

LUCIANA NEVES FARIAS

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
42
43
44
45
46
47
48
49
50

**DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO RUMINAL DE CO-PRODUTOS DO
BABAÇU UTILIZANDO A TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE
PRODUÇÃO DE GASES**

**Teresina, Piauí
2008**

1
2
3 **DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO RUMINAL DE CO-PRODUTOS DO**
4 **BABAÇU UTILIZANDO A TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE**
5 **PRODUÇÃO DE GASES**
6
7
8
9

10
11
12
13
14 **LUCIANA NEVES FARIAS**

15
16 **MÉDICA VETERINÁRIA**
17

18
19 **Orientadora: Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos**
20 **Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho**
21

22
23 **Dissertação apresentada ao**
24 **Programa de Pós-graduação em**
25 **Ciência Animal da Universidade**
26 **Federal do Piauí, como parte dos**
27 **requisitos para obtenção do título**
28 **de Mestre em Ciência Animal. Área**
29 **de Concentração: Nutrição e**
30 **Produção de Animais de Interesse**
31 **Econômico.**
32

33
34
35
36
37
38
39
40 **Teresina, Piauí**
41 **2008**
42

1 **DEDICO**

2

3

4

5

6

7

8

Aos meus pais, Maria Lucia e Arabutan e meus irmãos, Gabriela e Bruno, por todo amor e apoio incondicional

9

10

11

12

13

14

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

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
42
43
44
45
46
47
48
49
50

À Universidade Federal do Piauí através do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, por mais essa contribuição para minha formação profissional;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e todos professores e colegas através do curso de Medicina Veterinária que foi responsável pela minha formação profissional;

À minha orientadora, Profa. Dra. Vânia Vasconcelos, pela oportunidade de aprender ao seu lado, pela dedicação, pela formação profissional, pelos ensinamentos sérios, éticos da ciência que permanecerão comigo por toda minha carreira e pela amizade que levarei por toda a minha vida;

Aos meus pais, Maria Lucia e Arabutan e meus irmãos, Gabriela e Bruno, pelo amor, paciência, dedicação e incentivo em todos os momentos;

Ao Co-orientador Francisco Fernando Ramos de Carvalho pela amizade e confiança depositada em mim;

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

A amiga Alessandra Barbosa pela amizade e apoio nas horas mais difíceis;

Às amigas queridos Adeline, Rene e Nyelma pelo apoio e carinho em todos os momentos;

Aos amigos Laí, Luís e Maxwell por todo carinho e amizade;

Aos amigos que colaboraram muito para a realização desse trabalho, José Cardoso, Bruno, Felipe, Tibério e Bruno Italo

À equipe técnica do laboratório de Nutrição Animal, Lindomar e Manuel, pela paciência e pelo carinho;

À Secretaria de Pós-Graduação, pelo apoio;

Aos amigos do Mestrado em Ciência Animal da UFPI.

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
42
43
44
45
46
47
48
49
50

A todos muito obrigada!

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
42
43

“Todo o nosso saber começa nos sentimentos”

(Leonardo da Vinci)

1
2
3**SUMÁRIO**

	Pági na
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. I.....	CAPÍTULO 14
.....	
Modelos matemáticos para estimativa da produção de gases de co-produtos do babaçu através da técnica <i>in vitro</i> semi-automática.....	15
2.1 Resumo.....	15
2.2 Abstract.....	16
2.3 Introdução.....	17
2.4 Material e métodos.....	18
2.5 Resultados e discussão.....	21
2.6 Conclusões.....	26
2.7 Agradecimentos.....	26
2.8 Literatura citada.....	26
3. CAPÍTULO II.....	29
Dinâmica da fermentação ruminal do co-produto do babaçu através da técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases.....	30
3.1 Resumo.....	30
3.2 Abstract.....	31
3.3 Introdução.....	32

3.4 Material e métodos.....	34
3.5 Resultados e discussão.....	37
3.6 Conclusões.....	47
3.7 Agradecimentos.....	47
3.8 Literatura citada.....	48
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

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

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

RESUMO

A utilização de co-produtos da agroindústria vem crescendo nos últimos anos e se tornou uma boa alternativa para alimentação de ruminantes em épocas de escassez de alimentos. O farelo de babaçu e a torta de babaçu são exemplos de alimentos alternativos com grande potencial na alimentação desses animais. O conhecimento da composição bromatológica e do aproveitamento do farelo e torta pelos animais contribui para o melhoramento zootécnico. 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 do farelo e torta, pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. O segundo objetivou estimar a cinética de fermentação ruminal da matéria seca e da fração de fibra em detergente neutro. 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. O farelo e a torta podem ser utilizadas como alimentos para ruminantes, pois apresentaram bom potencial, por serem de boa qualidade do ponto de vista fermentativo.

ABSTRACT

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

The by-product use of the agroindustrial comes in recent years growing and if it became a good alternative for feeding of ruminants at times of food scarcity. The babassu meal and the palm babassu cake are alternative food examples with great potential in the feeding of these animals. The knowledge of the quimical composition and the exploitation of the bran and pie for the animals, contributes for the zootecnic improvement. Structurally this work was divided in two chapters. The first one objectified to compare the models of Gompertz and the logistic bicompartimental in the estimate of kinetic of ruminal fermentation of the meal and the palm babassu cake, for the half-automatic technique in vitro of production of gases. As it objectified esteem the kinetic one of ruminal fermentation of the dry substance and the fiber fraction in neutral detergent. On the basis of the analysis of the parameters of validation of the models and in the convergence of the data, the logistic model was what better it esteem the kinetic one of ruminal fermentation of evaluated foods. The meal and the palm cake can be used as foods for ruminants, therefore they had presented good potential, for being of good quality of the fermentative point of view.

INTRODUÇÃO

1
2
3 O Brasil, por sua extensão continental e grande variabilidade climática, possui
4 grande potencial de produção de diversos alimentos, resíduos agroindustriais e do
5 beneficiamento de vários produtos que estão disponíveis, geralmente, no período de
6 escassez de forragem verde, e que podem ser utilizados como suplemento na
7 alimentação animal. Entretanto, a utilização desses co-produtos é regionalizada e
8 normalmente o seu verdadeiro valor nutricional é desconhecido, embora, segundo
9 Valadares Filho (2000), a busca por alimentos eficiente e a menor custo conste de
10 longas datas.

11 O babaçu (*Orbignya martiana*) é um dos principais produtos do extrativismo
12 vegetal em alguns estados do Nordeste brasileiro e é aproveitado para vários fins, dentre
13 eles a utilização na nutrição animal. A torta e o farelo de babaçu são ingredientes para
14 serem usados em ração animal, ricos em fibra e segundo Rocha Jr. et al. (2003), o
15 subproduto de babaçu processado sem cascas, possui em média, 12% a 19% de proteína
16 e 19% de fibra bruta, além de poder teoricamente ser incorporado em pelo menos 50%
17 em rações para ruminantes.

18 O valor nutritivo de um alimento está relacionado à composição bromatológica e
19 ao nível de aproveitamento dos nutrientes. Para avaliar o valor nutricional de um
20 alimento devem ser levados em consideração os processos fisiológicos como a ingestão,
21 as perdas decorrentes da digestão, a absorção, o metabolismo e a eficiência com que
22 ocorrem no animal.

23 Para avaliar aspectos ligados à utilização dos nutrientes pelos ruminantes, como
24 a taxa de digestão dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, podem ser utilizadas
25 técnicas *in vitro*. Através da simulação do ambiente ruminal, pode-se mensurar o

1 desaparecimento do material no decorrer do tempo, mediante quantificação dos resíduos
2 após incubação, e determinar a cinética fermentativa, por meio de curvas de degradação
3 obtidas de leituras dos gases produzidos pela ação microbiana durante o processo de
4 degradação (Bueno, 2002).

5 A utilização de modelos matemáticos é necessária no estudo de produção de
6 gases. Os modelos matemáticos mais utilizados para estimar esta cinética são os de
7 Ørskov & McDonald (1979); Mertens & Loften (1980); France et al. (1993); Beuvinck &
8 Kogut (1993); logístico uni ou bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994);
9 Groot et al. (1996); de Gompertz, proposto por Lavrencic et al. (1997). O modelo de
10 Gompertz supõe que a taxa de produção de gases é equivalente à atividade dos
11 microrganismos, porém, uma vez aumentado o tempo de incubação, esta relação
12 diminui, o que pode ser subentendido que ao longo do processo fermentativo ocorre
13 uma diminuição do potencial dos microrganismos (Noguera et al., 2004). O modelo
14 logístico bicompartimental permite caracterizar os carboidratos de rápida e lenta
15 degradação, fornecendo maiores informações a respeito do processo fermentativo.

16 Estruturalmente, este trabalho foi dividido em duas partes. A primeira foi
17 composta por uma parte geral, contendo resumo, abstract, introdução e considerações
18 gerais. A segunda foi composta por dois capítulos, elaborados de acordo com as normas
19 da Revista Brasileira de Zootecnia à qual os artigos serão submetidos à publicação. O
20 objetivo deste projeto de pesquisa foi determinar a dinâmica da fermentação ruminal da
21 matéria seca do farelo de babaçu e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*) através da
22 técnica semi-automática de produção de gases e comparar dois modelos matemáticos
23 que estimam essa cinética.

24

25

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
42
43
44
45
46
47
48

CAPÍTULO 1

1 **Avaliação dos Modelos Logístico Bicompartimental e Gompertz na estimativa da**
2 **dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya***
3 ***martiana*)¹**
4

5 **Luciana Neves Farias²**
6

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

10 ²Mestranda em Ciência Animal/UFPI. luciananfvet@yahoo.com.br, bolsista do CNPq
11

12 **RESUMO** – Foram utilizados dois modelos matemáticos para avaliar a
13 produção de gases do farelo e da torta de babaçu, pela técnica *in vitro* semi-automática
14 de produção de gases. Os modelos utilizados foram o modelo logístico e o modelo de
15 Gompertz e os parâmetros de validação usados foram o quadrado médio do erro (QME),
16 o coeficiente de determinação (R^2), o desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) e a
17 análise gráfica dos resíduos. O modelo logístico bicompartimental apresentou menores
18 valores ($P < 0,05$) para QME e o DMA em relação ao de Gompertz, não havendo
19 diferenças ($P > 0,05$) quanto ao R^2 . Os gráficos de dispersão mostraram semelhanças nos
20 ajustes dos dois modelos. Na análise gráfica dos resíduos os dois modelos descreveram
21 boa cinética de produção de gases da matéria seca. No entanto, o modelo logístico
22 apresentou valor de QME melhor. Portanto, para avaliação da cinética de fermentação
23 ruminal do farelo e torta de babaçu pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de
24 gases recomenda-se adotar o modelo logístico.

25 Palavras-chaves: inóculo ruminal, modelo de Gompertz, modelo logístico
26 bicompartimental, modelos matemáticos, produção de gases
27
28
29
30
31
32
33
34
35

1 **Avaliation of Bicompartimental and Gompertz mathematical models to estimate**
2 **gas production of babassu (*Orbignya martiana*) pods using the semi-automatic *in***
3 ***vitro* technique**

4
5 **ABSTRACT** – Two mathematical models had been used to evaluate the gas
6 production from the meal and pie of babassu using the semi automatic gas production
7 technique. The validation parameters for both models were residual mean square
8 (RMS), coefficient of determination (R^2), absolute average residual (AAR) and
9 graphical analysis of residues. The logistic model have showed smaller values ($P < 0,05$)
10 to the residual mean square (RMS) and absolute average residual (AAR) comparative to
11 the Gompertz model. The R^2 had the same result for Gompertz and Logistic models.
12 The dispersion graphics showed similarity between the models. Analyzing the Graphics,
13 the both models demonstrated to be good to describe the Kinetic of gas production
14 however the logistic bicompartimental demonstrated the best parameters of (RMS),
15 therefore the one that trustworthy represents these forages in the present study.

16

17 Key Words: gas production, Gompertz model, logistic bicompartimental model,
18 mathematical models, ruminal inoculum

Introdução

A eficiência de produção de ruminantes é, em grande parte, atribuída ao balanceamento adequado da ração. Formulações eficientes e econômicas dependem do valor nutritivo dos ingredientes. Portanto, novas metodologias de avaliação de alimentos que possam ser rápidas, pouco onerosas e precisas têm sido buscadas constantemente.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases tem sido utilizada para prever a digestibilidade *in vivo*. Essa técnica tem por objetivo simular as condições normais do rúmen, como atmosfera anaeróbica, temperatura de incubação constante (39°C) e pH ótimo (Maurício et al., 2003; Noguera et al., 2004). Este método pode ser utilizado para determinar as taxas de degradação dos alimentos por monitoramento das taxas de produção de gases durante determinados intervalos de tempo (Beuvink & Kogut, 1993). Como principais vantagens, a técnica apresenta baixo custo, possibilita a avaliação de diferentes ambientes do rúmen e a taxa de fermentação dos constituintes solúveis e estruturais (Maurício et al., 2003).

A descrição matemática das curvas de produção de gases permite a análise dos dados, a comparação dos substratos e a evolução de diferentes ambientes de fermentação. Os dados obtidos proporcionam valiosa informação sobre a composição do substrato estudado e as taxas de fermentação dos constituintes solúveis e estruturais dos substratos.

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); de Groot et al. (1996); de Gompertz, proposto por Lavrencic et al. (1997).

1 O modelo de Gompertz supõe que a taxa de produção de gases é equivalente à
2 atividade dos microrganismos, porém, uma vez aumentado o tempo de incubação, esta
3 relação diminui, o que pode ser subentendido que ao longo do processo fermentativo
4 ocorre uma diminuição do potencial dos microrganismos (Nogueira et al., 2004). O
5 modelo logístico bicompartimental permite caracterizar os carboidratos de rápida e lenta
6 degradação, fornecendo maiores informações a respeito do processo fermentativo.

7 Modelos que representam melhor conjunto de dados apresentam menores soma do
8 Quadrado do Erro (SQE) (Nogueira et al., 2004). Quanto menor o Quadrado médio do
9 erro (QME) melhor o ajuste do modelo, segundo Beuvink & Kogut (1993).

10 Valor elevado do R^2 do modelo pode indicar boa estimativa dos dados em relação
11 aos valores observados, mas não deverá ser usado como único critério de seleção do
12 modelo (Nogueira et al., 2004).

13 Este trabalho foi realizado com o objetivo comparar os modelos de Gompertz e o
14 logístico bicompartimental na estimativa da cinética de fermentação ruminal dos
15 carboidratos de co-produtos do babaçu (*Orbignya martiana*), pela técnica *in vitro* semi-
16 automática de produção de gases.

17

18 **Material e Métodos**

19

20 Este experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do
21 Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do
22 Piauí, em Teresina, PI.

23 Foram realizados dois ensaios para se avaliar a capacidade de ajuste dos
24 modelos de Gompertz e do logístico bicompartimental à estimativa da cinética de
25 fermentação ruminal da matéria seca e da FDN do farelo e da torta de babaçu.

1 As amostras do farelo e da torta do babau foram obtidas de vários fornecedores do
2 Estado do Piauí. Apenas a torta foi submetida à trituração em moinho tipo Willey com
3 peneira de porosidade 1,0 mm de diâmetro. Posteriormente, as amostras foram
4 armazenadas em recipientes hermeticamente fechados.

5 Para avaliação dos modelos matemáticos, utilizou-se a técnica *in vitro* semi-
6 automática de produção de gases, de acordo com Maurício et al. (2001). Foram
7 incubadas amostras de farelo e torta de babaçu em inóculo ruminal. Os inóculo foi
8 coletado de um bovino adulto canulado no rúmen, às 7 horas, antes do fornecimento da
9 primeira refeição. As alíquotas das frações sólidas e líquidas do conteúdo ruminal foram
10 coletadas diretamente do rúmen e acondicionadas em garrafas térmicas previamente
11 aquecidas a 39°C.

12 O inoculo ruminal foi obtido após homogeneização, em liquidificador, por 5
13 segundos, das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal, em igual proporção (1:1),
14 seguida de filtragem. Filtrado, o inóculo foi mantido a 39°C, sob contínua gaseificação
15 com CO₂ para manutenção da anaerobiose até o momento da incubação.

16 As amostras foram incubadas utilizando-se frascos de vidro com capacidade de
17 160 mL. Foram adicionados 1 g de amostra e 90 mL do meio de cultura, preparado
18 segundo Maurício et al. (2001), e 10 mL do inóculo ruminal. O meio foi gaseificado
19 com CO₂, os frascos foram vedados com rolhas de borracha e anilhas de alumínio e
20 acondicionados em estufa com circulação forçada de ar a 39°C. Frascos contendo
21 somente meio de cultura e inóculo foram utilizados como controle.

22 As leituras de pressão foram realizadas nos tempos 3, 6, 9, 12, 15, 21, 27, 33, 39,
23 48, 60, 72 e 96 horas após a incubação, com o auxílio de um transdutor de pressão
24 conectado a uma válvula de três saídas, segundo Maurício et al. (2001). Para a

1 estimativa do volume, utilizou-se a equação de regressão: $V=0,113 P^2 + 3,8955 P$, ($R^2 =$
2 0,99), em que $V =$ volume em ml e $P =$ pressão em psi.

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

7

8 Tabela 1 – Descrição matemática dos modelos avaliados

Modelo	Nº. De parâmetros	Equação ¹
logístico bicompartimental	5	$V_T = Vf_1 / (1 + \exp(2-4 * c_1 * (T-L))) + Vf_2 / (1 + \exp(2-4 * c_2 * (T-L)))$
de Gompertz	3	$V_T = V_F \times \exp(-C * \exp(-A \times t))$

9 ¹ $V_T =$ volume total de gases (mL/100 mg MS) acumulado no tempo T ; $Vf_1 =$ volume
10 final de gases oriundo da degradação da fração solúvel de rápida digestão quando
11 $T \rightarrow \infty$; $c_1 =$ taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel; $c_2 =$
12 taxa específica de produção de gases pela degradação da fração insolúvel; $T =$ tempo de
13 incubação (h); $L =$ fase de latência; $Vf_2 =$ volume final de gases proveniente da
14 degradação da fração insolúvel de lenta digestão quando $T \rightarrow \infty$; $V_F =$ assíntota ou
15 potencial máximo de produção de gases; $C =$ taxa constante de produção de gases do
16 material potencialmente degradável e $A =$ fator constante de eficiência microbiana.

17

18 O QME foi obtido através da análise da variância, com o auxílio do
19 procedimento PROC NLIN do SAS (1999), dividindo-se a soma do quadrado do erro
20 (SQE) pelo número de observações (n).

21 Para o R^2 , o DMA e a análise gráfica dos resíduos, utilizou-se o procedimento
22 PROC CORR do SAS (1999). O R^2 foi o resultado da divisão da soma do quadrado do
23 modelo (SQM) pela soma do quadrado total (SQT).

24 O DMA foi calculado a partir da diferença do somatório do valor observado pelo
25 estimado, dividido pelo tamanho da amostra; quanto menor o valor do DMA melhor o
26 ajuste (Sarmiento et al., 2006) .

1 A dispersão dos dados foi estudada pela diferença dos valores observados e os
2 estimados (Sarmiento et al., 2006).

3 4 **Resultados e Discussão**

5
6 Os valores obtidos para QME, R^2 e DMA estão apresentados na Tabela 2. O
7 modelo logístico bicompartimental apresentou valor do QME bastante inferior ao de
8 Gompertz, divergindo dos resultados obtidos por Beuvink & Kogut (1993) e Noguera et
9 al. (2004), com maior valor do QME para o modelo logístico em comparação ao modelo
10 de Gompertz. Todavia, outros trabalhos corroboram os resultados encontrados neste
11 trabalho. Barbosa (2007) obteve maior valor de QME para o modelo de Gompertz, em
12 relação ao logístico, avaliando a cinética fermentativa de vagens de faveira e pau-ferro.
13 Azevedo (2007), avaliando a cinética fermentativa do pseudofruto do cajueiro, obteve,
14 também, valor de QME superior para o modelo de Gompertz.

15
16 Tabela 2 – Médias do quadrado médio do erro (QME), do coeficiente de determinação
17 (R^2) e do desvio médio absoluto (DMA) obtido a partir dos ajustes dos dados
18 de produção de gases da matéria seca com os modelos logístico
19 bicompartimental e de Gompertz

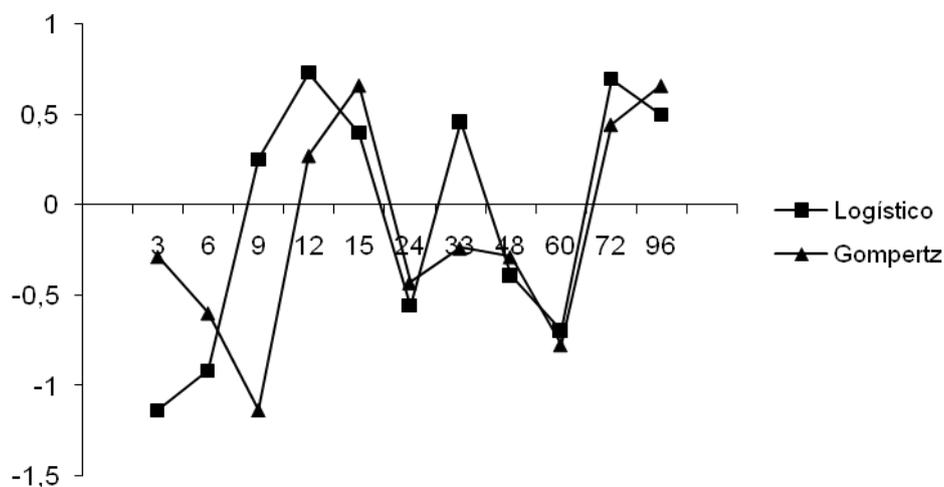
Modelo	QME	R^2	DMA
logístico bicompartimental	6,18	0,99	2,13
de Gompertz	21,26	0,99	3,79

20
21 Os valores de R^2 obtidos foram elevados (0,99) e sem diferença ($P>0,05$) entre os
22 modelos estudados. Barbosa (2007) também não observou diferença significativa
23 quando comparou os modelos. No entanto, Azevedo (2007), apesar de ter encontrado
24 R^2 alto para todos os modelos estudados, observou que para o modelo logístico o R^2 foi
25 maior. Segundo Noguera et al. (2004), utilizar esse parâmetro como único critério de

1 avaliação não é recomendado, pois altos coeficientes podem ser encontrados em
2 modelos com limitada capacidade de predição.

3 O modelo logístico apresentou um valor de DMA menor em relação ao modelo de
4 Gompertz, resultado também obtido por Barbosa (2007) e Azevedo (2007).

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



7

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

10

11 Para o modelo logístico, foi observado que entre 3 horas e antes de completar 9
12 horas, às 24 horas e entre 48 horas e antes de completar 72 horas os valores foram
13 superestimados. Entre 9 horas e 15 horas houve subestimativa. Às 33 horas e entre 72 e
14 96 horas houve, também, subestimativa dos dados. Em nenhum momento a taxa de
15 produção de gases predita foi igual à observada. Azevedo (2007) obteve menor
16 dispersão temporal dos resíduos nos modelos logísticos e de Gompertz em relação a
17 outros modelos estudados.

1 Quando utilizado o modelo de Gompertz também foi observado variação no
 2 ajuste. Entre 3 horas até antes de 12 horas, 24 horas até antes de 72 horas
 3 aproximadamente de incubação os valores foram superestimados. Subestimativas dos
 4 valores foram obtidas entre aproximadamente 12 horas à 24 horas e após 72 horas. Em
 5 nenhum momento os dados estimados foram iguais aos observados.

6 Com base nos gráficos de dispersões, pode-se verificar que tanto o modelo
 7 logístico como o modelo Gompertz apresentaram bom resultado. Barbosa (2007)
 8 verificou que o modelo logístico foi o que melhor predisse as taxas de produção de
 9 gases, assim como Azevedo (2007). Resultado divergente foi obtido por Nogueira et al.
 10 (2004), em que o melhor ajuste foi para o modelo de Gompertz em relação ao logístico,
 11 ao estudar cinco genótipos de sorgo. Gonçalves et al. (2001), estudando alguns
 12 volumosos na alimentação de cabras leiteiras obtiveram resultados satisfatórios
 13 utilizando o modelo logístico.

14 Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os gráficos da produção cumulativa de gases
 15 obtidos a partir dos dados observados e dos ajustados pelos dois modelos.

16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

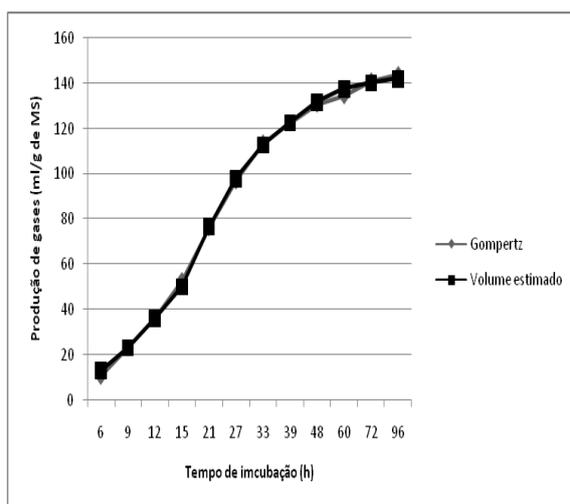


Figura 2- Curvas de produção cumulativa de gases da matéria seca do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*) a partir da média dos dados observados e dos ajustados pelo modelo de Gompertz.

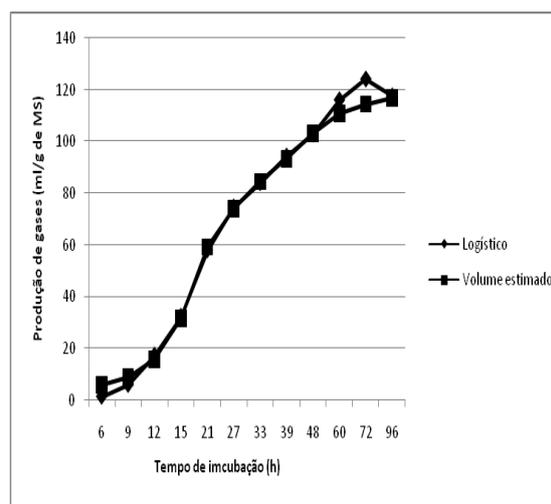


Figura 3- Curvas de produção cumulativa de gases da matéria seca do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*) a partir da média dos dados observados e dos ajustados pelo modelo Logístico bicompartimental.

1 Para estimativa da produção de gases tanto o modelo logístico quanto o modelo de
2 Gompertz podem ser utilizados, porém, de acordo com os parâmetros encontrados, o
3 modelo logístico apresentou um valor de QME melhor, critério, portanto, para que este
4 modelo seja utilizado.

5 Barbosa (2007) obteve melhor ajuste para o modelo logístico em relação ao
6 modelo Gompertz, ao estudar a faveira e o pau-ferro. Azevedo (2007) encontrou nos
7 modelos logístico, exponencial e de France ajuste adequado a todas as etapas do
8 processo fermentativo, descrevendo as características de fermentação do material
9 avaliado, tanto na fase inicial como na final.

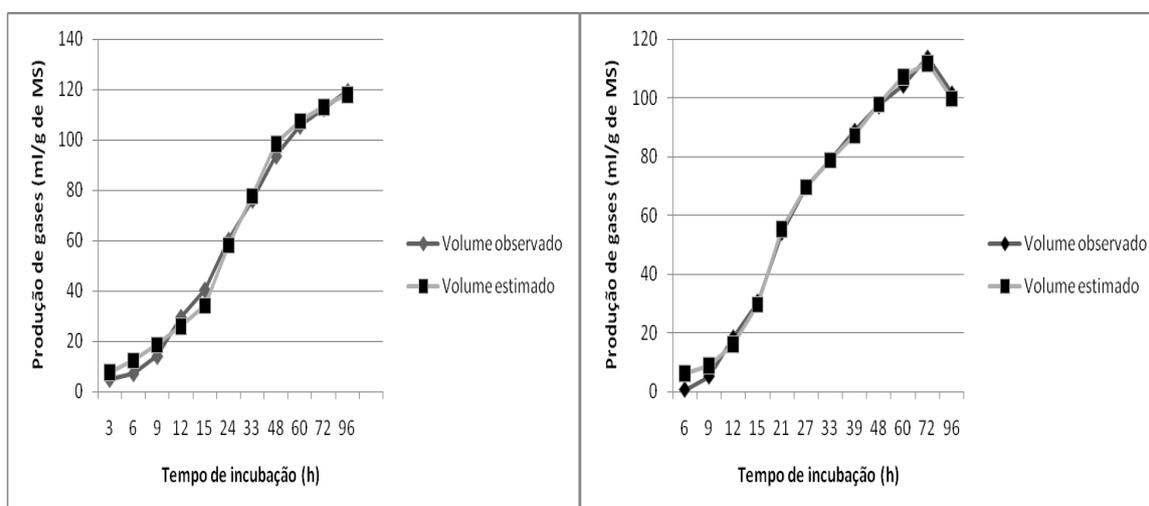
10 Na análise gráfica dos resíduos, o modelo logístico subestimou apenas no final da
11 curva e superestimou no início. As curvas de produção de gases se caracterizam por
12 apresentar forma sigmoideal, podendo ser distinguidas três fases: inicial de baixa
13 produção, fase exponencial de rápida produção e uma fase assintótica de lenta ou
14 inexistente produção de gases (Noguera et al., 2004). Nas primeiras horas de
15 fermentação uma parte do substrato, geralmente os açúcares solúveis, é fermentada
16 rapidamente, mas isto representa uma pequena porção do total a ser degradado. Na
17 seqüência, uma menor quantidade de alimento é hidratada e colonizada pela microbiota,
18 dando origem a degradações distintas, dependendo do substrato, quanto aos
19 constituintes solúveis e estruturais (Beuvink & Kogut, 1993). Giraldo et al. (2006), em
20 estudo sobre a relação entre pressão e volume para a implantação da técnica *in vitro* de
21 produção de gases, na Colômbia, encontram taxas de fermentação mais altas nas
22 primeiras horas de incubação e atribuíram à fermentação dos carboidratos solúveis,
23 observando grande diferença entre os alimentos estudados. Observaram também que
24 nos períodos entre 6 e 12 horas de incubação houve aumento na taxa de produção de
25 gases, que foi atribuído à fermentação de carboidratos fibrosos ou estruturais.

1 O QME, o R^2 e o DMA dos modelos estudados para descrever a produção de
 2 gases oriundos da fermentação ruminal da FDN encontram-se na Tabela 3. Quanto ao
 3 QME, o modelo logístico bicompartimental foi o que apresentou menor valor. Os
 4 valores de R^2 foram elevados (0,99) para os dois modelos. Os desvios médios absolutos
 5 diferiram entre os modelos, com o de Gompertz apresentando valor mais elevado.
 6 Azevedo (2007) obteve valores de R^2 baixos para todos os modelos, sendo o menor
 7 valor para o de Gompertz. Schofield et al. (1994), comparando alguns modelos para
 8 descrever a cinética da digestão da fibra, obtiveram valores elevados de R^2 para o
 9 logístico bicompartimental e o de Gompertz, com menor valor para o primeiro.

11 Tabela 3 – Médias do quadrado médio do erro (QME), do coeficiente de determinação
 12 (R^2) e do desvio médio absoluto (DMA) obtido a partir dos ajustes dos dados
 13 de produção de gases da parede celular com os modelos Logístico e
 14 Gompertz

Modelo	QME	R^2	DMA
Logístico	6,39	0,99	1,98
De Gompertz	11,1	0,99	3,21

16 Nas Figuras 4 e 5 estão apresentados os gráficos das produções cumulativas de
 17 gases obtidos a partir dos dados observados e dos ajustados pelos modelos de Gompertz
 18 e logístico bicompartimental para a FDN do farelo e da torta de babaçu.



26 Figura 4- Modelo de Gompertz para o farelo e torta de babaçu.

Figura 5- Modelo logístico para o farelo e torta de babaçu.

1 Azevedo (2007) obteve melhor ajuste para o modelo logístico bicompartimental e
2 exponencial do que para os de France e Gompertz; no entanto, utilizou o modelo
3 Gompertz apesar de ter apresentado maior dispersão do resíduo, assim como valores
4 mais elevados para QME e o DMA, mas, por outro lado apresentou melhor estimativa
5 para a curva de produção de gases.

6

7

Conclusões

8 O modelo logístico bicompartimental foi o que melhor estimou os valores de
9 produção de gases em relação ao de Gompertz, podendo ser adotado na estimativa da
10 cinética de fermentação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro do farelo e
11 da torta de babaçu.

12

13

Agradecimentos

14 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq),
15 pela bolsa de estudo concedida e pelo apoio financeiro necessário à condução da
16 pesquisa.

17

18

Literatura Citada

19 AZEVEDO, M.M.R. **Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal do pseudofruto**
20 **de cinco clones de cajueiro pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de**
21 **gases.** Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2007. 44p. Dissertação (Mestrado
22 em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, 2007.

23 BARBOSA, A.L. **Valor nutritivo de vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth.)**
24 **e pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart. Ex Tul.) através da técnica *in vitro***
25 **semiautomática de produção de gases.** Teresina: Universidade Federal do Piauí,
26 2007. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do
27 Piauí, 2007.

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

- 1 FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas
2 accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds.
3 **Journal of Theoretical Biology**, v.163, n.1, p.99-111, 1993.
- 4 GIRALDO, L.A.; GUTIÉRREZ, L.A.; SÁNCHEZ, J. et al. Relación entre presión y
5 volumen para el montaje de la técnica *in vitro* de producción de gas em Colombia.
6 **Livestock Research for Rural Development**, 2006. Disponível em:
7 <http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd18/6/gira18075.htm>. Acesso em 26/08/2007
- 8 GONÇALVES, A.L.; LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T. et al. Cinética de degradação
9 de alguns volumosos usados na alimentação de cabras leiteiras por intermédio da
10 técnica de produção de gases sob diferentes níveis de pH. **Revista Brasileira de**
11 **Zootecnia**. Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1904–1912, 2001.
- 12 GROOT, J.C.J., CONE, J.W., WILLIAMS, B.A. et al. Multiphasic analysis of gas
13 production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. **Animal Feed**
14 **Science and Technology**, v.64, n.1, p.77-89, 1996.
- 15 LAVRENCIC, A.; STEFANON, B.; SUSMEL, P. An evaluation of the Gompertz
16 model in degradability studies of forage chemical components. **Animal Science**,
17 v.64, p.423-431, 1997.
- 18 MAURICIO, R.M.; OWEN, E.; MOULD, F.L. et al. Comparison of bovine rumen
19 liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for
20 evaluating forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p.33-48, 2001.
- 21 MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica
22 *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo
23 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1013-
24 1020, 2003.
- 25 MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics
26 *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- 27 NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; MAURICIO, R.M. **Comparación de modelos**
28 **matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de**
29 **la técnica de producción de gas. 2004.** Disponível em:
30 <http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd16/11/nogu16086.htm>. Acesso em 11/04/2006.
- 31 ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen
32 from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of**
33 **Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- 34 SARMENTO, J.L.R.; REGAZZI, A.J.; SOUSA, W.H. et al. Estudo da curva de
35 crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2,
36 p.435-442, 2006.
- 37 SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas
38 production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- 39

1 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. **User's Guide**: statistics. Version 8.0.
2 Cary: 1999.

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

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

CAPÍTULO 2

1 **Dinâmica da fermentação ruminal de co-produtos do babaçu através da técnica *in***
2 ***vitro* semi-automática de produção de gases¹**

3
4
5 Luciana Neves Farias²

6
7 ¹Parte da Dissertação apresentada pela autora como parte das exigências para obtenção
8 do título de mestre em Ciência Animal pela UFPI. Pesquisa financiada pela CAPES.

9 ²Mestranda em Ciência Animal/UFPI, bolsista do CNPq – luciananfvet@yahoo.com.br

10
11
12 RESUMO – Avaliou-se a cinética de fermentação ruminal da matéria seca
13 (MS) e da fração em detergente neutro (FDN) do farelo e da torta de babaçu, através da
14 técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. As leituras de pressão e as
15 medidas de volume foram realizadas às 3, 6, 9, 12, 15, 21, 27, 33, 39, 48, 60, 72 e 96 h.
16 Para a degradação da MS quantificou-se o resíduo após 96 h de incubação. As curvas de
17 produção cumulativa de gases foram ajustadas utilizando-se o modelo logístico
18 bicompartimental. Para a MS houve efeito ($P < 0,05$) de alimento para o volume de gases
19 da fração solúvel de rápida degradação (Vf1). O volume de gases da fração insolúvel de
20 lenta degradação (Vf2) foi superior ($P < 0,05$) para o farelo de babaçu. O “lag time” do
21 farelo foi maior ($P < 0,05$) que o da torta. A torta apresentou menor degradação. Quanto a
22 Vf1 da fração de FDN, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os alimentos. Já a fração
23 Vf2 foi maior para a torta. A produção cumulativa de gases produzidos até 96 h foi alta
24 tanto para o farelo como para a torta, 120 e 140 ml, respectivamente. O farelo e a torta
25 de babaçu podem ser utilizados como alimentos alternativos para ruminantes por
26 apresentarem boa qualidade do ponto de vista fermentativo.

27
28
29 Palavras-chave: fração detergente neutro, degradação, matéria seca

30

31

1 **Dynamics of the ruminal fermentation of co-products of babassu through the half-**
2 **automatic technique *in vitro* of production of gases**

3
4
5 ABSTRACT – It of ruminal fermentation of the dry substance (MS) and of the fraction
6 in neutral detergent (FDN) of the meal and the palm cake of babassu was evaluated
7 kinetic, through the half-automatic technique *in vitro* of production of gases. The
8 readings of pressure and the measures of volume had been carried through to the 3, 6, 9,
9 12, 15, 21, 27, 33, 39, 48, 60, 72 and 96 h. For the degradation of the MS residue 96
10 was quantified after incubation h. The curves of cumulative production of gases had
11 been adjusted using the bicompartimental logistic model. For the MS it had effect ($P <$
12 $0,05$) of food for the volume of gases of the soluble fraction of fast degradation (Vf1).
13 The volume of gases of the insoluble fraction of slow degradation (Vf2) was superior (P
14 $<0,05$) for the meal of babassu. “Lag time” of the meal was bigger ($P < 0,05$) that of the
15 palm babassu cake. The palm babassu cake presented minor degradation. How much the
16 Vf1 of the FDN fraction, did not have difference ($P >0,05$) between foods. Already the
17 Vf2 fraction was bigger for the palm babassu cake. The cumulative production of gases
18 produced up to 96 h was high in such a way for the meal as for the , palm babassu cake
19 120 and 140 ml, respectively. The meal and the cake of babassu can be used as
20 alternative foods for ruminants for presenting good quality of the fermentation point of
21 view.

22
23
24 Word-key: fraction neutral detergent, degradation, dry substance

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
25

Na busca por alimentos alternativos, com vistas a atender demandas dos vários sistemas de criação, tem-se observado grande utilização dos resíduos agroindustriais, dentre eles, os co-produtos do processamento do babaçu, que é uma palmeira nativa do Brasil do gênero *Orbignia* (*Orbignya* sp) e um dos principais produtos do extrativismo vegetal em alguns estados do Nordeste. Tal importância aumenta ainda mais, porque a exploração do produto ocorre no período de entressafra das principais culturas regionais. No seu estado nativo chega a produzir 1,8 toneladas de coco por ha/ano (Benedetti, 1985). O Maranhão é grande produtor nacional de amêndoas de babaçu, responsável por 80% da produção brasileira e ¼ do seu território é coberto por esta palmeira. No estado do Piauí os babaçuais estão concentrados no vale do Rio Parnaíba, e a sua produção em 2005 atingiu cerca de 5.562 toneladas (IBGE, 2005).

O coco, segundo Teixeira (2000), é constituído de epicarpo (camada mais externa e dura), mesocarpo (rica em amido), endocarpo (rijo, de 2 a 3 cm) e as amêndoas.

O principal produto comercial extraído do babaçu é o óleo (extraído da amêndoa) e a torta (que resulta do processo de prensagem mecânica). Este óleo representa 7% do peso total do fruto (Teixeira, 2000). O farelo de babaçu, um co-produto do processamento, é obtido após a extração do óleo da polpa por solvente e moagem fina e constitui um ingrediente de ração animal, fibroso e com baixa concentração de energia, e segundo Rocha Júnior et al. (2002) apresenta 16,5% de proteína bruta (PB), 1,8% de carboidratos não fibrosos (CNF), 78,7% de fibra em detergente neutro (FDN), 53,8% de fibra em detergente ácido (FDA), 1,1% de extrato etéreo (EE), 3,9% de lignina e teores de nitrogênio insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA), respectivamente, 53,1 e 13,5% do matéria seca total. A torta de babaçu é obtida após

1 extração parcial do óleo da polpa por processo de prensagem mecânica (expeller) e,
2 segundo Benedetti & Spers (1995), é um co-produto rico em fibra que pode ser
3 considerado como fonte de proteína. Morrison (1996), citando outros autores, como
4 alimento protéico-energético.

5 De acordo com Valadares Filho et al. (2002), a torta de babaçu apresenta 1,75
6 Mcal/kg de energia metabolizável, 92,8% MS; 20,62% PB 5,81% EE; 78,68% FDN;
7 45,37% FDA e 6,18% MM na matéria seca.

8 Para um melhor aproveitamento de alimentos alternativos, faz-se necessário a
9 determinação nutricional. Entre os métodos de avaliação está a técnica de produção
10 cumulativa de gases, pelo gráfico se mensura os gases gerados pela atividade
11 microbiana anaeróbica nos frascos de fermentação, os quais são utilizados para
12 interpretação das características nutricionais (Cabral et al., 2000). Essa técnica apresenta
13 alta correlação com a digestibilidade *in vivo* (Barcelos et al., 2001).

14 Considerando as vantagens da técnica de produção de gases, como sua
15 simplicidade de uso e a possibilidade de processar grande número de amostras em curto
16 espaço de tempo, é importante testar esta técnica com fontes alternativas de alimentos
17 para ruminantes, buscando validar correlações entre digestibilidade *in situ* e os
18 parâmetros de produção de gases.

19 Objetivou-se estimar os parâmetros da dinâmica de fermentação ruminal da
20 matéria seca e da fibra em detergente neutro de co-produtos do babaçu (*Orbignya*
21 *martiana*), através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando-
22 se inóculo ruminal.

23

24

Material e Métodos

25

1 O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do
2 Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do
3 Piauí. Utilizaram-se amostras de farelo e de torta de babaçu (*Orbignya martiana*),
4 apenas a torta foi submetida a trituração em moinho tipo Willey com peneira de
5 porosidade 1,0 mm de diâmetro e armazenados em recipientes de vidro.

6 A composição química das amostras foi avaliada segundo métodos
7 descritos por Silva & Queiroz (2002), sendo determinados os teores de matéria
8 seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente
9 ácido (FDA), extrato etéreo (EE).

10 O teor de carboidratos totais (CHTO) foi obtido a partir da equação proposta por
11 Sniffen et al. (1992): $CHOT(\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinza)$.

12 O conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado segundo Hall
13 (2000), correspondente à diferença entre CHOT e FDN corrigida para proteína:
14 $CNF(\%) = 100 - [\%PB + (\%FDN - \%PB \text{ na FDN}) + \%EE + \%Cinza]$.

15 A determinação da dinâmica de fermentação ruminal da fração FDN da torta e
16 farelo de babaçu foi realizada segundo Silva & Queiroz (2002), tomando-se cinco
17 gramas de amostra seca ao ar (ASA), moída em moinho tipo Willey com 1,0 mm,
18 submetida à fervura durante uma hora em solução detergente neutro. Posteriormente, o
19 resíduo obtido foi filtrado em cadinho filtrante e lavado com água destilada quente e
20 200 mL de acetona, para retirar completamente qualquer resíduo do detergente, sendo
21 então, colocado em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 48 horas. Este
22 procedimento foi repetido várias vezes até a obtenção de quantidade suficiente desta
23 fração para a realização do ensaio, conforme (Noguera et al., 2005).

24 *Preparo do meio de digestão*

1 O meio de digestão foi preparado 24 horas antes da incubação das amostras, de
2 acordo com metodologia descrita por Maurício et al. (2001). Foi composto por soluções
3 de microminerais, macrominerais, tampão, redutora e, por fim, indicadora de pH.

4 *Coleta do conteúdo ruminal e preparo do inóculo*

5 **A técnica foi conduzida segundo Maurício et al. (1999). As frações sólidas e**
6 **líquidas de conteúdo ruminal foram coletadas com o auxílio de sonda e de pinça,**
7 **diretamente do rúmen, via cânula ruminal, às 7h30, antes do fornecimento da**
8 **primeira refeição. Após a coleta, as frações foram armazenadas em garrafas**
9 **térmicas previamente aquecidas com água a 39°C. O conteúdo ruminal foi**
10 **imediatamente transportado ao laboratório.**

11 As frações sólidas e líquidas foram homogeneizadas na proporção 1:1
12 durante 5 segundos, utilizando-se liquidificador, sendo o material resultante filtrado em
13 quatro camadas de tecido de algodão. Até o momento de sua utilização, o inóculo
14 obtido foi saturado com CO₂, para manutenção da anaerobiose, e mantido a 39°C.

15 *Incubação das amostras e medidas da pressão e do volume de gases*

16 Para a incubação das amostras, foram utilizados frascos de vidro com capacidade
17 de 160 ml, previamente identificados. Para a determinação da cinética de fermentação
18 ruminal foi colocado em cada frasco 1,0 grama de amostra, sendo utilizados dois
19 frascos por tratamento.

20 Posteriormente, foram adicionados 90 ml do meio de digestão e em seguida
21 gaseificados com CO₂, fechados e colocados em estufa de circulação forçada de ar a
22 39°C por, aproximadamente, 1 hora. Após este período, foram retirados para a adição de
23 10 ml do inóculo ruminal, em cada frasco, por meio de uma seringa plástica conectada a
24 uma borracha. Nas garrafas destinadas aos brancos (controle) foram inseridos apenas o

1 meio de digestão e o inóculo ruminal. Posteriormente as garrafas foram vedadas com
2 rolhas de borracha e lacres alumínio (Maurício et al., 1999).

3 A pressão inicial originada na parte superior dos frascos foi zerada retirando-se
4 os gases acumulados com o uso de uma seringa até que a pressão registrada no leitor
5 chegar à zero. As leituras de pressão e volume foram realizadas
6 por meio de um transdutor de pressão, conectado a uma válvula de duas saídas. A
7 primeira saída foi conectada a uma agulha (0,6 mm) e a segunda ao transdutor de
8 pressão. A partir da inserção da agulha na tampa de borracha, a pressão produzida no
9 interior das garrafas foi lida no leitor digital.

10 Os tempos de leitura foram 3, 6, 9, 12, 15, 21, 27, 33, 39, 48, 60, 72 e 96 horas,
11 sendo com maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas
12 posteriormente (Maurício et al., 1999).

13 Após a leitura, alguns frascos foram retirados e colocados em um recipiente com
14 gelo para parar a fermentação. Em seguida, foram abertos e o conteúdo transferido para
15 cadinhos filtrantes e com o auxílio de uma bomba à vácuo retirado o líquido. O resíduo
16 foi então transferido para estufa com temperatura de 105°C durante 72h horas e em
17 seguida foram pesados.

18 Os dados obtidos de pressão e volume durante a fermentação foram utilizados
19 para o cálculo da equação de regressão por meio do procedimento PROC REG (SAS,
20 1999). A determinação da degradabilidade ruminal da matéria seca foi realizada por
21 meio da diferença entre a quantidade total de amostra colocada para fermentar e a
22 recuperada por filtração em cadinho de filtragem após a incubação às 3, 12, 27, 48, 72 e
23 96 horas.

1 Os parâmetros de produção de gases e de degradação ruminal foram obtidos
 2 pelos modelos de France et al. (1993) e de Ørskov & McDonald (1979), modificado por
 3 McDonald (1981), respectivamente.

4 O modelo matemático adotado na estimativa da dinâmica de fermentação
 5 ruminal foi o logístico bicompartimental, proposto por Schofield et al. (1994), cuja
 6 descrição matemática encontra-se na Tabela 1.

7

8 Tabela 1- Descrição matemática do modelo logístico bicompartimental

Modelo	Nº. de parâmetros	Equação ¹
logístico bicompartimental	5	$V_{(t)} = Vf_1/(1+\exp(2-4*c_1*(T-L))) + Vf_2/(1+\exp(2-4*c_2*(T-L)))$

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

15

16 As curvas de ajuste e as estimativas dos parâmetros de interesse biológico foram
 17 realizadas através do processo iterativo de Marquardt, com o auxílio de procedimento
 18 para modelos não lineares (PROC NLIN) do SAS (1999). Os parâmetros estimados pelo
 19 modelo foram comparados segundo um delineamento em blocos casualizados com dois
 20 tratamentos e seis repetições, sendo os blocos consistindo das coletas, utilizando-se o
 21 Generalized Linear Model Procedures (PROC GLM) do SAS (1999) e as médias dos
 22 tratamentos e suas respectivas interações pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK).

23

Resultados e discussão

1 A composição bromatológica das amostras encontram-se na Tabela 1. O teor de
 2 MS do farelo de babaçu foi inferior aos 95,45% obtido por Rocha Jr. et al. (2003).
 3 Quanto a torta de babaçu o teor de MS foi maior que os 91,45% obtido por Souza et al.,
 4 (2000).

5 Tabela 1 - Composição bromatológica (com base na MS) do farelo e da torta de babaçu
 6 (*Orbignya martiana*)

Ingredientes (%)	Farelo de babaçu	Torta de babaçu
MS	91,65	89,67
PB	14,63	17,12
EE	1,02	6,1
MM	3,88	4,20
FDN	80,59	68,41
FDA	54,49	44,56
CHOT	80,47	72,67
CNF	65,43	48,36

7
 8 Os percentuais de PB apresentaram valores em torno de 15% a 17% e estão acima
 9 do intervalo de 6% a 8% de PB recomendado por Van Soest (1994) para uma efetiva
 10 fermentação microbiana ruminal.

11 O percentual de EE da torta de babaçu é elevado. Geralmente dietas ricas em
 12 lipídeos são utilizadas para vacas leiteiras no início da lactação para aumentar a energia
 13 de rações, em função da elevada densidade calórica, embora possam causar redução na
 14 ingestão de MS e na taxa de passagem (Mello et al., 2006). Em geral, os efeitos da
 15 adição de lipídeos parecem depender da quantidade e da fonte dos mesmos,
 16 apresentando os lipídeos insaturados e os ácidos graxos de cadeia curta mais efeitos do
 17 que os saturados e os ácidos graxos de cadeia longa, respectivamente (Berchielli et al.,
 18 2006). Souza et al. (2000) obtiveram 8,2% de EE para a torta de babaçu, enquanto
 19 Rocha Jr. et al. (2003) obtiveram apenas 1,1% de EE. O teor total de gordura na dieta,
 20 em especial de ácidos graxos insaturados não protegidos da fermentação ruminal, deve
 21 ser controlado, pois teores acima de 8% na dieta promovem diminuição na

1 digestibilidade da fibra em até 50%, pelo impedimento da aderência dos
 2 microrganismos às partículas dos alimentos ou pelo efeito tóxico sobre organismos
 3 celulolíticos. Além disso, ocorre decréscimo na concentração de protozoários,
 4 principalmente os ciliados, aumento no conteúdo de ácidos graxos voláteis e redução na
 5 produção de metano no rúmen (Van Soest, 1994; Jenkins, 1993; Doreou et al., 1997).

6 As estimativas dos parâmetros de produção de gases dos carboidratos
 7 totais do farelo e da torta de babaçu encontram-se na Tabela 2.

8 Tabela 2. Estimativa dos parâmetros da dinâmica pela produção de gases da matéria
 9 seca do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*) obtidas pelo modelo
 10 logístico bicompartimental

Parâmetros	Farelo de babau	Torta de babaçu
Vf1 mL/100mg amostra	37,72b	52,91a
Vf2 mL/100mg amostra	94,78a	64,34b
C1 h	0,143a	0,0957b
C2 h	0,0151a	0,0191b
L(h)	9,880a	8,143b

11
 12 Vf1=volume final de gases oriundo da degradação da fração solúvel de rápida
 13 degradação quando $T \rightarrow \infty$;
 14 Vf2=volume final de gases proveniente da degradação da fração insolúvel de lenta
 15 degradação quando
 16 $T \rightarrow \infty$; c1=taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel;
 17 c2=taxa específica de produção de gases pela degradação da fração insolúvel; L=fase de
 18 latência.
 19 *Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si, pelo teste SNK
 20 ($P < 0,05$).
 21

22 Houve diferença ($P < 0,05$) alimentos para Vf1. O maior volume de gases ($P > 0,05$)
 23 obtido com a torta de babaçu pode estar relacionado ao valor mais elevado de CNF em
 24 relação ao farelo de babaçu, já que o volume de gases produzidos está associado à
 25 degradação da fração de rápida degradação (Campos et al., 2000).

26 O Vf2 do farelo de babaçu foi superior ($P < 0,05$) ao da torta de babaçu, o que pode
 27 estar relacionado com a maior quantidade de lipídeos encontrados na torta de babaçu, já
 28 que a fermentação ruminal dos carboidratos estruturais é reduzida pela adição de

1 lipídeos às dietas e o grau de redução depende das fontes de fibra e de lipídeos,
2 enquanto a fermentação do amido não é influenciada (Berchielli et al., 2006). Sem
3 interferência do maior teor de gordura e com maiores teores de carboidratos estruturais,
4 provavelmente contribuíram para um ambiente favorável ao desenvolvimento de
5 bactérias celulolíticas quando o substrato era o farelo de babaçu.

6 Para o parâmetro C1, o farelo apresentou valores maiores ($P < 0,05$) de produção
7 de gases que a torta de babaçu para a fração solúvel. O C2 do farelo não diferiu
8 ($P > 0,05$) da torta. Partindo do princípio que o gás produzido na fermentação reflete a
9 degradação da amostra testada, a taxa e o potencial máximo de produção de gases são,
10 provavelmente, as principais características para avaliar a qualidade dos alimentos pela
11 técnica de produção de gases. Contudo, não devem ser levados individualmente como
12 critério de avaliação, uma vez que o maior valor potencial máximo de produção de
13 gases implica em menor tempo para a fermentação da fração potencialmente
14 fermentável, mas não considera a extensão dessa fração no rúmen. Dessa forma, as
15 forragens mais fermentáveis, ou digestíveis, seriam aquelas que apresentam valores de
16 potencial máximo e de taxa de produção de gases, pois alcançariam potencial máximo
17 de fermentação em menor tempo (Tomish et al., (2003).

18 O tempo de hidratação, aderência e colonização microbiana ou, simplesmente,
19 fase de latência (L) do farelo de babaçu foi maior ($P < 0,05$) do que a torta. Esse
20 parâmetro está relacionado com o tempo de colonização, que são favorecidos pela
21 presença de substratos prontamente fermentáveis e por características físicas e químicas
22 da parede celular da amostra, capazes de facilitar a colonização microbiana (Magalhães
23 et al., 2006). Os resultados obtidos neste trabalho corroboram a afirmação dos autores,
24 observando-se que o farelo de babaçu apresenta-se com maiores teores de fibra e

1 menores concentrações de substratos fermentáveis (CNF) quando comparado à torta de
2 babaçu.

3 A produção total de gases pode ser obtida pelo somatório do Vf1 e Vf2. Para o
4 farelo, a produção total de gases foi 132,5 ml. Para a torta de babaçu, a produção total
5 de gases foi menor, 117,2 ml. Segundo Van Soest (1994), o que caracteriza maior ou
6 menor degradação (produção de gases) é a proporção entre as frações solúveis e
7 insolúveis, como observado na Tabela 1, o teor de fibra em detergente neutro (fração
8 insolúvel) para o farelo foi maior que para a torta de babaçu. No entanto, segundo
9 Santos et al. (2003) e Noguera et al. (2005) alimentos ricos em carboidratos solúveis,
10 como o amido, propiciam maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, maior
11 produção de gases em relação a outros alimentos com maior produção de carboidratos
12 estruturais. O fato da torta possuir valor de EE alto pode ter interferido na aderência
13 dos microrganismos às partículas do alimento (Devendra & Lewis, 1974), alterado o
14 ambiente ruminal, contribuindo, assim, para redução na fermentação dos carboidratos
15 estruturais.

16 As curvas de produção cumulativa de gases do farelo e da torta de babaçu
17 encontram-se na Figura 1 e 2.

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

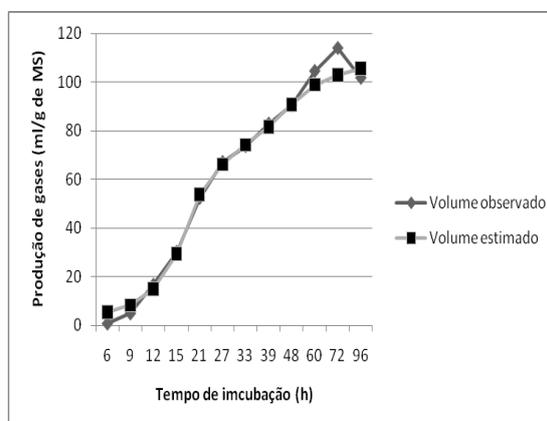
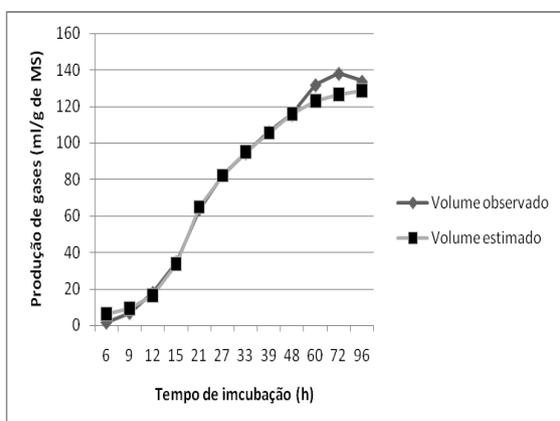


Figura 1 Curva de produção cumulativa de gases dos carboidratos totais do farelo de babaçu (*Orbignya martiana*) a partir da média dos volumes observados e ajustados

Figura 2 Curva de produção cumulativa de gases dos carboidratos totais da torta de babaçu (*Orbignya martiana*) a partir da média dos volumes observados e ajustados

1 Nos tempos iniciais de incubação a produção acumulativa de gases do
2 farelo foi similar à torta. A partir das 48 horas de incubação, aproximadamente,
3 observa-se superioridade na produção de gases para o farelo de babaçu.

4 Os parâmetros de produção de gases da FDN do farelo e da torta de
5 babaçu, que descrevem a dinâmica de fermentação ruminal, encontram-se na
6 Tabela 3.

7 Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da dinâmica pela produção de gases da FDN do
8 farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*) obtidas pelo modelo
9 logístico bicompartimental

Parâmetros	Farelo de babaçu	Torta de babaçu
Vf1 mL/100mg amostra)	48,84a	51,23a
Vf2 mL/100mg amostra)	66,85b	79,52a
C1 h	0,1081a	0,1282a
C2 h	0,021b	0,0262a
L(h)	11,46a	11,59a

10

11 Vf1=volume final de gases oriundo da degradação da fração solúvel de rápida
12 degradação quando $T \rightarrow \infty$; Vf2=volume final de gases proveniente da degradação da
13 fração insolúvel de lenta degradação quando $T \rightarrow \infty$; c1=taxa específica de produção de
14 gases pela degradação da fração solúvel; c2=taxa específica de produção de gases pela
15 degradação da fração insolúvel; L=fase de latência.

16 *Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si, pelo teste SNK
17 ($P < 0,05$).

18

19 O volume final de gases oriundo da degradação da fração solúvel não diferiu
20 ($P > 0,05$) entre os alimentos, entretanto Noguera et al. (2005) obtiveram diferenças
21 nesse parâmetro ao estudar a fração fibrosa de diferentes alimentos. Para o parâmetro
22 Vf2, a torta foi superior ($P < 0,05$) ao farelo. Santos et al. (2003) obtiveram maior
23 produção de gases para a fração solúvel de rápida degradação em relação à fração
24 insolúvel para a maioria dos alimentos avaliados. No entanto, dentre os alimentos
25 avaliados, o farelo e o caroço de algodão apresentaram maior produção de gases para a
26 fibra em detergente neutro, inferindo-se que, nesses alimentos, a fração insolúvel é a
27 principal fonte de energia para o crescimento microbiano.

1 A taxa específica de produção de gases pela fração solúvel (C1) não diferiu
2 ($P>0,05$) entre os alimentos. Quanto à taxa específica de produção de gases pela fração
3 insolúvel (C2) foi maior ($P<0,05$) para a torta. A diferença entre os alimentos deve-se
4 ao menor teor de FDN (Tabela 1) para a torta e, maior teor de carboidratos não
5 estruturais (CNF).

6 A FDN dos alimentos apresenta um período de latência, em que não se verifica a
7 degradação do substrato. Durante esse período, pode ocorrer hidratação das partículas
8 do alimento, remoção de substâncias inibidoras, eventos ligados à adesão e efetiva
9 colonização das partículas do alimento pelos microrganismos ruminais, de modo que,
10 antes do término desta fase, o alimento permanece inalterado no rúmen, a não ser por
11 ação mecânica (Azevedo et al., 2003). O período de latência não diferiu entre os
12 alimentos ($P>0,05$). Segundo Noguera et al.,(2004), a fração solúvel constitui um
13 substrato energético de rápida fermentação para os microrganismos, facilitando assim os
14 processos de adesão e colonização do substrato, mas sua importância começa a diminuir
15 com o transcorrer do tempo quando maior quantidade de constituintes da parede celular
16 começa a ser disponível e grande parte da produção de gases procede da fermentação
17 dessa fração.

18 As curvas de produção cumulativa de gases da FDN encontram-se na Figura 3 e 4.
19 Observou-se uma produção cumulativa de gases da FDN muito semelhante entre os
20 alimentos. O volume de gases produzido até as 96 horas foi alta para os dois alimentos
21 variando entre 120 e 140 ml. Segundo Blummel & Becker (1997) a produção de gases
22 da FDN está correlacionada com o consumo voluntário porque o consumo da parede
23 celular gera distensão ruminal. Azevedo (2007) obteve menores volumes de produção
24 de gases para a FDN quando comparados aos da MS e atribuiu ao fato de que durante a

1 degradação da FDN não ocorre o efeito associativo e aditivo das frações solúveis e
2 insolúveis.

3

4

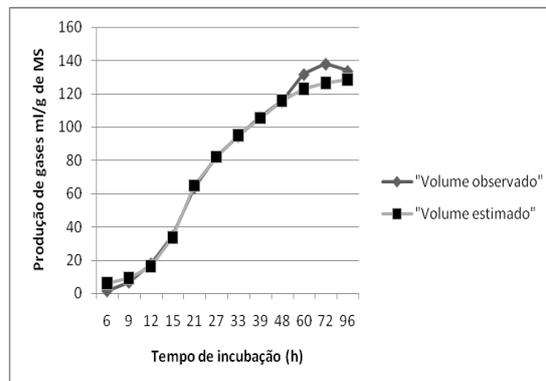
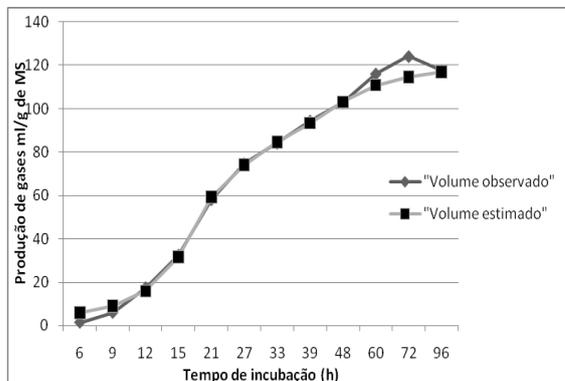
5

6

7

8

9



10 Figura 3 Curva de produção cumulativa
11 de gases dos FDN da torta de
12 babaçu (*Orbignya martiana*) a
13 partir da média dos volumes
14 observados e ajustados pelo
15 modelo logístico bicompartimental.

10 Figura 4 Curva de produção cumulativa
11 de gases dos FDN do farelo de
12 babaçu (*Orbignya martiana*) a
13 partir da média dos dados
14 observados e dos dados ajustados
15 pelo modelo logístico.

16 As estimativas dos parâmetros de degradabilidade a partir da técnica *in vitro*
17 semi-automática de produção de gases encontram-se na Tabela 4. As frações solúveis
18 (A) do farelo e da torta de babaçu foram menores que as obtidas por Moraes et al
19 (2005), para o farelo de babaçu, usando tamanhos de partículas 3 e 5 mm, de 61,3 e
20 64,5%, respectivamente. Souza et al. (2000) obtiveram diferentes valores para (A) em
21 relação à outros autores e atribuíram a influência da técnica de incubação e o processo
22 de obtenção dos subprodutos sobre o desaparecimento da MS. Blummel e Ørskov
23 (1993) ressaltam que a extensão e a taxa de degradação de nutrientes dos alimentos
24 baseia-se no desaparecimento da MS, assumindo, assim, que todas as perdas ocorreram
pela fermentação, o que nem sempre acontece. Pearce et al. (1987) observaram
diferentes níveis de fermentação das frações solúveis de palha de trigo, as quais podem
ser perdidas no saco de náilon e, conseqüentemente, se superestimar a digestibilidade.

1 Na técnica de produção de gases também pode haver perda pelos poros do cadinho,
2 porém essa perda é bem menor que a que ocorre na técnica *in situ*.

3 Tabela 4. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de
4 degradação (C), degradação potencial (Dp) e degradação efetiva (De) da matéria seca
5 do farelo e da torta de babaçu estimados pela a técnica *in vitro* semi-automática de
6 produção de gases

Parâmetros	Alimento	
	Farelo	Torta
A	9,488a	4,51a
B	49,25a	38,94b
C	0,030b	0,056a
Dp	54,82a	43,20b
De (2%/h)	38,25a	33,64b
De (5%/h)	27,42a	25,75a

7
8
9 *Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste SNK (P>0,05)

12 A fração potencialmente degradável (B) da MS do farelo de babaçu diferiu
13 (P<0,05) em relação à torta de babaçu, como já foi citado antes, fato este que pode estar
14 relacionado ao alto teor de EE presente na torta, o que pode ter interferido na aderência
15 dos microrganismos às partículas do alimento. Vários mecanismos têm sido atribuídos
16 para explicar como os lipídios interferem na população microbiana e na fermentação
17 ruminal (Devendra & Lewis, 1974). No entanto, o efeito antimicrobiano e a teoria do
18 “revestimento” da partícula de alimento têm recebido maior atenção (Jenkins, 1993). A
19 adsorção dos ácidos graxos livres à partícula de alimento inibe o contato direto das
20 células microbianas ao substrato ou a ligação das celulases bacterianas à celulose,
21 diminuindo a captação de aminoácidos e a produção de ATP pela bactéria. Isso leva a
22 uma redução na digestão de nutrientes e a um decréscimo no crescimento microbiano
23 (Galbrarth & Miller, 1973). Moraes et al. (2005) obtiveram valores para o farelo de
24 babaçu com granulometria de 3 mm e 5 mm de 44,85% e 52,25%, respectivamente,
25 mostrando que quanto menor a granulometria menor a degradação.

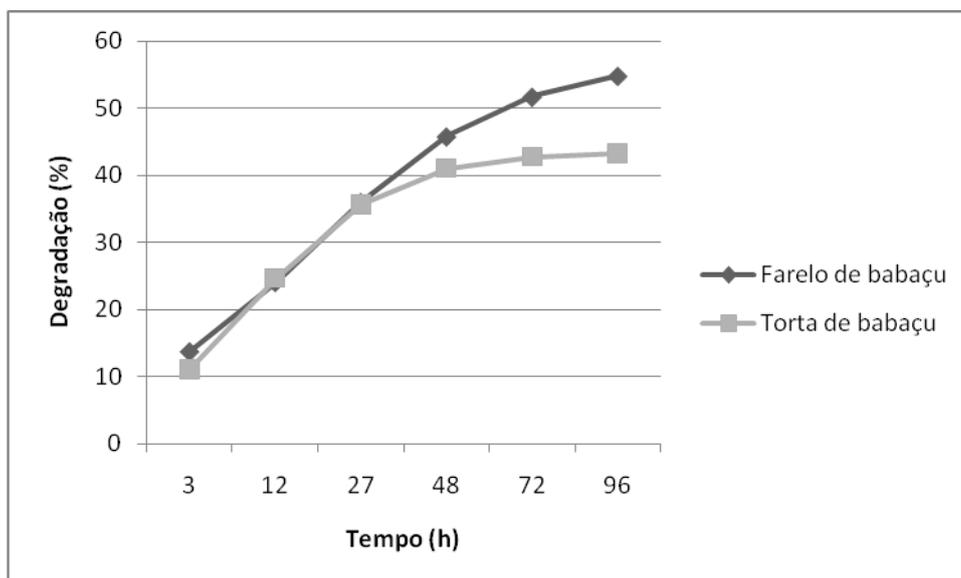
1 A taxa de degradação (C) diferiu ($P < 0,05$) entre os alimentos. Os valores
2 estimados estão menores que os dados obtidos por Moraes et al. (2005) para o farelo de
3 babaçu, tanto para granulometria de 3 mm como para 5mm. Souza et al. (2000)
4 obtiveram o valor 0,019% para torta de babaçu, bem inferior ao obtido neste trabalho.
5 Os valores assemelharam-se aos obtidos por Carvalho et al. (2006), estudando a
6 degradabilidade ruminal de concentrados e subprodutos agroindustriais, com taxas de
7 degradação da MS do farelo de cacau e da torta de dendê inferiores aos apresentados
8 pelo milho e farelo de soja, 0,008 e 0,009, respectivamente, atribuídos aos elevados
9 teores de FDN e FDA desses subprodutos.

10 A maior degradabilidade potencial (D_p) foi obtida para o farelo de babaçu em
11 relação à torta de babaçu. Souza et al. (2000), estudando subprodutos da agroindústria
12 encontraram D_p para a torta de babaçu 99,08%. As razões das variações existentes entre
13 os resultados obtidos e a literatura revisada, para as constantes “a”, “b” e “c”, são
14 amplas, uma vez que os alimentos, as dietas, os regimes alimentares, as fases
15 fisiológicas, as espécies animais, a aplicação da técnica, além das características
16 ambientais são diferenciadas nos experimentos (Souza et. al., 2000).

17 A degradabilidade efetiva (D_e) da MS da torta de babaçu a $2\%h^{-1}$ apresentou valor
18 inferior ao farelo de babaçu. Tais parâmetros encontram-se abaixo ao encontrado por
19 Moraes et al. (2006) para o farelo de babaçu a 5 mm (51,20%) e para o farelo a 3 mm
20 (49,98%). Já Souza et al. (2000) obtiveram para a torta a $2\%h^{-1}$ valor de D_e igual a
21 55,85%. Para os autores, os resultados revelaram que a MS da torta de babaçu e outros
22 alimentos estudados eram mais resistentes ao desaparecimento ruminal ou ataque
23 microbiano e os dados de D_e da MS apresentaram uma tendência, sem avaliação da
24 significância estatística, de redução das taxas com o aumento do *turnover*,
25 principalmente para a torta de babaçu, farelo de algodão e farelo de soja. Resultado

1 similar foi obtido neste presente trabalho. Rocha Jr. et al. (2003) obtiveram um valor
2 superior ao deste trabalho para a degradação da MS do farelo de babaçu (48,45%),
3 apesar de utilizarem técnica *in vivo*, o que mostra boa correlação entre as técnicas.

4 Em relação à De a $5\% h^{-1}$, não houve diferença entre os alimentos ($P>0,05$).
5 Souza et al. (2000) obtiveram valor superior para torta de babaçu (38,00%). Moraes et
6 al. (2006) obtiveram valores de De para o farelo de babaçu de 40,70 e 40,87%, para
7 5mm e 3mm, respectivamente.



8
9 Figura 5. Degradação potencial da matéria seca do farelo e da torta de babaçu
10 estimada através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

11

12

13

14

15

16

15 Conclusões

17

18

19

20

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases mostrou-se adequada a estimar o perfil de fermentação ruminal do farelo e da torta de babaçu, constituindo importante ferramenta na determinação do valor nutritivo de alimentos para ruminantes.

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

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida e pelo apoio financeiro necessário à condução da pesquisa.

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. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, 2007.
- AZÊVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. et al. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.
- BENEDETTI, E. Alguns aspectos na utilização do babaçu (*Orbygnia* sp) na alimentação animal. Belo Horizonte: UFMG, 1985, 40p.
- BENEDETTI, E.; SPERS, E. Digestibilidade aparente do farelo de babaçu (*Orbignya* sp) em bezerros de um ano de idade. **Veterinária Notícias**, v.1, n.1, p.19-28, 1995.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006, cap. 10, 583p.
- BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PERÉZ, J.R.O. et al. Avaliação da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arábica* L.) pela técnica de degradação *in vitro* de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1829-1836, 2001.
- BLUMMEL, M.; BECKER, K. The degradability characteristics of fifty-four roughages and roughage neutral-detergent fibres as described by *in vitro* gas production and their relationship to voluntary feed intake. **British Journal of Nutrition**, v.77, p.757-768, 1997.
- BLUMMEL, M., ØRSKOV, E.R. Comparation of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science Thecnology**, v.40, n.3, p.109–119, 1993.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica

- 1 de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29, n.6, p.2087–2098, 2000
2 (suplemento 1).
- 3 CAMPOS, F.P.; BOSE, M.L.V.; BOIN, C. et al. Comparação do sistema de
4 monitoramento computadorizado de digestão *in vitro* com os métodos *in vivo* e *in situ*.
5 2. Uso do resíduo da matéria seca de forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29,
6 n.2, p. 531-536, 2000.
- 7 CARVALHO, G.G.P. de; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Degradabilidade
8 ruminal de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Archivos de Zootecnia**, v.55,
9 n.212, p.397-400, 2006.
- 10 DEVENDRA, C.; LEWIS, D. Fat in the ruminant diet: a review. **Indian Journal of**
11 **Animal Science**, v.44, p.917-938, 1974.
- 12 DOREOU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm
13 animals. **British Journal of Nutrition**, v.78, p.S15-S35, 1997 (suplemento 1).
- 14 FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas
15 accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal**
16 **of Theoretical Biology**, v.163, n.1, p.99-111, 1993.
- 17 GALBRAITH, H; MILLER, T.B. Effect of long chain fatty acids on bacterial
18 respiration and amino acid uptake. **Journal of Applied Bacteriology**, v.36, p.659-675,
19 1973.
- 20 HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and
21 analysis. University of Flórida, Flórida, 2000. (Boletim, 339).
- 22 IBGE – Instituto de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico. IBGE: Brasília, 2005.
- 23 JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76,
24 p.3851-3863, 1993.
- 25 MAGALHÃES, R.T.; GONÇALVES, L.C.; MAURICIO, R.M. et al. Avaliação de
26 quatro genótipos de sorgo pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.
27 **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 5, n.1, p.101-111, 2006.
- 28 MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro*
29 gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and**
30 **Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- 31 MAURICIO, R.M.; OWEN, E.; MOULD, F.L. et al. Comparison of bovine rumen
32 liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for
33 evaluating forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p.33-48, 2001.
- 34 **McDONALD, I. A revised model for estimation of protein degradability in the**
35 **rumen**. Journal of Agricultural Science, v. 96, p. 251-252, 1981.
- 36 MELLO, R.; NOMBERG, J.L.; QUEIROZ, A.C. et al. Composição química,
37 digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em
38 diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1523-
39 1534, 2006.

- 1 **MORRISON, F. B. Alimentos e alimentações dos animais. 5ed. São Paulo:**
2 **Melhoramentos, 1996, 829p.**
- 3 MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M. S.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Associação de
4 diferentes fontes energéticas e protéicas em suplementos múltiplos na recria de novilhos
5 mestiços sob pastejo no período da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3,
6 p.914-920, 2006.
- 7 MORAES, S.A.; SILVA, A.G.M.; BENEVIDES, Y.I. et al. **Degradabilidade in situ da**
8 **matéria seca do farelo de babaçu em diferentes granulometrias.** In: 42º Reunião
9 Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 25 a 28 de Julho de 2005, Goiania, Goiás.
10 Disponível em: <http://file://D:\8 Ruminantes\1643.htm>. Acesso em 17/04/2000.
- 11 NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; GONÇALVES, L.C. et al. Utilização da técnica de
12 produção de gás para determinar a cinética de fermentação dos carboidratos estruturais e
13 não estruturais em sorgo para forragem. **Livestock Research for Rural Development**,
14 v.17, n.5, 13p. 2005.
- 15 NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; MAURICIO, R.M. **Comparación de modelos**
16 **matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la**
17 **técnica de producción de gas.** 2004.
- 18 ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen
19 from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of**
20 **Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979
- 21 PEARCE, G.R.; SIMPSON, R.G.; DOYLE, P.T. Source of variation in the nutritive value
22 of wheat and rice straw. In: Workshop on Plant Breeding and Nutritive Value of the
23 Crop Residues, Addis Ababa, 1987. **Proceedings...** Abada: ILCA, p. 195 – 221, 1987.
- 24 ROCHA JUNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M.. Determinação do
25 valor energético de alimentos para ruminantes In: REUNIÃO ANUAL DA
26 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife:
27 SBZ/UFRPE, 2002. CD-ROM.
- 28 ROCHA JUNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, Á.M. et al. Determinação
29 do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista**
30 **Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.473-479, 2003.
- 31 SANTOS, R.A.; TEIXEIRA, J.C.; PÉREZ, J.R.O. et al. Estimativa da degradabilidade
32 ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e
33 caprinos. **Ciência Agrotécnica de Lavras**, v. 27, n.3, p.689-695, maio/jun., 2003.
- 34 SAS INSTITUTE (SAS). **Statistical Analysis System. User's Guide:** statistics. SAS
35 Institute Version 8.0. Cary, NC, USA, 1999.
- 36 SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas
37 production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- 38 SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos:** métodos químicos e biológicos.
39 3.ed., Viçosa: UFV, 2002. 235p..

1 SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein
2 system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of**
3 **Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

4 SOUZA, J.R.S.T.; CAMARÃO, A. P.; RÊGO, L.C. Degradabilidade ruminal da matéria
5 seca e proteína bruta de subprodutos da agroindústria, da pesca e de abatedouros em
6 caprinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.37, n.2,
7 2000. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>> Acesso em 5 de maio de 2008.

8 THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas
9 production method using a pressure transducer to determine the fermentation
10 kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, n. 3-4, p.185
11 -197, 1994. (Abstract)

12 TEIXEIRA, M. A. Estimativa do Potencial Energético na Indústria do Óleo de Babaçu no Brasil.
13 Caderno de Resumos, **3º Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER 2000**, Campinas -
14 SP, NIPE - Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, de 12 a 15 de Setembro de
15 2000. p.118.

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

18 TOMISCH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M. et al. Composição
19 bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-
20 sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.747-
21 755, 2003.

22 VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F.C.; SANTANNA, R. et al. Degradabilidade *in*
23 *situ* aparentes e corrigidas e composição de aminoácidos da proteína não degradada no
24 rúmen de vários alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.4, p.744-760,
25 1992.

26 VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al.
27 **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG:
28 Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.

29 VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed., Ithaca: Cornell University
30 Press, 1994, 476p.

31

CONCLUSÕES GERAIS

1
2
3
4
5
6
7
8
9

No estudo da dinâmica 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. O farelo e a torta de babaçu apresentam elevados teores de carboidratos totais, podendo ser usados como alimento energético para ruminantes.

1 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO**

- 2 BEUVINK, J.M.W.; KOGUT, J. Modeling gas production kinetics of grass silages
3 incubated with buffered ruminal fluid. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1041–1046,
4 1993.
- 5 BUENO, I.C.S. **Cinética Digestiva e Síntese Microbiana Ruminal em Ovinos**
6 **Alimentados com Fenos de Três Qualidades Distintas**. Piracicaba, 2002. 97p.
7 Tese (Doutorado em Ciência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura,
8 Universidade de São Paulo
- 9 GROOT, J.C.J., CONE, J.W., WILLIAMS, B.A. et al. Multiphasic analysis of gas
10 production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. **Animal Feed Science**
11 **and Technology**, v.64, p.77-89, 1996.
- 12 LAVRENCIC, A.; STEFANON, B.; SUSMEL, P. An evaluation of the Gompertz
13 model in degradability studies of forage chemical components. **Animal Science**, v.64,
14 p.423-431, 1997.
- 15 FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas
16 accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of**
17 **Theoretical Biology**, v.163, p. 99-111, 1993.
- 18 NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; GONÇALVES, L.C. et al. Utilização da técnica de
19 produção de gás para determinar a cinética de fermentação dos carboidratos estruturais e
20 não estruturais em sorgo para forragem. **Livestock Research for Rural Development**,
21 v.17, n.5, 13p. 2005.
- 22 ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the
23 rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage.
24 **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.449-453, 1979.
- 25 ROCHA JUNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, Á.M. et al.
26 Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de
27 equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.473-479, 2003.
- 28 SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas
29 production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- 30 BEUVINK, J.M.W.; KOGUT, J. Modeling gas production kinetics of grass silages
31 incubated with buffered ruminal fluid. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1041 –
32 1046, 1993.
- 33 MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics
34 *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- 35 VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição
36 de alimentos para bovinos. In: XXXVII REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 7. 2000. Viçosa.
37 **Anais...** Viçosa, 2000. P.267-330.

F224d Farias, Luciana Alves

Dinâmica da fermentação ruminal de co-produtos do babaçú utilizando a técnica *in-vitro* semiautomática de produção de gases / Luciana Alves Farias . / 2009.

53f. ; il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, 2009.

Orientação : Profª Drª.Vânia Rodrigues Vasconcelos

1. Animais – Nutrição 2. Modelos matemáticos 3. Inóculo ruminal 4. Fração detergente neutro 5. Matéria seca I. Título

CDD 636.085 2

1

2

3