), Botucatu/SP, Brazil

- L. Fiems**, Institute for Agricultural & Fisheries Research (ILVO), Melle, Belgium
- A. Gibon**, INRA Centre de Toulouse, Castanet-Tolosan, France
- F. Gondret**, INRA Centre de Rennes, Saint Gilles, France
- A.J. Heinrichs**, Pennsylvania State University, University Park, PA, USA
- J-F. Hocquette**, INRA de Clermont-Ferrand/Theix, Saint-Genès-Champanelle, France
- P. Huhtanen**, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden
- F. Infascelli**, University of Naples Federico II, Naples, Italy
- L. Istasse**, Université de Liège, Liege, Belgium
- M. Kaps**, University of Zagreb, Zagreb, Croatia
- A.G. Kongsted**, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark
- A.R. Kristensen**, Københavns Universitet, Frederiksberg, Denmark
- T. Kristensen**, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark
- P. Lund**, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark
- N. Lundeheim**, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden
- N.P.P. Macciotta**, University of Sassari, Sassari, Italy
- M. MacNeil**, U.S. Department of Agriculture (USDA), Miles City, MT, USA
- J.N.B Marchant-Forde**, West Lafayette, Indiana, USA
- J.I. McNitt**, Southern University Agricultural Research and Extension Center, Baton Rouge, LA, USA
- Q. Meng**, China Agricultural University, Beijing, P.R. China
- R. Mosenthin**, Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany
- J. Sanders**, Texas A&M University, College Station, TX, USA
- V. Santé-Lhoutellier**, INRA, Qualité des Produits Animaux, Saint Genès Champanelle, France
- A.L. Schaefer**, Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC), Lacombe, AB, Canada

**A.A. Sosnicki**, PIC North America, Hendersonville, TN, USA

**D. Spiers**, University of Missouri, Columbia, MO, USA

**D.M. Weary**, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada

**W. Weiss**, Ohio State University, Wooster, OH, USA

## **GUIDE FOR AUTHORS**

### **INTRODUCTION**

#### *Types of article*

1. Original Research Articles (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short Communications
4. Position Papers
5. Technical Notes
6. Book Reviews

*Original Research Articles* should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. They should not occupy more than 12 Journal pages.

*Review Articles* should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. Reviews will often be invited, but submitted reviews will also be considered for publication.

All reviews will be subject to the same peer review process as applies for original papers. They should not occupy more than 12 Journal pages.

*A Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications may be submitted to the journal as such, or may result from a request to condense a regular paper, during the

peer review process. They should not occupy more than 5 journal pages (approximately 10 manuscript pages) including figures, tables and references.

*Position Papers* are informative and thought-provoking articles on key issues, often dealing with matters of public concern. These will usually be invited, but a submitted paper may also be considered for publication. They should not occupy more than 12 Journal pages.

A *Technical Note* is a report on a new method, technique or procedure falling within the scope of *Livestock Science*. It may involve a new algorithm, computer program (e.g. for statistical analysis or for simulation), or testing method for example. The Technical Note should be used for information that cannot adequately incorporated into an Original Research Article, but that is of sufficient value to be brought to the attention of the readers of *Livestock Science*. The note should describe the nature of the new method, technique or procedure and clarify how it differs from those currently in use if cannot be incorporated. They should not occupy more than 5 Journal pages.

*Book Reviews* will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than two years old.

#### ***Contact details for submission***

Authors should send queries concerning the submission process or journal procedures to [AuthorSupport@elsevier.com](mailto:AuthorSupport@elsevier.com). Authors can check the status of their manuscript within the review procedure using Elsevier Editorial System.

#### ***Page charges***

This journal has no page charges.

#### ***Submission checklist***

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

**Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

*Manuscript:*

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

*Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)

*Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our Support Center.

## **BEFORE YOU BEGIN**

### ***Ethics in publishing***

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

### ***Human and animal rights***

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans; Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals. Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the ARRIVE guidelines and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, EU Directive 2010/63/EU for animal experiments, or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed.

Unnecessary cruelty in animal experimentation is not acceptable to the Editors of *Livestock Science*.

### ***Declaration of interest***

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within

three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. More information.

### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck.

### ***Changes to authorship***

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of

authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

#### *Article transfer service*

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal.

More information.

Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.

#### ***Copyright***

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases. For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete

na 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license.

### ***Author rights***

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

### ***Elsevier supports responsible sharing***

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

### ***Role of the funding source***

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### ***Funding body agreements and policies***

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of existing agreements are available online.

After acceptance, open access papers will be published under a noncommercial license. For authors requiring a commercial CC BY license, you can apply after your manuscript is accepted for publication.

### ***Open access***

This journal offers authors a choice in publishing their research:

### ***Open access***

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

### *Subscription*

access publication fee for this journal is **USD 3000**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

### *Green open access*

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more. This journal has an embargo period of 12 months.

### *Elsevier Publishing Campus*

The Elsevier Publishing Campus ([www.publishingcampus.com](http://www.publishingcampus.com)) is an online platform offering free lectures, interactive training and professional advice to support you in publishing your research. The College of Skills training offers modules on how to prepare, write and structure your article and explains how editors will look at your paper

when it is submitted for publication. Use these resources, and more, to ensure that your submission will be the best that you can make it.

#### *Language (usage and editing services)*

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop.

#### *Submission*

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

#### *Submit your article*

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/livsci/>

#### *Referees*

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our Support site. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

### **PREPARATION**

#### *Article structure*

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text

no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections.

Avoid excessive usage of italics to emphasise part of the text.

Manuscripts in general should be organised in the following order:

- Title should be clear, descriptive and not too long
- Abstract
- Keywords (indexing terms)
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, and so on
- References
- Figure captions
- Figures (separate file(s))
- Tables (separate file(s))

Pdf-files for text and tables cannot be used for production purposes. You are kindly requested to upload the text pages and references as a word processor file (Word, Wordperfect, Open Office, rtf). Line numbers are mandatory for the text file. The tables can be part of this file or can be uploaded as one or more separate files. Tables can also be uploaded as separate spreadsheet files. Line numbers are not needed on pages with tables or figures.

***Essential title page information***

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems.

Avoid abbreviations and formulae where possible.

- ***Author names and affiliations.*** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address.

Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### ***Abstract***

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. The abstract should not be longer than 400 words.

### ***Graphical abstract***

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article

in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

### *Highlights*

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

### *Keywords*

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### *Formatting of funding sources*

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements: Funding: This work was supported by the National Institutes of Health

[grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

#### *Nomenclature and units*

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents for further information. Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

#### *Math formulae*

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line

for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text). Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are \*P<0.05, \*\*P<0.01 and \*\*\*P<0.001. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca<sup>2+</sup>, not as Ca<sup>++</sup>. Isotope numbers should precede the symbols, e.g. <sup>18</sup>O. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

#### *Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### *Artwork*

##### *Electronic artwork*

##### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.

- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file. A detailed guide on electronic artwork is available.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts. TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;

- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

### *Tables*

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

### *References*

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

### *Data references*

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data

repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/livestock-science>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

#### *Reference style*

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. Examples: 'as demonstrated

(Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK.  
<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13.03.03).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1.  
<http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

*Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

### ***Video***

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### ***Supplementary material***

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data

during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages.

### ***AudioSlides***

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### ***Virtual Microscope***

The journal encourages authors to supplement in-article microscopic images with corresponding high resolution versions for use with the Virtual Microscope viewer. The Virtual Microscope is a web based viewer that enables users to view microscopic images at the highest level of detail and provides features such as zoom and pan. This feature for the first time gives authors the opportunity to share true high resolution microscopic images with their readers. More information and examples. Authors of this journal will receive an invitation e-mail to create microscope images for use with the Virtual Microscope when their manuscript is first reviewed. If you opt to use the feature, please contact [virtualmicroscope@elsevier.com](mailto:virtualmicroscope@elsevier.com) for instructions on how to prepare and upload the required high resolution images.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Online proof correction***

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

### ***Offprints***

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For no extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Webshop. Corresponding authors who have published their article open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

**AUTHOR INQUIRIES**

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.