

MARCIA MOURÃO RAMOS AZEVEDO

VALOR NUTRITIVO DO PSEUDOFRUTO DE CLONES DE CAJUEIRO
PARA OVINOS

TERESINA, PIAUÍ
2011

MARCIA MOURÃO RAMOS AZEVEDO

VALOR NUTRITIVO DO PSEUDOFRUTO DE CLONES DE CAJUEIRO
PARA OVINOS

Tese apresentada ao Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Piauí,
para a obtenção do título de Doutor em Ciência
Animal, Área de Produção Animal.

Orientadora: Profa. Dra. VÂNIA RODRIGUES VASCONCELOS
Co-orientador: Prof. Dr. ADIBE LUIZ ABDALLA

TERESINA, PIAUÍ
2011

VALOR NUTRITIVO DO PSEUDOFRUTO DE CLONES DE CAJUEIRO
PARA OVINOS

MARCIA MOURÃO RAMOS AZEVEDO

Tese aprovada em: 30.03.2011

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos (Presidente) / DZO/CCA/UFPI

Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista (Titular) / UFRPE

Prof. Dr. Adibe Luiz Abdalla (Titular) / CENA/ESALQ/USP

Prof. Dr. Ives Cláudio da Silva Bueno (Titular) / ZAZ/FZEA/USP

Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves (Titular) / DZO/CCA/UFPI

DEDICO,

Ao Carlos, grande amor da minha vida, pelo amor, carinho, respeito e compreensão principalmente nos momentos mais difíceis. Ao seu lado sinto que tudo é possível.

Aos meus filhos, Jéssica Tayanne, Júlio Fernandes e Jasmin Thuanne pelo orgulho que sinto de vocês e pela maravilhosa oportunidade de ser mãe, amo vocês.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre presente na minha vida e por me dar forças para seguir em frente.

Ao Antonio Carlos Oliveira Azevedo, minha alma gêmea, por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida, sempre acreditando em meu potencial, o que tornou possível a realização deste trabalho.

Aos meus queridos e amados filhos, Jéssica Tayanne, Júlio Fernandes e Jasmin Thuanne, razões da minha alegria, por serem mais do que eu sempre sonhei e pedi a Deus. Vocês são tudo em minha vida, amo-os com todas as minhas forças.

Aos meus pais, Raimundo Nonato Barbosa Ramos e Francisca Mourão Pessoa (*in memorian*), pelo carinho, reconhecimento e compreensão nos momentos de minha ausência.

Aos meus irmãos, pela união nos momentos importantes, e em especial à Marinalva pelo apoio constante e incondicional.

Aos meus tios, Maria Cléia e José Clésio, pelas pessoas maravilhosas que são e ajuda em todos os momentos que necessitei.

As minhas amigas de anos, Cristiane, Eliane, Eline, Elianir, Marluce e Clautina, que mesmo sem saberem estavam sempre me ajudando, pelos momentos de alegria e descontração que passamos juntas.

À minha amiguxa Lílian Rachel, pela amizade, companheirismo, apoio, confiança e momentos de alegria.

Aos meus “irmãos de coração”, Amr e Yousra, pelo apoio, companheirismo, solidariedade, compreensão e sólida amizade que construímos, a qual tenho certeza que será para sempre. Amo vocês.

Às minhas amigas cubanas, Niurca e Yoandra, pelo apoio na execução dos experimentos, pela cumplicidade e momentos inesquecíveis.

À minha amiga Janina Meier, pela confiança, companhia, carinho, amizade sincera e por vários momentos agradáveis.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal-UFPI, Aline, Laí Dantas, Mara Ramel, Yanêz André, Miguel Arcanjo, Marcônio Martins, Raniel Lustosa, Maurílio,

Marcelo, José Cardoso, Bruno Spindola, Cauê Soares, pela amizade, apoio, respeito e harmonioso convívio.

À Luzia pela ajuda constante e carinho, exemplo de mulher prestativa e batalhadora.

À minha orientadora, Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos, pela orientação concedida durante todo o processo de elaboração deste trabalho, pela pronta leitura atenciosa e melhorias apontadas, pelos importantes ensinamentos, tanto científicos quanto pessoais, pela dedicação, competência, amizade, confiança e apoio.

Ao Prof. Dr. Adibe Luiz Abdalla, pelo auxílio na realização do experimento no CENA/USP, pela confiança, respeito e, principalmente, pela compreensão dos nossos limites. Admiro sua competência, carisma e dedicação à pesquisa.

Ao pesquisador Dr. José Carlos Machado Pimentel pelo compromisso, amizade e auxílio neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Arnaud Azevedo Alves, exemplo de profissional, pela dedicação e amor em tudo que realiza e contribuições neste trabalho, manifesto meu agradecimento e estima.

Ao Prof. José Lindenberg Rocha Sarmiento e seu aluno Alan, pelo auxílio na execução das análises estatísticas, amizade e apoio.

Ao Dr. Ives Cláudio Bueno, pela disponibilidade, ensinamentos, colaboração nas análises estatísticas e valiosas contribuições em todas as etapas deste trabalho.

Ao Dr. Hoston Tomás, pelo respeito, dedicação, responsabilidade e contribuição neste trabalho.

À Profa. Dra. Elizabete, pelas palavras amigas, sábias e apoio nos momentos em que mais precisei.

A todos os estagiários do Laboratório de Nutrição Animal do CENA/USP pelo auxílio nas análises bromatológicas.

Ao secretário do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal-UFPI, Luís Silva, pela competência, dedicação e amizade.

À Regina Peçanha do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, pela competência, amizade e auxílio nas análises laboratoriais e nos experimentos.

Ao Lécio do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, pela amizade, seriedade, carinho e auxílio na execução dos experimentos.

À Patrícia Godoy, Patrícia Pimentel e Ronaldo, pela amizade e valiosas contribuições na realização dos experimentos.

À equipe do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, vocês foram fundamentais para esta conquista.

À banca examinadora, pelas valiosas sugestões.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Banco do Nordeste do Brasil S.A., pelo suporte financeiro necessário à condução deste trabalho.

À Empresa EMBRAPA agroindústria tropical, pela concessão dos pseudofrutos de clones de cajueiro utilizado na pesquisa.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE TABELAS | x |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS | xii |
| RESUMO | 14 |
| ABSTRACT | 15 |
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1. Pseudofruto do cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) na nutrição animal..... | 17 |
| 1.2. Técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases..... | 19 |
| 1.3. Fator de partição (FP) | 20 |
| 1.4. Metano (CH ₄) | 21 |
| 1.5. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) | 23 |
| 1.6. Protozoários | 24 |
| 1.7. Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) | 26 |
| 1.8. Proteína pós-rúmen | 27 |
| 1.9. Estrutura do trabalho | 28 |
| 2. CAPÍTULO I | 30 |
| Parâmetros de fermentação e de degradação ruminal em ovinos do pseudofruto de clones de cajueiro | 31 |
| Resumo | 31 |
| Abstract | 32 |
| Introdução | 33 |
| Material e Métodos | 33 |
| Resultados e Discussão | 41 |
| Conclusões | 54 |
| Agradecimentos | 55 |
| Referências | 55 |

| | |
|--|----|
| 3. CAPÍTULO II | 59 |
| Fermentação ruminal e mitigação de metano de dietas para ovinos contendo pseudofrutos de clones de cajueiro..... | 60 |
| Resumo | 60 |
| Abstract | 61 |
| Introdução | 62 |
| Material e Métodos | 63 |
| Resultados e Discussão | 73 |
| Conclusões | 85 |
| Agradecimentos | 85 |
| Referências | 85 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 89 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 90 |
| 6. ANEXOS | 97 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| | |
| CAPÍTULO I | |
| Figura 1 – Taxa de fermentação (μ) da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 47 |
| Figura 2 – Produção de gases da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 48 |
| Figura 3 – Curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 49 |
| Figura 4 – Produção cumulativa de gases da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 51 |
| Figura 5 – Cinética de degradação da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 51 |
| | |
| CAPÍTULO II | |
| Figura 1 – Produção de gases da matéria orgânica de dietas contendo 15% (DCCP06-15%), 30% (DCCP06-30%) e 45% (DCCP06-45%) de inclusão do pseudofruto do clone de cajueiro CCP06 e 15% (DBRS189-15%), 30% (DBRS189-30%) e 45% (DBRS189-45%) de inclusão do pseudofruto do clone de cajueiro BRS189..... | 81 |
| Figura 2 – Curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica de dietas contendo 15% (DCCP06-15%), 30% (DCCP06-30%) e 45% (DCCP06-45%) de inclusão do pseudofruto do clone de cajueiro CCP06 e 15% (DBRS189-15%), 30% (DBRS189-30%) e 45% (DBRS189-45%) de inclusão do pseudofruto do clone de cajueiro BRS189..... | 83 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO I | |
| Tabela 1 – Composição bromatológica do pseudofruto de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 42 |
| Tabela 2 – Parâmetros do modelo de France et al. (1993), degradação da matéria orgânica (DMO) e fator de partição (FP) da fermentação do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) por 24 horas de incubação..... | 44 |
| Tabela 3 – Produtos da fermentação ruminal e degradação da matéria orgânica verdadeiramente degradável (MOVD) do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) por 24 horas de incubação..... | 46 |
| Tabela 4 – Cinética de fermentação ruminal da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) após 72 horas de incubação..... | 50 |
| Tabela 5 – Desaparecimento da matéria orgânica (g/kg) do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) em função dos tempos de incubação..... | 52 |
| Tabela 6 – Médias dos parâmetros do modelo de Ørskov e McDonald (1979) para a degradabilidade da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 53 |
| CAPÍTULO II | |
| Tabela 1 – Composição percentual das dietas experimentais, com base na matéria seca (%)...... | 64 |
| Tabela 2 – Composição bromatológica de dietas para ovinos formuladas com pseudofrutos de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 65 |
| Tabela 3 – Produção cumulativa de gases da matéria orgânica de dietas contendo pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) pela técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases | 74 |
| Tabela 4 – Parâmetros de fermentação ruminal e de degradação de dietas contendo pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) após 24 horas de incubação..... | 75 |
| Tabela 5 – Parâmetros do modelo de France et al. (1993), degradação da matéria orgânica (DMO) e fator de partição (FP) da fermentação de dietas contendo pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) por 72 horas de incubação..... | 79 |

| | |
|---|----|
| Tabela 6 – Digestibilidade ruminal e intestinal <i>in vitro</i> da PB de dietas contendo pseudofruto de clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)..... | 84 |
|---|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- AGCC = Ácidos graxos de cadeia curta.
- BRS189 = Clone de cajueiro anão precoce de Pacajus BRS189.
- C2 = Ácido acético.
- C3 = Ácido propiônico.
- C4 = Ácido butírico.
- CCP = Clone de cajueiro anão precoce de Pacajus.
- CEL = Celulose.
- CH₄ = metano.
- CHOT = Carboidratos totais.
- CNCPS = Cornell Net Carbohydrate and Protein System
- CNF = Carboidratos não-fibrosos.
- DBRS189 = Dieta contendo o BRS189.
- DC = Dieta controle.
- DCCP06 = Dieta contendo o CCP06.
- DMO = Degradação ruminal da matéria orgânica.
- EPM = Erro padrão da média.
- FDA = Fibra em detergente ácido.
- FDN = Fibra em detergente neutro.
- FP = Fator de partição.
- FT = Fenóis totais.
- HEM = Hemicelulose.
- LDA = Lignina em detergente ácido.
- MOVD = Matéria orgânica verdadeiramente degradada.
- MS = Matéria seca.
- NDT = Nutrientes digestíveis totais
- N-NH₃ = Nitrogênio amoniacal.
- PB = Proteína bruta.
- PCG = Produção cumulativa de gases.
- PDI = Proteína digestível no intestino.
- PDR = Proteína degradada no rúmen.
- PNDR = Proteína não-degradada no rúmen.
- psi = Libra por polegada ao quadrado.

SNK = Student-Newman-Keuls

TC = Taninos condensados.

TT = Taninos totais.

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho estimar o valor nutritivo do pseudofruto de cinco clones de cajueiro e de dietas para ovinos contendo diferentes níveis de inclusão de pseudofruto de clones de cajueiro, a partir de parâmetros de degradação e fermentação ruminal e de digestibilidade intestinal. Utilizou-se a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases e de três estágios. As amostras avaliadas foram incubadas com meio nutritivo e inóculo ruminal. As leituras de pressão foram realizadas em horários pré-estabelecidos para cada ensaio. Os pseudofrutos CCP1001, BRS189 e CCP76 resultaram em maior degradação da matéria orgânica (DMO), porém os BRS189 e CCP1001 apresentaram maior matéria orgânica verdadeiramente degradada (MOVD). O pseudofruto BRS189 apresentou os maiores valores para os parâmetros de fermentação ruminal. O pseudofruto de clone de cajueiro BRS189 apresentou maior degradabilidade potencial (A+B) da MO. Os pseudofrutos dos clones BRS189 e CCP1001 proporcionaram maior degradabilidade efetiva (DE) com taxas de passagens de 2% e 5%. Menor DE foi observada para o clone CCP06 a 2%/h. As dietas DBRS189-15% e DBRS189-30% apresentaram maior DMO, porém a dieta DBRS189-15% apresentou maior MOVD. A DCCP06-15% apresentou maior PDR, porém não houve diferenças entre as dietas para a PDI. Os pseudofrutos BRS189 e CCP1001 mostram-se superiores, com destaque para o BRS189. As dietas DBRS189-15% e DBRS189-30% apresentam-se como as mais promissoras.

Nutritive value of pseudofruit of cashew clones for sheep.

ABSTRACT

This study aimed to estimate the nutritive value of the pseudofruit of five cashew clones and sheep diets containing different levels of inclusion of pseudofruit of cashew clones, based on parameters of rumen degradation, rumen fermentation and intestinal digestibility. The *in vitro* semi-automated gas production technique and the three-stage technique were used. The tested samples were incubated with nutritive medium and inoculum (rumen liquor). Pressure readings were taken at pre-set times for each test. The pseudofruits of CCP1001, BRS189 and CCP76 presented greater organic matter degradability, however, BRS189 and CCP1001 presented higher organic matter truly degraded. The BRS189 pseudofruits presented the highest values of rumen fermentation parameters. The BRS189 pseudofruits also showed the highest organic matter potential degradability (A+B). The BRS189 and CCP1001 pseudofruits had the greatest effective degradability (ED) with passage rates of 2% and 5%. The lowest ED was observed for the clone CCP06 at 2%/h. Diets DBRS189-15% and DBRS189-30% had the greatest OM degradability, and the diet DBRS189-15% also presented the highest OM truly degradability. Diet DCCP06-15% showed the highest protein degradability in the rumen, and there were no differences between diets for the post-rumen protein degradability. BRS189 and CCP1001 pseudofruits seem to be better than the other clones, especially the BRS189. Diets DBRS189-15% and DBRS189-30% are the most promising diets.

1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), planta originária do Nordeste do Brasil, encontra-se disseminado em quase todos os países tropicais, sendo cada vez maior o interesse em sua exploração econômica, notadamente nas regiões agrícolas menos desenvolvidas, principalmente, pela geração de emprego. No País, o aproveitamento do pedúnculo de cajueiro reside na sua transformação em produtos variados como sucos, sorvetes, doces diversos (compota, cristalizado, massa), licor, mel, geléias, cajuína, refrigerantes gaseificados e aguardente. Entretanto, o principal objetivo da exploração do cajueiro tem sido a obtenção da castanha, de cujo beneficiamento resulta a amêndoa. Dessa prática resulta grande quantidade de pedúnculo que, não sendo aproveitada, é abandonada no campo. Desse modo, a máxima utilização do pedúnculo de cajueiro é de suma importância, tanto para formulação de dietas como para preservação do meio ambiente.

Esta cultura apresenta potencial de utilização na alimentação animal (AZEVEDO et al., 2009; DANTAS FILHO et al., 2007; NUNES et al., 2007) e sua produção concentra-se no período seco do ano que coincide com a entressafra de culturas alimentares (HOLANDA et al., 1996) e elevados preços de grãos e de concentrados. Assim, a utilização do pedúnculo do caju na alimentação animal tornaria possível a redução nos custos de produção animal e seria mais uma alternativa alimentar para ruminantes. Todavia, os conhecimentos sobre a utilização desta cultura na alimentação animal são ainda bastante empíricos, tornando-se necessário o estudo do valor nutritivo do pseudofruto de cajueiro visando sua recomendação para alimentação de ruminantes.

Na caracterização nutricional do pseudofruto de cajueiro, além de sua composição bromatológica, a obtenção dos parâmetros de degradação ruminal da matéria orgânica e matéria orgânica verdadeiramente degradável, da degradação ruminal e intestinal da proteína bruta, dos produtos da fermentação ruminal (ácidos graxos de cadeia curta, de metano, de nitrogênio amoniacal, população de protozoários) e dos parâmetros cinéticos de fermentação e de degradação ruminal são de fundamental importância, uma vez que estes estão relacionados com o desempenho animal. Por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, é possível determinar a cinética de fermentação e de degradação ruminal de um alimento ou nutriente específico, estimar a produção de ácidos graxos de cadeia curta, metano, nitrogênio amoniacal, fator de partição e população de protozoários, além de verificar o efeito de fatores antinutricionais presentes nos alimentos (CLIPES et al., 2010; SALLAM et al., 2009; ABDALLA et al., 2008; BUENO et al., 2005; CABRAL FILHO et al., 2005). Pela técnica de

três estágios, proposta por Calsamiglia e Stern (1995), é possível estimar a digestibilidade de componentes nutricionais não-degradados no rúmen (BERAN et al., 2007).

1.1. Pseudofruto do cajueiro na nutrição animal

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família Anacardiaceae, a qual inclui árvores e arbustos tropicais e subtropicais. Esta família possui cerca de 60 gêneros e 400 espécies (MENEZES e ALVES, 1995). É constituído da castanha, verdadeiro fruto, e do pedúnculo hipertrofiado, pseudofruto.

Na natureza existem dois tipos de cajueiros bem definidos em relação ao porte denominados comum e anão. O cajueiro comum possui porte elevado com altura que varia de 8 a 15 m e envergadura da copa que chega a atingir 20 m. Sua capacidade produtiva individual é muito variável, com plantas que produzem menos de 1 kg até cerca de 180 kg de castanha por safra. Apresenta grande variabilidade no peso do fruto, que vai de 3 a 33 g, com peso do pedúnculo variando de 20 a 500 g. A idade mínima de estabilização da produção das plantas é superior a 8 anos. O cajueiro anão, também conhecido por cajueiro de seis meses e anão precoce, caracteriza-se pelo porte abaixo de 4 m de altura, copa homogênea com variação no tamanho de 5 a 6,5 m e inicia o florescimento entre 6 e 18 meses. O peso do fruto nas populações naturais varia de 3 a 19 g e o do pedúnculo de 20 a 160 g, o que significa dizer que são características com menor variabilidade. Sua máxima capacidade produtiva registrada, em Pacajus, CE, foi de 43 kg de castanhas/safra/planta, entretanto, possui maior potencial produtivo por unidade de área, em relação ao cajueiro comum, em função das vantagens de porte e precocidade, desde que explorado de forma adequada (BARROS et al., 1998).

Várias pesquisas foram desenvolvidas para obtenção de genótipos de cajueiro que permitissem não só o aumento de produtividade, como também a melhoria na qualidade do produto final. O processo de melhoramento genético realizado no cajueiro anão precoce no Brasil teve início em 1965 no Campo Experimental de Pacajus, atualmente pertencente à Embrapa. Constou de uma seleção fenotípica individual, seguida do controle anual da produção nas plantas selecionadas. Essa metodologia permitiu o lançamento comercial dos clones CCP06, CCP76, CCP09 e CCP1001. Posteriormente, novos procedimentos metodológicos, como o método do policruzamento, seleção entre e dentro de progênes e hibridação inter e

intraespecífica, resultaram na obtenção dos clones EMBRAPA 50, EMBRAPA 51, BRS189 e BRS226 (PAIVA e BARROS, 2004).

Os clones de cajueiro do tipo anão precoce têm proporcionado grande impulso à cultura do caju no Brasil, por apresentarem maior produtividade, maior precocidade, porte reduzido, facilitando a colheita manual do pedúnculo, uniformidade e elevado rendimento da castanha e do pedúnculo (CAVALCANTE et al., 2000; BARROS e CRISÓSTOMO, 1995).

No Brasil, a cajucultura possui uma área cultivada de 754.863 ha, proporcionando uma produção de 105.886 toneladas de castanha e mais de 952.974 toneladas de pedúnculos por ano. O cultivo desta cultura é uma atividade de grande importância sócio-econômica para a região Nordeste do Brasil, responsável por 100% da exploração econômica do cajueiro, principalmente, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (IBGE, 2010). A amêndoa é muito apreciada, constituindo, juntamente com o líquido da casca da castanha (LCC), o principal produto de exportação. Entretanto, o aproveitamento do pedúnculo (pseudofruto) ainda é insignificante em relação à quantidade de matéria-prima disponível (AGOSTINI-COSTA et al., 2004).

O pseudofruto de cajueiro apresenta potencial de utilização na alimentação animal podendo ser utilizado tanto o resíduo descartado pela indústria, resultante da extração do suco, como os pseudofrutos que não foram aproveitados durante a colheita da castanha.

O resíduo da indústria de sucos de caju contém de 30 a 35% de umidade e pode ser utilizado diretamente na alimentação animal (HOLANDA et al., 1996). No entanto, o produto final após secagem apresenta maior conteúdo proteico que o caju seco no campo, com até 14,8% de PB. Segundo esses autores a utilização de resíduos agroindustriais de caju para bovinos tem sido feita em quantidades superiores a 50% na formulação de concentrados, obtendo-se um produto com cerca de 18% de PB.

Em estudos realizados por Furusho et al. (1997), avaliando o desempenho de cordeiros Santa Inês terminados em confinamento com dieta contendo pedúnculo do caju, observaram que o pedúnculo de caju seco possui grande potencial para ser utilizado como ingrediente em rações. Dantas Filho et al. (2007) constataram que para o ganho médio diário de ovinos em terminação, a polpa de caju desidratada pode ser incluída na dieta em níveis de até 30%, nível que proporcionou o melhor retorno econômico.

Segundo Borges et al. (2001), o uso do pseudofruto seco do cajueiro em substituição aos componentes tradicionais dos concentrados não alterou o consumo de matéria seca, consumo de

proteína bruta, ganho de peso e conversão alimentar podendo ser utilizado nos níveis de até 45% como meio de reduzir os custos de produção.

Determinando o valor nutritivo de silagens de capim-elefante com adição de bagaço de caju, Ferreira et al. (2004) verificaram que o bagaço de caju pode ser utilizado como aditivo na ensilagem de capim-elefante, melhorando as características fermentativas da silagem, com elevação no teor de PB e redução dos teores de FDN. Os mesmos autores recomendaram a adição de até 47,7% e 37,5% do bagaço de caju para se obter o nível máximo de PB e o menor nível de FDN, respectivamente. Entretanto, Dantas Filho et al. (2007) verificaram que a inclusão de polpa de caju desidratada em rações para ovinos em terminação reduziu a retenção de nitrogênio e afetou negativamente a digestibilidade dos nutrientes (MS, MO, PB, FDN e FDA).

Avaliando a dinâmica de fermentação do pseudofruto de cinco clones de cajueiro, Azevedo et al. (2009) verificaram que os pseudofrutos dos clones de cajueiro CP06, CP09, CP76, CP1001 e BRS189 apresentaram potencial para uso na alimentação de ruminantes por serem de boa qualidade fermentativa.

1.2. Técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases

A procura por métodos acurados, simples e rápidos para estimar o valor nutritivo dos alimentos tem sido objetivo de investigações na nutrição de ruminantes (PELL e SCHOFIELD, 1993). Diversas técnicas são utilizadas na análise dos mais variados tipos de alimentos fornecidos aos ruminantes, sendo a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases cada vez mais utilizada, pois esta apresenta grande potencial em descrever a cinética de fermentação e de degradação ruminal, determinar a produção de ácidos graxos voláteis, nitrogênio amoniacal, metano e população de protozoários, além de verificar o efeito de fatores antinutricionais presentes nos alimentos (CLIPES et al., 2010; SALLAM et al., 2009; ABDALLA et al., 2008; BUENO et al., 2005; CABRAL FILHO et al., 2005; GETACHEW et al., 2005).

As maiores vantagens da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases são a praticidade de se medir a produção de gases, apresentando alta acurácia nas medições, simplicidade no manuseio de equipamentos, baixo custo na implantação, uso de pouco ou nenhum animal canulado, utilização de pequena quantidade de amostra, permitindo que um maior número de alimentos seja avaliado ao mesmo tempo, apresentar comprovado potencial em

descrever a cinética de fermentação e de degradação ruminal e medir produtos da fermentação (MAURÍCIO et al., 2003).

No entanto, a maioria dos métodos *in vitro* pode apresentar falhas quando não se utiliza adequadamente o inóculo, os tampões ou os equipamentos que garantam as condições de pH, anaerobiose, número de microrganismos e nutrientes essenciais para os mesmos (MALAFAIA et al., 1999). A principal desvantagem do método *in vitro* é a de não reproduzir o ambiente *in vivo*. Entretanto, esta desvantagem pode reverter-se, quando os objetivos do ensaio são os de determinar as propriedades intrínsecas do alimento avaliado, pois as condições *in vitro* podem ser controladas de maneira a prevenir as flutuações físico-químicas do ambiente, o que permite isolar a característica de interesse do alimento, de modo que esta seja a variável limitante para o estudo de degradação (MERTENS, 1993). Outra desvantagem encontrada neste método é o baixo peso da amostra a ser incubada, o que dificulta a homogeneidade do material (SANTOS et al., 2003).

O princípio da técnica *in vitro* de produção de gases consiste em colocar amostras de alimentos a serem testados em contato com o inóculo microbiano ruminal, uma solução de macro e microminerais e uma solução tampão em frascos de fermentação com temperatura de 39°C (BUENO et al., 2005). Para mensuração dos gases produzidos no interior destes frascos utiliza-se um transdutor digital de pressão e as leituras são realizadas em tempos pré-estabelecidos. A estimativa do perfil de degradação dos alimentos é feita através da análise do material residual (THEODOROU et al., 1994).

1.3. Fator de partição (FP)

O fator de partição (FP), que é a razão entre a matéria orgânica degradada e o volume cumulativo de gases produzido pela fermentação, é um indicador de eficiência de síntese microbiana (BLÜMMEL et al., 1997). Maiores valores para o FP indicam que mais matéria orgânica é degradada e incorporada na massa microbiana por mL de gases produzido (MAKKAR, 2004). De forma contrária, menor FP indica uma maior produção de gases que se reflete em menor eficiência do processo fermentativo, com aumento na produção de CO₂ e metano (BLÜMMEL et al., 1997). De acordo com Makkar (2004), o FP deve variar de 2,74 a 4,41 mg de matéria orgânica degradada/mL de gases produzido.

Avaliando a eficácia do óleo de eucalipto sobre a fermentação ruminal e produção de metano *in vitro*, Sallam et al. (2009) obtiveram valores de FP de 4,97 e 6,92 DMO/mL com adição de 100 e 150 µL de óleo de eucalipto, respectivamente. Segundo os mesmos autores esses altos valores de FP indicam que a solubilização do alimento contribuiu para a baixa degradação da matéria seca, contribuiu para a produção de gases e inibição da fermentação ruminal.

Em estudo realizados por Abdalla et al. (2008), avaliando a utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes, observou-se correlação negativa ($P < 0,05$) entre o fator de partição e a produção de metano ($y = -3,05x + 24,68$, $r^2 = 0,535$).

Os alimentos que apresentam alta degradabilidade verdadeira *in vitro* e baixa produção de gases apresentam fator de partição mais elevado, maior consumo pelos animais, maior eficiência de síntese microbiana, menor produção de CO₂, CH₄ e maior produção de ácidos graxos de cadeia curta (Blümmel et al., 2005; Makkar, 2004).

1.4. Metano (CH₄)

O metano é reconhecido como um potente gás de efeito estufa e a sua produção pelos animais ruminantes contribui com aproximadamente 15 % do fluxo de CH₄ atmosférico global.

Segundo Ørskov e Ryle (1990), os ruminantes, devido ao processo digestivo de fermentação entérica, são reconhecidos como importante fonte de emissão de metano (CH₄) para a atmosfera. A grande liberação de metano tem se tornado uma das principais preocupações quanto à redução das perdas energéticas pelos ruminantes.

No sistema produtivo de ruminantes, nutricionistas depararam-se com o desafio de desenvolver estratégias para atenuar a produção de metano (McALLISTER et al., 1996; PATRA et al., 2006), possibilitando menores perdas energéticas e consequente melhoria na produtividade animal. Portanto, a implementação de práticas de manejo visando melhorar a produtividade animal, como a redução da emissão de metano, é de grande relevância para os sistemas de produção animal e preservação do meio ambiente. Assim, é de suma importância o conhecimento dos mecanismos de síntese de metano, bem como os fatores que afetam sua produção.

A metanogênese é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre principalmente no rúmen. A fermentação ruminal dos alimentos é um processo anaeróbio que

converte os carboidratos (estruturais ou não estruturais) em ácidos graxos de cadeia curta (ácido acético, propiônico e butírico, principalmente). Devido a esse processo metabólico, produz-se calor, que é dissipado como calor metabólico pela superfície corporal, dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), que então são eliminados durante a eructação (LANA et al., 1998).

Durante o processo de fermentação, a produção de ácido acético e butírico envolve a liberação de grande quantidade de H_2 . Bactérias metanogênicas presentes na microbiota ruminal, utilizam H_2 e CO_2 para produzir metano (WOLIN et al., 1997). Por outro lado, no processo fermentativo onde o produto resultante é o ácido propiônico, há “captura” de H_2 do meio, resultando-se em uma relação inversa altamente significativa entre propionato:metano (WHITELOW et al., 1984).

A relação volumoso:concentrado pode influenciar a fermentação ruminal, sendo esperado menor proporção de metano com o aumento da proporção de concentrados na ração (PEDREIRA et al., 2005). Rações ricas em grãos e/ou a adição de carboidratos solúveis influenciam os parâmetros fermentativos no rúmen, com o aumento da taxa de passagem, redução do pH e eliminação ou inibição de algumas populações de protozoários ciliados e bactérias metanogênicas (VAN SOEST, 1994).

Pereira et al. (2006) realizaram estudos sobre a influência do manejo da produção animal sobre a emissão de metano em bovinos de corte e concluíram que as diferenças existentes quanto à porcentagem de metano e gás carbônico no total de gases produzido pelas categorias se devem a dois fatores: às características bromatológicas do alimento, onde ingredientes fibrosos e com maior teor de lignina produziram mais metano do que alimentos com baixa fibra e taxa de fermentação rápida e às características ingestórias, como taxa de ingestão e taxas de passagem que acabam por proporcionar diferenças nas interações microbianas, ocasionando diferenças de fermentação.

Abdalla et al. (2007) observaram correlação positiva entre teor de tanino de plantas taniníferas e redução na produção de CH_4 . Este possível efeito do tanino de plantas tropicais sobre a redução da produção de metano também foi descrito por Sallam et al. (2010). A ação dos taninos na redução da emissão do metano pelos ruminantes pode ser atribuída a dois mecanismos: indiretamente, através da redução na degradação da matéria orgânica com diminuição na produção de H_2 , pela formação de complexos com proteínas e fibras, tornando-as resistentes à degradação e/ou por efeito inibitório à população de protozoários e, diretamente, por ação inibitória à população metanogênica.

Para a medição de metano proveniente da fermentação entérica de ruminantes, várias metodologias têm sido desenvolvidas. Algumas delas consistem no uso de câmaras fechadas, como descrito em Lockyer (1997), mais voltadas para animais em confinamento. Para animais criados em regime de pastagem, Johnson e Johnson (1995) desenvolveram uma técnica empregando o traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), que vem sendo utilizada e testada por vários grupos de pesquisadores de países da Europa, Oceania, África, Ásia e Américas do Norte e do Sul. A técnica de produção de gases *in vitro*, baseada na simulação da fermentação ruminal em frascos de vidro inoculados com microrganismos ruminais tem sido utilizada com a finalidade de estimar a produção de metano ruminal *in vitro* (Longo et al., 2006).

1.5. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)

Os principais produtos da fermentação microbiana ruminal são os ácidos graxos voláteis (ácidos acético, propiônico e butírico), a amônia (NH_3), o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4). O dióxido de carbono e o metano são produzidos durante a formação dos ácidos acético e butírico. Os ácidos graxos voláteis representam a principal fonte energética dos ruminantes, estimada em 50 a 70% da energia digestível total, sendo importante para o entendimento do processo fermentativo no rúmen em diferentes sistemas de alimentação. Entretanto, o CO_2 e o CH_4 representam perdas de energia e a NH_3 , de nitrogênio. Um fato importante é que as bactérias gram-positivas são responsáveis pela maior produção de NH_3 , como as *Clostridium* e *Peptostreptococcus*; de lactato, como as *Streptococcus* e *Lactobacillus*; dos ácidos acético e butírico, como as *Butyrivibrio*, *Ruminococcus* e *Fibrobacter*; e de CO_2 e CH_4 . As bactérias gram-negativas são responsáveis pela maior produção de ácido propiônico, a exemplo das *Bacterioides*, *Selenomonas* e *Veillonella*, e pelo maior consumo de lactato, como as *Anaerovibrio*, *Megasfera* e *Selenomonas* (BLÜMMEL et al., 2005; PLAIZIER et al., 1997; TUNG e KUNG, 1993; DENNIS et al., 1981; CHEN e WOLLIN, 1979).

O suprimento energético dos ruminantes é proveniente principalmente dos ácidos graxos de cadeia curta, dos quais o ácido propiônico é o mais eficaz, pois diminui a energia que seria perdida com a fermentação do alimento até a formação dos gases CH_4 e CO_2 , além de ser mais eficientemente utilizado pelos tecidos do corpo que o acetato e o butirato (OLIVEIRA et al., 2005). Possenti et al. (2008) constatou que o ácido acético é sempre produzido em maior quantidade que os outros ácidos graxos voláteis do rúmen, não apresentando grandes variações com a espécie vegetal. Stradiotti Júnior et al. (2004), avaliando a ação da própolis sobre a

desaminação de aminoácidos e a fermentação ruminal, verificaram correlação positiva entre o pH e a concentração de acetato ruminal, sendo esta correlação negativa para a concentração de propionato. Segundo os mesmos autores a atuação das bactérias formadoras de acetato é favorecida em pH mais elevado, contrariamente à atuação das formadoras de propionato, que dependem de menores valores de pH para seu crescimento.

Os ácidos graxos livres no ambiente ruminal são tóxicos as bactérias gram-positivas, em especial celulolíticas e metanogênicas e provavelmente sua concentração no ambiente ruminal inibe a metanogênese, efeito este associado ao aumento na produção de ácido propiônico e diminuição no acetato e butirato (BALIEIRO NETO e MELLOTI (2007).

Segundo Nogueira et al. (2006), os gases produzidos da fermentação são influenciados pela composição dos alimentos, ou seja, a maioria dos gases é liberada pela fermentação de carboidratos, seguidos por menor volume de gases liberados pela fermentação de proteínas e nenhuma quantidade liberada pelos lipídeos. No entanto, a relação acetato:propionato obtido para substratos semelhantes pode alterar o volume de gases, em que substratos com maior capacidade de produção de acetato, elevados teores de CHO fibrosos, produzem maior quantidade de gases quando comparados aos substratos ricos em CHO não fibrosos, os quais proporcionam maior produção de propionato e, conseqüentemente, menor produção de gases. Segundo Van Soest (1994), a formação do propionato ($\text{glicose} + 2\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{propionatos}$) é a única via que envolve a captura do hidrogênio (H_2) e não envolve a formação de dióxido de carbono (CO_2). Portanto, sua formação não contribui para a formação dos gases mensurados pela técnica *in vitro* de produção de gases.

As proporções molares de ácidos graxos de cadeia curta normalmente produzidas no ambiente ruminal variam de 45 a 75%, 15 a 45% e 11 a 13% para o acetato, propionato e butirato, respectivamente (Kozloski, 2002) e a relação ácido acético:propiônico entre 0,9 a 4,0 $\mu\text{mol/mL}$ (Johnson e Johnson, 1995).

1.6. Protozoários

Há efetiva atuação dos protozoários ciliados na degradação de carboidratos estruturais e no engolfamento de amido, principalmente em dietas contendo alta proporção de concentrado (BONHOMME, 1990; CHAUDHARRY et al., 1995). Entretanto, dieta com teor de lipídeos acima de 6% pode inibir a degradação do alimento. Os lipídeos presentes na maioria dos

alimentos utilizados na alimentação animal possuem em sua constituição maiores proporções de ácidos graxos insaturados, que são tóxicos aos microrganismos ruminais, principalmente às bactérias fibrolíticas e aos protozoários, além de prejudicarem a adesão à partícula do alimento dificultando a colonização de microrganismos e a ação de enzimas microbianas (KOZLOSKI et al., 2002; VAN SOEST, 1994).

Os protozoários participam da degradação da proteína dietética (NUGENT e MORGAN, 1981), contribuindo na liberação ao meio ruminal de compostos intermediários como peptídeos, aminoácidos e N-amoniaco, assim como da fermentação de carboidratos (USHIDA et al., 1990), por sua alta capacidade de usar amido e açúcares solúveis, evitando sua rápida fermentação a ácido lático (USHIDA e JOUANY, 1996). Dessa maneira, a presença de protozoários ciliados estabiliza a fermentação ruminal, dificultando o abaixamento do pH do líquido ruminal.

Segundo Hungate (1966), os protozoários ciliados do rúmen participam com mais de 40% do nitrogênio microbiano total do conteúdo do órgão e mais de 60% dos produtos de fermentação microbiana. A quantidade e diversidade são influenciadas pelas dietas ingeridas, pelo pH do conteúdo ruminal e pelas relações que estabelecem entre si e com a população bacteriana (MOURA MARINHO, 1982). Leng (1982) observou que 65% dos protozoários morrem e são degradados no rúmen.

Enquanto maior atenção tem sido dada às bactérias ruminais, protozoários podem utilizar a maioria dos carboidratos solúveis, amido e carboidratos da parede celular para seu crescimento, além de estarem associados à maior reciclagem de nitrogênio microbiano no rúmen (IVAN et al., 2001). Entretanto, os protozoários apresentam simbiose com arqueias metanogênicas, onde o hidrogênio produzido pelos ciliados é utilizado por estes microrganismos na formação de metano. Dessa forma, os protozoários podem ser responsáveis por até 37% da metanogênese (WILLIAMS e COLEMAN, 1997) e, assim, a redução no número de ciliados torna-se interessante, em razão da menor perda de energia no rúmen e das consequências ambientais do metano no efeito estufa.

A defaunação promove aumento das proporções de propionato nos ácidos graxos voláteis, indicando que a redução no número total de protozoários pelos tratamentos pode reduzir a emissão de metano por ruminantes (MARTINELE et al., 2008). A defaunação pode acarretar mudança na população bacteriana favorecendo espécies amilolíticas e proteolíticas por estas não serem ingeridas pelos protozoários, ou devido utilização dos mesmos substratos e as celulolíticas e metanogênicas prejudicadas, por dependerem da ação dos protozoários sobre o controle da

população de bactérias e quebra de alimentos (BALIEIRO NETO e MELLOTI, 2007; IVAN et al., 2001).

Eugène et al. (2004), utilizando os dados reportados na literatura de animais faunados e defaunados em um estudo em meta-análise, observaram que a defaunação diminuiu a digestibilidade da material orgânica (1,7 unidades) e da FDN (5,7 unidades). A defaunação também propiciou maior passagem de nitrogênio microbiano ao duodeno (21%) e aumentou a eficiência de síntese microbiana (11,8 g N/kg MODR), com redução da concentração de amônia ruminal (-5,03 mg N-NH₃/dL).

1.7. Nitrogênio amoniacal (N-NH₃)

As bactérias que fermentam carboidratos estruturais utilizam amônia como fonte de nitrogênio e aquelas que fermentam carboidratos não estruturais utilizam amônia, peptídeos e aminoácidos (PEREIRA et al., 2010).

A atividade dos microrganismos ruminais, principalmente aqueles que degradam carboidratos fibrosos, é dependente do nível amoniacal no rúmen. Baixas concentrações de amônia ruminal, comumente aquém das necessidades ao crescimento microbiano normal, são normalmente encontradas durante o período seco do ano, devido à queda na qualidade da forragem, marcadamente no tocante à disponibilidade proteica.

Os níveis de nitrogênio amoniacal preconizado por Mehrez et al. (1977) para máxima atividade fermentativa ruminal situa-se entre 19 e 23 mg/dL. Van Soest (1994) citou como nível ótimo 10 mg/dL. O NRC (1988) sugere no mínimo 5 mg/dL para eficiente digestão da matéria orgânica no ambiente ruminal. Todavia, estes valores não devem ser considerados como números fixos, devido ao fato de a capacidade de síntese de proteína e captação de amônia pelas bactérias depender da taxa de fermentação dos carboidratos (HOMEM JÚNIOR et al., 2010).

Estas concentrações de N-NH₃ teoricamente são adequadas para atender as exigências em N dos microrganismos que fermentam carboidratos fibrosos, os quais predominam no rúmen. Além disso, o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), considera que as bactérias fermentadoras de carboidratos não estruturais utilizam 66% do N oriundo de peptídeos e aminoácidos e 34% de N-NH₃, porém bactérias do gênero *Fibrobacter* utilizam apenas amônia como fonte de crescimento (PEREIRA et al., 2009).

As bactérias fermentadoras de fibras utilizam amônia como única fonte de N, e são altamente prejudicadas quando há deficiência de N no rúmen, levando a um menor desaparecimento da fibra, diminuindo a taxa de passagem e, conseqüentemente, diminuindo o consumo de matéria seca (TEDESCHI et al., 2000; RUSSELL et al., 1992).

1.8. Proteína pós-rúmen

A degradação da proteína dos alimentos no rúmen tem grande influência sobre o suprimento de aminoácidos para os animais ruminantes. Esta é composta por uma fração degradável no rúmen (PDR) e uma fração não degradável no rúmen (PNDR). A PDR dá origem a peptídeos, aminoácidos e amônia, e é utilizada pelos microrganismos ruminais para síntese de proteína microbiana, que é normalmente a principal fonte de proteína para os ruminantes. A proteína não degradada no rúmen (PNDR) é a segunda fonte de aminoácidos para o animal (SANTOS, 2006), representada pela proteína dietética que escapa a fermentação ruminal. De acordo com Kozloski (2002), do nitrogênio total que flui com a digesta duodenal, em torno de 15 a 40% é representado por proteína do alimento não-degradado no rúmen, e 60 a 85%, por nitrogênio microbiano.

Segundo Cabral et al. (2001) a quantidade de proteína microbiana que atinge o duodeno não é suficiente para atender as exigências dos animais de alta produção. Tornando-se necessária a inclusão de fontes proteicas não-degradadas no rúmen para o atendimento do débito proteico não-suprido pela proteína microbiana. Entretanto, a proteína dietética não-degradada no rúmen apresenta composição em aminoácidos e digestibilidade intestinal variável sendo necessária a estimativa mais exata da digestibilidade intestinal da proteína de cada alimento.

Vários métodos *in vitro* têm sido desenvolvidos para essas estimativas, incluindo: a determinação do N insolúvel em detergente ácido, a técnica do saco de náilon móvel, os procedimentos enzimáticos e o teste da disponibilidade da lisina. Porém, de acordo com Calsamiglia e Stern (1995) estes métodos apresentam falhas por não incluir esses critérios: simulação das condições fisiológicas dos ruminantes, incluindo o efeito potencial da fermentação ruminal; rapidez e baixo custo; aplicáveis a uma grande variedade de alimentos e; acurácia na determinação da digestão da proteína.

A técnica de três estádios foi desenvolvida por Calsamiglia e Stern (1995) com base nos critérios citados anteriormente e vem sendo testada como método para estimar a digestibilidade intestinal da PNDR em animais ruminantes.

Pereira et al. (2008) observaram que a técnica de três estágios se mostrou adequada em estimar a digestibilidade intestinal da PNDR de alimentos proteicos. Entretanto, Cabral et al. (2001) verificaram que os dados obtidos para alguns alimentos não correspondiam aos valores relatados pela literatura, os mesmos autores ressaltaram que os alimentos produzidos no Brasil apresentam valor nutricional diferente daqueles produzidos sob condições temperadas e, aliado a isto, diferenciam-se, também, quanto ao tipo de processamento. Segundo Branco et al. (2006), a digestibilidade intestinal dos diferentes alimentos utilizados na alimentação de ruminantes é variável, tanto entre alimentos de diferentes classes como entre alimentos de mesma classe. A presença de uma fração proteica indigestível implica que a digestibilidade da PNDR pode variar em determinado alimento, de acordo com a degradabilidade no rúmen (CALSAMIGLIA e STERN, 1995). Assim, torna-se necessário conhecer precisamente a digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de cada alimento.

A técnica de três estágios pode ser utilizada tanto para determinar a digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen como a digestibilidade intestinal *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica não-degradadas no rúmen (BERAN et al., 2007).

1.9. Estrutura do trabalho

Estruturalmente este trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro, denominado “Parâmetros de fermentação e de degradação ruminal em ovinos do pseudofruto de clones de cajueiro”, foi realizado com o objetivo de estimar o valor nutritivo do pseudofruto de cinco clones de cajueiro para ovinos através das características bromatológicas e dos parâmetros de fermentação e degradação ruminal, utilizando-se a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. O segundo capítulo, intitulado “Fermentação ruminal e mitigação de metano de dietas para ovinos contendo pseudofruto de clones de cajueiro”, objetivou avaliar dietas para ovinos contendo pseudofrutos de clones de cajueiro a partir da degradação ruminal da matéria orgânica e matéria orgânica verdadeiramente degradável, da degradação ruminal e intestinal da proteína bruta, dos produtos da fermentação ruminal e dos parâmetros cinéticos de fermentação ruminal, utilizando-se as técnicas *in vitro* semi-automática de produção de gases e de três estágios.

Os capítulos I e II foram elaborados na forma de artigo científico, obedecendo às normas da Revista Brasileira de Zootecnia, a qual serão submetidos para publicação.

2. CAPÍTULO I*

* Elaborado segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

1 **Parâmetros de fermentação e de degradação ruminal em ovinos do**
2 **pseudofruto de clones de cajueiro**

3
4 RESUMO: Objetivou-se estimar o valor nutritivo do pseudofruto de cinco clones
5 de cajueiro para ovinos através das características bromatológicas e dos parâmetros de
6 fermentação e degradação ruminal, utilizando-se a técnica *in vitro* semi-automática de
7 produção de gases. As amostras avaliadas foram incubadas com meio nutritivo, inóculo
8 ruminal e CO₂. As leituras de pressão foram realizadas em horários pré-estabelecidos
9 para cada ensaio. Foram realizados dois ensaios: o primeiro, com 24 horas de
10 incubação, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, no segundo, com 72
11 horas de incubação, em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições.
12 Para comparação das médias, utilizou-se o teste de SNK (5%). No ensaio por 24 horas
13 de incubação: não houve diferença entre os pseudofrutos quanto aos parâmetros
14 cinéticos de fermentação ruminal, população de protozoários, concentração de CH₄ e de
15 N-NH₃. Quanto à degradação da matéria orgânica (DMO) os pseudofrutos CCP1001,
16 BRS189 e CCP76 apresentaram os melhores resultados, porém os CCP1001 e BRS189
17 apresentaram maior matéria orgânica verdadeiramente degradável (MOVD). No ensaio
18 por 72 horas de incubação, os pseudofrutos BRS189, CCP1001 e CCP09 apresentaram
19 os maiores valores para degradabilidade potencial (DP). Entretanto, os pseudofrutos
20 BRS189 e CCP1001 apresentaram maiores valores de DMO e degradabilidade efetiva
21 (DE). O pseudofruto BRS189 apresentou os maiores valores para os parâmetros de
22 fermentação ruminal. O pseudofruto de clone de cajueiro BRS189 apresentou maior
23 degradabilidade potencial da MO, no entanto, considerando a importância da
24 degradabilidade efetiva, por envolver as taxas de degradação e passagem, os
25 pseudofrutos dos clones BRS189 e CCP1001 mostram-se superiores, com destaque para
26 o BRS189, pelos melhores valores para os parâmetros de cinética de fermentação,
27 justificado pelo menor teor de FDN deste subproduto.

28
29 Palavras-chave: Caju, matéria orgânica verdadeiramente degradada, produção de
30 gases, protozoários, ruminantes

1 **Rumen fermentation and degradation parameters of pseudofruit of cashew clones**
2 **in sheep**

3
4 ABSTRACT: The objective was to estimate the nutritive value of pseudofruits of
5 five cashew clones for sheep, through the chemical characteristics and parameters of
6 rumen fermentation and degradation, using the *in vitro* semi-automated gas production
7 technique. The tested samples were incubated with nutritive medium, rumen inoculum
8 and CO₂. Pressure readings were taken at pre-set times for each test. Two experiments
9 were carried out: the first one, with 24 h incubation, in a randomized design, and a
10 second one, with 72 h incubation, in a randomized blocks design with five treatments
11 and four repetitions. The SNK test was used to compare the means (at 5% level of
12 probability). In the 24-h trial, there was no difference between the cashew pseudofruits
13 for the kinetic parameters of rumen fermentation, protozoa population, CH₄ and NH₃-N
14 concentrations. For the organic matter degradation (OMD), CCP1001, BRS189 and
15 CCP76 pseudofruits showed the best results, but CCP1001 and BRS189 presented the
16 highest organic matter truly degraded. In the 72-h trial, BRS189, CCP1001 and CCP09
17 pseudofruits showed the highest values for potential degradability. However, BRS189
18 and CCP1001 presented the highest values of OMD and the greatest effective
19 degradability. BRS189 pseudofruits had the highest values for the rumen fermentation
20 parameters. It showed the highest OM degradability, however, considering the
21 importance of effective degradability, because it involves the degradation and passage
22 rates, pseudofruits of clones BRS189 and CCP1001 seem to be better than the other
23 clones, especially the BRS189, due to the best values for the fermentation kinetics
24 parameters and the lower NDF content of this byproduct.

25
26 Key Words: cashew, organic matter truly degraded, gas production, protozoa,
27 ruminants

1 Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de
2 Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA – CENA/USP),
3 em Piracicaba, SP.

4 Foram utilizados pseudofrutos de cinco clones de cajueiro (CCP06, CCP09,
5 CCP76, CCP1001 e BRS189), obtidos dos jardins clonais da Embrapa Agroindústria
6 Tropical, Estação Experimental de Pacajus, Ceará. Cada repetição representou uma
7 amostra composta de várias colheitas (dias) de um mesmo cajueiro. Os pseudofrutos
8 foram submetidos à pré-secagem ao sol por 20 dias para retirada de parte da umidade e
9 levados à estufa com ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 horas. Posteriormente,
10 foram triturados em moinho com peneira de crivos de 1 mm e armazenadas em
11 recipientes fechados. Os pseudofrutos de clones de cajueiro foram denominados nesta
12 pesquisa apenas por: CCP06, CCP09, CCP76, CCP1001 e BRS189.

13 A composição bromatológica das amostras foi obtida segundo AOAC (1995) para
14 matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). A
15 fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em
16 detergente ácido (LDA) foram determinadas de acordo com Van Soest et al. (1991),
17 realizadas de forma sequencial. Os conteúdos de fenóis totais (FT) e taninos totais (TT)
18 foram analisados pelo método Folin-Ciocalteu, de taninos condensados (TC), pelo
19 método butanol-HCl, segundo procedimentos propostos por Makkar (2000). Os
20 carboidratos totais (CHOT), carboidratos não-fibrosos (CNF) e hemicelulose (HEM)
21 foram estimados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992) para CHOT e
22 Van Soest et al. (1991) para CNF e HEM.

$$23 \quad \text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM}),$$

$$24 \quad \text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM} + \% \text{FDN}),$$

$$25 \quad \text{HEM} = \text{FDN} - \text{FDA}.$$

1 Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos
2 (clones) e 4 repetições (cajueiros). Os dados de composição bromatológica foram
3 submetidos à análise da variância pelo procedimento de Modelos Lineares
4 Generalizados (PROC GLM) do SAS, e suas médias comparadas pelo teste Student-
5 Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAS
6 (1999).

7 A degradação ruminal, os produtos da fermentação ruminal e a cinética de
8 fermentação do pseudofruto dos clones de cajueiro foram estimados pela técnica *in vitro*
9 semi-automática de produção de gases, segundo Maurício et al. (1999), em dois ensaios.
10 No primeiro, adotou-se 24 horas de incubação para estimar a degradação ruminal da
11 matéria orgânica (DMO) e da matéria orgânica verdadeiramente degradável (MOVD), a
12 cinética de fermentação ruminal, além dos produtos da fermentação ruminal: produção
13 total de gases (PG), metano (CH₄), teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e população
14 de protozoários. No segundo ensaio, o período de incubação foi de 72 horas e
15 determinou-se a cinética de fermentação e de degradação ruminal da matéria orgânica.

16 O meio nutritivo foi obtido segundo Theodorou et al. (1994), a partir de soluções
17 de micro e macrominerais, tampão, redutora e indicadora, sendo continuamente
18 saturado com CO₂ e mantido a 39°C até utilização. O inóculo ruminal foi preparado a
19 partir de amostras das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal, na proporção 1:1
20 (Bueno et al., 2005), obtidas de seis ovinos da raça Santa Inês (três animais por
21 inóculo), adultos, canulados no rúmen, alimentados com dieta composta dos capins
22 braquiária e elefante Napier à vontade, 300g/animal/dia de um suplemento à base de
23 grão de milho (70%) e farelo de soja (30%) e de premix mineral e vitamínico.

24 No primeiro ensaio, aproximadamente 0,5 g de amostra, 50 mL de meio nutritivo,
25 25 mL de inóculo ruminal e CO₂ (Bueno et al., 2005) foram adicionados em frascos de

1 incubação com capacidade para 160 mL. Em seguida, os frascos foram vedados com
2 rolhas de borracha e lacres de alumínio, os gases produzidos foram eliminados e levou-
3 se os frascos à estufa com circulação forçada de ar a 39°C. Foram utilizados seis frascos
4 por tratamento e por repetição para medir a produção de gases, dos quais: dois foram
5 utilizados para estimar a degradabilidade da matéria orgânica no final do período de
6 incubação de 24 h; dois para a coleta de gases, em horários pré-estabelecidos, para
7 quantificação de metano e no final do período de incubação de 24 h os mesmos foram
8 utilizados para a determinação da matéria orgânica verdadeiramente degradada e dois
9 para estimar a concentração de nitrogênio amoniacal e população de protozoários. Para
10 as correções dos dados dos parâmetros avaliados, foram incubados seis frascos,
11 considerados brancos, contendo apenas inóculo ruminal e meio nutritivo e como
12 controle utilizou-se seis frascos contendo feno de Tifton 85 (*Cynodon* spp) - padrão
13 interno do LANA/CENA-USP, com perfil da produção de gases conhecido.

14 Para descrição da cinética de fermentação ruminal, foram realizadas leituras de
15 pressão (psi=libra por polegada ao quadrado) dos gases às 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 e 24
16 horas de incubação, com o auxílio de um medidor de pressão (Pressdata 800,
17 LANA/CENA-USP, Piracicaba/SP), e o volume de gases produzido foi estimado pela
18 equação $V = -0,053p^2 + 7,335p$, definida para as condições laboratoriais e do ensaio,
19 sendo: V=volume de gases (mL) e p=pressão (psi). Após cada tempo de leitura de
20 pressão, os gases gerados no interior dos frascos foram liberados, sendo que nos frascos
21 destinados à coleta de gases para estimativa da produção de metano nos tempos 4, 8, 12,
22 20 e 24 h, os gases remanescentes no interior dos frascos de fermentação foram
23 liberados somente após a coleta de gases.

24 As curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica foram ajustadas
25 utilizando-se o modelo proposto por France et al. (1993):

1
$$V_T = V_F \{1 - \exp[-b(t - L) - c(\sqrt{t} - \sqrt{L})]\},$$

2 em que: V_T =produção cumulativa de gases no tempo t , V_F =potencial máximo de
3 produção de gases (assíntota), L =tempo de colonização, t =tempo de incubação, b e
4 c =taxas fracionais constantes.

5 A taxa de fermentação (μ) foi obtida pelo modelo proposto por France et al.
6 (1993), no qual μ é determinada por:

7
$$\mu = b + c/(2\sqrt{t})$$

8 Foram amostrados aproximadamente 10 mL de gases (2 mL de gases após cada
9 leitura de pressão) às 4, 8, 12, 20 e 24 h, em tubo de “vacutainer”. As concentrações de
10 CH_4 foram determinadas por cromatografia gasosa (ShimadzuGC2014) usando como
11 padrão o gás metano (99%), com detector a 240°C e coluna Shincarbon a 60°C. A curva
12 de calibração foi obtida injetando-se concentrações conhecidas de uma mistura padrão
13 de CH_4 e CO_2 (Longo et al., 2006).

14 Após 24 de incubação, foram determinadas a concentração de N-NH₃, a
15 população de protozoários e a degradação ruminal da matéria orgânica (DMO) e da
16 matéria orgânica verdadeiramente degradável (MOVD).

17 Para determinação da concentração de N-NH₃, transferiu-se de cada frasco de
18 fermentação aproximadamente 20 mL do conteúdo para recipientes plásticos, e
19 conservou-se a -10°C até realização das análises. O teor de N-NH₃ foi determinado
20 centrifugando-se uma alíquota de aproximadamente 5 mL do conteúdo a 3.000 rpm por
21 15 minutos; 1 mL do sobrenadante foi destilado em aparelho micro-kjeldahl, utilizando-
22 se ácido bórico como solução receptora, seguido de titulação com solução de HCl 0,01
23 N, segundo Nogueira e Souza (2005).

24 Para quantificação da população de protozoários, retirou-se 1 mL do conteúdo de
25 cada frasco de fermentação e colocou-se em frascos contendo 2 mL de solução

1 formaldeído 40% na proporção 1:1 para fixação dos protozoários. Os frascos foram
2 conservados em geladeira até o momento da contagem dos protozoários com auxílio de
3 microscópio óptico e câmara de Neubauer.

4 Para estimativa da degradação ruminal da matéria orgânica (DMO), após a última
5 leitura, transferiu-se o conteúdo dos frascos para cadinhos filtrantes nº 2. Em seguida,
6 os cadinhos foram levados à estufa a 105°C por 24 horas e pesados. Posteriormente,
7 foram colocados em mufla a 550°C por 4 h e pesados. A DMO foi obtida pela diferença
8 entre quantidade de amostra inicial e recuperada pela filtração em cadinhos filtrantes nº
9 2, corrigida pelo teor de cinzas. Após determinação da DMO e do volume total de gases
10 produzido (PG), foi determinado o fator de partição (FP), segundo Blümmel et al.
11 (1997) pela relação entre a matéria orgânica degradada (mg) e a produção de gases
12 (mL), o qual foi adotado como índice de eficiência de síntese microbiana.

13 Para determinação da matéria orgânica verdadeiramente degradada (MOVD),
14 após retirada dos gases para determinação do CH₄, adicionou-se em cada frasco 75 mL
15 de solução detergente neutro e manteve-se em estufa a 105°C por 3 h. Após esse
16 período, o conteúdo foi transferido para cadinhos nº 2 e o material retido foi lavado com
17 água destilada quente e 50 mL de acetona, e, em seguida, foi seco em estufa com
18 ventilação forçada a 105°C por 12 h. Posteriormente, foram pesados e colocados na
19 mufla para incineração a 550°C por 4 h e pesados.

20 As curvas de ajuste e as estimativas dos parâmetros biológicos foram realizadas
21 pelo processo iterativo de Gauss Newton modificado, por meio do procedimento para
22 modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS. O delineamento experimental foi
23 inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (clones) e 4 repetições (cajueiros). Os
24 dados foram submetidos à análise da variância pelo procedimento de Modelos Lineares
25 Generalizados (PROC GLM) do SAS; para a comparação de médias, adotou-se o teste

1 SNK a 5% de probabilidade e as correlações entre as variáveis, foram estudadas pelo
 2 coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAS
 3 (1999).

4 Para realização do ensaio por 72 horas de incubação utilizou-se frascos de vidro
 5 com capacidade para 160 mL, com 1,0 g de amostra, 90 mL de meio nutritivo, 10 mL
 6 de inóculo ruminal e CO₂. Posteriormente, os frascos foram vedados com rolhas de
 7 borracha e lacres de alumínio, os gases gerados foram eliminados, e os frascos levados à
 8 estufa com circulação forçada de ar a 39°C. Foram utilizados dez frascos por
 9 tratamento, por repetição e por inóculo, os quais após as leituras de pressão dos gases,
 10 em horários pré-estabelecidos, foram utilizados para estimar a cinética de degradação da
 11 matéria orgânica. Para as correções dos dados dos parâmetros avaliados, foram
 12 incubados dez frascos contendo apenas inóculo ruminal e meio nutritivo e como
 13 controle utilizou-se dez frascos contendo feno de Tifton 85 (*Cynodon* spp) - padrão
 14 interno do LANA/CENA-USP, com perfil da produção de gases conhecido.

15 Para descrição da cinética de fermentação, foram realizadas leituras de pressão
 16 (psi=libra por polegada ao quadrado) dos gases às 4, 7, 9, 11, 13, 16, 24, 36, 48, 60 e 72
 17 horas de incubação, com auxílio de um medidor de pressão (Pressdata 800,
 18 LANA/CENA-USP, Piracicaba/SP), e o volume de gases produzido foi estimado pela
 19 equação $V=0,139p^2+4,467p$, definida para as condições laboratoriais e do ensaio.

20 As curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica foram ajustadas
 21 utilizando-se o modelo logístico bicompartimental, proposto por Schofield et al. (1994):

$$22 \quad V_T = \frac{Vf_1}{\{1+\exp[2+4 \times c_1 \times (L-t)]\}} + \frac{Vf_2}{\{1+\exp[2+4 \times c_2 \times (L-t)]\}}$$

23 em que: V_T =produção cumulativa de gases no tempo t; Vf_1 e Vf_2 =potencial máximo de
 24 produção de gases provenientes das frações de rápida e lenta degradação,
 25 respectivamente; c_1 e c_2 =taxas específicas de produção de gases pelas degradações das

1 frações de rápida e lenta degradações, respectivamente; L=tempo de colonização e
2 t=tempo de incubação.

3 Para determinação da cinética de degradação ruminal da matéria orgânica às 0, 4,
4 24, 48 e 72 h, oito frascos por tratamento por inóculo foram retirados e o conteúdo
5 transferido para cadinhos filtrantes nº 2 previamente pesados . Em seguida, os cadinhos
6 foram levados à estufa a 105°C por 24 h, posteriormente pesados e colocados em mufla
7 a 550°C por 4 h, e pesados. Os dados dos frascos retirados no tempo 0 h de incubação
8 foram utilizados para determinação da perda de material prontamente solúvel (A),
9 conforme sugestão de McDonald (1981), o que caracteriza a degradabilidade inicial.

10 Os dados de degradação ruminal dos pseudofrutos foram ajustados pelo modelo
11 exponencial proposto por Ørskov e McDonald (1979) e modificado por McDonald
12 (1981). A degradabilidade potencial é dada como:

$$13 \quad p = a + b (1 - \exp^{-ct}); \text{ para } t \geq t_0$$

$$14 \quad p = A; \text{ para } t < t_0$$

15 Onde:

16 p representa a degradabilidade do alimento no tempo t ; a e b são constantes matemáticas
17 do modelo; c é a taxa fracional de degradação; t é o tempo de incubação; t_0 é o tempo de
18 colonização (*lag time*) e A é a solubilidade inicial, ou fração prontamente solúvel. Desse
19 modelo deriva-se $B = (a + b) - A$ no qual B corresponde à fração insolúvel, mas
20 potencialmente degradável e a degradabilidade potencial é dada pela soma das frações A
21 e B .

22 A degradabilidade efetiva dos pseudofrutos, que é o resultado gerado mais
23 próximo da dos valores reais, pode ser calculado da seguinte forma:

$$24 \quad DE = a + (b \times c)/(c + k),$$

1 em que: DE=degradabilidade efetiva e k=taxa de passagem das partículas. Os valores de
2 k adotados para o cálculo de DE foram de 2, 5, e 8%/h, de modo a caracterizar dietas
3 para animais com baixo, médio e alto consumo, respectivamente (ARC, 1984).

4 As curvas de ajuste e as estimativas dos parâmetros biológicos foram realizadas
5 pelo processo iterativo de Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-
6 lineares (PROC NLIN) do SAS. O delineamento experimental foi o de blocos
7 casualizados, com cinco tratamentos (clones), quatro repetições (cajueiros) e dois blocos
8 (inóculos). Os dados foram submetidos à análise da variância pelo procedimento de
9 Modelos Lineares Generalizados (PROC GLM) do SAS; para a comparação de médias,
10 adotou-se o teste SNK a 5% de probabilidade e as correlações entre as variáveis, foram
11 estudadas pelo coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote
12 estatístico SAS (1999).

13

14

Resultados e Discussão

Composição bromatológica

16 Houve diferença ($P<0,05$) entre os pseudofrutos para os nutrientes avaliados,
17 exceto MO, com média $96,3\pm 0,7$ (Tabela 1).

18 O clone BRS189 apresentou menor ($P<0,05$) teor de MS e FDN. Diferentemente,
19 Azevedo et al. (2009), avaliando a dinâmica de fermentação do pseudofruto de cinco
20 clones de cajueiro, obtiveram menores teores de MS (86,9%) e FDN (34,8%) para o
21 clone CCP09.

22 Os clones CCP06 e CCP76 apresentaram os maiores teores de PB ($P<0,05$) em
23 relação aos clones CCP09, CCP1001 e BRS189. Entretanto, todos os pseudofrutos
24 apresentaram teor de proteína acima do intervalo de 6 a 8%, recomendado por Van
25 Soest (1994) para efetiva fermentação microbiana ruminal.

1 Tabela 1. Composição bromatológica do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

| Constituinte | Clones | | | | | EPM ³ |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | CCP06 | CCP76 | CCP09 | CCP1001 | BRS189 | |
| Matéria seca (%) | 89,3 ^a | 87,5 ^a | 87,5 ^a | 87,8 ^a | 85,0 ^b | 1,3 |
| % na MS | | | | | | |
| Matéria orgânica | 96,2 | 95,8 | 96,2 | 96,8 | 96,3 | 0,7 |
| Proteína bruta | 11,4 ^a | 11,1 ^a | 8,1 ^b | 9,1 ^b | 8,1 ^b | 1,0 |
| Fibra em detergente neutro | 37,4 ^a | 34,0 ^a | 33,0 ^a | 32,7 ^a | 26,9 ^b | 3,0 |
| Fibra em detergente ácido | 28,2 ^a | 26,3 ^a | 28,6 ^a | 21,2 ^b | 18,4 ^b | 2,8 |
| Hemicelulose | 9,3 ^{ab} | 7,6 ^b | 4,4 ^c | 11,4 ^a | 8,6 ^{ab} | 1,6 |
| Extrato etéreo | 5,2 ^a | 4,6 ^a | 3,4 ^b | 2,9 ^b | 2,6 ^b | 0,5 |
| Carboidratos totais | 79,6 ^b | 80,1 ^b | 84,6 ^a | 84,8 ^a | 85,7 ^a | 1,7 |
| Carboidrato não-fibrosos | 42,1 ^c | 46,1 ^{bc} | 51,6 ^{ab} | 52,1 ^{ab} | 58,8 ^a | 4,0 |
| Lignina em detergente ácido | 15,2 ^{ab} | 18,0 ^a | 19,0 ^a | 14,5 ^{ab} | 11,4 ^b | 2,9 |
| Fenóis totais ¹ | 35,6 ^a | 24,6 ^b | 16,7 ^b | 17,8 ^b | 14,8 ^b | 6,8 |
| Taninos totais ¹ | 21,3 ^a | 14,0 ^b | 10,1 ^b | 10,6 ^b | 8,9 ^b | 3,9 |
| Taninos condensados ² | 1,3 ^b | 1,3 ^b | 2,2 ^a | 1,5 ^{ab} | 2,1 ^{ab} | 0,4 |

2 ¹Fenóis totais e taninos totais: valores expressos em equivalente-grama de ácido tânico/kg de MS.

3 ²Taninos condensados: valores expressos em equivalente-grama de leucocianidina/kg de MS.

4 ³EPM = Erro padrão da média.

5 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo teste SNK.

6

7 Menores valores ($P < 0,05$) de FDA foram observados para os clones BRS189 e
 8 CCP1001. Azevedo et al. (2009) também observaram menores valores de FDA para
 9 estes pseudofrutos em relação a CCP06, CCP76 e CCP09, com 24,0% e 25,0%,
 10 respectivamente para o BRS189 e CCP1001.

11 O CCP1001 apresentou maior ($P < 0,05$) teor de HEM, em relação a CCP76 e
 12 CCP09. Segundo Maurício et al. (2003), maior teor de HEM na amostra pode ser
 13 indicativo de superioridade na fermentação *in vitro*.

14 O CCP76 e o CCP06 apresentaram maiores ($P < 0,05$) valores de EE que BRS189,
 15 CCP1001 e CCP09. Segundo Kozloski (2002), dieta com teor de lipídeo acima de 6%
 16 pode inibir a fermentação e o crescimento microbiano ruminal, com redução na taxa de
 17 passagem dos alimentos. Nesta pesquisa, os pseudofrutos apresentaram teor de EE

1 inferior a 6%, entretanto, verificou-se correlação negativa do teor de EE com a
2 produção de gases em 24 horas ($r=-0,53862$; $P=0,0143$) e com a DMO ($r=-0,61986$;
3 $P=0,0036$).

4 Os clones BRS189, CCP1001 e CCP09 apresentaram os maiores ($P<0,05$) teores
5 de CHOT, em relação a CCP76 e CCP06, que não diferiram entre si. Diferentemente,
6 Azevedo et al. (2009) observaram maiores valores de CHOT para os CCP06, CCP76 e
7 CCP09 em relação a CCP1001 e BRS189.

8 Os teores de LDA apresentaram variações de até 40% entre os pseudofrutos, com
9 maiores ($P<0,05$) valores para CCP09 e CCP76 em relação a BRS189.

10 Os teores de FT e TT foram maiores ($P<0,05$) para CCP06, concordando com
11 Azevedo et al. (2009). O teor de TC foi maior ($P<0,05$), para CCP09 em relação a
12 CCP06 e CCP76 enquanto que Azevedo et al. (2009) observaram maior valor de TC
13 para o BRS189. Normalmente, os fenóis comuns em plantas não são considerados
14 tóxicos, com exceção dos taninos condensados, que em concentrações acima de 5% na
15 MS podem reduzir o consumo e a digestibilidade da MS, inibir enzimas digestíveis e
16 levar a perdas de proteínas endógenas (Cruz et al., 2007; Getachew et al., 2000).
17 Entretanto, em concentrações inferiores a 4% na MS, como as obtidas nesta pesquisa,
18 não resultam em problemas nutricionais, ao contrário, podem proteger a proteína
19 alimentar da excessiva degradação ruminal, diminuir o desperdício de amônia, aumentar
20 a absorção de aminoácidos provenientes da dieta no intestino delgado e reduzir a
21 produção de metano (Animut et al., 2008; Puchala et al., 2005).

22 Essas possíveis diferenças na composição bromatológica dos pseudofrutos
23 utilizados nesta pesquisa em relação aos observados na literatura devem-se
24 principalmente às diferentes épocas de colheita dos pseudofrutos. Simões et al. (2001)
25 verificaram diferença na composição química de pseudofrutos de caju CCP76, em

1 diferentes estádios de desenvolvimento, evidenciando que os pseudofrutos sofrem
2 transformações ao longo de seu desenvolvimento.

3

4 **Fermentação e degradação ruminal em 24 horas de incubação**

5 Os pseudofrutos não diferiram ($P>0,05$) quanto ao Vf, com média 227 ± 45 mL/g
6 MO (Tabela 2). Entretanto, foram superiores ao observado por Azevedo et al. (2009),
7 entre 143 e 190 mL/g MS, o que pode ser resultante das diferenças nas quantidades
8 utilizadas de amostra, inóculo e meio nutritivo de 1 g, 90 mL e 10 mL, respectivamente.
9 A maior quantidade de inóculo resulta em maior população de microrganismos (Pell e
10 Schofield, 1993), o que acelera o processo de fermentação das amostras incubadas e
11 eleva a PG.

12

13 Tabela 2. Parâmetros do modelo de France et al. (1993), degradação da matéria orgânica (DMO) e fator
14 de partição (FP) da fermentação do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium occidentale*
15 L.) por 24 horas de incubação

| Parâmetro ¹ | Clones | | | | | |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| | CCP06 | CCP76 | CCP09 | CCP1001 | BRS189 | EPM ² |
| Vf (mL/g MO) | 203 | 200 | 229 | 272 | 232 | 40 |
| b (/h) | 0,05 ^{ab} | 0,08 ^{ab} | 0,06 ^{ab} | 0,03 ^b | 0,12 ^a | 0,04 |
| c (/h ^{1/2}) | 0,19 ^{ab} | 0,14 ^{ab} | 0,19 ^{ab} | 0,26 ^a | -0,02 ^b | 0,1 |
| L (h) | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 0,7 | 0,2 |
| DMO (g/kg) | 643 ^c | 716 ^{ab} | 684 ^{bc} | 772 ^a | 749 ^{ab} | 39 |
| FP (mg MOD/mL) | 3,6 | 3,9 | 3,5 | 3,6 | 3,4 | 0,3 |

16 ¹Vf=potencial máximo de produção de gases; b e c=são taxas fracionais constantes; L="lag phase".

17 ²EPM =Erro padrão da média.

18 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste SNK.

19

20 Houve diferença ($P<0,05$) entre os pseudofrutos para DMO. A menor ($P<0,05$)
21 DMO do CCP06 em relação à do CCP76, BRS189 e CCP1001 está relacionada às
22 diferenças em alguns constituintes da composição bromatológica (Van Soest, 1994;
23 Campos et al., 2001; Tomich et al., 2003). Nesta pesquisa foi obtida correlação negativa

1 (r=-0,71508; P=0,0004) do percentual de FDA com a DMO. Os valores de DMO foram
2 superiores aos obtidos por Azevedo et al. (2009), entre 379,8 e 613,9 g/kg.

3 Apesar de não diferirem quanto o Vf, o CCP06 e o CCP09 foram os clones que
4 apresentaram menor potencial fermentativo em função dos menores valores de DMO,
5 denotando a importância da realização da PG em conjunto com a degradação (Nogueira
6 et al., 2006). Maurício et al. (2003) obtiveram alta correlação (r=0,99) da DMS com a
7 PG para híbridos de sorgo e relataram possibilidade de estimativa da curva de DMS
8 através dos valores da produção cumulativa de gases para grupos específicos de
9 alimentos (ex. silagem de sorgo). Entretanto, nesta pesquisa, observou-se baixa
10 correlação (r=0,49717; P=0,0257) do Vf com a DMO, não sendo possível estimar, para
11 este grupo de alimentos, a DMO a partir da PG.

12 Não houve diferença (P>0,05) entre os pseudofrutos dos clones para o parâmetro
13 L, apesar de o teor de FDN e de CNF do BRS189 serem, respectivamente, inferior e
14 superior aos demais. Era de se esperar um menor L para o BRS189, devido à maior
15 disponibilidade de carboidratos solúveis para os microrganismos (Nogueira et al.,
16 2006). Entretanto, não foi obtida, nesta pesquisa, correlação do L com os teores de FDN
17 e CNF. Outros fatores, como as características físicas e químicas da parede celular dos
18 alimentos, podem ter influenciado a colonização microbiana (Tomich et al., 2003).

19 Os pseudofrutos não diferiram (P>0,05) quanto ao FP, com média 3,6±0,4 mg
20 MOD/mL, demonstrando não haver maior ou menor eficiência de síntese microbiana na
21 DMO ruminal dos pseudofrutos. Os valores obtidos para o FP, a partir da fermentação
22 dos pseudofrutos, encontram-se dentro dos citados por Makkar (2004), de 2,7 a 4,4 mg
23 de MOD/mL de gases produzido.

24 Os pseudofrutos não diferiram (P>0,05) quanto à produção de CH₄ (em %, mL/g
25 MO e mL/g MOVD), população de protozoários (10⁵/mL) e concentração de N-NH₃

1 (mg/100 mL) (Tabela 3), com médias $5,1\pm 0,5$, $28,3\pm 4,1$, $41,8\pm 5,9$, $4,2\pm 0,7$, $18,8\pm 1,5$,
 2 respectivamente. Longo et al. (2006) obtiveram para quatro espécies de plantas
 3 forrageiras uma produção de metano entre 14 e 23%, superior à obtida nesta pesquisa.

4

5 Tabela 3. Produtos da fermentação ruminal e degradação da matéria orgânica verdadeiramente degradável
 6 (MOVD) do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) por 24 horas de
 7 incubação

| Parâmetro | Clones | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | CCP06 | CCP76 | CCP09 | CCP1001 | BRS189 | EPM ¹ |
| CH ₄ (%) | 4,8 | 5,1 | 5,4 | 5,4 | 4,9 | 0,5 |
| CH ₄ (mL/g MO) | 25,2 | 26,6 | 29,1 | 32,1 | 28,7 | 3,7 |
| CH ₄ (mL/g MOVD) | 38,1 | 39,5 | 46,7 | 44,4 | 40,4 | 5,5 |
| Protozoários (10 ⁵ /mL) | 4,6 | 4,0 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 0,7 |
| N-NH ₃ (mg/100 mL) | 20,1 | 19,1 | 18,5 | 18,1 | 19,0 | 1,0 |
| MOVD (%) | 74 ^b | 77 ^b | 71 ^b | 82 ^a | 84 ^a | 3,6 |

8 ¹EPM =Erro padrão da média.

9 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem (P>0,05) entre si pelo teste SNK.

10

11 Não houve correlação (P>0,05) dos percentuais de FDN e LDA com a produção
 12 de CH₄, embora os componentes da parede celular, além de outros constituintes
 13 bromatológicos dos alimentos, influenciarem a produção de metano (Sallam et al.,
 14 2010; Martinele et al., 2008; Abdalla et al., 2007; Pereira et al., 2006; Dohme et al.,
 15 2001). Observou-se, entretanto, correlação negativa ($r=-0,54253$; $P=0,0135$) do
 16 percentual de EE com a produção de CH₄ (mL/g MO). Apesar disso, e levando-se em
 17 consideração algumas diferenças nas concentrações de TC, a concentração de CH₄ não
 18 foi afetada.

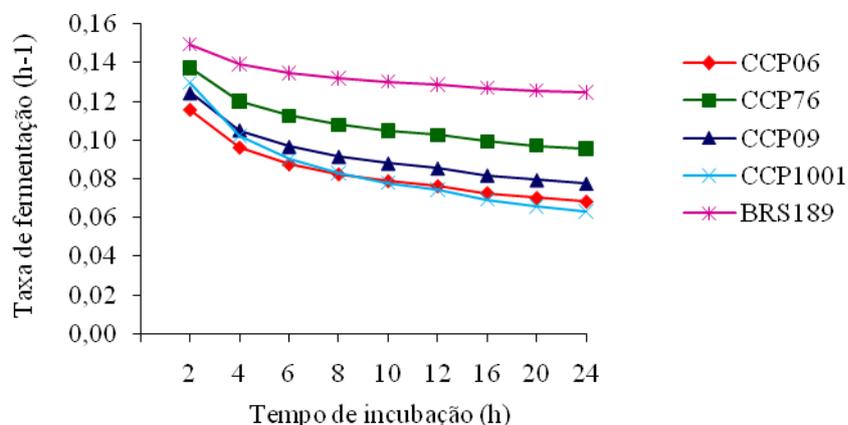
19 A população média de protozoários foi $4,2\pm 0,7 \times 10^5$ /mL, semelhante ($4,2 \times$
 20 10^5 /mL) ao obtido por Vieira et al. (2007) em ovinos na estação chuvosa, e dentro do
 21 intervalo 10^4 a 10^6 protozoários/mL de conteúdo ruminal, referenciado para animais
 22 alimentados com diferentes dietas (Arcuri et al., 2006; Kamra, 2005).

1 A concentração média de N-NH₃ foi 18,8±1,5 mg/100 mL, inferior à obtida por
 2 Veloso et al. (2000), 26,06 mg/100 mL, para forrageiras tropicais, próxima à obtida por
 3 Homem Júnior et al. (2010), 18,6 mg/100 mL, para dietas contendo grão de girassol. Foi
 4 superior ao valor mínimo necessário para adequada fermentação microbiana no rúmen,
 5 de 10 mg/100 mL (Van Soest, 1994). A concentração de N-NH₃ no ambiente ruminal
 6 depende, em parte, da degradação da proteína da dieta e da disponibilidade de
 7 carboidratos. A disponibilidade de carboidratos promove o uso de amônia na síntese de
 8 aminoácidos e no crescimento microbiano, com maior eficiência de síntese microbiana
 9 quando as taxas de degradação da proteína e do carboidrato são semelhantes. Nesse
 10 contexto, esperava-se para CCP06 e CCP76 maiores concentrações de N-NH₃ em
 11 relação a CCP09, CCP1001 e BRS189, por apresentarem maior teor de PB e menor de
 12 CNF.

13 O percentual de MOVD do BRS189 e CCP1001 foi superior ($P < 0,05$) ao dos
 14 demais, em função do menor teor de FDA, fundamentado na correlação negativa ($r = -$
 15 0,93988; $P = 0,0001$) do teor de FDA com a MOVD.

16 Os pseudofrutos não diferiram ($P > 0,05$) quanto à taxa de fermentação (μ) (Figura
 17 1).

18



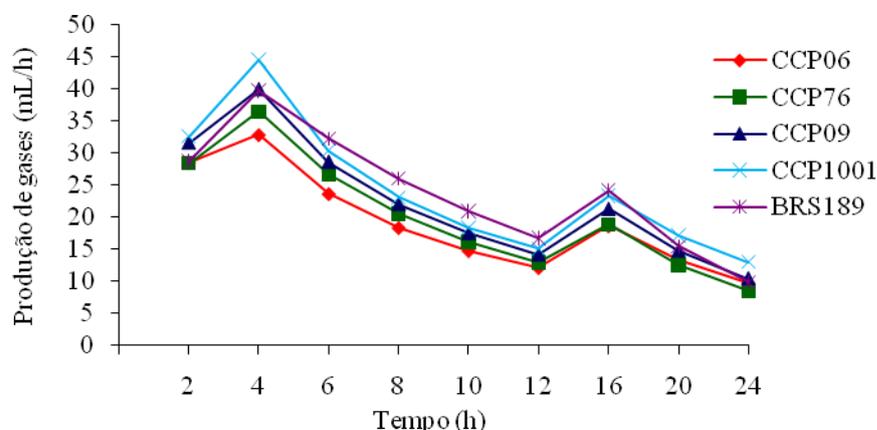
19

20 Figura 1 – Taxa de fermentação (μ) da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro
 21 (*Anacardium occidentale* L.).

1 As maiores taxas de fermentação (μ) nos tempos iniciais de incubação são devidas
 2 à degradação dos CNF (Bueno et al.,2010). Os valores de μ foram superiores aos
 3 obtidos por Nogueira et al. (2006), de 0,013 a 0,056 h^{-1} , com substratos com diferentes
 4 concentrações de carboidratos solúveis, e aos reportados por Azevedo et al. (2009), de
 5 0,06 a 0,08 h^{-1} .

6 As curvas de produção de gases da MO dos pseudofrutos de clones de cajueiro
 7 apresentaram dois picos: às 4 horas, com maior produção, e às 16 horas (Figura 2),
 8 comportamento semelhante ao observado por Maurício et al. (2003). A energia utilizada
 9 pelos microrganismos nas primeiras horas de incubação é proveniente, quase que
 10 totalmente, da fermentação dos carboidratos não-fibrosos (Azevêdo et al., 2003), o que
 11 condiz com a maior velocidade de produção de gases nos tempos iniciais. O segundo
 12 pico de produção de gases está relacionado à fermentação dos carboidratos fibrosos.

13



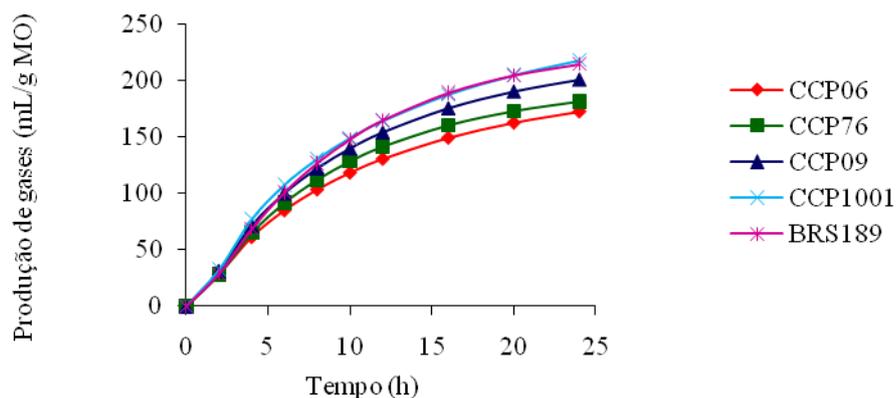
14

15 Figura 2 – Produção de gases da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium*
 16 *occidentale* L.).

17

18 Os pseudofrutos não diferiram ($P>0,05$) quanto à produção cumulativa de gases
 19 (Figura 3), apesar da menor concentração de FDA para BRS189 e CCP1001 em relação
 20 a CCP09, CCP76 e CCP06 e da correlação negativa ($r=-0,50764$; $P=0,0223$) do teor de
 21 FDA com o volume de gases produzidos. Esses resultados diferem do obtido por

1 Azevedo et al. (2009) ao obterem diferenças entre os pseudofrutos incubados por 72
 2 horas, o que pode estar associado à diferença na composição e concentração dos
 3 carboidratos das amostras e às condições experimentais, principalmente em relação à
 4 quantidade de inóculo e ao tempo de incubação.
 5



6
 7 Figura 3 - Curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica do pseudofruto de clones de
 8 cajueiro (*Anacardium occidentale* L.).
 9

10 ***Fermentação e degradação ruminal em 72 horas de incubação***

11 O CCP1001 e BRS 189 resultaram em maiores ($P<0,05$) Vf_1 (Tabela 4), devido à
 12 maior concentração de CNF em relação a CCP06, menores de EE em relação a CCP06 e
 13 CCP76, e de FDA em relação a CCP06, CCP76 e CCP09, justificado pelas correlações
 14 do Vf_1 com os CNF ($r=0,73260$; $P=0,0001$), do Vf_1 com o EE ($r=-0,82058$; $P=0,0001$) e
 15 do Vf_1 com a FDA ($r=-0,60924$; $P=0,0001$), corroborando com Mello et al. (2006).

16 Menores valores ($P<0,05$) de Vf_2 foram verificados para os CCP06, CCP76 e
 17 CCP09, devido à interferência da fração FDA sobre a fermentabilidade destes
 18 pseudofrutos. Para todos os pseudofrutos, obteve-se maior valor para Vf_2 em relação a
 19 Vf_1 , indicando que os carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis, constituem a
 20 principal fração de carboidratos nos pseudofrutos de clones de cajueiro. Cabral et al.

1 (2004) também obtiveram maior valor de Vf_2 em relação ao Vf_1 com feno de capim-
 2 Tifton-85 e silagem de capim-elefante.

3

4 Tabela 4. Cinética de fermentação ruminal da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro
 5 (*Anacardium occidentale* L.) após 72 horas de incubação

| Parâmetro ¹ | Clones | | | | | |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | CCP06 | CCP76 | CCP09 | CCP1001 | BRS189 | EPM ² |
| Vf_1 (mL/g MO) | 49,0 ^d | 59,1 ^c | 76,3 ^b | 85,5 ^a | 82,8 ^a | 5,53 |
| Vf_2 (mL/g MO) | 117,8 ^c | 117,1 ^c | 110,2 ^c | 133,9 ^b | 142,6 ^a | 6,31 |
| c_1 (/h) | 0,116 ^d | 0,137 ^c | 0,168 ^b | 0,160 ^b | 0,200 ^a | 0,02 |
| c_2 (/h) | 0,019 ^b | 0,020 ^b | 0,022 ^a | 0,022 ^a | 0,022 ^a | 0,00 |
| L (h) | 4,1 ^b | 4,1 ^b | 4,2 ^b | 4,3 ^b | 5,2 ^a | 0,25 |

6 ¹ Vf_1 =extensão de degradação da fração solúvel de digestão rápida; Vf_2 =extensão de degradação da
 7 fração insolúvel de digestão lenta; c_1 =taxa de degradação de ' Vf_1 '; c_2 =taxa de degradação de ' Vf_2 ';
 8 L=tempo de colonização.

9 ²EPM =Erro padrão da média.

10 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste SNK.

11

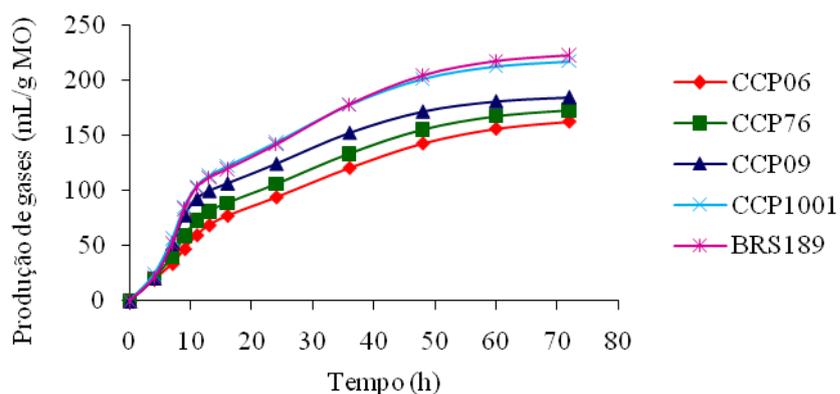
12 O BRS189 apresentou maior c_1 , certamente em razão do menor ($P<0,05$) teor de
 13 FDN, sustentada pela correlação negativa do c_1 com FDN ($r=-0,77603$; $P=0,0001$), de
 14 acordo com Cabral et al. (2004), que obtiveram menor taxa de degradação associada ao
 15 elevado teor de FDN. O CCP09, CCP1001 e BRS189 apresentaram maiores ($P<0,05$)
 16 valores de c_2 , que podem ter sido influenciados pela concentração de EE, pois foi
 17 verificada correlação negativa de c_2 com o teor de EE ($r=-0,75526$; $P=0,0001$).

18 Maior tempo de colonização do substrato (L) foi observado para o BRS189 em
 19 relação aos demais pseudofrutos. A redução no tempo de colonização é favorecida pela
 20 presença de substratos prontamente fermentáveis e por características físicas e químicas
 21 da parede celular, capazes de facilitar a colonização microbiana (Nogueira et al., 2006;
 22 Azevêdo et al., 2003; Tomich et al., 2003) . Este resultado não era esperado, pois o
 23 BRS189 apresentou menor ($P<0,05$) concentração de FDN em relação aos demais
 24 pseudofrutos, menor ($P<0,05$) percentual de FDA em relação a CCP06, CCP76 e

1 CCP09, maior ($P < 0,05$) concentração de CNF em relação a CCP06 e CCP76, além de
 2 menor ($P < 0,05$) percentual de EE em relação a CCP06 e CCP76.

3 A maior produção cumulativa de gases (PCG) foi obtida para os clones BRS189 e
 4 CCP1001, seguidos por CCP09, CCP76 e CCP06 (Figura 4).

5



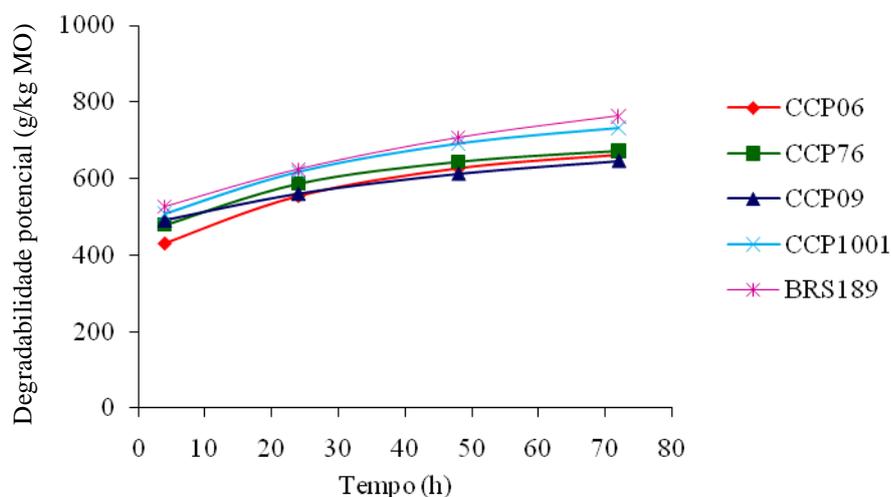
6

7 Figura 4 - Produção cumulativa de gases da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro
 8 (*Anacardium occidentale* L.).

9

10 O CCP1001 apresentou leve diminuição na produção de gases após 48 horas de
 11 incubação em relação a BRS189, assim como na DMO (Figura 5), sugerindo possível
 12 interferência da FDN.

13



14

15 Figura 5 – Cinética de degradação da matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium*
 16 *occidentale* L.).

1 Houve diferença ($P<0,05$) entre os pseudofrutos para a DMO em todos os tempos
2 de incubação (Tabela 5).

3

4 Tabela 5. Desaparecimento da matéria orgânica (g/kg) do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium*
5 *occidentale* L.) em função dos tempos de incubação

| Horários | Clones | | | | | EPM ¹ |
|----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | CCP06 | CCP76 | CCP09 | CCP1001 | BRS189 | |
| 04 horas | 433 ^b | 482 ^a | 493 ^a | 509 ^a | 534 ^a | 41,92 |
| 24 horas | 549 ^b | 569 ^b | 545 ^b | 615 ^a | 610 ^a | 29,87 |
| 48 horas | 638 ^{cd} | 619 ^d | 654 ^c | 697 ^b | 726 ^a | 25,80 |
| 72 horas | 659 ^b | 668 ^b | 644 ^b | 732 ^a | 754 ^a | 26,79 |

6 ¹EPM=Erro padrão da média.

7 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste SNK.

8

9 Os clones BRS189, CCP1001, CCP09 e CCP76 resultaram em maiores ($P<0,05$)
10 DMO com 04 horas de incubação (DMO04), o que pode estar associado às
11 concentrações de CNF, pois foi verificada correlação positiva ($r=0,78195$; $P<0,0001$) da
12 DMO04 com a concentração de CNF.

13 Às 24 horas de incubação, os clones CCP1001 e BRS189 possibilitaram maior
14 ($P<0,05$) DMO em relação aos demais pseudofrutos, em virtude dos menores ($P<0,05$)
15 teores de FDA, pois houve elevada correlação negativa ($r=-0,82432$; $P<0,0001$) da
16 DMO24 com o teor de FDA. No tempo 48 horas de incubação, o clone BRS189
17 apresentou maior ($P<0,05$) DMO, em função do menor ($P<0,05$) teor de LDA em
18 relação a CCP09 e CCP76, menor de FDA em relação a CCP09, CCP06 e CCP76, e de
19 FDN em relação a CCP06, CCP76, CCP09 e CCP1001, sustentada pela correlação
20 negativa da DMO48 com o teor de LDA ($r=-0,71549$; $P<0,0001$), de FDA ($-0,89069$;
21 $P<0,0001$) e de FDN ($r=-0,70426$; $P<0,0001$). Às 72 horas de incubação maior ($P<0,05$)
22 DMO foi observada para os clones BRS189 e CCP1001, indicando interferência da
23 FDA na DMO, justificada pela correlação negativa ($r=-0,94509$; $P=0,0001$) da DMO72
24 com o teor de FDA.

1 Os clones BRS189, CCP1001 e CCP09 apresentaram maior ($P<0,05$) fração
 2 solúvel em água (A) em relação a CCP76 e CCP06 (Tabela 6), o que pode estar
 3 relacionado ao maior ($P<0,05$) teor de CNF, fundamentado na correlação positiva
 4 ($r=0,39767$; $P=0,0111$) do teor de CNF com a fração A .

5

6 Tabela 6. Médias dos parâmetros do modelo de Ørskov e McDonald (1979) para a degradabilidade da
 7 matéria orgânica do pseudofruto de clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

| Parâmetros ¹ | Clones | | | | | EPM ² |
|-------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| | CCP06 | CCP76 | CCP09 | CCP1001 | BRS189 | |
| Matemático | | | | | | |
| a | 394,7 ^b | 439,7 ^{ab} | 473,0 ^a | 477,4 ^a | 502,7 ^a | 49,4 |
| b | 309,5 ^b | 263,1 ^b | 265,0 ^b | 327,4 ^b | 405,4 ^a | 53,8 |
| Biológico | | | | | | |
| A | 496,6 ^c | 523,9 ^{bc} | 546,0 ^{ab} | 589,4 ^a | 592,0 ^a | 38,2 |
| B | 207,7 ^b | 178,9 ^b | 192,0 ^b | 215,4 ^b | 316,1 ^a | 67,7 |
| $A+B$ | 704,3 ^c | 702,8 ^c | 738,0 ^c | 804,8 ^b | 908,0 ^a | 64,3 |
| c | 0,032 | 0,042 | 0,021 | 0,026 | 0,016 | 0,018 |
| t_0 | 9,1 ^{ab} | 7,1 ^b | 11,2 ^{ab} | 12,2 ^a | 12,6 ^a | 3,6 |
| DE ($k=0,02/h$) | 579,5 ^b | 604,2 ^b | 588,6 ^b | 649,0 ^a | 672,7 ^a | 28,6 |
| DE ($k=0,05/h$) | 511,8 ^c | 548,7 ^{bc} | 538,9 ^c | 580,9 ^{ab} | 595,1 ^a | 32,8 |
| DE ($k=0,08/h$) | 480,8 ^b | 522,4 ^{ab} | 519,5 ^{ab} | 551,8 ^a | 566,2 ^a | 35,6 |

8 ¹ a e b são constantes matemáticas do modelo; A é a solubilidade inicial, ou fração prontamente solúvel
 9 (g/kg); B é a fração insolúvel, mas potencialmente degradável (g/kg); $A+B$ é a degradabilidade potencial
 10 (g/kg); c é a taxa fracional de degradação da fração B (/h); t_0 é o *lag time* (h); DE é a degradabilidade
 11 efetiva (g/kg); k é a taxa de passagem das partículas.

12 ²EPM = Erro padrão da média.

13 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste SNK.

14

15 O clone BRS189 apresentou maior ($P<0,05$) fração insolúvel em água, mas
 16 potencialmente degradável (B) em relação aos demais pseudofrutos, o que pode estar
 17 associado ao percentual de LDA, já que a lignina faz parte da parede celular, formando
 18 uma barreira e impedindo a aderência microbiana e hidrólise enzimática da celulose e
 19 hemicelulose (Rodrigues et al., 2004). A taxa de degradação da fração insolúvel, mas

1 potencialmente degradável (*c*), não diferiu ($P>0,05$) entre os pseudofrutos, com média
2 $2,7\pm 2,7$, possivelmente em virtude do elevado valor do erro padrão da média (EPM).

3 O clone CCP76 proporcionou menor ($P<0,05$) *lag time* (t_0) em relação a BRS189
4 e CCP1001. Entretanto, esperava-se para os clones BRS189 e CCP1001 os menores
5 valores neste parâmetro por apresentarem menor teor de FDA e conseqüente maior
6 fração de CNF em relação ao CCP06.

7 A maior ($P<0,05$) degradabilidade efetiva (DE) para taxa de passagem de 2,0%/h
8 foram obtidas para os clones BRS189 e CCP1001. Este resultado está relacionado aos
9 menores ($P<0,05$) percentuais de FDA obtidos para estes pseudofrutos, sustentada pela
10 correlação negativa de DE-2%/h com FDA ($r=0,93908$; $P<0,0001$), estando de acordo
11 com Tomich et al. (2003), que também obtiveram uma correlação negativa entre o teor
12 de FDA e a DE da matéria seca. Os clones BRS189 e CCP1001 possibilitaram maior
13 ($P<0,05$) DE-5%/h em relação a CCP09 e CCP06, devido ao menor teor de FDA, pois
14 verificou-se correlação negativa de DE-5%/h com FDA ($r=-0,84256$; $P<0,05$). Os
15 valores de DE-8%/h foram maiores ($P<0,05$) para os clones BRS189 e CCP1001 em
16 relação ao CCP06 em função da maior ($P<0,05$) concentração de CNF, justificado pela
17 correlação positiva da DE-8%/h com os CNF ($r=0,79929$; $P<0,0001$).

18

19

Conclusões

20 O pseudofruto de clone de cajueiro BRS189 apresentou maior degradabilidade
21 potencial da matéria orgânica, no entanto, considerando a importância da
22 degradabilidade efetiva, por envolver as taxas de degradação e passagem, os
23 pseudofrutos dos clones BRS189 e CCP1001 mostram-se superiores, com destaque para
24 o BRS189, pelos melhores valores para os parâmetros de cinética de fermentação,
25 justificado pelo menor teor de FDN deste subproduto.

- 1 elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de**
2 **Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- 3 CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade *in vitro*/gás de
4 volumosos exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da
5 digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30,
6 n.5, p.1579-1589, 2001.
- 7 CLIPES, R.C.; SILVA, J.F.C.; DETMANN, E. et al. Associações entre parâmetros da
8 cinética de degradação ruminal e os constituintes da parede celular de quatro
9 gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3,
10 p.802-814, 2010.
- 11 CRUZ, S.E.S.B.S.; BEELEN, P.M.G.; SILVA, D.S. et al. Caracterização dos taninos
12 condensados das espécies maniçoba (*Manihot pseudoglazovii*), flor-de-seda
13 (*Calotropis procera*), feijão-bravo (*Capparis flexuosa*, L.) e jureminha (*Desmanthus*
14 *virgatus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4,
15 p.1038-1044, 2007.
- 16 DOHME, F.; MACHMÜLLER, A.; WASSERFALLEN, A. et al. Ruminal
17 methanogenesis as influenced by individual fatty acids supplemented to complete
18 ruminant diets. **Letters in Applied Microbiology**, v.32, p.47-51, 2001.
- 19 FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas
20 accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of**
21 **Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.
- 22 GETACHGEW, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Effect of polyethylene glycol on
23 *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich
24 browse and herbaceous legumes. **British Journal of Nutrition**, v.84, p.73-83, 2000.
- 25 HOMEM JÚNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R. et al. Fermentação
26 ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura
27 protegida. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1,
28 p.144-153, 2010.
- 29 KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, v.89, n.1, p.124-135,
30 2005.
- 31 KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria, RS: Editora UFSM,
32 2002. 140p.
- 33 LONGO, C.; BUENO, I.C.S.; NOZELLA, E.F. et al. The influence of head-space and
34 inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurement. **International**
35 **Congress Series**, v.1293, p.62-65, 2006.
- 36 MAKKAR, H.P.S. **Quantification of tannins in tree foliage**. Vienna: FAO; IAEA,
37 2000. p.1-10. (Laboratory Manual).
- 38 MAKKAR, H.P.S. Recent advances in the *in vitro* gas method for evaluation of
39 nutritional quality of feed resources. In: Assessing quality and safety of animal
40 feeds. FAO Animal Production and Health Series 160. FAO, Rome, p.55-88, 2004.
- 41 MARTINELE, I.; EIFERT, E.C.; LANA, R.P. et al. Efeito da monensina e do óleo de
42 soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com
43 parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**,
44 v.37, n.6, p.1129-1136, 2008.
- 45 MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semiautomated *in vitro*
46 gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science**
47 **and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- 48 MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica
49 *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo

- 1 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4,
2 p.1013-1020, 2003.
- 3 McDONALD, I. A revised model for estimation of protein degradability in the rumen.
4 **Journal of Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252, 1981.
- 5 MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; QUEIROZ, A.C. et al. Composição química,
6 digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol
7 em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4,
8 p.1523-1534, 2006.
- 9 NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratório: solo, água, nutrição**
10 **vegetal, nutrição animal e alimento**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste,
11 2005. 313p.
- 12 NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos
13 com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro*
14 semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
15 **Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.663-641, 2006.
- 16 ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen
17 from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal of**
18 **Agriculture and Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979.
- 19 PELL, A.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure
20 forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1063-2073, 1993.
- 21 PEREIRA, E.M.O.; EZEQUIEL, J.M.; BIAGIOLI, B. et al. Determinação *in vitro* do
22 potencial de produção de metano e dióxido de carbono de líquido ruminal
23 proveniente de bovinos de diferentes categorias. **Archivos Latinoamericanos de**
24 **Producción Animal**, v.14, n.4, p.120-127, 2006.
- 25 PUCHALA, R.; MIN, B.R.; GOETSCH, A.L. et al. The effect of a condensed tannin-
26 containing forage on methane emission by goats. **Journal of Animal Science**, v.83,
27 p.182-186, 2005.
- 28 RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C. et al. Degradabilidade *in*
29 *situ* da matéria seca de forragens tropicais obtidas em diferentes épocas de corte.
30 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.658-664,
31 2004.
- 32 SALLAM, S.M.A.; BUENO, I.C.S.; BRIGIDE, P. et al. Efficacy of eucalyptus oil on *in*
33 *vitro* ruminal fermentation and methane production. **Options Méditerranéennes**,
34 n.85, p.267-272, 2009.
- 35 SALLAM, S.M.A.H.; BUENO, I.C.S.B.; GODOY, P.B. et al. Ruminal fermentation
36 and tannins bioactivity of some browses using a semi-automated gas production
37 technique. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.12, n.1, p.1-10, 2010.
- 38 SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas
39 production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- 40 SIMÕES, A.N.; MENEZES, J.B.; ANDRADE, J.C. et al. Caracterização química de
41 pedúnculos de caju CCP76 em diferentes estádios de desenvolvimento. **Caatinga**,
42 v.14, n.1/2, p.75-78, 2001.
- 43 SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and
44 optimal protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein
45 availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- 46 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's Guide: statistics**. Version 8.0.
47 Cary: SAS Institute, 1999.
- 48 THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production
49 method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of
50 ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

- 1 TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; MAURICIO, R.M. et al. Composição
2 bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-
3 sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.747-
4 755, 2003.
- 5 VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell
6 University Press, 1994. 476p.
- 7 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber,
8 neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.
9 **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- 10 VELOSO, C.M.; RODRIGUEZ, N.M.; SAMPAIO, I.B.M. et al. pH e amônia ruminais,
11 relação folhas:hastes e degradabilidade ruminal da fibra de forrageiras tropicais.
12 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.871-879, 2000.
- 13 VIEIRA, A.C.S.; AFONSO, J.A.B.; MENDONÇA, C.L. Características do fluido
14 ruminal de ovinos Santa Inês criados extensivamente em Pernambuco. **Pesquisa**
15 **Veterinária Brasileira**, v.27, n.3, p.110-114, 2007.

3. CAPÍTULO II*

* Apresentado segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

1 **Fermentação ruminal e mitigação de metano de dietas para ovinos contendo**
2 **pseudofrutos de clones de cajueiro**

3
4 RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar dietas para ovinos contendo
5 pseudofrutos de clones de cajueiro (CCP06 e BRS189) a partir da degradação ruminal
6 da matéria orgânica (DMO) e matéria orgânica verdadeiramente degradável (MOVD),
7 da degradação ruminal (PDR) e intestinal (PDI) da proteína bruta, dos produtos da
8 fermentação ruminal e dos parâmetros cinéticos de fermentação ruminal, utilizando-se
9 as técnicas *in vitro* semi-automática de produção de gases e de três estágios. As dietas
10 avaliadas foram incubadas com meio nutritivo, inóculo ruminal e CO₂. As leituras de
11 pressão foram realizadas em horários pré-estabelecidos para cada ensaio. Foram
12 realizados dois ensaios: o primeiro, com 24 horas de incubação e o segundo, com 72
13 horas de incubação. Os ensaios foram montados em delineamento em blocos
14 casualizados, com sete tratamentos e três repetições e as médias comparadas pelo teste
15 de SNK (5%). As dietas contendo 15% e 30% de inclusão do pseudofruto BRS189
16 (DBRS189-15% e DBRS189-30%) apresentaram os maiores valores de DMO, porém a
17 dieta contendo 15% do pseudofruto BRS189 (DBRS189-15%) apresentou maior
18 MOVD. As dietas apresentaram semelhante fator de partição (FP), exceto a
19 DCCP0615%. As dietas não diferiram quanto à concentração de ácido acético, mas a
20 DBRS189-45% apresentou maior concentração de ácido propiônico. A DCCP06-15%
21 apresentou maior valor de PDR, porém não houve diferenças entre as dietas para a
22 proteína digestível no intestino (PDI). As dietas contendo os pseudofrutos CCP06-30%,
23 CCP06-45%, BRS189-15%, BRS189-30% e BRS189-45% apresentam maior eficiência
24 de síntese microbiana, porém as dietas DBRS189-15% e DBRS189-30% apresentam-se
25 como mais promissoras pela maior degradabilidade da matéria orgânica. As dietas
26 contendo os pseudofrutos CCP06-30%, CCP06-45%, BRS189-15%, BRS189-30% e
27 BRS189-45% apresentam maior eficiência de síntese microbiana, porém as DBRS189-
28 15% e DBRS189-30% apresentam-se como mais promissoras, pela maior
29 degradabilidade da matéria orgânica com destaque para a dieta DBRS189-15%, pela
30 maior degradabilidade da matéria orgânica verdadeiramente degradada.

31
32
33 Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta, Fermentação ruminal, metano,
34 protozoários, ruminantes

1 **Rumen fermentation and methane mitigation of sheep diets containing**
2 **pseudofruits of cashew clones**

3
4 ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate sheep diets containing
5 pseudofruits of cashew clones (CCP06 and BRS189) through the organic matter rumen
6 degradation (OMD) and truly degraded organic matter (TDOM), rumen degradable
7 protein (RDP) and intestinal protein digestion (IPD), products of rumen fermentation
8 and rumen fermentation kinetics parameters, using the *in vitro* semi-automated gas
9 production and the three-stage techniques. The tested diets were incubated with nutritive
10 medium, rumen inoculum and CO₂. Pressure readings were taken at pre-set times for
11 each test. Two experiments were conducted: the first one, with 24 h of incubation, and
12 the second one, with 72 h of incubation. The tests were planned as randomized block
13 designs with seven treatments and three repetitions. Means were compared by SNK test
14 (5%). Diets containing 15% and 30% of inclusion of BRS189 pseudofruits (DBRS189-
15 15% and DBRS189- 30%) presented the highest OMD values, but the diet containing
16 15% of BRS189 pseudofruits (DBRS189-15%) showed the highest TDOM. Diets had
17 similar partitioning factor (PF), except DCCP06-15%. Diets did not differ in
18 concentration of acetic acid, but DBRS189-45% presented the highest concentration of
19 propionic acid. DCCP06-15% showed the greatest RDP, but there were no differences
20 between diets for intestinal protein digestibility (IDP). Diets containing cashew
21 pseudofruits CCP06-30%, CCP06-45%, BRS189-15%, BRS189-30% and BRS189-45%
22 showed higher microbial synthesis efficiency, but the diets DBRS189-15% and
23 DBRS189-30% seemed to be as the most promising by the higher organic matter
24 degradability, with emphasis on diet DBRS189-15%, due to the highest truly degraded
25 organic matter content.

26
27 Key Words: short chain fat acids, rumen fermentation, methane, protozoa,
28 ruminants

Introdução

A fermentação realizada pelos microrganismos ruminais é um processo anaeróbio que converte os nutrientes presentes nos alimentos em ácidos graxos de cadeia curta, H₂, CO₂, metano, amônia e células microbianas (bactérias, protozoários e fungos).

Os ácidos graxos produzidos durante a fermentação dos carboidratos representam a principal fonte de energia para os ruminantes, correspondendo de 60 a 80% da energia digestível total (Furlan et al., 2006), com os ácidos acético e butírico produzidos em maior e menor quantidade, respectivamente. A formação dos ácidos acético e butírico envolve a liberação de H₂ e CO₂, além da formação de metano pelas bactérias metanogênicas (Wolin et al., 1997), representando de 6% a 18% da energia da dieta perdida durante o processo fermentativo.

A produção de amônia no rúmen é resultante da fermentação da proteína dos alimentos pelos microrganismos e sua concentração ruminal depende da disponibilidade de carboidratos para promover a utilização da amônia para síntese de aminoácidos e crescimento microbiano. Todavia, altas proporções de amônia podem resultar em perdas nitrogenadas se houver falta de esqueletos de carbono prontamente disponíveis para a síntese de proteína microbiana (Russell et al., 1992). Assim, altas concentrações de amônia estão associadas ao excesso de proteína degradada no rúmen e/ou à baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen (Ribeiro et al., 2001). Van Soest (1994) sugere concentração mínima de 10 mg/100 mL de amônia para adequada fermentação microbiana no rúmen.

O conhecimento da degradação ruminal da matéria orgânica e da proteína bruta dos alimentos é de grande importância para se avaliar a qualidade e a quantidade de nutrientes disponíveis aos microrganismos no rúmen e que passam para o intestino

1 (Barbosa et al., 1998), pois permite alterar os ingredientes das rações, visando
2 maximizar a produtividade e minimizar custos.

3 A cajucultura é de grande importância sócio-econômica para a região Nordeste do
4 Brasil, responsável por 100% da exploração econômica, concentrando-se
5 principalmente, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (IBGE, 2010),
6 apresenta uma área cultivada de 754.863 ha, proporcionando uma produção de 105.886
7 T de castanha de caju e mais de 952.974 T de pedúnculos por ano. O principal objetivo
8 da exploração do cajueiro tem sido a obtenção da castanha, de cujo beneficiamento
9 resulta a amêndoa. Dessa prática resulta grande quantidade de pedúnculo que, não sendo
10 aproveitada, é abandonada no campo. Entretanto, os conhecimentos sobre a utilização
11 desta cultura na alimentação animal são ainda bastante empíricos.

12 Neste sentido, objetivou-se avaliar dietas para ovinos contendo pseudofrutos de
13 clones de cajueiro a partir da degradação ruminal da matéria orgânica e matéria
14 orgânica verdadeiramente degradável, da degradação ruminal e intestinal da proteína
15 bruta, dos produtos da fermentação ruminal e dos parâmetros cinéticos de fermentação
16 ruminal, utilizando-se as técnicas *in vitro* semi-automática de produção de gases e de
17 três estágios.

18

19

Material e Métodos

20 Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de
21 Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA-CENA/USP), em
22 Piracicaba, SP.

23 Com base nos resultados do capítulo anterior foram selecionados os clones
24 BRS189 e o CCP06 por apresentarem maior e menor potencial nutritivo para uso na
25 alimentação de ruminantes, respectivamente. Os pseudofrutos dos clones de cajueiro

1 BRS189 e CCP06 foram obtidos dos jardins clonais da Embrapa Agroindústria
 2 Tropical, Estação Experimental de Pacajus, Ceará. Foram submetidos à pré-secagem ao
 3 sol por 20 dias, para retirada de parte da umidade, e posteriormente levados à estufa
 4 com ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Em seguida foram triturados em
 5 moinho com peneira de crivos de 1 mm e armazenadas em recipientes fechados.
 6 Avaliou-se sete dietas: sem adição de caju (0%) e com a inclusão de três níveis (15%,
 7 30% e 45%) de pseudofrutos de dois clones de cajueiro, CCP06 (dietas CCP06) e
 8 BRS189 (dietas BRS189) (Tabela 1). As dietas foram formuladas para atender as
 9 exigências nutricionais de ovinos com 30 kg de peso vivo e ganho de peso diário de 200
 10 g (NRC, 2007).

11

12 Tabela 1. Composição percentual das dietas experimentais, com base na matéria seca (%)

| Ingredientes | Dietas | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| | Dieta controle | CCP06 | | | BRS189 | | |
| | | 15% | 30% | 45% | 15% | 30% | 45% |
| Capim-Tifton 85 | 50 | 48 | 46 | 41 | 50 | 50 | 40 |
| Grão de Milho | 33 | 20 | 06 | 00 | 18 | 03 | 00 |
| Farelo de soja | 15 | 15 | 16 | 12 | 15 | 15 | 13 |
| Premix* | 02 | 02 | 02 | 02 | 02 | 02 | 02 |
| Pseudofruto CCP06 | - | 15 | 30 | 45 | - | - | - |
| Pseudofruto BRS189 | - | - | - | - | 15 | 30 | 45 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

13 *Níveis de garantia por kg do produto: Vitamina A 160.000 UI, Vitamina D3 40.000 UI, Vitamina E 520
 14 UI, cálcio 210 g, fósforo 6 g, sódio 75 g, cloro 180 g, manganês 180 mg, zinco 180 mg, ferro 740 mg,
 15 cobalto 10 mg, iodo 24 mg e selênio 2,2 mg.

16

17 A composição bromatológica das amostras (Tabela 2) foi obtida segundo AOAC
 18 (1995) para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato
 19 etéreo (EE). Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e
 20 lignina em detergente ácido (LDA) foram determinadas de acordo com Van Soest et al.
 21 (1991), realizadas de forma sequencial. Os conteúdos de fenóis totais (FT) e taninos

1 totais (TT) foram analisados pelo método Folin-Ciocalteu, de taninos condensados
2 (TC), pelo método butanol-HCl, segundo procedimentos propostos por Makkar (2000).

3

4 Tabela 2. Composição bromatológica de dietas para ovinos formuladas com pseudofrutos de clones de
5 cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

| Constituinte ¹ | Clones | | Dieta controle | Dietas | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|-------------------|--------|------|------|---------|------|------|
| | CCP06 | BRS189 | | DCCP06 | | | DBRS189 | | |
| | | | | 15% | 30% | 45% | 15% | 30% | 45% |
| MS (%) | 89,3 | 85,0 | 88,5 | 88,5 | 88,7 | 88,9 | 87,9 | 87,9 | 88,2 |
| % na MS | | | | | | | | | |
| MO | 96,2 | 96,3 | 93,7 | 93,0 | 93,1 | 92,9 | 92,9 | 92,9 | 93,3 |
| EE | 5,2 | 2,6 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 2,1 |
| PB | 11,4 | 8,1 | 14,8 | 14,7 | 14,2 | 13,5 | 13,4 | 12,4 | 11,9 |
| CHOT | 79,6 | 85,7 | 76,9 | 73,6 | 76,2 | 76,5 | 77,2 | 78,6 | 78,9 |
| NDT | 64,6 | 76,9 | 66,1 | 57,5 | 60,1 | 58,3 | 66,3 | 59,5 | 68,5 |
| CNF | 42,1 | 58,8 | 22,5 | 19,3 | 25,5 | 22,1 | 22,5 | 26,6 | 36,1 |
| FDA | 28,2 | 18,4 | 24,4 | 28,1 | 28,6 | 32,6 | 27,6 | 28,8 | 25,4 |
| FDN | 37,4 | 26,9 | 54,4 | 54,3 | 50,8 | 54,3 | 54,7 | 52,0 | 42,7 |
| CEL | 13,0 | 6,9 | 22,2 | 22,8 | 19,6 | 22,9 | 23,2 | 24,0 | 19,3 |
| HEM | 9,3 | 8,6 | 30,0 | 26,2 | 22,1 | 21,7 | 27,2 | 23,2 | 17,4 |
| LDA | 15,2 | 11,4 | 2,2 | 5,3 | 9,0 | 9,7 | 4,4 | 4,8 | 6,1 |
| FT* | 35,6 | 14,8 | 4,7 | 8,7 | 14,4 | 15,9 | 5,6 | 6,5 | 7,7 |
| TT* | 21,3 | 8,9 | 2,7 | 5,0 | 9,1 | 9,1 | 3,1 | 3,5 | 4,5 |
| TC** | 1,3 | 2,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |

6 ¹MS=matéria seca; MO=matéria orgânica; EE=extrato etéreo; PB=proteína bruta; CHOT=carboidratos
7 totais; NDT=nutrientes digestíveis totais; CNF=carboidrato não-fibrosos; FDA=fibra em detergente
8 ácido; FDN=fibra em detergente neutro; CEL=celulose; HEM=hemicelulose; LDA=lignina em detergente
9 ácido; FT=fenóis totais; TT=taninos totais; TC=taninos condensados.

10 *Fenóis totais e taninos totais: valores expressos em equivalente-grama de ácido tânico/kg de MS.

11 ** Taninos condensados: valores expressos em equivalente-grama de leucocianidina/kg de MS.

12

13 Os carboidratos totais (CHOT), carboidratos não-fibrosos (CNF) e hemicelulose
14 (HEM) foram estimados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992) para
15 CHOT e Van Soest et al. (1991) para CNF e HEM.

16

$$\text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM}),$$

17

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM} + \% \text{FDN}),$$

1 HEM=FDN – FDA.

2 A estimativa dos percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada
3 segundo Cappelle et al. (2001): $NDT=3,71095 - 0,129014FDN + 1,02278DMO$
4 ($R^2=0,99$; $P<0,01$), em que FDN é a fibra em detergente neutro e DMO a digestibilidade
5 da matéria orgânica.

6 Os parâmetros de fermentação e degradação ruminal foram estimados pela técnica
7 *in vitro* semi-automática de produção de gases, segundo Maurício et al. (1999) e Bueno
8 et al. (2005), utilizando-se dois tempos finais de incubação. No ensaio com incubação
9 por 24 horas estimou-se a degradação ruminal da matéria orgânica (DMO), da matéria
10 orgânica verdadeiramente degradável (MOVD), a população de protozoários e os
11 produtos da fermentação ruminal: produção total de gases (PG), metano (CH₄),
12 nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). No segundo
13 ensaio, com tempo final de incubação 72 horas, determinou-se a degradação ruminal da
14 matéria orgânica e a cinética de fermentação, usando-se os parâmetros do modelo de
15 France et al. (1993).

16 Nos dois ensaios utilizaram-se três inóculos ruminais, provenientes, cada, de dois
17 ovinos da raça Santa Inês, adultos, castrados e com cânula ruminal, alimentados com
18 dieta composta dos capins braquiária e elefante Napier à vontade e 300g/animal/dia de
19 concentrado à base de grão de milho triturado, farelo de soja e suplemento mineral e
20 vitamínico, formuladas de acordo com recomendações do NRC (2007). Os inóculos
21 foram preparados após coleta das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal às 6h30 e
22 consistiu da homogeneização dessas frações, na proporção de 1:1, por 10 segundos, em
23 liquidificador e filtração em duas camadas de tecido de algodão. O meio nutritivo foi
24 preparado conforme descrito por Theodorou et al. (1994), a partir de soluções de micro

1 e macrominerais, tampão, redutora e indicadora. Até o momento da utilização o inóculo
2 ruminal e o meio nutritivo foram continuamente saturados com CO₂ e mantidos a 39°C.

3

4 **Ensaio *in vitro* com incubação por 24 horas**

5 Em frascos de vidro com capacidade para 160 mL, adicionou-se 0,5 g de amostra
6 das dietas, 50 mL de meio nutritivo, 25 mL de inóculo ruminal e CO₂ (Bueno et al.,
7 2005). Os frascos foram vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio e levados
8 à estufa com circulação forçada de ar a 39°C, após retirada dos gases produzidos nesta
9 fase inicial. Foram utilizados seis frascos por tratamento e por inóculo para medir a
10 produção de gases, dos quais: dois foram utilizados para estimar a degradabilidade da
11 matéria orgânica no final do período de incubação de 24 h; dois para a coleta de gases,
12 em horários pré-estabelecidos, para quantificação de metano e no final do período de
13 incubação de 24 h os mesmos foram utilizados para a determinação da matéria orgânica
14 verdadeiramente degradada e dois para estimar a concentração de nitrogênio amoniacal,
15 de ácidos graxos de cadeia curta e a população de protozoários. Para as correções dos
16 dados dos parâmetros avaliados, foram incubados seis frascos por inóculo, considerados
17 brancos, contendo apenas inóculo ruminal e meio nutritivo e como controle utilizou-se
18 seis frascos por inóculo contendo feno de Tifton 85 (*Cynodon* spp) - padrão interno do
19 LANA/CENA-USP, com perfil da produção de gases conhecido.

20 O volume de gases produzidos foi estimado a partir das leituras de pressão
21 (psi=libra por polegada ao quadrado) às 3, 6, 12, 16 e 24 horas de incubação, com o
22 auxílio de um medidor de pressão (Pressdata 800, LANA/CENA-USP, Piracicaba/SP),
23 adotando-se a equação $V = -0,053p^2 + 7,335p$, definida para as condições laboratoriais e
24 do ensaio, sendo: V=volume de gases (mL) e p=pressão (psi).

1 Para a quantificação do metano produzido foram amostrados, após cada leitura de
2 pressão, 2 mL de gases (totalizando 10 mL de gases por amostra) em tubo “vacutainer”.
3 As concentrações de CH₄ foram determinadas por cromatografia gasosa
4 (ShimadzuGC2014) usando-se como padrão o gás metano (99%), com detector a 240°C
5 e coluna Shincarbon a 60°C. A curva de calibração foi obtida injetando-se
6 concentrações conhecidas de uma mistura padrão de CH₄ e CO₂ (Longo et al., 2006).

7 Após a última leitura, foram retiradas dos frascos amostras para a determinação
8 das concentrações de AGCC, de N-NH₃, população de protozoários e estimada a
9 degradação ruminal da matéria orgânica (DMO) e da matéria orgânica verdadeiramente
10 degradável (MOVD).

11 Para determinação da concentração de AGCC retirou-se 20 mL do conteúdo dos
12 frascos e colocou-se em recipientes plásticos, sendo conservados a -10°C até realização
13 das análises. Após descongeladas, as amostras foram centrifugadas a 15.000 g (4°C),
14 durante 50 minutos, e o sobrenadante analisado em cromatógrafo líquido-gasoso
15 (Hewlett Packard 5890 Series II GC), equipado com integrador (Hewlett Packard 3396
16 Series II Integrator) e injetor automático (Hewlett Packard 6890 Series Injector). O
17 padrão interno utilizado foi o ácido 2-metilbutírico sendo acrescentado, em cada tubo,
18 100µl do padrão interno, 800µl da amostra e 200µl de ácido fórmico. Uma mistura de
19 ácidos graxos voláteis com concentração conhecida foi utilizada como padrão externo
20 para a calibração do integrador, segundo Campos et al. (2004).

21 A concentração de N-NH₃ foi determinada tomando-se alíquotas de 5 mL do
22 conteúdo dos frascos e centrifugando-as a 3.000 rpm por 15 minutos. Retirou-se 1 mL
23 do sobrenadante e destilou-se em aparelho micro-kjeldahl, utilizando-se ácido bórico
24 como solução receptora, seguido de titulação com solução de HCl 0,01 N (Nogueira e
25 Souza, 2005).

1 Para quantificação da população de protozoários retirou-se 1 mL do conteúdo dos
2 frascos e colocou-os em recipientes contendo 2 mL de solução de formaldeído 40% na
3 proporção 1:1, para fixação dos protozoários. Os recipientes foram refrigerados até o
4 momento da contagem dos protozoários, que foi realizada com o auxílio de um
5 microscópio óptico e de uma câmara de Neubauer.

6 Para estimativa da degradação ruminal da matéria orgânica (DMO), transferiram-
7 se os conteúdos dos frascos para cadinhos filtrantes nº 2 para secagem em estufa a
8 105°C por 24 horas, pesagem, incineração em mufla a 550°C por 4 h e nova pesagem. A
9 DMO foi obtida pela diferença entre a quantidade de amostra inicial e final, corrigida
10 para cinzas. A partir da matéria orgânica degradada (mg) e do volume total de gases
11 produzidos (mL) foi determinado o fator de partição (FP), de acordo com Blümmel et
12 al. (1997), que foi usado como índice de eficiência de síntese microbiana.

13 Para determinação da matéria orgânica verdadeiramente degradada (MOVD),
14 adicionou-se aos frascos 75 mL de solução de detergente neutro, mantendo-os em estufa
15 a 105°C por 3 h. Após esse período, o conteúdo dos mesmos foi transferido para
16 cadinhos filtrantes nº 2 e o material retido foi lavado com água destilada quente e 50 mL
17 de acetona. Em seguida, foram secos em estufa com ventilação forçada de ar a 105°C
18 por 12 h, pesados e encaminhados à mufla por 4 h a 550°C e pesados.

19 Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com sete
20 tratamentos (dietas) e três repetições (inóculos). Os dados foram submetidos à análise
21 da variância pelo procedimento de Modelos Lineares Generalizados (PROC GLM) do
22 SAS; para comparação das médias, adotou-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK) a 5%
23 de probabilidade e as correlações entre as variáveis, foram estudadas pelo coeficiente de
24 Pearson a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAS (1999).

1 **Ensaio *in vitro* com incubação por 72 horas**

2 Em frascos de vidro com capacidade para 160 mL, adicionou-se 1,0 g de amostra
3 das dietas, 90 mL de meio nutritivo, 10 mL de inóculo ruminal e CO₂. Os frascos foram
4 vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio e levados à estufa com circulação
5 forçada de ar a 39°C, após retirada dos gases produzidos nesta fase inicial. Foram
6 utilizados dois frascos por tratamento e por inóculo, os quais foram utilizados para
7 estimativa da cinética de fermentação e após leitura de pressão às 72 h de incubação
8 foram utilizados para estimar a degradabilidade ruminal da matéria orgânica. Para as
9 correções dos dados dos parâmetros avaliados, foram incubados dois frascos por
10 inóculo contendo apenas inóculo ruminal e meio nutritivo e como controle utilizou-se
11 dois frascos por inóculo contendo feno de Tifton 85 (*Cynodon* spp) - padrão interno do
12 LANA/CENA-USP, com perfil da produção de gases conhecido.

13 Os volumes de gases produzidos foram estimados a partir das leituras de pressão
14 (psi=libra por polegada ao quadrado) às 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 60 e 72 horas de
15 incubação, com o auxílio de um medidor de pressão (Pressdata 800, LANA/CENA-
16 USP, Piracicaba/SP), adotando-se a equação $V=0,139p^2+4,467p$, em que V corresponde
17 ao volume de gases (mL) e p a pressão (psi).

18 As curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica foram ajustadas
19 utilizando-se o modelo proposto por France et al. (1993):

$$20 \quad V_T = V_F \{1 - \exp[-b(t - L) - c(\sqrt{t} - \sqrt{L})]\},$$

21 Em que: V_T=produção cumulativa de gases no tempo t, V_F=potencial máximo de
22 produção de gases (assíntota), L=tempo de colonização, t=tempo de incubação, b e
23 c=taxas fracionais constantes.

1 A taxa de fermentação (μ) e o tempo necessário para atingir a metade do potencial
 2 de produção de gases ($T^{1/2}$) foram obtidos pelo modelo proposto por France et al.
 3 (1993), no qual μ é determinada por:

$$\mu = b + c/(2\sqrt{t})$$

4
 5 e

$$T^{1/2} \left[\frac{-c/2 \pm \sqrt{(c^2/4 + b(bL + c\sqrt{L} + \ln 2))}}{b} \right]^2$$

6
 7 A relação G48/G72 (REL1), que sugere quanto da fermentação foi atingida nas
 8 primeiras 48 horas em relação à fermentação observada total (G72), e a relação G72/Vf
 9 (REL2), que representa quanto da fermentação observada total (G72) se aproxima do
 10 potencial de produção de gases (Vf), foram estimadas de acordo com Bueno et al.
 11 (2005).

12 A degradação da matéria orgânica (DMO) foi estimada por diferença entre a
 13 amostra incubada inicialmente e a final. Após a última leitura, os frascos foram
 14 resfriados para cessar a fermentação e o conteúdo transferido para cadinhos filtrantes n^o
 15 2 para secagem em estufa com ventilação forçada de ar a 105°C por 24 h, pesagem,
 16 incineração da matéria orgânica em mufla a 550°C por 4 h e nova pesagem.

17 As curvas de ajuste e as estimativas dos parâmetros de interesse biológico foram
 18 realizadas pelo processo iterativo de Gauss Newton modificado por meio do
 19 procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS (1999). O
 20 delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos
 21 (dietas) e três repetições (inóculos). Os dados foram submetidos à análise da variância
 22 pelo procedimento de Modelos Lineares Generalizados (PROC GLM) do SAS; para
 23 comparação das médias, adotou-se o teste SNK a 5% de probabilidade e as correlações

1 entre as variáveis, foram estudadas pelo coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade,
2 utilizando-se o pacote estatístico SAS (1999).

3

4 **Determinação da proteína degradada no rúmen, proteína não degradada no** 5 **rúmen e proteína pós-rúmen**

6 Para estimativa da proteína degradada no rúmen (PDR), utilizou-se a metodologia
7 descrita por Calsamiglia e Stern (1995), com adaptações. A incubação foi realizada em
8 incubadora *in vitro* modelo TE-150 (Tecnal), utilizando-se três inóculos diferentes, cada
9 um proveniente de dois doadores. As amostras, cerca de 2 g, foram colocadas em
10 sacolinhas de náilon previamente pesadas e identificadas, distribuídas em três sacos de
11 náilon maiores, um para cada tipo de inóculo. As amostras foram incubadas por 16
12 horas a 39°C, com 1.300 mL de meio nutritivo, 650 mL de inóculo ruminal e CO₂. Após
13 este período, as sacolinhas foram lavadas em água corrente por aproximadamente 2
14 horas e, posteriormente, em máquina de lavar por 1,5 hora, trocando-se a água a cada 15
15 minutos. Depois, foram congeladas a -10°C por uma noite e novamente lavadas por 30
16 minutos. Após secas em estufa com ventilação forçada de ar a 50°C por 48 horas, foram
17 pesadas. Nos resíduos determinou-se os teores de nitrogênio e calculou-se as
18 concentrações de proteína. A proteína degradada no rúmen foi determinada pela
19 equação:

$$20 \quad \text{PDR} = \frac{\text{Proteína da dieta} - \text{Proteína do resíduo}}{\text{Proteína da dieta}} \times 100$$

21 A estimativa da digestibilidade intestinal *in vitro* da PNDR, ou seja, da proteína
22 digestível no intestino (PDI), foi obtida por meio da técnica de três estágios, conforme
23 Calsamiglia e Stern (1995). Incubou-se 0,5 g do resíduo após 16 h de incubação *in vitro*,
24 com 10 mL de solução 0,1 N de HCl contendo 1 g/L de pepsina (pH=1,9) durante 1
25 hora, a 39°C. Posteriormente, foram adicionados 0,5 mL de solução 1 N de NaOH para

1 neutralização do pH e 13,5 mL de solução de pancreatina (0,5 M de solução de
2 KH_2PO_4 , pH=7,8) contendo 50 ppm de thymol, para prevenir o crescimento microbiano,
3 e 3 g/L de pancreatina, durante 24 horas, a 39°C. Em seguida, adicionou-se 3 mL de
4 ácido tri-cloro acético (TCA) a 100%, por 15 minutos, para precipitação da proteína. A
5 centrifugação foi realizada a 9.500 rpm por 15 minutos e, no sobrenadante, quantificado
6 o teor de proteína solúvel (AOAC, 1995). A PDI foi calculada a partir da PB digerida
7 após incubação com pepsina e pancreatina e da proteína incubada, em percentagem.

8 Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com sete
9 tratamentos (dietas) e três repetições (inóculos). Os dados foram submetidos à análise
10 da variância pelo procedimento de Modelo Lineares Generalizados (PROC GLM) do
11 SAS, e as médias comparadas pelo teste de SNK a 5% de probabilidade e as correlações
12 entre as variáveis, foram estudadas pelo coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade,
13 utilizando-se o pacote estatístico SAS (1999).

14

15 **Resultados e Discussão**

16 **Degradabilidade, produção de gases e parâmetros ruminais *in vitro* em 24 horas de** 17 **incubação**

18 As dietas diferiram ($P < 0,05$) quanto à produção cumulativa de gases (PCG) nos
19 tempos de incubação, exceto às 16 horas (Tabela 3). A inclusão de 45% do pseudofruto
20 do BRS189 resultou em maior ($P < 0,05$) PCG até as 12 horas de incubação,
21 provavelmente devido à maior concentração de CNF, fundamentado na correlação
22 positiva entre CNF e PCG às 3 h ($r=0,70624$; $P=0,0003$), 6 h ($r=0,67478$; $P=0,0008$) e
23 12 h ($r=0,53829$; $P=0,0118$). A energia utilizada pelos microrganismos nas primeiras
24 horas de incubação corresponde, quase que totalmente, à fermentação dos CNF, o que

1 condiz com a maior velocidade de produção de gases nos tempos iniciais (Azevêdo et
2 al., 2003).

3

4 Tabela 3. Produção cumulativa de gases da matéria orgânica de dietas contendo pseudofruto de clones de
5 cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de
6 gases

| Dietas ¹ | Produção cumulativa de gases (mL/g MO) | | | | |
|---------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | 3 h | 6 h | 12 h | 16 h | 24 h |
| Dieta controle | 13,7 ^e | 36,5 ^d | 86,7 ^b | 143,4 ^a | 179,5 ^a |
| DCCP06-15% | 16,6 ^d | 47,2 ^{bc} | 87,8 ^b | 134,2 ^a | 165,5 ^{ab} |
| DCCP06-30% | 18,8 ^{cd} | 45,4 ^{bc} | 85,2 ^b | 131,7 ^a | 155,4 ^{ab} |
| DCCP06-45% | 23,1 ^b | 54,0 ^b | 92,7 ^b | 122,6 ^a | 140,7 ^b |
| DBRS189-15% | 18,6 ^{cd} | 47,2 ^{bc} | 97,2 ^b | 148,6 ^a | 179,4 ^a |
| DBRS189-30% | 21,1 ^{bc} | 50,7 ^{bc} | 90,5 ^b | 123,0 ^a | 144,7 ^b |
| DBRS189-45% | 28,0 ^a | 62,6 ^a | 105,6 ^a | 138,6 ^a | 160,1 ^{ab} |
| EPM ¹ | 1,5 | 3,9 | 4,4 | 9,2 | 10,2 |

7 ¹DCCP06-15%, DCCP06-30% e DCCP06-45% correspondem, respectivamente, a dietas contendo 15%,
8 30% e 45% de inclusão de pseudofruto do clone de cajueiro CCP06; DBRS189-15%, DBRS189-30% e
9 DBRS189-45% correspondem, respectivamente, a dietas contendo 15%, 30% e 45% de inclusão de
10 pseudofruto do clone de cajueiro BRS189.

11 ²EPM=Erro padrão da média.

12 *Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem (P>0,05) entre si pelo teste SNK.

13

14 Às 16 h de incubação não houve diferença (P>0,05) entre as dietas para a PCG. O
15 maior volume de gases produzido neste tempo de incubação parece estar associado à
16 contribuição da degradação da fração FDN e, conseqüentemente, produção de acetato
17 (Nogueira et al., 2006), já que os CNF vão tornando-se escassos com o decorrer da
18 fermentação (Bueno et al., 2010).

19 Quanto à PCG em 24 h de incubação, os maiores valores (P>0,05) foram
20 observados para as dietas controle e DBRS189-15% em relação às dietas DBRS189-
21 30% e DCCP06-45% (Tabela 4), provavelmente em função do maior percentual de
22 HEM (r=0,57304; P=0,0066). Entretanto, para DMO, não houve efeito de dieta.

1 Tabela 4. Parâmetros de fermentação ruminal e de degradação de dietas contendo pseudofruto de clones
 2 de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) após 24 horas de incubação

| Parâmetros ¹ | Dietas | | | | | | | EPM ² |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | Dieta controle | CCP06 | | | BRS189 | | | |
| | | 15% | 30% | 45% | 15% | 30% | 45% | |
| PG (mL/g MO) | 180 ^a | 166 ^{ab} | 155 ^{ab} | 141 ^b | 179 ^a | 145 ^b | 160 ^{ab} | 10,6 |
| DMO (g/kg) | 678 ^a | 594 ^a | 616 ^a | 602 ^a | 681 ^a | 611 ^a | 688 ^a | 58,2 |
| FP (mg MOD/mL) | 3,6 ^{ab} | 3,3 ^b | 3,5 ^{ab} | 4,3 ^a | 3,5 ^{ab} | 3,8 ^{ab} | 3,7 ^{ab} | 0,2 |
| MOVD (g/kg) | 742 ^a | 672 ^b | 633 ^{bc} | 617 ^c | 724 ^a | 642 ^{bc} | 663 ^b | 1,7 |
| CH ₄ (%) | 3,8 ^b | 3,8 ^b | 3,9 ^b | 3,2 ^b | 5,1 ^a | 3,4 ^b | 3,9 ^b | 0,5 |
| CH ₄ (mL/g MO) | 19,2 ^{bc} | 19,2 ^{bc} | 19,0 ^{bc} | 14,6 ^c | 26,8 ^a | 16,2 ^{bc} | 19,7 ^b | 1,8 |
| CH ₄ (mL/g MOVD) | 31,5 ^b | 34,8 ^b | 36,4 ^b | 26,8 ^b | 45,3 ^a | 31,0 ^b | 36,3 ^b | 4,0 |
| C2 (μmol/mL) | 40,4 ^a | 41,2 ^a | 41,8 ^a | 40,2 ^a | 39,7 ^a | 35,8 ^a | 39,5 ^a | 4,0 |
| C3 (μmol/mL) | 11,6 ^b | 11,2 ^b | 11,5 ^b | 11,7 ^b | 11,3 ^b | 11,5 ^b | 13,3 ^a | 0,5 |
| C4 (μmol/mL) | 9,5 ^a | 8,9 ^b | 8,3 ^{bc} | 7,6 ^c | 8,2 ^{bc} | 7,6 ^c | 8,0 ^c | 0,1 |
| C2/C3 | 3,5 ^a | 3,7 ^a | 3,6 ^a | 3,4 ^a | 3,5 ^a | 3,1 ^a | 3,0 ^a | 0,3 |
| AGCC(μmol/mL) | 61,4 ^a | 61,3 ^a | 61,6 ^a | 59,4 ^a | 59,2 ^a | 54,9 ^a | 60,8 ^a | 4,4 |
| Protozoários (10 ⁵ /mL) | 4,5 ^a | 4,8 ^a | 3,6 ^{ab} | 3,8 ^{ab} | 4,4 ^a | 2,9 ^b | 3,5 ^{ab} | 0,5 |
| N-NH ₃ (mg/100 mL) | 31,7 ^a | 30,6 ^a | 29,1 ^b | 28,4 ^b | 29,2 ^b | 29,3 ^b | 28,0 ^b | 0,0 |

3 ¹PG=produção de gases; DMO=degradação ruminal da matéria orgânica; FP=fator de partição;
 4 MOVD=matéria orgânica verdadeiramente degradada; CH₄=metano; C2=ácido acético; C3=ácido
 5 propiônico; C4=ácido butírico; AGCC=ácidos graxos de cadeia curta; N-NH₃=nitrogênio amoniacal.

6 ²EPM=Erro padrão da média.

7 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem (P>0,05) entre si pelo teste SNK.

8

9 Não houve correlação significativa (P>0,05) entre a PCG e a DMO, confirmando
 10 a necessidade de se determinar a PCG em conjunto com a DMO. As dietas diferiram
 11 (P<0,05) quanto ao fator de partição (FP) e encontram-se dentro de valores citados por
 12 Makkar (2004), de 2,7 a 4,4 mg de MOD/mL de gases produzido. Maior (P<0,05) FP
 13 foi obtido para dieta DCCP06-45% em relação a DCCP06-15%, indicando maior
 14 eficiência de síntese microbiana para a dieta DCCP06-45%.

15 A produção de CH₄ apresentou variação de até 37,3% entre as dietas. A dieta
 16 DBRS189-15% apresentou maior (P<0,05) teor de CH₄ (% , mL/g MO e mL/g MOVD)
 17 em relação às demais dietas, o que pode estar relacionado à concentração de LDA,

1 justificada pela correlação negativa ($r=-0,48604$; $P=0,0255$) do teor de LDA com a
2 produção de CH_4 (mL/g MO). O menor teor de LDA nesta dieta influenciou
3 positivamente a disponibilidade da FDN para a fermentação, com conseqüente liberação
4 de H_2 e maior produção de metano (Rodrigues et al., 2004).

5 Houve correlação negativa ($r=-0,494$; $P=0,0227$) entre o FP (mg MOD/mL) e a
6 produção de CH_4 (mL/g MO). Assim, esperava-se para a dieta DCCP06-15% maior
7 produção de CH_4 (mL/g DMO) em relação à DCCP06-45%, o que não ocorreu. Abdalla
8 et al. (2008) também observaram correlação negativa ($P<0,05$) do FP (mg MOVD/mL)
9 com a produção de CH_4 (mL/g MOVD) em dietas contendo subprodutos da indústria de
10 biodiesel na alimentação de ruminantes. A dieta DCCP06-45% em relação à DCCP06-
11 15% pode resultar em maior consumo pelos animais, por apresentar maior FP (Blümmel
12 et al., 2005).

13 As dietas controle e DBRS189-15% apresentaram maiores ($P<0,05$) valores para
14 MOVD em relação às demais dietas. Foram encontradas correlações dos teores de FDA
15 ($r=-0,68557$; $P=0,0006$), HEM ($r=0,68589$; $P=0,0006$) e LDA ($r=-0,68299$; $P=0,0006$)
16 com a MOVD. No entanto, apesar do menor teor de FDA da dieta DBRS189-45%, em
17 relação à DBRS189-15%, e de semelhantes teores de LDA da DBRS189-30% em
18 relação à dieta controle, o menor teor de HEM apresentado em suas composições, em
19 relação à dieta controle e a DBRS189-15%, resultou em menor fração de nutrientes
20 disponíveis à degradação em 24 horas de incubação. Segundo Rodrigues et al. (2004), a
21 presença de lignina na parede celular dos vegetais pode influenciar negativamente a
22 degradação dos carboidratos totais pelos microrganismos ruminais, pois este
23 constituinte ocorre associado à celulose e hemicelulose na parede celular, funcionando
24 como uma barreira à aderência microbiana e hidrólise enzimática e indisponibilizando
25 carboidratos estruturais potencialmente degradáveis.

1 As concentrações de ácido acético não diferiram ($P>0,05$) entre as dietas, com
2 média $39,8\pm 4,4$ $\mu\text{mol/mL}$, correspondendo a 66,5% do total de AGCC produzidos. Este
3 ácido graxo de cadeia curta é sempre produzido no rúmen em maior quantidade que os
4 demais ácidos graxos de cadeia curta, com variação de 45 a 75% (Kozloski, 2002).

5 A dieta DBRS189-45% apresentou maior ($P<0,05$) concentração de ácido
6 propiônico em relação às demais, em função dos menores teores de FDN e maiores de
7 CNF, justificadas pelas correlações negativas e positivas, respectivamente, dos teores de
8 FDN ($r=-0,58083$; $P=0,0058$) e CNF ($r=0,57243$; $P=0,0067$) com a concentração de
9 ácido propiônico. A concentração de ácido propiônico foi aproximadamente 19% em
10 relação ao total de AGCC produzidos, estando dentro da variação de 15 a 45% de ácido
11 propiônico citada por Kozloski (2002). Esperava-se para a dieta DBRS189-45% menor
12 produção de metano em relação às demais dietas, em virtude da maior concentração de
13 ácido propiônico, pois este AGCC possui capacidade de inibir a produção de metano no
14 rúmen, por ser utilizado o hidrogênio do ambiente ruminal na sua formação (Ungerfeld
15 et al., 2005).

16 A dieta controle apresentou maior ($P<0,05$) concentração de ácido butírico em
17 relação às demais. Segundo Kozloski (2002), as concentrações médias de ácido butírico
18 no rúmen situam-se entre 11 a 13%. Entretanto, para as dietas controle, DCCP06-15%
19 DCC06-30% e DBRS189-15% verificaram-se valores superiores (15,9%, 14,9%, 13,9%
20 e 13,7%, respectivamente).

21 A relação acético:propiônico não diferiu ($P>0,05$) entre as dietas, com média
22 $3,4\pm 0,3$, estando dentro dos valores de variação, citados por Johnson e Johnson (1995),
23 de 0,9 a 4,0 $\mu\text{mol/mL}$. As dietas não apresentaram diferença ($P>0,05$) quanto à
24 concentração de AGCC total, com média $59,8\pm 5,3$, podendo-se inferir que o padrão
25 fermentativo das dietas resulta em semelhante contribuição energética ao animal.

1 A população de protozoários variou de 2,9 a 4,8 x 10⁵/mL, estando de acordo com
2 os valores referenciados de 10⁴ a 10⁶ protozoários/mL em animais alimentados com
3 diferentes tipos de dietas (Kamra, 2005). As dietas controle, DCCP06-15% e
4 DBRS189-15% resultaram em maior (P<0,05) população de protozoários em relação à
5 DBRS189-30%, o que pode estar associado aos maiores teores de PB e HEM e menores
6 de CNF nestas dietas, fundamentado na correlação positiva da PB (r=0,59221;
7 P=0,0047) e HEM (r=0,52413; P=0,0147) com a população de protozoários e negativa
8 (r=-0,48400; P=0,0262) dos CNF com a população de protozoários. Ao degradarem a
9 proteína dietética, os protozoários contribuem para a liberação de N-NH₃ no ambiente
10 ruminal. Dessa forma, quanto maior o teor de PB disponível à degradação no meio
11 ruminal maior será a concentração de N-NH₃. Obteve-se correlação positiva
12 (r=0,46999; P=0,0316) do N-NH₃ com a população de protozoários.

13 As dietas controle e DCCP06-15% apresentaram maiores (P<0,05) concentrações
14 de N-NH₃ em relação às demais, em virtude da maior (P<0,05) percentagem de proteína
15 degradada no rúmen (PDR) (Tabela 5). A concentração de N-NH₃ variou de 28,0 a 31,7
16 mg/100 mL (Tabela 4), superior ao valor mínimo de 10 mg/100 mL, sugerido por Van
17 Soest (1994) como necessário para adequada fermentação microbiana no rúmen, e está
18 entre os valores obtidos por Silva et al. (2007), 26,7 a 37,8 mg/100 mL, em ensaio *in*
19 *vivo* com cabras. Entretanto, a concentração ideal de amônia no rúmen depende da
20 disponibilidade de energia fermentável (Dias et al., 2000).

21

22 **Produção de gases e degradabilidade *in vitro* em 72 horas de incubação**

23 O potencial máximo de produção de gases (Vf) não foi influenciado (P>0,05)
24 pelas dietas, com média 269±20,4 mL/g MO (Tabela 6). Este valor foi superior ao
25 obtido por Azevedo et al. (2009), 155,9 mL/g MS.

1 A dieta controle apresentou maior ($P<0,05$) taxa de produção de gases (μ). Dietas
 2 com maiores valores de μ podem levar a maior consumo, devido correlação positiva
 3 entre estes parâmetros (Blümmel e Ørskov, 1993; Maurício et al., 2003). Nos tempos
 4 iniciais de incubação o μ é sempre maior, devido à degradação dos CNFs (Van Soest,
 5 1994).

6

7 Tabela 5. Parâmetros do modelo de France et al. (1993), degradação da matéria orgânica (DMO) e fator
 8 de partição (FP) da fermentação de dietas contendo pseudofruto de clones de cajueiro
 9 (*Anacardium occidentale* L.) por 72 horas de incubação

| Parâmetros ¹ | Dietas | | | | | | | EPM ² |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | Dieta controle | CCP06 | | | BRS189 | | | |
| | | 15% | 30% | 45% | 15% | 30% | 45% | |
| Vf (mL/g MO) | 264 | 268 | 252 | 254 | 268 | 289 | 289 | 16,05 |
| μ (h ⁻¹) | 0,10 ^a | 0,06 ^c | 0,05 ^d | 0,03 ^e | 0,07 ^b | 0,04 ^e | 0,03 ^e | 0,012 |
| L (h) | 3,6 ^a | 2,4 ^b | 1,4 ^c | 1,7 ^{bc} | 2,0 ^{bc} | 2,4 ^b | 2,3 ^b | 0,36 |
| T _{1/2} | 10,1 ^b | 10,2 ^b | 10,1 ^b | 10,7 ^a | 10,1 ^b | 9,9 ^c | 10,1 ^b | 0,24 |
| REL1 | 0,87 ^a | 0,85 ^d | 0,85 ^d | 0,84 ^e | 0,86 ^c | 0,86 ^b | 0,85 ^d | 0,006 |
| REL2 | 0,95 ^a | 0,92 ^b | 0,90 ^c | 0,83 ^f | 0,92 ^b | 0,87 ^d | 0,85 ^e | 0,025 |
| DMO (g/kg) | 767 ^a | 728 ^{bc} | 714 ^{bc} | 682 ^c | 750 ^{ab} | 740 ^{ab} | 715 ^{bc} | 18,86 |
| FP (mg MOD/mL) | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,3 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 0,15 |

10 ¹Vf=potencial máximo de produção de gases; L=tempo de colonização; μ =taxa de produção de gases;
 11 REL1=relação entre as produções de gases após 48 e 72 horas; REL2=relação entre as produções de gases
 12 após 72 horas e Vf; (T _{1/2})=tempo necessário para se atingir a metade do potencial de produção de gases.

13 ²EPM=Erro padrão da média.

14 Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste SNK.

15

16 As dietas DCCP06-30%, DCCP06-45% e DBRS189-15% proporcionaram menor
 17 ($P<0,05$) tempo de colonização (L) em relação à dieta controle. A redução no tempo de
 18 colonização é favorecida quando há disponibilidade de substrato de rápida fermentação
 19 aos microrganismos (Noguera et al., 2005). Entretanto, nesta pesquisa não se observou
 20 correlação ($P>0,05$) de L com CNF, mas ocorreu de L com o teor de HEM ($r=0,51016$;
 21 $P=0,0181$).

1 A dieta DBRS189-30% apresentou menor ($P<0,05$) tempo necessário para atingir
2 a metade do potencial de produção de gases ($T_{1/2}$). Houve correlação negativa ($r=-$
3 $0,53123$; $P=0,0132$) de $T_{1/2}$ com DMO, portanto, esperava-se também para as dietas
4 controle e DBRS189-15% menor valor para este parâmetro. Os valores de $T_{1/2}$
5 apresentados nesta pesquisa estão de acordo com os citados por Moreira et al. (2010),
6 9,6 a 15,7 h, para diferentes fontes de carboidratos na alimentação de ruminantes.

7 As dietas diferiram ($P<0,05$) quanto à REL1, que representa quanto da produção
8 total de gases ocorre até 48 horas de incubação, e foram inferiores aos obtidos por
9 Azevedo et al. (2009), 0,961 a 0,980. Quanto mais próximo de 1, o valor dessa relação,
10 melhor a qualidade fermentativa do alimento (Bueno et al., 2005).

11 Houve diferenças ($P<0,05$) entre as dietas para REL2, que estima se o ensaio de
12 produção de gases foi longo o suficiente para expressar o potencial fermentativo do
13 alimento e/ou se o modelo ajustou-se coerentemente aos dados. Os valores de REL2
14 reduziram com a inclusão de pseudofrutos às dietas, provavelmente devido ao aumento
15 na concentração de LDA. O ideal é que o valor de REL2 se encontre mais próximo de 1
16 (Bueno et al., 2005).

17 As dietas controle, DBRS189-15% e a DBRS189-30% apresentaram maiores
18 ($P<0,05$) valores de DMO em relação à DCCP06-45%, em virtude dos menores
19 ($P<0,05$) teores de FDA, sustentada pela correlação negativa ($r=-0,44469$; $P=0,0434$) da
20 DMO com a FDA, corroborando com Oliveira et al. (2010).

21 Não houve efeito ($P>0,05$) das dietas sobre o FP, com média $3,1\pm 0,2$ mg
22 MOD/mL, indicando que promoveram semelhantes perfis de eficiência de síntese
23 microbiana.

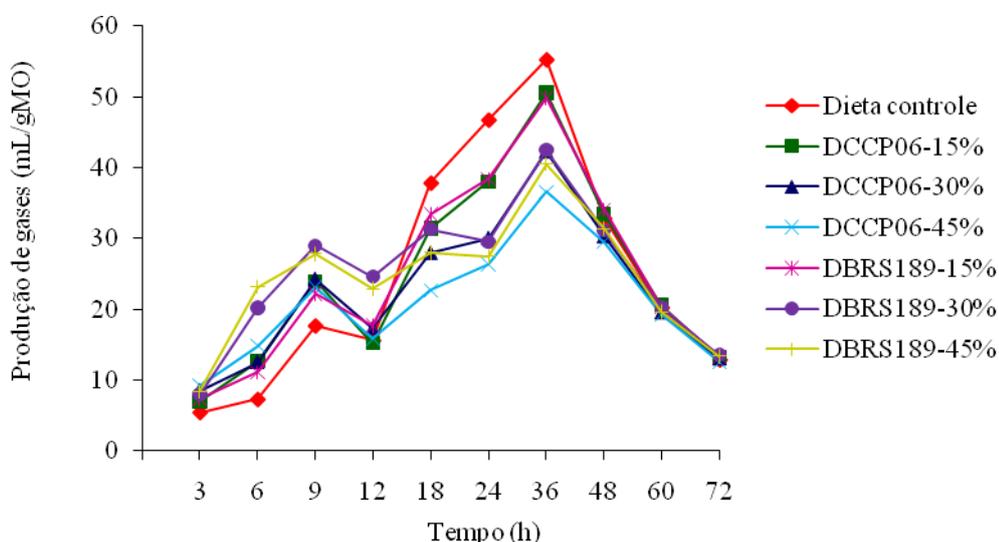
24 A produção de gases oriunda da fermentação das dietas apresentou picos às 9 e 36
25 horas de incubação (Figura 1). O primeiro pico foi atribuído à fermentação dos CNF e o

1 segundo a fermentação dos carboidratos fibrosos. Azevedo et al. (2009) observaram três
 2 picos de produção de gases, às 6, 21 e 48h, e atribuíram à fermentação dos carboidratos
 3 solúveis, carboidratos fibrosos e reciclagem microbiana, respectivamente.

4 As dietas DBRS189-30% e DBRS189-45% apresentaram maior produção de
 5 gases às 9 h em relação às demais dietas, em virtude dos maiores teores de CNF,
 6 justificado pela correlação positiva ($r=0,58885$; $P=0,0050$). Maurício et al.(2003)
 7 também observaram, em silagem de quatro híbridos de sorgo, pico de produção de gases
 8 após 8 horas de incubação e atribuíram à fermentação dos carboidratos solúveis.

9 Às 36 h de incubação, maior produção de gases foi obtida com a dieta controle,
 10 seguida pelas dietas DCCP06-15% e DBRS189-15%, em razão dos menores valores de
 11 LDA, explicada pela correlação negativa ($r=0,76632$; $P=0,0001$) da LDA com a
 12 produção de gases às 36 h.

13



14

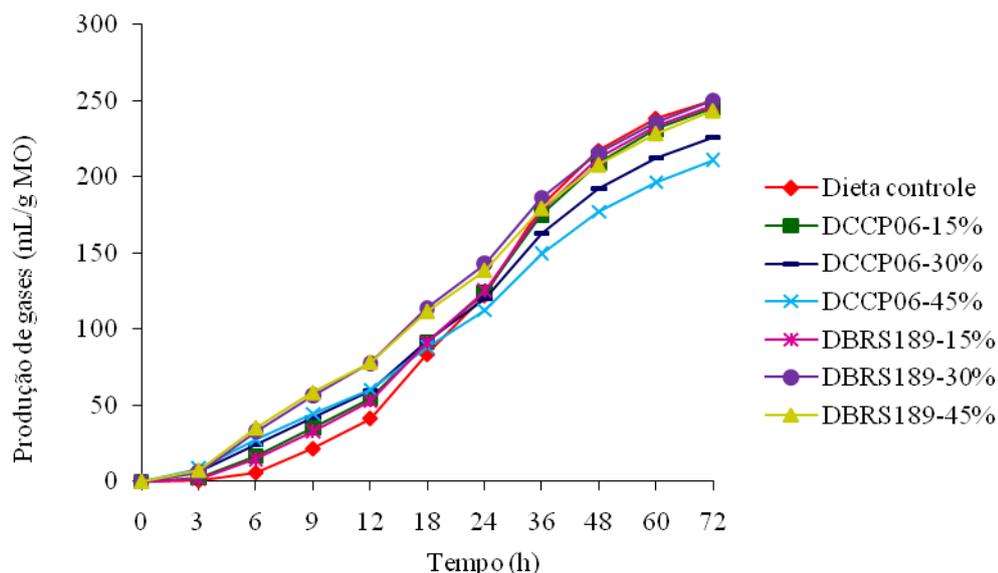
15 Figura 1 - Produção de gases da matéria orgânica de dietas contendo 15% (DCCP06-15%), 30%
 16 (DCCP06-30%) e 45% (DCCP06-45%) de inclusão do pseudofruto do clone de cajueiro CCP06 e 15%
 17 (DBRS189-15%), 30% (DBRS189-30%) e 45% (DBRS189-45%) de inclusão do pseudofruto do clone de
 18 cajueiro BRS189.

1 Para todas as dietas, a maior produção de gases ocorreu no segundo pico, o que
2 parece estar associado à maior degradação da fração FDN das dietas, com maior
3 produção de ácido acético e, conseqüentemente, maior liberação de CO₂ e CH₄. Da
4 mesma forma, Nogueira et al. (2006) constataram que substratos com maior
5 concentração de FDN apresentam maior volume de gases, principalmente nos tempos
6 finais da fermentação, quando a fibra é fermentada e aumenta a produção de acetato.
7 Entretanto, Azevedo et al. (2009) verificaram para os clones CP 09, CP 76 e BRS 189
8 maior produção de gases no primeiro pico e justificaram pela alta taxa de degradação
9 dos CNF.

10 Houve maior ($P<0,05$) produção cumulativa de gases (PCG) às 3h de incubação
11 para as dietas DCCP06-45%, DBRS189-45%, DCCP06-30% e DBRS189-30%, em
12 relação às dietas DCCP06-15%, DBRS189-15% e dieta controle (Figura 2), em função
13 do menor teor de HEM, sustentada pela correlação negativa da PCG às 3h de incubação
14 com o teor de HEM ($r=-0,79989$; $P<0,0001$). As dietas BRS189-45% e BRS189-30%
15 resultaram em maior ($P<0,05$) PCG em 6, 9 e 12 h de incubação em relação às dietas
16 CCP06-15%, BRS189-15% e dieta controle, em virtude dos menores teores de HEM,
17 justificado pela correlação negativa entre HEM e PCG às 6 h ($r=-0,84205$; $P<0,0001$), 9
18 h ($r=-0,79562$; $P<0,0001$) e 12 h ($r=-0,72583$; $P=0,0002$).

19 Às 18 h de incubação as dietas DBRS189-30% e DBRS189-45% possibilitaram
20 maior ($P<0,05$) PCG em relação às demais, o que condiz com a maior concentração de
21 CNF nestas dietas, apoiada na correlação positiva da PCG às 18 h de incubação com o
22 teor de CNF ($r=0,58559$; $P=0,0053$).

23 As dietas DBRS189-30% e DBRS189-45% proporcionaram maior PCG em 24 h
24 de incubação em relação a DCCP06-45%. Verificou-se correlação entre a PCG às 24
25 com a concentração de CNF ($r=0,45976$; $P=0,0360$) e CHOT ($r=0,44219$; $P=0,0447$).



1

2 Figura 2 - Curvas de produção cumulativa de gases da matéria orgânica de dietas contendo 15%
 3 (DCCP06-15%), 30% (DCCP06-30%) e 45% (DCCP06-45%) de inclusão do pseudofruto do
 4 clone de cajueiro CCP06 e 15% (DBRS189-15%), 30% (DBRS189-30%) e 45% (DBRS189-
 5 45%) de inclusão do pseudofruto do clone de cajueiro BRS189.

6

7 As curvas de PCG das dietas DCCP06-15% e DBRS189-15% foram semelhantes
 8 ($P > 0,05$) durante todo o processo fermentativo, provavelmente devido à composição
 9 bromatológica e ação dos microrganismos.

10 A dieta controle apresentou menor ($P < 0,05$) PCG em relação às demais dietas até
 11 18 h de incubação. Após as 18 h, houve aumento na produção cumulativa de gases, em
 12 função da fermentação dos carboidratos de lenta degradação (FDN).

13 As dietas DCCP06-30% e DCCP06-45% apresentaram menor ($P < 0,05$) PCG a
 14 partir das 22 h, em relação às demais dietas, como consequência dos maiores teores de
 15 LDA destas dietas, pois a lignina funciona como uma barreira à aderência microbiana e
 16 hidrólise enzimática, indisponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente
 17 degradáveis ao ataque pelos microrganismos ruminais (Rodrigues et al., 2004).

1 **Determinação da proteína degradada no rúmen, proteína não degradada no**
 2 **rúmen e proteína pós-rúmen**

3 As dietas controle e DCCP06-15% apresentaram maiores valores ($P < 0,05$) para
 4 PDR em relação às demais (Tabela 5), estando próximos aos obtidos por Pereira et al.
 5 (2010), 50,62 e 51,71%, para os subprodutos do beneficiamento da uva e do maracujá,
 6 respectivamente.

7

8 Tabela 6. Digestibilidade ruminal e intestinal *in vitro* da PB de dietas contendo pseudofruto de clones de
 9 cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

| Parâmetros ¹ | Dietas | | | | | | | EPM ² |
|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | Dieta controle | DCCP06 | | | DBRS189 | | | |
| | | 15% | 30% | 45% | 15% | 30% | 45% | |
| PDR (% PB) | 51,4 ^a | 54,2 ^a | 37,8 ^{bc} | 32,4 ^c | 43,2 ^b | 30,2 ^c | 33,2 ^c | 3,6 |
| PDI (% PNDR) | 77,4 ^a | 73,2 ^a | 63,8 ^a | 57,3 ^a | 70,9 ^a | 63,0 ^a | 56,9 ^a | 12,0 |

10 ¹PDR=proteína degradada no rúmen; PNDR=proteína não degradada no rúmen; PDI=proteína digestível
 11 no intestino.

12 ²EPM =Erro padrão da média.

13 *Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo teste SNK.

14

15 Os percentuais de PDR das dietas controle e DCCP06-15% foram maiores em
 16 relação à degradação intestinal, revelando-se como melhor fonte de proteína aos
 17 microrganismos ruminais em relação às demais dietas. Entretanto, para melhor
 18 aproveitamento desta PDR é necessário que haja disponibilidade de fontes energéticas
 19 de rápida degradação no rúmen.

20 As dietas DCCP06-30%, DCCP06-45%, DBRS189-30% e DBRS189-45%
 21 apresentaram menores ($P < 0,05$) valores de PDR, indicando menor disponibilidade da
 22 proteína ao ataque microbiano. Dessa forma, maior quantidade de proteína chegará ao
 23 duodeno para digestão intestinal, podendo ser utilizada como fonte de aminoácidos para
 24 o animal. O suprimento de quantidades adequadas de PDR e PNDR é fundamental para

1 otimizar a produção de proteína microbiana e complementar as exigências em
2 aminoácidos dos ruminantes, respectivamente (Santos, 2006).

3 Quanto à PDI, não houve diferença ($P>0,05$) entre as dietas, com média de
4 $66,1\% \pm 12,2$. Esta proteína é, principalmente, proveniente da fração de lenta degradação
5 no rúmen, cuja digestibilidade situa-se entre 50 a 80% (Sniffen et al., 1992).

6

7

Conclusões

8 As dietas contendo os pseudofrutos CCP06-30%, CCP06-45%, BRS189-15%,
9 BRS189-30% e BRS189-45% apresentam maior eficiência de síntese microbiana,
10 porém as DBRS189-15% e DBRS189-30% apresentam-se como mais promissoras, pela
11 maior degradabilidade da matéria orgânica com destaque para a dieta DBRS189-15%,
12 pela maior degradabilidade da matéria orgânica verdadeiramente degradada.

13

14

Agradecimentos

15 À EMBRAPA Agroindústria Tropical, pela concessão dos pseudofrutos de clones
16 de cajueiro utilizados nesta pesquisa; À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do
17 Piauí (FAPEPI), pela concessão de bolsa de estudos.

18

19

Referências

- 20 ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos
21 da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de**
22 **Zootecnia**, v.37, p.260-268, 2008. (Suplemento).
- 23 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official**
24 **methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.
- 25 AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Composição químico-
26 bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da
27 fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de**
28 **Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.
- 29 AZEVEDO, M.M.R.; VASCONCELOS, V.R.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Dinâmica de
30 fermentação ruminal *in vitro* do pseudofruto de cinco clones de cajueiro. **Revista**
31 **Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.752-759, 2009.

- 1 BARBOSA, G.S.S.C.; SAMPAIO, I.B.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Fatores que
2 afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais:
3 I. dieta basal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.6,
4 p.731-735, 1998.
- 5 BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of “*in vitro*” gas production and nylon
6 degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science
7 and Technology**, v.40, n.12, p.109-119, 1993.
- 8 BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique
9 revisited. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, v.77, p.24-34, 1997.
- 10 BLÜMMEL, M; GIVENS, D.I.; MOSS, A. R. Comparison of methane produced by
11 straw fed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation
12 characteristics measured by an *in vitro* gas procedure. **Animal Feed Science and
13 Technology**, v.123-124, p.379-390, 2005.
- 14 BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GODOY, P.B. et al. Comparison of *in situ*
15 and *in vitro* dry matter rumen degradability of three distinct quality hays in sheep.
16 **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.12, p.321-332, 2010.
- 17 BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.; GOBBO, S.P. et al. Influence of inoculum
18 source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-
19 124, p.95-105, 2005.
- 20 CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating
21 intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73,
22 p.1459-1465, 1995.
- 23 CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**.
24 Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.
- 25 CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do
26 valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos.
27 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- 28 DIAS, H.L.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. Eficiência de síntese
29 microbiana, pH e concentrações ruminais de amônia em novilhos F₁ Limousin x
30 Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. **Revista
31 Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.555-563, 2000.
- 32 FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas
33 accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of
34 Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.
- 35 FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e fisiologia do trato
36 gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.)
37 **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.1-23.
- 38 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Anuário
39 estatístico do Brasil. Disponível em:<[http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.
40 asp?c=1618](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1618)>, Acesso em: 23/12/2010.
- 41 JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal
42 Science**. v.73, p.2483-2492. 1995.
- 43 KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, v.89, n.1, p.124-135,
44 2005.
- 45 KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria, RS: Editora UFSM,
46 2002. 140p.
- 47 LONGO, C.; BUENO, I.C.S.; NOZELLA, E.F. et al. The influence of head space and
48 inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurement. **International
49 Congress Series**, v.1293, p.62-65, 2006.

- 1 MAKKAR, H.P.S. **Quantification of tannins in tree foliage**. Vienna: FAO; IAEA,
2 2000. p.1-10. (Laboratory Manual).
- 3 MAKKAR, H.P.S. Recent advances in the *in vitro* gas method for evaluation of
4 nutritional quality of feed resources. In: **Assessing quality and safety of animal**
5 **feeds**. FAO Animal Production and Health Series 160. FAO, Rome, p.55-88, 2004.
- 6 MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semiautomated *in vitro*
7 gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science**
8 **and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- 9 MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica
10 *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo
11 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1013-
12 1020, 2003.
- 13 MOREIRA, P.C.; REIS, R.B.; REZENDE, P.L.P. et al. Produção cumulativa de gases e
14 parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática *in vitro* de fontes de
15 carboidratos de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**,
16 v.11, n.2, p. 452-462, 2010.
- 17 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of small ruminants:**
18 sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington: National Academy
19 Press, 2007. 362p.
- 20 NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratório: solo, água, nutrição**
21 vegetal, nutrição animal e alimento. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste,
22 2005. 313p.
- 23 NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos
24 com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro*
25 semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
26 **Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.663-641, 2006.
- 27 NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; GONÇALVES, L.C. et al. [2005]. Utilização da
28 técnica de produção de gás para determinar a cinética de fermentação dos
29 carboidratos estruturais e não estruturais em sorgo para forragem. **Livestock**
30 **Research for Rural Development**, v.17, n.5, 2005. Disponível em:
31 <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/5/nogu17053.htm> > Acesso em: 12/7/2010.
- 32 OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo
33 de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de**
34 **Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- 35 PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; DUARTE, L.S. et al. Digestão intestinal da
36 proteína de forrageiras e coprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste
37 brasileiro por intermédio da técnica de três estágios. **Revista Brasileira de Saúde e**
38 **Produção Animal**, v.11, n.2, p.403-413, 2010.
- 39 RIBEIRO, K.G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Eficiência
40 microbiana, fluxo de compostos nitrogenados no abomaso, amônia e pH ruminais,
41 em bovinos recebendo dietas contendo feno de capim-Tifton 85 de diferentes idades
42 de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.581-588, 2001.
- 43 RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C. et al. Degradabilidade *in*
44 *situ* da matéria seca de forragens tropicais obtidas em diferentes épocas de corte.
45 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.658-664,
46 2004.
- 47 RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein
48 system for evaluating cattle diets: I. Ruminant Fermentation. **Journal of Animal**
49 **Science**, v.70, p.3553-3561, 1992.

- 1 SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.;
2 OLIVEIRA, S.G. (Eds) **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006.
3 p.255-286.
- 4 SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F. et al. Efeito da
5 suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros de fermentação
6 ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.246-256,
7 2007.
- 8 SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al A net carbohydrate and
9 optimal protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein
10 availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- 11 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's Guide**: statistics. Version 8.0.
12 Cary: SAS institute, 1999.
- 13 THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production
14 method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of
15 ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.
- 16 UNGERFELD, E.M.; RUST, S.R.; BURNETT, R.J. et al. Effects of two lipids on *in*
17 *vitro* ruminal methane production. **Animal Feed Science and Technology**, v.119,
18 p.179-185, 2005.
- 19 VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca, New York: Cornell
20 University Press, 1994. 476p.
- 21 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber,
22 neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.
23 **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- 24 WOLIN, M.J.; MILLER, T.L.; STEWART, C.S. Microbe-microbe interactions. In:
25 HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds.) **The Rumen Microbial Ecosystem**.
26 Chapman and Hall: London, 1997. p.467-491.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases estimou adequadamente o perfil de fermentação e de degradação ruminal dos pseudofrutos e de dietas contendo diferentes níveis de inclusão dos mesmos, constituindo-se em importante ferramenta na determinação do valor nutritivo de alimentos para ruminantes.

A técnica de três estágios se mostrou adequada em estimar a digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen em dietas contendo diferentes níveis de inclusão do pseudofruto de clones de cajueiro, consistindo em opção interessante para adoção em pesquisas em nutrição de ruminantes.

O pseudofruto de clones de cajueiro desidratado, conforme utilizado neste trabalho, pode constituir um ingrediente alternativo em dietas para ruminantes. No entanto, tendo em vista a disponibilidade de outras fontes alimentares, podem ainda ser pesquisadas outras formulações com diferentes níveis de inclusão do pseudofruto em questão, visando melhorar o desempenho animal e reduzir a emissão de metano.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; LONGO, C.; BUENO, I.C.S. et al. Methane production and microbial evaluation by q-PCR of *in vitro* incubations of tannin-rich plants. **Microbial Ecology in Health and Disease**, v.19, n.1, p.32, 2007.

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-268, 2008. (Suplemento).

AGOSTINI-COSTA, T.S.; JALES, K.A.; GARRUTI, D.S. et al. Teores de ácido anacárdico em pedúnculos de cajueiro *Anacardium microcarpum* e em oito clones de *Anacardium occidentale* var. *nanum* disponíveis no Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1075-1080, 2004.

AZEVEDO, M.M.R.; VASCONCELOS, V.R.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do pseudofruto de cinco clones de cajueiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.752-759, 2009.

BALIEIRO NETO, G.; MELLOTTI, L. Produção de ácidos graxos voláteis e contagem de protozoários ruminais em bovinos suplementados com gordura. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, p.115-121, 2007.

BARROS, L.M.; CRISÓSTOMO, J.R. Melhoramento genético do cajueiro. In: ARAÚJO, J.P. P.; SILVA, V.V. (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA - CNPAT, 1995. p.73-93.

BARROS, L.M.; PAIVA, J.R.; CAVALCANTI, J.J.V. Cajueiro anão precoce. Melhoramento genético: estratégias e perspectivas. **Biotechnologia: Ciência & Desenvolvimento**, v.2, n.6, p.18-21, 1998.

BERAN, F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Avaliação da digestibilidade de nutrientes, em bovinos, de alguns alimentos concentrados pela técnica de três estádios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.130-137, 2007.

BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, v.77, p.24-34, 1997.

BLÜMMEL, M.; GIVENS, D.I.; MOSS, A.R. Comparison of methane produced by straw fed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation characteristics measured by an *in vitro* gas procedure. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.379-390, 2005.

BONHOMME, A. Rumen ciliate: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. **Animal Feed Science and Technology**, v.30, p.203-266, 1990.

- BORGES, P.H.R.; AZEVEDO, A.R.; SALES, R.O. et al. Desempenho de ovinos alimentados com diferentes níveis de pseudofruto seco de cajueiro. **Revista Científica de Produção Animal**, v.3, n.2, p.24-34, 2001.
- BRANCO, A.F.; CONEGLIAN, S.M.; MAIA, F.J. et al. Digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1788-1795, 2006. (Suplemento).
- BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.; GOBBO, S.P. et al. Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.95-105, 2005.
- CABRAL FILHO, S.L.S.; ABDALLA, A.L.; BUENO, I.C.S. et al. Ruminal fermentation and degradability of sorghum cultivar whole crop, and grains, using an *in vitro* gas production technique. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.329-339, 2005.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Estimação da digestibilidade intestinal da proteína de alimentos por intermédio da técnica de três estádios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.546-552, 2001.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459-1465, 1995.
- CAVALCANTI, J.J.V.; CARDOSO, J.E.; BARROS, L.M. et al. **Resistência genética de clones de cajueiro anão precoce às principais fitomoléstias**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 15p. (EMBRAPA, Boletim de Pesquisa, 34).
- CHAUDHARRY, L.C.; SRIVASTAVA, A.; SINGH, K.K. Rumen fermentation pattern and digestion of structural carbohydrates in buffalo (*Bubalus bubalis*) calves as affected by ciliate protozoa. **Animal Feed Science and Technology**, v.56, p.111-117, 1995.
- CHEN, M.; WOLLIN, M.J. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. **Applied Environment Microbiology**, v.38, p.72-77, 1979.
- CLIPES, R.C.; SILVA, J.F.C.; DETMANN, E. et al. Associações entre parâmetros da cinética de degradação ruminal e os constituintes da parede celular de quatro gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, p.802-814, 2010.
- DANTAS FILHO, L.A.; LOPES, J.B.; VASCONCELOS, V.R. et al. Inclusão de polpa de caju desidratada na alimentação de ovinos: desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.147-154, 2007.
- DENNIS, S.M.; NAGARAJA, T.G.; BARTLEY, E.E. Effect of lasalocid or monensin on lactate-producing or using rumen bacteria. **Journal of Animal Science**, v.52, p.418-426, 1981.
- EUGÈNE, M.; ARCHIMÈDE, H.; SAUVANT, D. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. **Livestock Production Science**, v.85, p.81-97, 2004.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.

FURUSHO, I.F.; PEREZ, J.R.O.; KEMENES, P.A. et al. Desempenho de cordeiros Santa Inês, terminados em confinamento, com dieta contendo pedúnculo do caju. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.385-387.

GETACHEW, G.; ROBISON, P.H.; DEPETERS, E.J. et al. Methane production from commercial dairy rations estimated using an *in vitro* gas technique. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.391-402, 2005.

HOLANDA, J.S.; FURUSHO, I.F.; LIMA, G.F.C. et al. Perspectiva de uso do pedúnculo de caju na alimentação animal. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 6., 1996, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1996. p.155-161.

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

HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, 1966. 533p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1618>>, Acesso em: 23/12/2010.

IVAN, M.; MIR, P.S.; KOENIG, K.M. et al. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. **Small Ruminant Research**, v.41, p.215-227, 2001.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. v.73, p.2483-2492. 1995.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria, RS: Editora UFSM, 2002. 140p.

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

LENG, R.A. Dynamics of protozoa in the rumen of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.48, p.399-415, 1982.

LOCKYER, D.R. Methane emissions from grazing sheep and calves. **Agricultura Ecology & Environment**, v.66, p.11-18, 1997.

LONGO, C.; BUENO, I.C.S.; NOZELLA, E.F. et al. The influence of head-space and inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurement. **International Congress Series**, v.1293, p.62-65, 2006.

- MAKKAR, H.P.S. Recent advances in the *in vitro* gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. In: **Assessing Quality and Safety of Animal Feeds**. FAO Animal Production and Health Series 160. FAO, Rome, p. 55-88, 2004.
- MALAFAIA, P.A.M.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M. Kinetic parameters of ruminal degradation estimated with a non automated system to measure gas production. **Livestock Production Science**, v.58, p.65-73, 1999.
- MARTINELE, I.; EIFERT, E.C.; LANA, R.P. et al. Efeito da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1129-1136, 2008.
- MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1013-1020, 2003.
- McALLISTER, A.T.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. et al. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, p.231-243, 1996.
- MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, p.437-443, 1977.
- MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju. Fortaleza : EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p. (EMBRAPA-CNPAT, Documentos, 17).
- MERTENS, D.R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: American Society of Agronomy, 1993. cap. 21, p.535-570.
- MOURA MARINHO, A.A. Ciliados do rúmen – sua dinâmica e importância no metabolismo digestivo dos ruminantes. Revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.77, p.241-259, 1982.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on animal nutritional. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Rev. Washington: National Academy of Science, 1988. 56p.
- NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Predição da degradação da matéria seca pelo volume de gases utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.901-909, 2006.
- NUGENT, J.H.A.; MORGAN, J.L. Characteristics of the rumen proteolysis of fraction 1(18S) leaf protein from lucerne (*Medicago sativa*). **British Journal of Nutrition**, v.37, p.333-343, 1981.
- NUNES, H.; ZANINE, A.M.; MACHADO, T.M.M. et al. Alimentos alternativos na dieta dos ovinos: Uma revisão. **Archivos Latino americanos de Producción Animal**, v.15, n.4, p.147-158, 2007.

OLIVEIRA, M.V.M.; LANA, R.P.; FREITAS, A.W.P. et al. Parâmetros ruminal, sanguíneo e urinário e digestibilidade de nutrientes em novilhas leiteiras recebendo diferentes níveis de monensina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2143-2154, 2005.

ØRSKOV, E.R.; RYLE, M. **Energy nutrition in ruminants**. New York: Elsevier Science, 1990. 149p.

PAIVA, J.R.; BARROS, L.M. **Clones de cajueiro: Obtenção, características e perspectivas**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 2004. 26p. (EMBRAPA-CNPAT Documentos, 82)

PATRA, A.K.; KAMRA, D.N.; AGARWAL, N. Effect of plant extracts on *in vitro* methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. **Animal Feed Science and Technology**, v.128, p.276-291, 2006.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.3, p.24-32, 2005.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, E.M.O.; EZEQUIEL, J.M.; BIAGIOLI, B. et al. Determinação *in vitro* do potencial de produção de metano e dióxido de carbono de líquido ruminal proveniente de bovinos de diferentes categorias. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.14, n.4, p.120-127, 2006.

PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V.; MIZUBUTI, I.Y. et al. Determinação da digestibilidade intestinal de alimentos pela técnica de três estágios. **Ciências Agrárias**, v.29, n.2, p.431-440, 2008.

PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y.; VILLARROEL, A.B.S. et al. Variáveis ruminais em novilhos alimentados com feno de Tifton 85 com diferentes tamanhos de partículas. **Ciências Agrárias**, v.30, p.243-250, 2009.

PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; DUARTE, L.S. et al. Digestão intestinal da proteína de forrageiras e coprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste brasileiro por intermédio da técnica de três estágios. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.403-413, 2010.

PLAIZIER, J.C.B.; GREEN, B.L.; McBRIDE, B.W. et al. **Studies on the rumen physiology and metabolic function with pre-and postpartum administration of rumensin crc in the dairy cow. Usefulness of ionophores in lactating dairy cattle**. Proceedings of a Symposium Held at the Ontario Veterinary College, 1997.

POSSENTI, R.A.; FRANZOLIN, R.; SCHAMMAS, E.A. et al. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1509-1516, 2008.

- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.C. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal Fermentation. **Journal Animal Science**, v.70, p.3553-3561, 1992.
- SALLAM, S.M.A.; BUENO, I.C.S.; BRIGIDE, P. et al. Efficacy of eucalyptus oil on *in vitro* ruminal fermentation and methane production. **Options Méditerranéennes**, n.85, p.267-272, 2009.
- SALLAM, S.M.A.H.; BUENO, I.C.S.B.; GODOY, P.B. et al. Ruminal fermentation and tannins bioactivity of some browses using a semi-automated gas production technique. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.12, n.1, p.1-10, 2010.
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p.255-286.
- SANTOS, R.A.; TEIXEIRA, J.C.; PÉREZ, J.R.O. et al. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.689-695, 2003.
- STRADIOTTI JÚNIOR, D.; QUEIROZ, A.C.; LANA R.P. et al. Ação da própolis sobre a desaminação de aminoácidos e a fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1086-1092, 2004.
- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSELL J.B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System **Journal of Animal Science**, v.78, p.1648-1658, 2000.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.
- TUNG, R.S.; KUNG JR, L. *In vitro* effects of a thiopeptide and monensin in ruminal fermentation of soluble carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1083-1090, 1993.
- USHIDA, K.; JOUANY, J.P. Methane production associated with rumen-ciliated protozoa and its effect on protozoan activity. **Letters Applied Microbiology**, v.23, p.129-132, 1996.
- USHIDA, K.; KAYOULI, C.; SMET, S. et al. Effect of defaunation on protein and fibre digestion in sheep fed on ammonia-treated strawbased diets with or without maize. **British Journal of Nutrition**, v.64, p.765-775, 1990.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WHITELAW, F.G.; EADIE, J.M.; BRUCE L.A. et al. Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportions. **British Journal of Nutrition**, v.52, p.261-275, 1984.

WILLIAMS, A.G.; COLEMAN, G.S. The rumen protozoa. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. 2.ed. Chapman and Hall: London, 1997. p.73-139.

WOLIN, M.J.; MILLER, T.L.; STEWART, C.S. Microbe-microbe interactions. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds.) **The Rumen microbial ecosystem**. 2.ed. Chapman and Hall: London, 1997. p.467-491.

ANEXOS



Figura 1 - Cajueiro anão-precoce.



Figura 2 – Fruta do cajueiro anão precoce (BRS-189).



Figura 3 – Preparo das amostras (pré-secagem ao sol).



Figura 4 – Preparo do meio nutritivo.



Figura 5 – Coleta do conteúdo ruminal (fração líquida).



Figura 6 – Coleta do conteúdo ruminal (fração sólida).



Figura 7 – Homogeneização das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal.



Figura 8 – Filtragem do material após homogeneização das frações sólida e líquida.



Figura 9 – Inoculação das amostras.



Figura 10 – Vedação dos frascos com rolhas de borracha e lacres de alumínio.



Figura 11 – Incubação das amostras em estufa com circulação forçada de ar a 39°C.



Figura 12 – Medidor de pressão (Pressdata 800).



Figura 13 – Equipamentos utilizados na determinação da produção de metano.



Figura 14 – Quantificação da produção de metano por cromatografia gasosa.



Figura 15 – Sacolinhas de náilon (1), sacos de náilon (2) e jarra de incubação (3), utilizados para estimativa da digestibilidade ruminal e intestinal *in vitro* da PB.



Figura 16 – Incubadora *in vitro* modelo TE-150 (Tecnal), utilizada para estimativa da digestibilidade ruminal e intestinal da PB.



Figura 17 – Inoculação das amostras para estimativa da digestibilidade ruminal e intestinal *in vitro* da PB.



Figura 18 – Incubação das amostras em Incubadora *in vitro* modelo TE-150 (Tecnal).

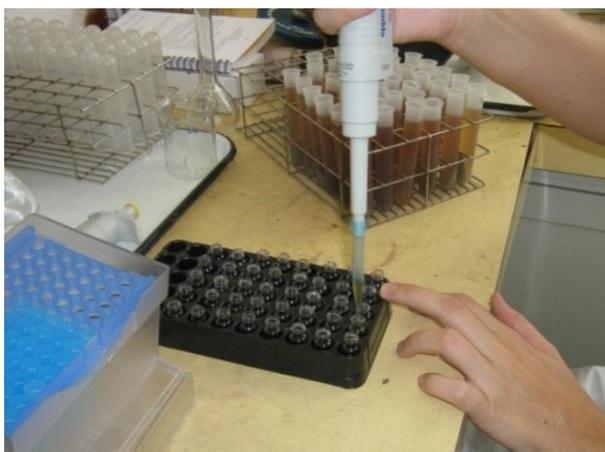


Figura 19 – Preparo das amostras para determinação de AGCC em cromatógrafo líquido-gasoso.



Figura 20 – Cromatógrafo líquido-gasoso (Hewlett Packard 5890 Sries II GC), equipado com integrador e injetor automático, utilizado para determinação da concentração de AGCC.

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

A994v Azevedo, Márcia Mourão Ramos.
Valor nutritivo do pseudofruto de clones de cajueiro para ovinos
[manuscrito] / Márcia Mourão Ramos Azevedo. – 2011.
101 f.

Cópia de computador (printout).

Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência
Animal da Universidade Federal do Piauí. “Orientadora Profa. Dra.
Vânia Rodrigues Vasconcelos”

1. Caju 2. Clones de Cajueiro. 3. Técnica *in vitro*. 4.
Protozoários. 5. Metano. 6. Produção de Gases . I. Título.

CDD 634.573