

ALESSANDRA DE LIMA BARBOSA

**VALOR NUTRITIVO DE VAGENS DE FAVEIRA (*Parkia platycephala* Benth) E
PAU-FERRO (*Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul) ATRAVÉS DA TÉCNICA *IN*
VITRO SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES**

**Teresina, Piauí
2007**

**VALOR NUTRITIVO DE VAGENS DE FAVEIRA (*Parkia platycephala* Benth.) E
PAU-FERRO (*Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul.) ATRAVÉS DA TÉCNICA *IN*
VITRO SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES**

**ALESSANDRA DE LIMA BARBOSA
ZOOTECNISTA**

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Ciência Animal
da Universidade Federal do Piauí,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciência Animal. Área de
Concentração: Nutrição e Produção de
Animais de Interesse Econômico.**

**Teresina, Piauí
2007**

B238v Barbosa, Alessandra de Lima

Valor nutritivo de vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth.) e pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.) através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. / Alessandra de Lima Barbosa. – 2007.

44f.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, 2007

Orientadora : Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos

1. Animais alimentos 2. Inóculo ruminal 3. Inóculo fecal 4. Modelo Gompertz 5. Modelo logístico 6. Pau-ferro 7. Técnica *in vitro* semi-Automática I. Título.

CDD 636.089 639

**VALOR NUTRITIVO DE VAGENS DE FAVEIRA (*Parkia platycephala* Benth.) E
PAU-FERRO (*Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul.) ATRAVÉS DA TÉCNICA *IN*
VITRO SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES**

Dissertação aprovada em: 22/06/2007

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos/DZO/CCA/UFPI
Orientadora

Dr. José Carlos Machado Pimentel/Embrapa-CNPAT
Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves/DZO/CCA/UFPI
Engenheiro Agrônomo

DEDICATÓRIA

A memória de todos os meus antepassados.

Aos meus pais, Nelson Sergio de Lima Barbosa e Dely Pirondi por terem sido a ponte e o esteio para minha encarnação nesta vida.

As minhas irmãs Adriana de Lima Barbosa, Andréa de Lima Barbosa e Ana Mariana de Lima Barbosa por escolherem trilhar este caminho juntas.

A Ana e Lucia Pereira do Amaral que com cuidado ajudaram na minha criação.

Ao meu companheiro Ricardo Costa Rodrigues de Camargo que está ao meu lado, com amor, em todos os momentos encorajando-me e apoiando-me.

A minha sogra Darcy Costa Rodrigues de Camargo em ser esta grande e carinhosa avó.

As minhas estrelas, que são o meu “Cruzeiro do Sul” nesta vida, Clara e Luiza, por vocês eu sou.

A memória dos animais que perderam suas vidas para que esta pesquisa pudesse ser realizada, e em especial a Rodolfo (bovino fistulado).

A todos os seres, que eles possam se beneficiar deste trabalho.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A todos os seres iluminados que vieram para nos mostrar o caminho do bem, da compaixão e da tolerância como Buda, Cristo Jesus, Dalai Lama, Madre Tereza, Gandhi, São Francisco de Assis, Rudolf Steiner entre outros;

Ao meu anjo da guarda por sua eterna paciência;

Aos professores que ajudaram na minha educação desde meu primeiro ingresso escolar;

À Universidade Estadual Paulista-Unesp de Botucatu pela formação acadêmica;

À Universidade Federal do Piauí através do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, por minha formação profissional e por viabilizar esta pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos;

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí em ceder as estruturas físicas e pessoal para a realização deste trabalho;

A minha orientadora Vânia Rodrigues Vasconcelos por orientar-me de forma que também pudesse ter autonomia, mas sempre dirigindo-me com confiança e positivismo;

Ao professor Arnaud Azevêdo Alves em mostrar tudo o que sabe com tanta generosidade e competência;

A professora Maria Elizabete e professor João Batista por serem pessoas as quais admiro muito;

Ao professor Darcet Costa Souza em colaborar com equipamentos que auxiliaram nesta pesquisa;

A todos os professores do Mestrado em Ciência Animal da UFPI, que com muita competência ensinaram nossa turma;

A Márcia Mourão Ramos de Azevedo por sua contribuição profissional;

As amigas queridas Adeline, Gynna e Luciana pelo apoio e carinho em todos os momentos;

Aos queridos companheiros do Mestrado em Ciência Animal da UFPI, Bruno, Carol, Clautina, Eduardo, Francisco, Eline, Fernanda, Flávia, Gugu, Josino, Leopoldina, Mário, Manoel, Sampaio, Sérgio, Marlúcia, Veralene;

A equipe da técnica *in vitro* de produção de gases, Bruno (Santo Bruno), Cardoso, Maurílio e Laí e suas respectivas namoradas em aceitarem acompanhá-los em trabalhos “fora de hora”;

Aos secretários Luis, Noelma e Vicente da Pós-Graduação e ao Chico do Departamento de Zootecnia por todos os serviços prestados com gentileza;

Ao técnico agrícola Gilberto Alves Teixeira, em sempre se prontificar a ajudar;

Ao funcionário desta Universidade vulgarmente conhecido como Zé da Burra e aos colaboradores Adriano, Joel e Marcelo, que com tanta estima ajudaram a cuidar dos animais;

Aos funcionários do laboratório Lindomar e Manoel por ajudarem sempre quando solicitados;

Ao funcionário Raimundo, por sua ajuda e eterno sorriso;

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para que esta pesquisa fosse realizada;

“Servir uns aos outros, cada um, conforme o dom que recebeu”

A todos muito obrigada!

**ADMIRA A BELEZA,
DEFENDE A VERDADE,
VENERA A NOBREZA,
ESCOLHE A BONDADE**

**ASSIM É QUE O HOMEM
SERÁ CONDUZIDO
ÀS METAS NA VIDA.
AOS RETOS CAMINHOS
NA HORA EM QUE AGE.
A PAZ QUANDO SENTE.
A LUZ QUANDO PENSA**

**E APRENDE A CONFIAR
NA REGÊNCIA DIVINA,
EM TUDO QUE HÁ,
NO VASTO COSMO
NO FUNDO DA ALMA.**

RUDOLF STEINER

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. CAPÍTULO I.....	13
Modelos matemáticos para estimativa da cinética de fermentação ruminal de vagens de faveira (<i>Parkia platycephala</i> Benth.) e pau-ferro (<i>Caesalpineia ferrea</i> Mart. ex Tul.) através da técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases.....	14
2.1 Resumo.....	14
2.2 Abstract.....	15
2.3 Introdução.....	16
2.4 Material e métodos.....	17
2.5 Resultados e discussão.....	19
2.6 Conclusões.....	23
2.7 Agradecimentos.....	23
2.8 Literatura citada.....	24
3. CAPÍTULO II.....	26
Composição bromatológica e cinética da fermentação ruminal de vagens de faveira (<i>Parkia platycephala</i> Benth.) e pau-ferro (<i>Caesalpineia ferrea</i> Mart.ex Tul.) através da técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases.....	27
3.1 Resumo.....	27
3.2 Abstract.....	28
3.3 Introdução.....	29

3.4 Material e métodos.....	30
3.5 Resultados e discussão.....	33
3.6 Conclusões.....	37
3.7 Agradecimentos.....	38
3.8 Literatura citada.....	38
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

RESUMO

A utilização de leguminosas nativas na dieta de ruminantes é uma alternativa para minorar o problema da falta de alimentos para os animais no Nordeste brasileiro. A *Parkia platycephala* Benth. e a *Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul. são dois exemplares de leguminosas com potencial para alimentação animal. O conhecimento da composição bromatológica e do aproveitamento das vagens destas leguminosas pelos animais, contribui sobremaneira na produção zootécnica. Estruturalmente este trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro objetivou comparar os modelos de Gompertz e o logístico bicompartimental na estimativa da cinética de fermentação ruminal das vagens, pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. O segundo objetivou estimar a composição bromatológica e a cinética de fermentação ruminal das vagens, com dois tipos de inóculos, ruminal e fecal. Com base na análise dos parâmetros de validação dos modelos e na convergência dos dados, o modelo logístico foi o que melhor estimou a cinética de fermentação ruminal dos alimentos avaliados. As vagens das plantas avaliadas podem ser utilizadas como alimentos energéticos por apresentarem em sua composição, elevada concentração de carboidratos não fibrosos. A produção acumulativa de gases da vagem de *Parkia sp.* foi maior em relação a *Caesalpineia sp.* e o inóculo ruminal propiciou maior produção de gases em relação ao fecal.

ABSTRACT

The utilization of native leguminous in ruminants' diets is an alternative to reduce the lack of food troubles for the animals in Brazilian Northeast. The *Parkia platycephala* Benth. and the *Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul. are two examples of leguminous with animal feeding potential. The knowledge of quimical composition and the use of these pods for animals contribute a lot to zootechnology production. Structurally this paper had been share in two chapters. The first one compared the Gompertz and bicompartimental logistic models on the pod's kinectics of ruminal degradation using the semi-automatic gas production technique. The second one aimed to estimate the quimical composition and pod's kinectics of ruminal degradation with two types of inoculum, ruminal and faecal. The logistic model was the one that estimated better the kinectics ruminal degradation to the avaliated food, based on parameters analysis of validation models and the data convergence. The pods of the used plants can be used as an energetic food due to show high levels concentration of non-fibrous carbohydrates. The accumulative gas production from *Parkia sp.* pods was greater than *Caesalpineia sp.* and ruminal inoculum propitiated better gas production in relation to faecal.

INTRODUÇÃO

Nos trópicos, a existência de dois períodos distintos, estação das águas e estação das secas, determina a abundância de produção de volumosos em uma época e escassez extrema na outra (Magalhães et al. 2006). Devido à estacionalidade na produção de espécies vegetais, o desempenho dos animais é relativamente baixo, em razão da redução qualitativa e quantitativa de massa verde nos pastos na época seca do ano (Cabral et al. 2003). As regiões áridas e semi-áridas do Nordeste sofrem desta escassez de alimentos na época de baixa precipitação pluviométrica, o que irá refletir na produção animal, na economia e em problemas sociais (Nozella, 2001).

O valor nutritivo de um alimento é um termo usado para quantificar a presença e disponibilidade de nutrientes e também para prever o rendimento produtivo do animal quando por este alimentado (Freer & Dove 2002). A predição do desempenho animal não é unicamente relacionada com os componentes dietéticos, uma vez que os microrganismos presentes nos ruminantes transformam os alimentos consumidos. Sendo assim, conhecer a composição química de forragens bem como seu aproveitamento no organismo dos animais estudados contribui sobremaneira na produção zootécnica.

Na flora regional existem espécies que já haviam sido descobertas por produtores, através da observação etológica de seus rebanhos, como possíveis fontes alternativas de alimentação animal. Desta forma, pesquisadores resolveram investigar a qualidade destes recursos dentro das instituições de pesquisa (Carvalho et al., 1992; Nascimento et al., 1996; Alves, 2004). A *Parkia platycephala* Benth. e a *Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul. são duas leguminosas com potencial na alimentação animal (Machado, 2005). Estas leguminosas ainda não foram avaliadas seguindo a técnica *in vitro* de produção de gases. A técnica é relativamente simples. Baseia-se na incubação de alimentos em frascos de vidro contendo inóculo microbiano, mantido a 39°C e sob anaerobiose, simulando o ambiente ruminal (Bueno, 2002).

A utilização de modelos matemáticos é necessária no estudo da cinética de produção de gases. Os modelos matemáticos mais utilizados para estimar esta cinética são os de Ørskov & McDonald (1979); Mertens & Loften (1980); France et al. (1993); Beuvink & Kogut (1993); logístico uni ou bicompartimental, proposto por Schofield et al. (1994); Groot et al. (1996); de Gompertz, proposto por Lavrencic et al. (1997). O modelo de Gompertz supõe que a taxa de produção de gases é equivalente à atividade dos microrganismos, porém, uma vez aumentado o tempo de incubação, esta relação diminui, o que pode ser subentendido que ao longo do processo fermentativo ocorre uma diminuição do potencial dos microrganismos (Noguera et al., 2004). No modelo logístico bicompartimental é possível caracterizar a cinética de produção de gases a partir de carboidratos fibrosos e carboidratos não fibrosos, fornecendo maiores informações a respeito do processo fermentativo (Modesto et al., 2004).

O uso de animais fistulados tem sido criticado por grupos éticos, mas segundo Akhter et al. (1999) existem também algumas razões práticas na necessidade de redução do uso destes animais como: evitar interferências cirúrgicas e cuidados especiais pós-operatórios para controlar possíveis infecções. Existem países em que a legislação concede apenas às Universidades e Instituições, o aval para utilização de animais fistulados (Cone et al., 2002). Entretanto, alternativas de inóculos, como o uso de fezes, vem sendo estudadas por vários pesquisadores, mesmo sabendo-se que este inóculo irá viabilizar menor quantidade de microbiota (Bueno et al., 1999; Alcalde et al., 2001; Bueno, 2002; Varadyová et al., 2005).

Estruturalmente, este trabalho foi dividido em duas partes. A primeira foi composta por uma parte geral, contendo resumo, abstract, introdução e considerações gerais. A segunda foi composta por dois capítulos, elaborados de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia, aos quais serão submetidos à publicação. O objetivo deste trabalho foi determinar o valor nutritivo de vagens de *Parkia platycephala* Benth. e *Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul. pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

1 **Modelos matemáticos para estimativa da cinética de fermentação ruminal de**
2 **vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth.) e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea***
3 **Mart. ex Tul.) através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases¹**
4

5 **Alessandra de Lima Barbosa²**
6

7 ¹Parte da Dissertação apresentada pela autora como parte das exigências para obtenção do título de
8 Mestre em Ciência Animal pela Universidade Federal do Piauí. Pesquisa financiada pelo CNPq.

9 ²Mestranda em Ciência Animal/UFPI. alimabarbosa@uol.com.br, bolsista da CAPES
10
11

12 **RESUMO** - Foram utilizados dois modelos matemáticos para avaliar a produção
13 de gases de vagens de faveira e de pau-ferro, pela técnica *in vitro* semi-automática de
14 produção de gases. Os parâmetros usados para validação dos modelos foram: o
15 quadrado médio do erro (QME); o coeficiente de determinação (R^2); o desvio médio
16 absoluto dos resíduos (DMA) e a análise gráfica dos resíduos. O modelo logístico
17 bicompartimental apresentou menores valores ($P < 0,05$) para o QME e o DMA em
18 relação ao de Gompertz, não havendo diferenças ($P > 0,05$) quanto ao R^2 . Os gráficos de
19 dispersão mostraram melhor ajuste da taxa de produção de gases para o modelo
20 logístico bicompartimental. Na análise gráfica dos resíduos este modelo também
21 descreveu melhor a cinética de produção de gases da matéria seca. Portanto, para
22 avaliação da cinética de fermentação ruminal de vagens de faveira e de pau-ferro pela
23 técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases recomenda-se adotar o modelo
24 logístico bicompartimental.
25

26 Palavras-chave: modelo logístico bicompartimental, modelo de Gompertz
27
28
29
30
31
32
33
34
35

1 **Mathematical models to estimate gas production of faveira (*Parkia platycephala***
2 **Benth.) and pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul.) pods using the semi-**
3 **automatic *in vitro* technique**
4

5 **ABSTRAC** - Two mathematical models had been used to evaluate the gas
6 production from the native leguminous faveira and pau-ferro using the semi automatic
7 gas production technique. The validation parameters for both models were residual
8 mean square (RMS), coefficient of determination (R^2), absolute average residual (AAR)
9 and graphical analysis of residues. The logistic model have showed smaller values
10 ($P<.05$) to the residual mean square (RMS) and absolute average residual (AAR)
11 comparative to the Gompertz model. The R^2 had the same result for Gompertz and
12 Logistic models. The dispersion graphics showed better adjustment for the Logistic
13 model. Analyzing the Graphics, the logistic bicompartimental also demonstrated to be
14 the best model to describe the kinetic of gas production, therefore the one that
15 trustworthy represents these forages in the present study.

16
17 Key Words: logistic bicompartimental model, Gompertz model
18

Introdução

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

Com o intuito de buscar opções de alimentação para ruminantes em regiões sob condições ambientais desfavoráveis, relacionados particularmente a índices pluviométricos irregulares, escassez e baixa qualidade nutricional de pastagens, tem-se procurado viabilizar o uso de espécies forrageiras nativas.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases permite avaliar a cinética de fermentação ruminal de alimentos utilizados na nutrição de ruminantes e apresenta como principais vantagens o baixo custo, a avaliação de diferentes ambientes do rúmen e a taxa de fermentação dos constituintes solúveis e estruturais, além de apresentar uma alta correlação com os dados obtidos *in vivo* (Maurício et al., 2003; Noguera et al., 2004).

Os modelos matemáticos mais utilizados para estimar esta cinética são os de Ørskov & McDonald (1979); Mertens & Loften (1980); France et al. (1993); Beuvink & Kogut (1993); logístico uni ou bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994); Groot et al. (1996); de Gompertz, proposto por Lavrencic et al. (1997). O modelo de Gompertz supõe que a taxa de produção de gases é equivalente à atividade dos microrganismos, porém, uma vez aumentado o tempo de incubação, esta relação diminui, o que pode ser subentendido que ao longo do processo fermentativo ocorre uma diminuição do potencial dos microrganismos (Noguera et al., 2004). O modelo logístico bicompartimental permite caracterizar os carboidratos de rápida e lenta degradação, fornecendo maiores informações a respeito do processo fermentativo.

Este trabalho teve como objetivo comparar os modelos de Gompertz e o logístico bicompartimental na estimativa da cinética de fermentação ruminal da matéria seca de

1 vagens das leguminosas nativas faveira (*Parkia platycephala*) e pau-ferro (*Caesalpineia*
2 *ferrea*), pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

3

4

Material e Métodos

5

6 Este experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do
7 Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do
8 Piauí, em Teresina, PI. As vagens de faveira e pau-ferro foram grosseiramente trituradas
9 e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 h.

10 Para avaliação dos modelos, utilizou-se a técnica *in vitro* semi-automática de
11 produção de gases, de acordo com Mauricio et al. (2001). Foram incubadas amostras de
12 vagens de faveira e pau-ferro com dois tipos de inóculos, ruminal e fecal. Os inóculos
13 foram coletados de um bovino adulto canulado no rúmen, às 7h, antes do fornecimento
14 da primeira refeição. As alíquotas das frações sólidas e líquidas do conteúdo ruminal
15 foram coletadas diretamente do rúmen e acondicionadas em garrafas térmicas
16 previamente aquecidas a 39°C. O conteúdo fecal foi coletado imediatamente após a
17 obtenção do conteúdo ruminal, diretamente do reto ou do piso pavimentado quando da
18 excreção no momento da coleta, e mantido a 39°C.

19 O inóculo ruminal foi obtido após homogeneização por 5 segundos em
20 liquidificador das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal, em igual proporção
21 (1:1), e filtragem. Em seguida, o inóculo foi mantido a 39°C, sob contínua gaseificação
22 com CO₂ para manutenção da anaerobiose até o momento da incubação. Para obtenção
23 do inóculo fecal utilizou-se o mesmo procedimento citado anteriormente,
24 homogeneizando-se o conteúdo fecal com o meio de cultura, também em igual
25 proporção.

1 As amostras foram incubadas utilizando-se frascos de vidro com capacidade de
2 160 mL. Foram adicionados 1 g de amostra e 90 mL do meio de cultura, preparado
3 segundo Maurício et al. (2001), e 10 mL do inóculo ruminal ou fecal, de acordo com o
4 tratamento. O meio foi gaseificado com CO₂, os frascos foram vedados com rolhas de
5 borracha e anilhas de alumínio e acondicionados em estufa com circulação forçada de ar
6 a 39°C. Frascos contendo somente meio de cultura e inóculo foram utilizados como
7 controle.

8 As leituras de pressão foram realizadas nos tempos 3, 6, 9, 12, 15, 21, 27, 33, 39,
9 48, 60, 72 e 96 h após a incubação, com o auxílio de um transdutor de pressão
10 conectado a uma válvula de três saídas, segundo Mauricio et al. (2001). Para a
11 estimativa do volume utilizou-se a equação $V = 0,113 P^2 + 3,8955 P$, ($R^2 = 0,98$), em
12 que V = volume em mL e P = pressão em psi.

13 Os modelos matemáticos avaliados estão descritos na Tabela 1. Para validação
14 dos modelos utilizou-se o quadrado médio do erro (QME), o coeficiente de
15 determinação (R^2), o desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) e a análise gráfica dos
16 resíduos (Sarmiento et al., 2006).

17 O QME foi obtido através da análise da variância, com o auxílio do
18 procedimento NLIN do SAS (1999), dividindo-se a soma do quadrado do erro (SQE)
19 pelo número de observações (n). Modelos que representam melhor um conjunto de
20 dados apresentam menores SQE (Noguera et al., 2004). Quanto menor o QME melhor o
21 ajuste do modelo, segundo Beuvink & Kogut (1993).

22

23

24

25

1 Tabela 1 - Descrição matemática dos modelos avaliados
 2 *Table 1 - Mathematical description of evaluated models*

Modelo <i>Model</i>	Nº. de parâmetros <i>No. of parameters</i>	Equação ¹ <i>equation¹</i>
logístico bicompartimental <i>Bicompartimental logistic</i>	5	$V_T = Vf1/(1+\exp(2-4*c1*(T-L))) + Vf2/(1+\exp(2-4*c2*(T-L)))$
de Gompertz <i>Gompertz</i>	3	$V_T = V_F \times \exp(-C \times \exp(-A \times t))$

3 ¹ V_T = volume total de gases (mL/100 mgMS) acumulado no tempo T ; Vf1 = volume
 4 final de gases oriundo da degradação da fração solúvel de rápida digestão quando
 5 T→∞; c1= taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel; c2 =
 6 taxa específica de produção de gases pela degradação da fração insolúvel; T = tempo de
 7 incubação (h); L = fase de latência; Vf2= volume final de gases proveniente da
 8 degradação da fração insolúvel de lenta digestão quando T→∞; V_F = assíntota ou
 9 potencial máximo de produção de gases; C = taxa constante de produção de gases do
 10 material potencialmente degradável e A = fator constante de eficiência microbiana.

11 ¹ V_T = Cumulative gas production in the time T; Vf1 = final gas volume from rapid digestion of the soluble
 12 fraction; c1= specific gas production rate from rapid digestion fraction; c2= specific gas production
 13 rate from slow digestion fraction; T = incubation time (h); ; L_n = lag time; Vf2 = final gas volume from
 14 slow digestion of insoluble fraction; c1= specific gas production rate from the rapid digestion of soluble
 15 fraction; C = Constant rate of gas production from potential degradable material; A = Constant factor
 16 of microbial efficiency.
 17

18 Para o R², o DMA e a análise gráfica dos resíduos utilizou-se o procedimento
 19 CORR do SAS (1999). Dividindo-se a soma do quadrado do modelo (SQM) pela soma
 20 do quadrado total (SQT) obtém-se o R². Valor elevado do R² pode indicar boa
 21 estimativa dos dados em relação aos valores observados, mas não deverá ser usado
 22 como único critério de seleção do modelo (Noguera et al., 2004). O DMA foi calculado
 23 a partir da diferença do somatório do valor observado pelo estimado, dividido pelo
 24 tamanho da amostra; quanto menor o valor do DMA melhor o ajuste.

25

26 **Resultados e Discussão**

27

28 Os valores obtidos para QME, R² e DMA estão apresentados na Tabela 2. O
 29 modelo logístico bicompartimental apresentou valor do QME bastante inferior ao de

1 Gompertz, divergindo dos resultados obtidos por Beuvink & Kogut (1993) e Noguera
 2 et. (2004), com maior valor do QME para o modelo logístico em comparação ao modelo
 3 de Gompertz. Avaliando a cinética fermentativa do pseudofruto do cajueiro, Azevedo
 4 (2007) obteve maior valor de QME para o modelo de Gompertz, em relação ao
 5 logístico, resultado semelhante ao obtido neste trabalho.

6

7 Tabela 2 - Médias do quadrado médio do erro (QME), do coeficiente de determinação
 8 (R^2) e do desvio médio absoluto (DMA) obtido a partir dos ajustes dos dados
 9 de produção de gases da matéria seca com os modelos logístico
 10 bicompartimental e de Gompertz

11 *Table 2 - Averages from residual mean square (RMS), coefficient of determination (R^2) the absolute*
 12 *average residual (AAR) obtained from the dry matter gas production data using the Logistic*
 13 *and Gompertz models*

Modelo <i>Model</i>	QME <i>EMS</i>	R^2	DMA <i>AAE</i>
logístico bicompartimental <i>logistic</i>	14,81	0,99	2,85
de Gompertz <i>Gompertz</i>	111,91	0,99	8,18

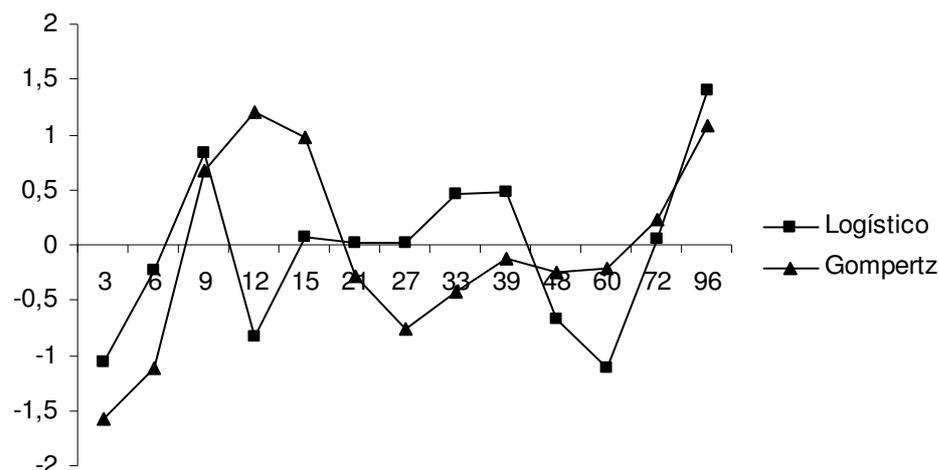
14

15 Quanto ao R^2 , não houve diferença ($P>0,05$) entre os modelos. Apesar dos
 16 elevados coeficientes de determinação, este parâmetro não deve ser usado como único
 17 critério na avaliação de um modelo, pois elevados R^2 também podem ser observados em
 18 modelos com limitada capacidade de predição (Calabrò et al., 2005; Noguera et al.,
 19 2004). O modelo logístico apresentou menor valor do DMA em relação ao modelo de
 20 Gompertz, resultado também obtido por Azevedo (2007).

21 Os dados de dispersão são obtidos através da diferença do valor observado em
 22 relação ao valor estimado. Assim, se o valor estimado for maior que o observado será
 23 negativo e superestimar os dados. Interpretando-se os dados de dispersão para o
 24 modelo logístico, verificou-se superestimativa dos valores em três momentos: antes de
 25 se completar às 6h de incubação, das 09 até antes de se completar 15h e entre,
 26 aproximadamente, 39h até antes de se completar 72h. Entre 15 e após as 24 h não houve

1 variação dos dados, caracterizando uma boa estimativa da produção de gases.
 2 Entretanto, no período compreendido aproximadamente entre 6h e 09h, entre 27 e 39h e
 3 72 e 96h houve subestimativa dos dados.

4 Na Figura 1 estão apresentados os gráficos das dispersões temporais médias dos
 5 resíduos para os dois modelos.



6

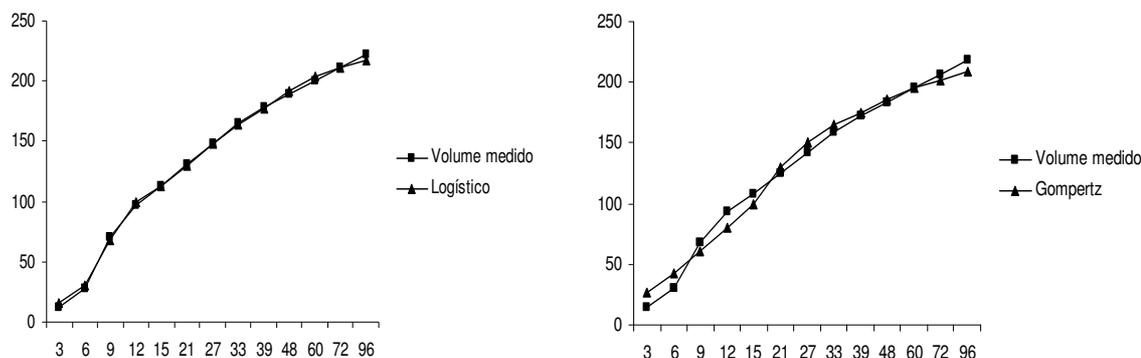
7 Figura 1 – Dispersões temporais dos resíduos obtidos dos dados médios de produção de
 8 gases (mL gases/100 mgMS) pelos modelos logístico e de Gompertz.

9 *Figure 1 – Temporary residues dispersions obtained from average data of gas production (mL gas/g of*
 10 *DM) using the logistic and Gompertz models.*
 11

12 Os valores também oscilaram quando se utilizou o modelo de Gompertz, com
 13 superestimativas nas primeiras 6h de incubação e após 15h até 60h. Subestimativas dos
 14 valores foram obtidas entre 6h e após as 15h, aproximadamente, e de 60 h até 96h.
 15 Diferentemente do observado para o logístico, em nenhum momento os dados
 16 estimados foram semelhantes aos observados. Azevedo (2007) obteve menor dispersão
 17 temporal dos resíduos nos modelos logístico e de Gompertz. Também obteve super e
 18 subestimativas, sendo o modelo logístico o que apresentou melhor predição do volume
 19 de gases. Noguera et al. (2004) obtiveram para os modelos logístico e de Gompertz o
 20 mesmo comportamento quanto às dispersões, sendo que o de Gompertz foi o que

1 melhor predisse os valores nos primeiros horários de incubação, diferindo dos
2 resultados obtidos.

3 Na Figura 2 estão apresentados os gráficos da produção cumulativa de gases
4 obtidos a partir dos dados observados e dos ajustados pelos dois modelos.



5 Figura 2 – Curvas de produção cumulativa de gases da matéria seca da faveira (*Parkia*
6 *platycephala*) e do pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) a partir da média dos
7 dados observados e dos ajustados por dois modelos.
8 *Figure 2 - Accumulative gas production profiles of the dry matter from (Parkia Platycephala and*
9 *Caesalpineia ferrea) from the average of the observed data and of the fittings for the two*
10 *models*
11

12 A melhor estimativa de dados foi obtida pelo modelo logístico, demonstrando
13 superioridade de ajuste em relação ao modelo de Gompertz. Noguera et al. (2004)
14 obtiveram melhor ajuste para o modelo de Gompertz em relação ao logístico, ao estudar
15 cinco genótipos de sorgo. A análise gráfica dos resíduos corresponde com os valores
16 apresentados na Tabela 2, onde o modelo logístico apresentou melhor performance ao
17 longo do período estudado, ou seja, os dados obtidos aproximaram-se dos estimados. As
18 curvas de produção de gases se caracterizam por apresentar forma sigmoideal, podendo
19 ser distinguidas três fases: fase inicial de baixa produção, fase exponencial de rápida
20 produção e uma fase assintótica de lenta ou inexistente produção de gases (Noguera et
21 al., 2004). Nas primeiras horas de fermentação uma parte do substrato, geralmente os

1 açúcares solúveis, é fermentada rapidamente, mas isto representa uma pequena porção
2 do total a ser degradado. Na seqüência, uma menor quantidade de alimento é hidratada e
3 colonizada pela microbiota, dando origem a degradações distintas, dependendo do
4 substrato, quanto aos constituintes solúveis e estruturais (Beuvink & Kogut, 1993).

5 France et al. (2005), discutindo sobre os modelos de Gompertz e logístico,
6 afirmaram que a produção de gases está na dependência, entre outros fatores, da
7 quantidade de biomassa microbiana presente no substrato e que o crescimento
8 microbiano irá variar segundo alguns fatores, como a espécie microbiana, pH do meio,
9 disponibilidade de energia e nitrogênio. O modelo de Gompertz, apesar de neste
10 trabalho não ter superado o logístico quanto aos parâmetros de avaliação dos modelos,
11 tem sido utilizado satisfatoriamente por muitos pesquisadores para estimar a cinética de
12 fermentação ruminal. Esta diferença de resultados pode ter relação com o tipo de
13 substrato avaliado.

14 **Agradecimentos**

15
16 A Capes, pela bolsa de estudo concedida, e ao CNPq pelo apoio financeiro
17 necessário à condução da pesquisa.

18 **Conclusões**

19
20 A escolha de um modelo na avaliação de alimentos para ruminantes deve
21 considerar os parâmetros de validação do modelo e a convergência dos dados quando
22 objetivar o uso da técnica *in vitro* de produção de gases para interpretar o processo
23 fermentativo. O modelo logístico foi o que melhor estimou os valores de produção de
24 gases em relação ao de Gompertz, podendo ser adotado na estimativa da cinética de
25 fermentação ruminal de vagens de faveira e de pau-ferro.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

Literatura Citada

- AZEVEDO, M.M.R. **Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal do pseudofruto de cinco clones de cajueiro pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.** Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2007. 58p. Dissertação (mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, 2007.
- BEUVINK, J.M.W.; KOGUT, J. Modeling gas production kinetics of grass silages incubated with buffered ruminal fluid. **Journal of Animal Science**, v.71, n.4, p.1041 – 1046, 1993.
- CALABRÒ, S.; LÓPEZ, S.; PICCOLO, V. et al. Comparative analysis of gas production profiles obtained with buffalo and sheep ruminal fluid as the source of inoculum. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, part 1, p.51-65, 2005.
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, n. 1, p.99-111, 1993.
- FRANCE, J.; LOPEZ, S.; KEBREAB, E. et al. A general compartmental model for interpreting gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, part.1, 473-485, 2005.
- GROOT, J.C.J., CONE, J.W., WILLIAMS, B.A. et al. Multiphasic analysis of gas production Kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.64,n.1, p.77-89, 1996.
- LAVRENCIC, A.; STEFANON, B.; SUSMEL, P. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. **Animal Science**, v.64, p.423-431, 1997.
- MAURICIO, R.M.; OWEN, E.; MOULD, F.L. et al. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p.33-48, 2001.
- 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.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Sciences**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; MAURICIO, R.M. Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la técnica de producción de gas. 2004. **Disponível em:** <http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd16/11/nogu16086.htm>. Acesso em 03/04/2007.
- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

- 1 SARMENTO, J.L.R.; REGAZZI, A.J.; SOUSA, W.H. et al. Estudo da curva de
2 crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2,
3 p.435-442, 2006.
- 4 SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas
5 production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- 6 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide**: statistics. Version 8.0.
7 Cary: 1999.

1 **Composição bromatológica e cinética da fermentação ruminal de vagens de faveira**
2 **(*Parkia platycephala* Benth.) e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.ex Tul) através**
3 **da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases** ¹

4
5
6 **Alessandra de Lima Barbosa²**

7 ¹Parte da Dissertação apresentada pela autora como parte das exigências para obtenção do título de
8 Mestre em Ciência Animal pela Universidade Federal do Piauí. Pesquisa financiada pelo CNPq.

9 ²Mestranda em Ciência Animal/UFPI. alimabarbosa@uol.com.br, bolsista da CAPES

10
11
12
13 RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi determinar a composição
14 bromatológica e a cinética de fermentação ruminal de vagens de “faveira” (*Parkia sp.*) e
15 “pau-ferro” (*Caesalpineia sp.*). A cinética de fermentação ruminal foi estimada pela
16 técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, com dois tipos de inóculo,
17 ruminal e fecal, utilizando-se o modelo logístico bicompartimental. As vagens de
18 faveira e pau-ferro apresentaram elevado conteúdo de carboidratos totais e não fibrosos.
19 Houve efeito ($P<0,05$) de alimento para o volume de gases da fração solúvel de rápida
20 degradação. O volume de gases da fração insolúvel de lenta degradação foi superior
21 ($P<0,05$) para a vagem de faveira. A incubação da faveira com o inóculo ruminal
22 propiciou maiores volumes de gases ($P<0,05$) das frações de rápida e lenta degradação.
23 Entretanto, para o pau-ferro estes parâmetros não foram afetados ($P>0,05$) pelo tipo de
24 inóculo. O “lag time” da faveira não diferiu ($P>0,05$) em função do tipo de inóculo, mas
25 com o pau-ferro foi menor ($P<0,05$) com o inóculo ruminal em relação ao fecal. A
26 produção total de gases com a faveira foi de 287,7 mL e 268,5 mL quando se utilizou os
27 inóculos ruminal e fecal, respectivamente. O volume total de gases obtidos com o pau-
28 ferro foi de 164,7 mL com o inóculo ruminal e 152,9 mL com o fecal. As vagens de
29 faveira e de pau-ferro podem ser utilizados como alimentos energéticos por
30 apresentarem em sua composição elevada concentração de carboidratos não fibrosos. O
31 inóculo ruminal propiciou maior produção de gases em relação ao fecal.

32

33 Palavras-chave: inóculo fecal, inóculo ruminal

1 **Quimical composition and kinetics ruminal fermentation from faveira (*Parkia***
2 ***platycephala* Benth.) and pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart. Ex Tul.) pods using**
3 **the semi-automatic *in vitro* gas production technique**
4
5

6 ABSTRACT - The aim of the present study was to determinate the quimical
7 composition and the kinetics ruminal fermentation from “faveira” (*Parkia sp.*) and pau-
8 “ferro” (*Caesalpineia sp.*) pods. The kinetics of ruminal fermentation was estimated by
9 semi-automatic *in vitro* gas production with two types of inoculum, ruminal and fecal,
10 using the bicompartimental logistic model. The faveira and pau-ferro pods showed high
11 content of total and non-fibrous carbohydrates. There was food effect ($P<0.05$) to the
12 gas volume from rapid degradation of the soluble fraction. The gas volume from slow
13 degradation of insoluble fraction was higher ($P<0.05$) to faveira pods. The incubation of
14 faveira with ruminal inoculum provided greater gas volume ($P<0.05$) from rapid and
15 slow degradation fractions. The pau-ferro, however wasn't affected for these parameters
16 ($P>0.05$) by the type of inoculum. The faveira's “lag time” didn't differ ($P>0.05$) as a
17 inoculum function but with pau-ferro it was smaller ($P<0.05$) using ruminal inoculum
18 regarding to fecal inoculum. The total gas production to faveira was 287.7 mL and
19 268.5 mL using ruminal and fecal inoculum, respectively. In pau-ferro's case, the total
20 gas production was smaller, it was 164.7 mL to ruminal inoculum and 152.9 mL to
21 fecal. Both faveira and pau-ferro pods can be utilized as an energetic source because
22 they show high non-fibrous carbohydrates concentration in your quimical composition.
23 Ruminal inoculum provided greater gas production in relation to fecal.

24
25 Key-words: fecal inoculum, ruminal inoculum
26
27
28
29
30
31
32
33

Introdução

As zonas áridas e semi-áridas da região Nordeste do Brasil sofrem de escassez de forragens na época de baixa precipitação pluviométrica. A utilização de leguminosas, nativas ou adaptadas, na dieta de ruminantes é uma alternativa para minorar o problema da falta de alimentos, mas podem apresentar compostos antinutricionais como o tanino, que inibem a fermentação do rúmen devido à complexação com proteínas e fibras ou inibição das enzimas digestivas.

Conhecida popularmente como fava-de-bolota, ou visgueiro as vagens de *Parkia platycephala* Benth. apresenta cerca de 10% de proteína bruta (PB) e 70% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Carvalho et al., 1992). O pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.ex Tul) ou jucá, é uma árvore característica da caatinga e apresenta em suas vagens 7,7% de PB e 14,8% de fibra bruta (FB) (Nascimento et al., 1996).

O valor nutritivo de um alimento é um termo usado para quantificar a presença, a disponibilidade de nutrientes e prever o rendimento produtivo do animal quando por este alimentado (Freer & Dove 2002). Dessa forma, conhecer a composição bromatológica de forragens, bem como seu aproveitamento pelos animais, contribui sobremaneira na produção animal.

Diversas metodologias podem ser usadas na determinação do valor nutritivo de alimentos, entretanto a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases vem sendo cada vez mais utilizada, em função de sua praticidade, custos menores e possibilidade de estimar a cinética da fermentação ruminal (Mauricio et al., 1999; Mauricio et al., 2003; Bueno et al., 2005; Rymer et al., 2005).

Em muitos países, a legislação permite que apenas certas universidades e institutos possuam aval para trabalhar com animais cirurgicamente modificados (Cone

1 et al., 2002). Segundo Lavezzo et al. (1988) a coleta de líquido ruminal via esôfago
2 dispensa o uso de fistulas, mas exige-se habilidade para se introduzir a sonda. Alguns
3 pesquisadores têm trabalhado com uso de inóculo fecal, com objetivo de evitar
4 interferências cirúrgicas, tais como Aiple et al. (1992), Gonçalves & Borba (1996),
5 Akhter et al. (1999), Borba et al. (2001), Mauricio et al. (2001) Chikwanda e Mutisi
6 (2001) e Bueno et al. (2005).

7 Este trabalho teve como objetivo determinar a cinética da fermentação ruminal de
8 vagens de *Parkia Platycephala* Benth. e *Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul, através da
9 técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando-se inóculos ruminal e
10 fecal.

11 **Material e Métodos**

12
13 Este experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do
14 Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do
15 Piauí. Utilizaram-se amostras de vagens de faveira (*Parkia Platycephala* Benth.) e pau-
16 ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.ex Tul), pré-secas em estufa de circulação forçada de ar
17 a 55°C durante 72 h. Foram moídas para obtenção de partículas com até 1 mm e
18 armazenados em recipientes de vidro.

19 A composição bromatológica foi obtida segundo as metodologias descritas por
20 Silva e Queiroz (2002), sendo determinados os teores de matéria seca (MS), matéria
21 mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em
22 detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro
23 (NIDN).

24 O teor de carboidratos totais (CHOT) foi obtido a partir da equação proposta por
25 Sniffen et al. (1992):

$$1 \qquad \qquad \qquad \text{CHOT}(\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinza)$$

2 \qquad \qquad \qquad O conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado segundo Hall
3 (2000), correspondente à diferença entre CHOT e FDN corrigida para proteína:

$$4 \qquad \qquad \qquad \text{CNF}(\%) = 100 - [\%PB + (\%FDN - \%PB \text{ na FDN}) + \%EE + \%Cinza]$$

5 \qquad \qquad \qquad Para avaliação da produção de gases foi utilizada a técnica *in vitro* semi-
6 automática de produção de gases, de acordo com Mauricio et al. (2001). Foram
7 incubadas amostras de vagens de faveira e pau-ferro com dois tipos de inóculos, ruminal
8 e fecal. Os inóculos foram coletados de um bovino adulto canulado no rúmen, às 7:00,
9 antes do fornecimento da primeira refeição. As alíquotas das frações sólida e líquida do
10 conteúdo ruminal foram coletadas diretamente do rúmen e acondicionadas em garrafas
11 térmicas previamente aquecidas a 39°C. As alíquotas do conteúdo fecal foram coletadas
12 imediatamente após a coleta do inóculo ruminal, diretamente do reto ou do piso
13 pavimentado quando da excreção no momento da coleta. Posteriormente, o inóculo
14 fecal foi acondicionado em sacos plásticos em uma caixa de isopor contendo bolsa
15 térmica para manutenção da temperatura a 39°C.

16 \qquad \qquad \qquad O inóculo ruminal foi obtido após homogeneização em liquidificador das frações
17 sólida e líquida em igual proporção (1:1) por 5 segundos, e da posterior filtragem para
18 retirada dos constituintes sólidos, utilizando-se quatro camadas de tecido 100% algodão.
19 Até o momento da incubação, permaneceu a 39°C, sob contínua gaseificação com CO₂
20 para manutenção da anaerobiose. Para obtenção do inóculo fecal utilizou-se o mesmo
21 procedimento citado anteriormente, homogeneizando-se o conteúdo fecal com o meio
22 de cultura, também em igual proporção.

23 \qquad \qquad \qquad As amostras foram incubadas utilizando-se frascos de vidro com capacidade para
24 160 mL. Foram adicionados 1 g de amostra, 90 mL do meio de cultura, preparado
25 segundo Mauricio et al. (2001), e 10 mL do inóculo ruminal ou fecal, de acordo com o

1 tratamento. O meio foi gaseificado com CO₂, os frascos foram vedados com rolhas de
 2 borracha e anilhas de alumínio e acondicionados em estufa com circulação forçada de ar
 3 a 39°C. Frascos contendo somente meio de cultura e inóculo foram utilizados como
 4 controle. As leituras de pressão e as medidas de volume foram realizadas às 3, 6, 9, 12,
 5 15, 21, 27, 33, 39, 48, 60, 72 e 96 h após o início da incubação, com o auxílio de um
 6 transdutor de pressão conectado a uma válvula de três saídas, segundo Mauricio et al.
 7 (2001). O modelo matemático adotado na estimativa da cinética de fermentação ruminal
 8 foi o logístico bicompartimental, proposto por Schofield et al. (1994), cuja descrição
 9 matemática encontra-se na Tabela 1.

10 Tabela 1- Descrição matemática do modelo logístico bicompartimental
 11 *Table 1- Mathematical description of bicompartimental logistic model*

Modelo <i>Model</i>	Nº. de parâmetros <i>Nº of parameters</i>	Equação ¹ <i>Equation¹</i>
logístico bicompartimental <i>bicompartimental logistic</i>	5	$V_{(t)} = Vf1/(1+\exp(2-4*c1*(T-L))) + Vf2/(1+\exp(2-4*c2*(T-L)))$

12 ¹V_(t)=volume total de gases (mL/100 mgMS) acumulado no tempo T; Vf1=volume final de gases oriundo
 13 da degradação da fração solúvel de rápida degradação quando T→∞; c1=taxa específica de produção de
 14 gases pela degradação da fração solúvel; c2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da
 15 fração insolúvel; T=tempo de incubação (h); L=fase de latência; Vf2=volume final de gases proveniente
 16 da degradação da fração insolúvel de lenta degradação quando T→∞.

17 ¹V_(t) =Cumulative gas production in the time T (mL/100 mgDM); Vf1=final gas volume from rapid
 18 degradation of the soluble fraction when T→∞; c1=specific gas production rate from rapid degradation
 19 fraction; c2= specific gas production rate from slow degradation fraction; T=incubation time (h); L=lag
 20 time; Vf2=final gas volume from slow degradation of the insoluble fraction when T→∞.

21

22 As curvas de ajuste e as estimativas dos parâmetros de interesse biológico foram
 23 realizadas através do processo iterativo de Marquardt, com auxílio de procedimento
 24 não linear (PROC NLIN) do SAS (1999). Os parâmetros estimados pelo modelo foram
 25 comparados segundo um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2x2
 26 (dois alimentos e dois inóculos) utilizando-se o procedimento GLM do SAS (1999) e as
 27 médias dos tratamentos e suas respectivas interações pelo teste de Student-Newman-
 28 Keuls (SNK).

29

30

Resultados e Discussão

Os resultados das análises bromatológicas estão apresentados na Tabela 2. O teor de MS das vagens de faveira foi superior aos 77,2% obtido por Alves (2004) e inferior aos 95,2% determinado por Machado (2005). Quanto ao pau-ferro, o resultado foi superior aos 86,2%, obtido por Araújo et al. (2004).

Tabela 2- Composição bromatológica (% na matéria seca) de vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth) e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.ex Tul)

Table 2- -Chemical composition (% in dry matter) from *Parkia Platycephala* and *Caesalpineia ferrea*

Vagens Pods	MS DM (%)	PB CP (%)	CHOT TC (%)	CNF NFC (%)	FDN NDF (%)	FDN _p NDF _p (%)	FDA ADF (%)	EE EE (%)	MM ASH (%)	NIDN NDIN (%)
<i>Parkia Platycephala</i>	91,02	8,13	89,06	78,87	11,34	10,19	6,84	1,09	1,72	1,62
<i>Caesalpineia ferrea</i>	91,48	5,87	91,37	75,02	17,1	16,35	8,02	0,22	2,54	0,70

Van Soest (1994) preconizou valores entre 6 a 8% de PB para uma efetiva fermentação microbiana ruminal, o que confere a faveira este resultado. Ainda para a faveira, o resultado foi superior aos 7,8% obtidos por Carvalho e Ramos (1982) e inferior aos 11,2% obtido por Alves (2004). A vagem de pau-ferro apresentou um teor de PB inferior ao da vagem de faveira, assim como ao obtido para o pau-ferro, por Carvalho et al. (1992) e Nascimento et al. (1996), de 7,0 e 7,7%, respectivamente. Comparativamente a outros alimentos, as vagens de faveira possuem teores de PB semelhantes ao milho com 7,4% obtido por Nogueira et al. (2006).

Os teores de FDN e FDA da vagem de faveira foram inferiores aos 19,7% e 13,1%, respectivamente, obtidos por Alves (2004). Machado (2005) obteve 12,8% e 10,4%, respectivamente, de FDN e FDA para a faveira e 27,9% e 18,7% para as vagens de pau-ferro. Apesar dos valores de FDN e FDA das vagens estudadas serem superiores aos obtidos para grãos, como o milho (Alcade et al., 2001; Nogueira et al., (2006), não constituem fatores limitantes de consumo para ruminantes.

1 Os percentuais de EE das vagens de faveira e do pau-ferro ficaram aquém dos 3%
2 estabelecido por Van Soest (1994) para forrageiras. Lima et al. (2006) obtiveram
3 valores superiores para o milho (5,8%), farelo de trigo (4,2%) e sorgo (3,1%). Os
4 valores de MM das vagens avaliadas foram semelhantes aos obtidos por Nascimento et
5 al. (1996) e Alves (2004).

6 As vagens de faveira e pau-ferro apresentaram elevado conteúdo de CHOT. Os
7 valores encontrados foram superiores ao obtido por Alves (2004) para a vagem de
8 faveira, de 79,44%. Já para os CNF, foram superiores ao 68,12% obtido por Alves
9 (2004) e superiores aos obtidos por Abrahão et al. (2006) para o milho (65,5%) e o
10 resíduo da mandioca (66,8%). Os parâmetros cinéticos de fermentação ruminal da MS
11 de vagens de faveira e pau-ferro, estimados pelo modelo logístico encontram-se na
12 Tabela 2.

13 Houve efeito ($P < 0,05$) de alimento para o Vf1. O maior volume de gases ($P > 0,05$)
14 obtido com a faveira pode estar relacionado ao valor mais elevado de CNF em relação
15 ao pau-ferro, já que o volume de gases produzidos está associado à degradação da
16 fração de rápida degradação (Campos et al., 2000). Segundo Noguera et al. (2005) a
17 disponibilidade de substrato de rápida fermentação favorece a aderência e a colonização
18 pelos microrganismos, resultando em maior degradação e, conseqüentemente, maior
19 produção de gases. Stradiotti Junior et al. (2004), Schofield et al. (1994) e Mauricio et
20 al. (2001) também relacionam a taxa de produção de gases diretamente à taxa de
21 crescimento microbiano. O Vf2 da faveira foi superior ($P < 0,05$) ao do pau-ferro, o que
22 pode está relacionado aos menores teores de FDN e FDA para a faveira.

23

24

1 Tabela 2. Estimativa dos parâmetros da cinética pela produção de gases vagens de
 2 faveira (*Parkia Platycephala* Benth.) e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.ex
 3 Tul) obtidas pelo modelo logístico bicompartimental
 4 Table 2. Estimate of kinetics from gas production of *Parkia Platycephala* Benth and *Caesalpineia ferrea*
 5 Mart.ex Tul obtained by bicompartimental logistic model

Parâmetros Parameters	Vagens/Pods	
	<i>Parkia Platycephala</i>	<i>Caesalpineia ferrea</i>
Vf1 mL/100mg amostra)		
Inóculo ruminal	120,52 ^{Aa}	38,38 ^{Ba}
Inóculo fecal	113,81 ^{Ab}	29,45 ^{Bb}
Vf2 mL/100mg amostra)		
Inóculo ruminal	167,21 ^{Aa}	126,30 ^{Ba}
Inóculo fecal	154,74 ^{Ab}	123,43 ^{Ba}
C1 h		
Inóculo ruminal	0,1907 ^{Aa}	0,0961 ^{Ba}
Inóculo fecal	0,1825 ^{Aa}	0,1924 ^{Ab}
C2 h		
Inóculo ruminal	0,0266 ^{Aa}	0,0121 ^{Aa}
Inóculo fecal	0,0769 ^{Ba}	0,0143 ^{Ba}
L(h)		
Inóculo ruminal	5,9932 ^{Aa}	2,3861 ^{Ba}
Inóculo fecal	5,9637 ^{Aa}	6,3360 ^{Bb}

6 Vf1=volume final de gases oriundo da degradação da fração solúvel de rápida degradação quando $T \rightarrow \infty$;
 7 Vf2=volume final de gases proveniente da degradação da fração insolúvel de lenta degradação quando
 8 $T \rightarrow \infty$; c1=taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel; c2=taxa específica de
 9 produção de gases pela degradação da fração insolúvel; L=fase de latência.

10 *Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna e letras maiúsculas diferentes na linha
 11 diferem entre si, pelo teste SNK ($P < 0,05$).

12 Vf1=final gas volume from rapid degradation of the soluble fraction when $T \rightarrow \infty$; Vf2=final gas volume
 13 from slow degradation of the insoluble fraction when $T \rightarrow \infty$; c1=specific gas production rate from rapid
 14 degradation fraction; c2= specific gas production rate from slow degradation fraction; L=lage time.

15 * Means followed by different small letters within a column and different capital letters within a row
 16 differ ($P < 0,05$) by SNK test.

17
 18 O Vf1 e o Vf2 da faveira com o inóculo ruminal foi superior ($P < 0,05$) ao fecal,

19 mas para o pau-ferro estes parâmetros não foram afetados ($P > 0,05$) pelo tipo de inóculo.

20 O efeito de inóculo pode ser resultante da variação da atividade microbiana em função
 21 da diversidade de tipos e números de microrganismos presentes (Mauricio et al, 2001;

22 Varadiová et al., 2005). Entretanto, Alcade et al. (2001) não encontraram superioridade
 23 do inóculo ruminal sobre o fecal na degradação do farelo de trigo e do milho.

24 Para o C1 da faveira, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) de inóculo, mas quando se

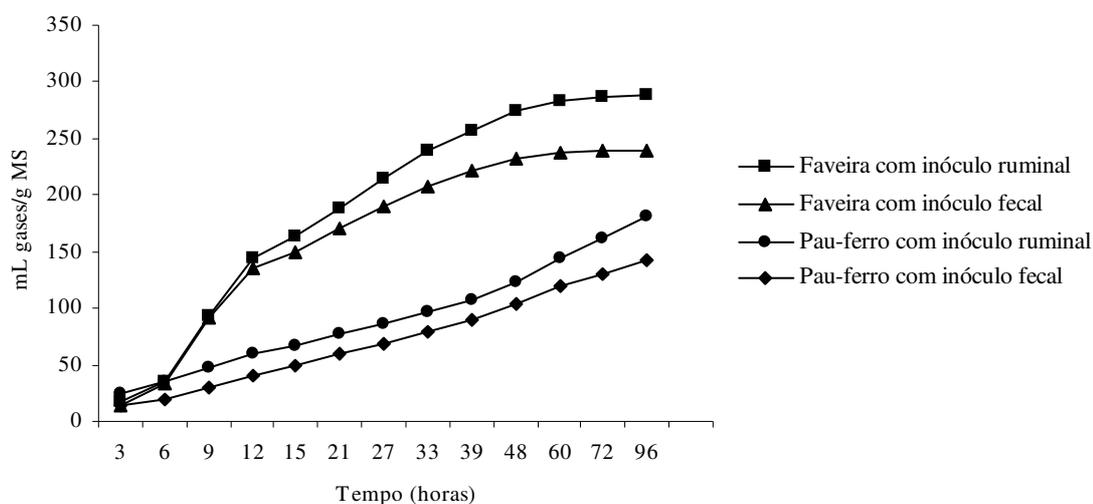
25 utilizou o inóculo ruminal a taxa de produção de gases da faveira foi superior ($P < 0,05$)

26 ao do pau-ferro. Já para o pau-ferro, houve efeito ($P < 0,05$) de inóculo, com o fecal

1 apresentando maior taxa de produção de gases para a fração solúvel. O C2 da faveira
2 não diferiu ($P>0,05$) do pau-ferro. Para a faveira, o C2 foi maior ($P<0,05$) com o
3 inóculo ruminal em relação ao fecal, entretanto para o pau-ferro este parâmetro não foi
4 afetado ($P>0,05$) pelo tipo de inóculo.

5 O L da faveira não diferiu ($P>0,05$) em função do tipo de inóculo, mas com o pau-
6 ferro o L foi menor ($P<0,05$) com o inóculo ruminal em relação ao fecal. Esse efeito de
7 inóculo no *lag time* decorre da diferença na atividade metabólica dos microrganismos
8 presentes no rúmen e ceco (Mauricio, 2001). O L da faveira diferiu ($P<0,05$) do pau-
9 ferro tanto para o inóculo ruminal quanto para o fecal. As reduções no tempo de
10 colonização são favorecidas pela presença de substratos prontamente fermentáveis e por
11 características físicas e químicas da parede celular da amostra capazes de facilitar a
12 colonização microbiana (Magalhães et al. 2006).

13 A produção total de gases pode ser obtida pelo somatório do Vf1 e Vf2. Tanto
14 para a faveira como para o pau-ferro os valores obtidos foram elevados. Para a faveira, a
15 produção total de gases foi de 287,7 mL e 268,5 mL quando se utilizou os inóculos
16 ruminal e fecal, respectivamente. Já para o pau-ferro, a produção total de gases foi
17 menor, sendo de 164,7 mL com o inóculo ruminal e 152,9 mL com o fecal. Observa-se
18 que o volume total de gases é maior quando se utiliza o inóculo ruminal em relação ao
19 fecal. Mauricio et al. (2001), Váradyová et al. (2005) e Bueno et al. (2005) também
20 encontraram maiores valores de degradação com o inóculo ruminal em comparação ao
21 fecal. As curvas de produção cumulativa de gases das vagens de faveira e de pau-ferro
22 encontram-se na Figura 1.



1

2 Figura 1. Curvas de produção cumulativa de gases da matéria seca de vagens de faveira *Parkia*
 3 *Platycephala* Benth. e pau-ferro *Caesalpineia ferrea* Mart.ex Tul estimadas através do modelo
 4 logístico, utilizando inóculos ruminal e fecal.

5 *Figure 1. Accumulative gas production curve from dry matter of Parkia Platycephala and Caesalpineia*
 6 *ferrea* estimates through the logistic model, using ruminal and fecal inoculum.

7

8 Nos tempos iniciais de incubação a produção acumulativa de gases da faveira foi
 9 similar com o inóculo ruminal e fecal. A partir das 12 horas de incubação,
 10 aproximadamente, observa-se superioridade na produção de gases com o inóculo
 11 ruminal em relação ao fecal. Para o pau-ferro verifica-se, mesmo nos tempos iniciais,
 12 maior volume de gases com o inóculo ruminal.

13

14

Conclusões

15 As vagens de faveira e o pau-ferro podem ser utilizados como alimentos
 16 energéticos por apresentarem em sua composição elevada concentração de carboidratos
 17 não fibrosos. A produção acumulativa de gases da vagem de faveira foi maior em
 18 relação ao pau-ferro e o inóculo ruminal propiciou maior produção de gases em relação
 19 ao fecal.

20

1

Agradecimento

2

3

A Capes, pela bolsa de estudo concedida, e ao CNPq pelo apoio financeiro necessário à condução da pesquisa.

4

Literatura citada

5

6

7

ABRAHÃO, J.J. dos.; PRADO, I.N. dos.; PEROTTO, D. et al. Digestibilidade de dietas contendo resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1447- 1453, 2006.

8

9

10

AIPLE, K.P.; STEINGASS, H.; MENKE, K.H. Suitability of a buffered faecal suspension as the inoculum in the Hohenhein gas test. **Journal of Animal Physiology Nutrition**. V. 67, p.57-66, 1992.

11

12

13

AKHTER, S.; OWEN, E.; THEODOROU, M.K. et al. Bovine faeces as a source of micro-organisms for the *in vitro* digestibility assay of forages. **Grass and Forage Science**. V.54, p. 219-226, 1999.

14

15

16

ALCALDE, C.R.; MACHADO, R.M.; SANTOS, G.T.dos. et al. Digestibilidade *in vitro* de alimentos com inóculos de líquido de rúmen ou de fezes de bovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.23, n.4, p.917-921, 2001.

17

18

19

ALVES, A.A. **Valor nutritivo da vagem da faveira (*Parkia platycephala* Benth.) para ruminantes**. Fortaleza: UFC, 2004. 198p. (Tese, Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, 2004.

20

21

22

23

24

ARAÚJO, A.O. de.; MATTOS, CW.; ALVES, K.S. Avaliação da composição química e degradabilidade do pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS “RAÇAS NATIVAS PARA O SEMI-ÁRIDO”, 1., Recife, PE. **Anais**. Recife: UFRPE, p.192, 2004.

25

26

27

BORBA, A.E.S.; CORREIA, P.J.A.; FERNANDES, J.M.M. et al. Comparasion of three sources of inocula for predicting apparent digestibility of ruminant feedstuffs. **Animal Research**, v. 50, p. 265-273, 2001.

28

29

30

BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.S.; 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.

31

32

33

34

CAMPOS, F.P.; BOSE, M.L.V.; BOIN, C. et al. Comparação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão *in vitro* com os métodos *in vivo* e *in situ*. 2. Uso do resíduo da matéria seca de forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p. 531-536, 2000.

35

36

37

38

39

CARVALHO, J.H.; AMORIM, G.C.; ALCOFORADO FILHO, F.G. **Avaliação de algaroba (*Prosopis juliflora*), bordão-de-velho (*Pithecelobium* CF. *saman*), faveira (*Parkia platycephala*) e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) em área semi-árida e de baixa fertilidade natural, em São João do Piauí, PI**. Mossoró: ESAM, 1992, 21p. (Coleção Mossoerense, Série”A”,53) 1992.

40

41

42

CARVALHO J.H. de; RAMOS, G.M. Composição química e digestibilidade *in vitro* de vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth). Teresina : Embrapa UEPAE de Teresina , 4 p., 1982.

- 1 CHIKWANDA, A.T.; MUTISI, C. The use of faecal fluid in evaluation ruminant feeds.
2 **TSAP PROCEEDINGS**, v. 28, 2001.
- 3 CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; VISSCHER, G.J.W. et al. Influence of rumen fluid
4 and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully
5 automated time related gas production apparatus. **Animal Feed Science and**
6 **Technology**, v.61, p.113-128, 1996.
- 7 CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; BACHMANN, H. Influence of inoculum source on
8 gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.221-231,
9 2002.
- 10 FREER e DOVE. **Sheep Nutritional**. Cab International 2002 Chapter 1 Nutritive Value
11 of Herbage. S.W.Coleman e D.A. Henry p.1-26.
- 12 GONÇALVES, L.M.B.O.; BORBA, A.E.S. Study of gas production capacity by three
13 sources of inocula. **Journal of Agriculture Science**, v. 127, p. 511-515, 1996.
- 14 LAVEZZO, O.E.N.M.; FARIA, V.P.; MATTOS, W.R.S. et al. Influência de métodos de
15 coleta de fluido ruminal sobre os parâmetros de fermentação em bovinos alimentados
16 com diferentes fontes de proteína. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**,
17 v.17, p.281-291, 1988.
- 18 LIMA, R.F.de.; GONÇALVES, M.B.F.; SILVA, L.P.da. et al. Sistema laboratorial de
19 fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos. **Acta Scientiarum**
20 **Animal Science**. v. 28, n. 2, p. 215-221, 2006.
- 21 MACHADO, F.A. **Avaliação da produção de liteira e de vagens de três leguminosas**
22 **arbóreas nativas do nordeste**. Recife, 75p. Dissertação de mestrado. Universidade
23 Federal Rural de Pernambuco, 2005
- 24 MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated in vitro
25 gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science**
26 **and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- 27 MAURICIO, R.M.; OWEN, E.; MOULD, F.L. et al. Comparison of bovine rumen
28 liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for
29 evaluating forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p.33-48, 2001.
- 30 MAURICIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica
31 *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo
32 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1013-
33 1020, 2003.
- 34 MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.S.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Associação de
35 diferentes fontes energéticas e protéicas em suplementos múltiplos na recria de
36 novilhos mestiços sob pastejo no período da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**,
37 v.35, n.3, p.914-920, 2006.
- 38 NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; OLIVEIRA, M.E.A.; NASCIMENTO, H.T.S. et al.
39 Forrageiras da bacia do Parnaíba: **usos e composição química**. Teresina:
40 **EMBRAPA-CPAMN/Recife: Associação Plantas do Nordeste**, 86p.
41 **(EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 19). 1996.**
- 42 NOGUEIRA, U.T.; MAURICIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos
43 com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro*
44 semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
45 **Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.633-641, 2006.

- 1 NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; GONÇALVES, L.C. et al. Utilização da técnica de
2 produção de gás para determinar a cinética de fermentação dos carboidratos
3 estruturais e não estruturais em sorgo para forragem. **Livestock Research for Rural
4 Development**, v.17, n.5, 13p. 2005.
- 5 NOZELLA, E.F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para
6 ruminantes**. Piracicaba, 2001. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de
7 Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 58p. 2001.
- 8 RYMER, C.; HUNTINGTON, J.A.; WILLIAMS, B.A et al. *In vitro* cumulative gas
9 production techniques: History, methodological considerations and challenges.
10 **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.9-30, 2005.
- 11 SAS INSTITUTE (SAS). **Statistical Analysis Systems User's Guide**: statistics. SAS
12 Institute Version 8.0. Cary, NC, USA, 1999.
- 13 SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas
14 production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- 15 SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Qualidade das silagens
16 de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto
17 com diferentes proporções de colmo mais folhas/panícula. I. Avaliação do processo
18 fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.21-29, 1999.
- 19 SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos**: métodos químicos e biológicos.
20 3.ed., Viçosa: UFV, 2002.
- 21 SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and
22 protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability.
23 **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- 24 STRADIOTTI JUNIOR, D.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P. et al. Ação do extrato de
25 própolis sobre a fermentação *in vitro* de diferentes alimentos pela técnica de
26 produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1093-1099, 2004.
- 27 VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed., Ithaca: Cornell
28 University Press,. 476p, 1994.
- 29 VÁRADYOVÁ, Z.; BARAN, M.; ZELENÁK, I. Comparison of two *in vitro*
30 fermentation gas production methods using both rumen fluid and faecal inoculum
31 from sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.81-94, 2005.

CONCLUSÕES GERAIS

No estudo da cinética de fermentação ruminal pela técnica *in vitro* de produção de gases é necessário avaliar os modelos matemáticos usados na descrição dos parâmetros de degradação, pois há diferença no ajuste dos dados para cada modelo. As vagens de faveira e pau-ferro apresentaram elevados teores de carboidratos totais e não fibrosos, podendo ser usados como alimento energético. Devem ser realizadas novas pesquisas que explorem o inóculo fecal em diferentes diluições bem como avaliar o efeito correspondente das vagens aqui estudadas na digestibilidade *in vivo* dos animais e a proporção ideal das mesmas em dietas para ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTER, E.; OWEN, A.; FALL, A. et al. Use of fresh or frozen faeces instead of sheep rumen liquor to provide micro-organisms for *in vitro* digestibility assays for forages. **Animal Production**, v.58, p.452A, 1999.

ALCALDE, C.R.; MACHADO, R.M.; SANTOS, G.T.dos.et al. Digestibilidade *in vitro* de alimentos com inóculos de líquido de rúmen ou de fezes de bovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.23, n.4, p.917-921, 2001.

ALVES, A.A. **Valor nutritivo da vagem da faveira (*Parkia platycephala* Benth.) para ruminantes**. Fortaleza: UFC, 2004. 198p. (Tese, Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Ceará, 2004.

BEUVINK, J.M.W.; KOGUT, J. Modeling gas production kinetics of grass silages incubated with buffered ruminal fluid. **Journal of Animal Science**, v.71, n.4, p.1041-1046, 1993.

BUENO, I.C.S. **Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com fenos de três qualidades distintas**. Piracicaba: CENA/USP, 2002. 97p. (Tese, Doutorado em Ciência)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2002.

BUENO, I.C.S.; MACHADO, R.M.; SANTOS, G.T. et al. Uso de líquido ruminal e fezes de bovinos e ovinos como fonte de inóculos para a técnica *in vitro* de produção de gás. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.122, 1999.

CABRAL, L. da S; VALADARES FILHO, S.de C.; DETMANN, E. et al. Composição químico-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.5, p.1250-1258, 2003.

CARVALHO, J.H.; AMORIM, G.C.; ALCOFORADO FILHO, F.G. **Avaliação de algaroba (*Prosopis juliflora*), bordão-de-velho (*Pithecelobium* CF. *saman*), faveira (*Parkia platycephala*) e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) em área semi-árida e de baixa fertilidade natural, em São João do Piauí, PI**. Mossoró: ESAM, 1992, 21p. (Coleção Mossoerense, Série "A"), 1992.

CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; BACHMANN, H. Influence of inoculum source on gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.221-231, 2002.

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

FREER e DOVE. **Sheep Nutritional**. Cab International 2002 Chapter 1 Nutritive Value of Herbage. S.W.Coleman e D.A. Henry p.1-26, 2002.

GROOT, J.C.J.; CONE, J.W.; WILLIAMS, B.A. et al. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.64, n.1, p.77-89, 1996.

LAVRENCIC, A.; STEFANON, B.; SUSMEL, P. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. **Animal Science**, v.64, p.423-431, 1997.

MACHADO, F.A. **Avaliação da produção de liteira e de vagens de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste**. Recife, 75p. (Dissertação, mestrado em agronomia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.

MAGALHÃES, R.T.de.; GONÇALVES, L.C.; MAURICIO, R.M. et al. Avaliação de quatro genótipos de sorgo pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 5, n.1, p.101-111, 2006.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Sciences**, v.63, p.1437-1446, 1980.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem de terço superior da rama da mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.137-146, 2004.

NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; OLIVEIRA, M.E.A.; NASCIMENTO, H.T.S. et al. **Forrageiras da bacia do Parnaíba: usos e composição química**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN/Recife: Associação Plantas do Nordeste, 1996. 86p. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 19), 1996.

NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; MAURICIO, R.M. **Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la técnica de producción de gas**. 2004. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/11/nogu16086.htm>. Acesso em 03/04/2007.

NOZELLA, E.F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. Piracicaba: CENA/USP, 2001. 58p. (Dissertação, Mestrado em Ciência)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2001.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of American Science**, v.92, p.449-453, 1979.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition on ruminant**. 2. ed. London: Academic Press, 1992.

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

VARADYOVÁ, Z.; BARAN, M.; ZELENÁK, I. A Comparison of two *in vitro* fermentation gas production methods using both rumen fluid and faecal inoculum from sheep. **Animal Feed Science and Technology**, p.14, 2005.