

## Predição da degradação da matéria seca pelo volume de gases utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases

[Prediction of dry matter degradation from volume of gas production using the *in vitro* semi-automatic gas production technique]

Ú.T. Nogueira<sup>1</sup>, R.M. Maurício<sup>2\*</sup>, L.C. Gonçalves<sup>3</sup>, L.G.R. Pereira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Médico veterinário autônomo

<sup>2</sup>Fundação Ezequiel Dias

Rua Conde Pereira Carneiro, 80

30510-010 - Belo Horizonte, MG

<sup>3</sup>Escola de Veterinária - UFMG - Belo Horizonte, MG

<sup>4</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz - Ilhéus, BA

### RESUMO

Estimou-se a degradação da matéria seca (DMS) via produção de gases (PG) por meio de equações. Foram agrupados dados de volume de gases e DMS de oito forrageiras (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, feno de *Cynodon spp*, silagem de milho, silagem de milheto, sorgo de corte, capim-elefante e cana-de-açúcar) e de milho em grão. Os dados de DMS obtidos em laboratório foram comparados à DMS obtida pelas equações de regressão. Apesar dos altos coeficientes de determinação, os resultados demonstraram a impossibilidade de estimar a DMS via PG pelas equações geral, de dois e de três pontos.

Palavras-chave: *in vitro*, predição, gases, fibra, DMS

### ABSTRACT

The dry matter degradation (DMD) was estimated through volume of gas produced (GP) during the *in vitro* fermentation. The DMD from eight forages (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon hay*, maize silage, Pennisetum glaucum, sorghum, elephant grass and sugarcane) and corn grain were obtained and were compared with the DMD estimated using regression equations. The results showed the GP can not predict the DMD due to inocula effects, chemical composition of substrate or losses of particles of soluble material during filtration process.

Keywords: *in vitro*, prediction, gas, fiber, DMD

### INTRODUÇÃO

O volume de gases produzidos durante a fermentação de substratos através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (RPT) permite avaliar a cinética de fermentação de alimentos utilizados na nutrição de ruminantes, enquanto a degradação da matéria seca (DMS) permite avaliar o desaparecimento

do substrato provocado pelos microrganismos ruminais (Theodorou et al., 1994).

A fermentação dos substratos promove a liberação de subprodutos do metabolismo microbiano, tais como dióxido de carbono e metano (gases não aproveitados pelos microrganismos ruminais). Esses gases produzidos pelos microrganismos são originados

---

Recebido em 23 de agosto de 2005

Aceito em 9 de maio de 2006

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: rogerio.mauricio@funed.mg.gov.br

diretamente da fermentação dos substratos, liberando ácidos graxos voláteis (AGVs) ou indiretamente por uma reação de neutralização dos AGVs com os tampões (Wolin, 1960).

Os gases originados da fermentação são influenciados pela composição dos alimentos, ou seja, a maioria dos gases é liberada pela fermentação de carboidratos, seguidos por menor volume de gases liberados pelas proteínas e nenhuma quantidade liberada pelos lipídeos. Além disso, outras alterações podem ser causadas pela fermentação da fibra (maior produção de gases) e do amido (menor produção de gases). O volume dos gases produzidos por unidade de substrato degradado não é constante. Dessa forma, os valores de produção de gases (PG) devem ser obtidos simultaneamente com a DMS, visando fornecer critérios suficientes para a avaliação de alimentos (Mould, 2003).

Alguns sistemas de modelagem foram utilizados com a finalidade de associar as curvas de PG com a produção de AGVs e, assim, obter a degradação da matéria orgânica. A aplicação de sistemas matemáticos permite a interpretação dos dados "brutos". Entretanto, o excesso de modelos matemáticos para estimar a degradação dos substratos (Groot et al., 1996) vai além do limite pelos quais as técnicas de PG foram originalmente desenvolvidas (Mould, 2003). A utilização de técnicas de produção de gases das quais os dados de PG podem ser obtidos simultaneamente com a DMS constitui uma opção viável para a solução desses problemas (Mould, 2003).

A quantidade de material incubado (um grama) e o grande número de frascos que podem ser utilizados na técnica de PG desenvolvida por Maurício et al. (1999) permitem avaliar a DMS e alternativamente avaliar o resíduo da fermentação, tais como FDN, FDA, proteínas e outros. Dessa forma, as demais técnicas que utilizam pequenas quantidades de amostras não permitem a avaliação do resíduo (Menke et al., 1979; Blümmel e Ørskov, 1993).

Segundo Mould (2003), a tentativa de estimar a DMS de forma generalizada, utilizando sistemas matemáticos, assume, incorretamente que a PG é diretamente proporcional à degradação do substrato, como utilizado no modelo de France et al. (1993) ou através de equações

estequiométricas (Wolin, 1960). Ou seja, os modelos matemáticos assumem, incorretamente, que os substratos fermentados são compostos apenas por hexoses, desprezando a fermentação de proteínas e de outros carboidratos.

Apesar da evidente necessidade de obtenção da DMS em conjunto com a PG, este procedimento demanda tempo, mão-de-obra e gastos com vidrarias (cadinhos de filtragem e frascos de fermentação) e filtragens, além de diminuir a capacidade de análise do sistema, já que, para cada novo tempo de degradação (ex.: 6, 12, 24, 48 e 96 horas), é necessário um elevado número de frascos para mensuração dos gases, ou seja, pelo menos 12 frascos para cada substrato analisado, limitando a capacidade do sistema.

O objetivo deste experimento foi estimar a DMS por meio da PG, utilizando equações de regressão do volume de gases (ml) e da porcentagem de DMS (%) obtidos pela técnica *in vitro* de produção de gases de oito forrageiras e do milho em grão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O planejamento experimental foi dividido em três procedimentos. No primeiro, calculou-se a equação geral com o objetivo de estimar a DMS via PG para grupos específicos de forrageiras, pois nesses grupos espera-se que a composição química (concentração de carboidratos solúveis) seja semelhante entre espécies. Os dados obtidos de DMS e os gases dela decorrentes foram associados por modelo linear simples, avaliados por seu coeficiente de determinação.

No segundo, estimou-se a equação de dois pontos com o objetivo de eliminar as variações de inóculos entre experimentos, já que apenas os tempos intermediários seriam calculados via equações. Para isso, a DMS foi estimada via PG com uma equação de dois pontos, os valores nos tempos de 6 e 96 horas foram obtidos em laboratório e, com uma equação linear, eles foram ligados por uma reta, e os outros valores de DMS nos demais tempos foram estimados pela PG. Utilizou-se o programa SAEG (Sistema..., 2000), comparando-se os dados da DMS obtidos nas filtragens em laboratório com os estimados pela equação de dois pontos. Para comparação, utilizou-se análise estatística de comparação de pares e, para comparação das médias, o teste SNK a 5% de probabilidade.

No terceiro procedimento, estimou-se a equação de três pontos com o objetivo de aumentar o número de degradações (pontos) para melhor descrever a dinâmica da DMS. Na estimativa da equação, os valores de 6, 24 e 96 horas foram obtidos em laboratório, realizando-se as filtragens tradicionais. Os valores da DMS nos demais tempos foram estimados por uma equação polinomial ou quadrática. Os dados das equações de três pontos também foram submetidos a análise estatística, utilizando-se o programa SAEG (Sistema..., 2000). Os dados da DMS obtidos em laboratório também foram comparados com os da DMS encontrados após substituição na equação de três pontos. Para comparação, utilizou-se o método estatístico de pareamento e, para comparação das médias, o teste SNK a 5% de probabilidade.

Utilizaram-se dados de nove forrageiras: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon* x *Cynodon nlenfluensis* cv. tifton, capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), silagem de milheto (*Pennisetum glaucon*), silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*), silagem de milho (*Zea mays*) e silagem de milho em grão, totalizando 2907 dados de PG e DMS, em nove experimentos distintos, com diferentes inóculos de bovinos e ovinos. Como repetições, foram usadas forragens em diferentes idades de corte e composições químicas, buscando, dessa forma, cobrir o maior número de forrageiras, para aumentar a acurácia dos resultados (Tab. 1). Para alguns substratos, utilizou-se o fator de partição (FP) de acordo com Blümmel et al. (1997). Esse procedimento visou facilitar a comparação entre substratos com diferentes relações PG/DMS.

Tabela 1. Experimentos e substratos utilizados para obtenção das equações entre produção de gases e degradação da matéria seca

Experimento	Substrato
1	Cana e silagem de milho
2	<i>B. brizantha</i> e <i>B. decumbens</i>
3	Sorgo, cana e capim-elefante
4	Sorgo
5	Silagem de milho
6	Milheto
7	Milho em grão
8	Tifton e silagem de milho
9	Cana, silagem de milho e milho em grão

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram discutidos conforme os métodos avaliados (equação geral, equação de dois pontos e equação de três pontos).

Devido à semelhança bromatológica entre substratos da mesma espécie, supõe-se que poderia haver uma equação que estimasse a DMS via PG, pois a relação acetato:propionato seria bastante próxima. Portanto, esse fato tornaria possível estabelecer uma única equação para um grupo de forrageiras.

Para todas as forrageiras analisadas individualmente, foram obtidos altos coeficientes de determinação ( $R^2 > 0,99$ ) para o volume de gases produzidos e a DMS. Altos coeficientes de determinação também foram encontrados por outros pesquisadores, quando se estudou uma mesma classe de alimentos e foram analisados substratos (proteína, lipídeos, carboidratos) com semelhantes composições bromatológicas (Faria et al., 2002; Leite et al., 2002).

As equações de regressão entre a PG e a DMS podem ser observadas na Tab. 2 e serão discutidas separadamente para cada espécie.

O  $R^2$  da *B. decumbens* (Tab. 2) foi ligeiramente inferior ao da *B. brizantha* ( $R^2 = 0,96$  e  $0,99$ , respectivamente). O menor  $R^2$  pode ser explicado pelo fato de as amostras da *B. decumbens* (quatro) apresentarem alta variação, porém, quando analisadas em conjunto, uma amostra, denominada repetição 3 (R3), resultou em valores de PG semelhantes aos de R1 e R2, mas com DMS mais baixa (Tab. 3). As amostras R1 e R2 apresentaram, nos períodos iniciais da fermentação (6 e 12 horas), valores de PG de 18 e 43ml/g de MS fermentada, respectivamente, e a amostra R3 apresentou os mesmos valores de PG, porém com DMS bem menor (4 e 11%, respectivamente).

A amostra R3 representa uma repetição real de canteiro, ou seja, em uma mesma área, foram retiradas amostras de locais diferentes e comparadas quanto à PG e à DMS. Todas eram da mesma idade de corte. Os dados da composição bromatológica (Tab. 4) foram semelhantes para as três repetições, não evidenciando diferenças que pudessem mostrar a causa dos baixos valores da DMS obtida pela repetição R3. Ressalta-se também a similaridade dos resultados entre réplicas (três frascos por amostra), provavelmente não houve erros de filtragem ou outros fatores que evidenciassem erros humanos ou da própria técnica.

Tabela 2. Equações de regressão entre produção de gases (vol) e degradação da matéria seca e seus coeficientes de degradação

Substrato	Equação	Coefficiente de determinação
<i>B. decumbens</i>	DMS = 0,217vol + 6,89	R <sup>2</sup> = 0,96
<i>B. brizantha</i>	DMS = 0,219vol + 10,80	R <sup>2</sup> = 0,99
Tifton 4% PB	DMS = 0,217vol + 6,53	R <sup>2</sup> = 0,98
Tifton 13% PB	DMS = 0,209vol + 16,28	R <sup>2</sup> = 0,99
Tifton (4 e 13% PB)	DMS = 0,223vol + 10,67	R <sup>2</sup> = 0,94
Silagem de milheto	DMS = 0,179vol + 12,91	R <sup>2</sup> = 0,97
Milho em grão	DMS = 0,234vol + 9,683	R <sup>2</sup> = 0,97
Cana-de-açúcar	DMS = 0,159vol + 22,78	R <sup>2</sup> = 0,83
Sorgo	DMS = 0,224vol + 17,52	R <sup>2</sup> = 0,97
Silagem de milho	DMS = 0,219vol + 13,59	R <sup>2</sup> = 0,96
Capim-elefante	DMS = 0,238vol + 14,03	R <sup>2</sup> = 0,98

Tabela 3. Médias dos dados de produção de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) das três repetições da *B. decumbens*

Tempo	Repetição 1		Repetição 2		Repetição 3	
	PG	DMS	PG	DMS	PG	DMS
6	18	14	18	13	18	4
12	43	18	43	17	43	11
24	102	30	101	30	102	24
48	188	51	169	48	188	43
96	258	60	237	64	256	59

Tabela 4. Análise bromatológica da *B. decumbens* de acordo com as repetições estudadas

	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3
MS (%)	27,9	28,5	28,6
PB (%)	3,6	3,4	3,8
FDN (%)	78,8	77,6	78,4
FDA (%)	43,7	44,4	43,9
Lignina (%)	3,9	4,1	4,0

Nos períodos finais da fermentação (48 e 96h), a amostra R2 apresentou baixo valor de PG, porém com alta DMS (Tab. 3). A análise bromatológica (Tab. 4) não mostra qualquer evidência que pudesse explicar esse comportamento. A menor quantidade FDN e FDA poderia levar à maior PG com menor DMS (Nogueira et al., 2006), porém todas as amostras apresentaram valores próximos de FDN e FDA, demonstrado a individualidade da PG com relação à DMS.

Para o tifton, utilizaram-se dois fenos com valores extremos quanto ao conteúdo protéico, 4 e 13%, o que resultou em R<sup>2</sup> elevados (0,98 e 0,99, respectivamente). Quando os dados dos dois fenos foram analisados em conjunto, o R<sup>2</sup> caiu para 0,94. As médias de PG e DMS de cada material (4 e 13% de PB) submetidos a diferentes

tratamentos com leveduras estão apresentadas na Tab. 5.

Tabela 5. Médias de produção de gases (PG), degradação da matéria seca (DMS) e fator de partição (FP) do feno de tifton com 4 e 13% de proteína bruta (PB)

Tempo	4% PB			13% PB		
	PG	DMS	FP	PG	DMS	FP
6	14	11	1,3	12	18	0,7
12	34	13	2,7	46	25	1,8
24	74	25	2,9	139	48	2,9
48	74	25	2,9	139	48	2,9
96	169	43	3,9	268	71	3,8

FP= PG/DMS.

Maior FP indica maior PG e menor DMS, ou seja, material com menor quantidade de PB (4%) produziu mais gases e degradou menos nos períodos iniciais da fermentação (6 horas). Há diferenças entre os fenos em relação ao FP, principalmente nos períodos iniciais (6 e 12 horas). Esse comportamento pode ser explicado pela perda de proteína e carboidratos solúveis que podem estar passando pelos poros do cadinho sem serem fermentados durante as filtrações para obtenção da DMS.

### Predição da degradação da matéria seca...

A diferença entre PG e DMS para os fenos com diferentes teores protéicos e, conseqüentemente, diferentes composições bromatológicas (Nogueira et al., 2006) mostra a inviabilidade do uso de equações quando se analisam substratos com valor nutritivo não semelhantes.

Quanto ao milho, foram utilizados inóculos de três carneiros doadores e um *pool* de inóculos oriundos dos mesmos carneiros.

A equação conjunta, com todos os tratamentos do milho, apresentou alto coeficiente de determinação ( $R^2=0,97$ ), atribuído, provavelmente, à uniformidade da flora microbiana e similaridade dos híbridos utilizados no experimento (Tab. 6).

Tabela 6. Equações de regressão e coeficientes de determinação de acordo com os inóculos utilizados para a fermentação do milho

Inóculo	Equação	R <sup>2</sup>
1	0,194vol+ 9,95	0,99
2	0,178vol+13,14	0,97
3	0,171vol+14,24	0,98
Pool	0,171vol+14,44	0,94

Foram escolhidos valores de PG (50, 100 e 200ml) normalmente encontrados no início, meio e fim das fermentações e então substituídos na equação de cada inóculo. Os valores de DMS encontrados foram muito semelhantes (Tab. 7).

Tabela 7. Valores de degradação da matéria seca com produção de gases de 50, 100 e 200ml para quatro inóculos, utilizando o milho como substrato

Inóculo	50ml	100ml	200ml
1	20%	29%	49%
2	22%	31%	49%
3	23%	31%	49%
Pool	23%	32%	49%

A eficiência microbiana foi semelhante. Nesse caso, não foram detectadas diferenças quanto ao inóculo, porém uma equação para prever a DMS em função da PG, utilizando outras espécies doadoras de inóculo ou mesmo com alimentação diferente, poderia causar diferenças na relação PG/DMS.

Foram obtidas equações de regressão (PG x DMS) em dois experimentos distintos, utilizando o milho em grão como substrato. No primeiro

(inóculo 1), a amostra de milho em grão foi incubada com um *pool* de inóculos oriundos de três vacas holandesas, recebendo dois quilos de concentrado, sal mineral à vontade e sob pastejo de *Brachiaria brizantha*. A mesma amostra de milho em grão foi também incubada com inóculo de um boi mestiço holandês, castrado, alimentado com dois quilos de concentrado, sal mineral à vontade, porém este animal recebeu exclusivamente silagem de milho como fonte de volumoso (inóculo 2). Apesar de apresentarem idênticos  $R^2$  (0,99) para os dois inóculos, as equações de regressão diferiram-se (Tab. 8).

Tabela 8. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de acordo com os inóculos utilizados durante a fermentação do milho em grão

Inóculo	Equação	R <sup>2</sup>
1	0,221 vol+12,68	0,99
2	0,169 vol+33,62	0,99

Os volumes da PG (50, 100 e 200ml) foram escolhidos por serem normalmente encontrados no início, meio e final da fermentação durante uma prova *in vitro* e foram substituídos nas respectivas equações da Tab. 8, e os resultados podem ser observados na Tab. 9.

Tabela 9. Valores de degradação da matéria seca, utilizando produções de gases de 50, 100 e 200ml, para quatro inóculos diferentes usados na fermentação do milho em grão

Inóculo	50ml	100ml	200ml
1	24%	35%	57%
2	42%	51%	68%

Diferentemente dos valores encontrados com o milho, os dados com inóculos de animais que receberam alimentação não padronizada foram diferentes entre si. Tal fato prova que a eficiência microbiana pode alterar a PG em função da DMS, mesmo quando se utilizam amostras idênticas, como neste experimento.

A cana-de-açúcar (Tab. 2) apresentou o menor  $R^2$  (0,83), fato atribuído provavelmente à diferença entre os genótipos analisados. Quando os dados dos dois genótipos foram separados, o  $R^2$  foi maior que o de todas as amostras analisadas em conjunto (Tab. 10).

Tabela 10. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de acordo com os genótipos utilizados durante a fermentação da cana-de-açúcar

Genótipo	Equação	$R^2$
1	$0,174 \text{ vol} + 16,74$	0,93
2	$0,149 \text{ vol} + 28,06$	0,94

As diferenças quanto aos genótipos não podem ser atribuídas à concentração de carboidratos solúveis (sacarose), pois foram encontradas variações mesmo nos tempos finais da fermentação. Caso a diferença na concentração da sacarose fosse a responsável pela variação na relação PG/DMS, ela seria maior nos tempos iniciais da fermentação (6 e 12 horas) e inexistente nos tempos finais (48 e 96 horas), já que a sacarose já teria sido fermentada rapidamente. Outra característica da cana-de-açúcar está no comportamento de alguns genótipos. Conforme a Fig. 1, pode-se observar que uma equação linear não seria aplicável. Os dados correspondem às médias de quatro tratamentos de um mesmo genótipo e demonstram a perda de material solúvel (sacarose) pelos poros do cadinho durante as filtrações para obtenção da DMS. Nos tempos iniciais da fermentação, houve incremento significativo na PG, enquanto o aumento da DMS foi mais discreto.

Com relação ao sorgo, não foram encontradas informações relevantes quanto ao estudo das variações PG/DMS. A Fig. 2 mostra a equação com todos os genótipos de sorgo utilizados. Contudo, no período inicial da fermentação (6 horas), algumas amostras apresentaram grande variação quanto à DMS e à PG. Tal fato pode ser explicado pela variação na composição química ou por diferença na atividade microbiana do inóculo.

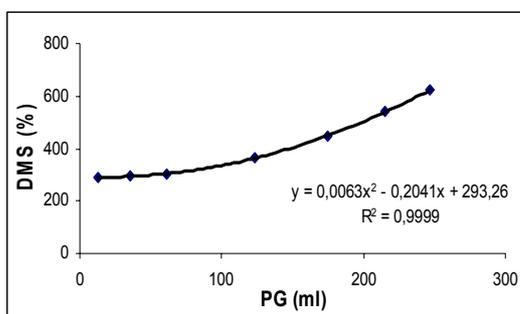


Figura 1. Degradação da matéria seca (DMS) e produção de gases (PG) de um genótipo de cana-de-açúcar.

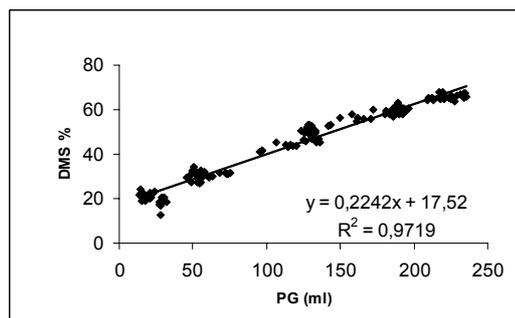


Figura 2. Produção de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) das amostras de sorgo durante 96 horas de fermentação do sorgo.

O comportamento das amostras da silagem de milho é apresentado na Fig. 3. Apesar do alto  $R^2$  (0,96), as amostras utilizadas mostram variação quanto à PG e à DMS. Os mesmos problemas apresentados para as demais forrageiras podem ser aplicados à silagem de milho, pois a predição da DMS via PG pode ser inviabilizada por essa variação.

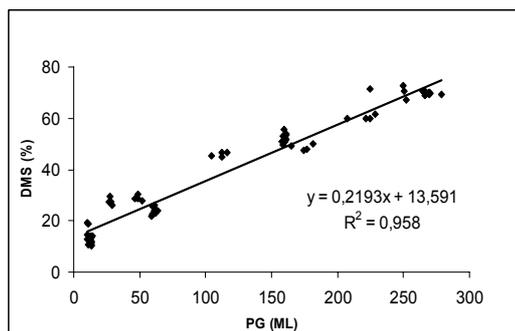


Figura 3. Produção de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) das amostras de silagem de milho durante 96 horas de fermentação.

A relação entre a PG e a DMS do capim-elefante é apresentada na Fig. 4. Observa-se elevado  $R^2$  (0,98), porém apenas quatro amostras e um único experimento foram avaliados, o que torna difícil qualquer comparação ou afirmação quanto ao substrato avaliado.

Há linearidade quanto aos valores de PG e DMS, porém mais tratamentos utilizando diferentes substratos com diferentes idades de corte, composição bromatológica e inóculos são necessários para uma conclusão satisfatória quanto à predição da DMS via PG para o capim-elefante.

Predição da degradação da matéria seca...

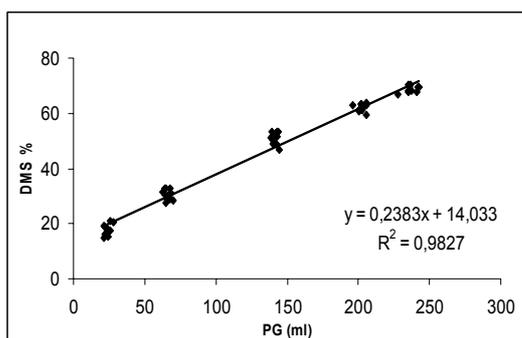


Figura 4. Produção de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) das amostras de capim-elefante durante 96 horas de fermentação.

As variações que podem ocorrer quanto à eficiência microbiana (diferença entre inóculos) e às variações existentes entre genótipos da mesma espécie impossibilitam a estimação de uma equação geral para grupos de forrageiras. Esse fato leva à conclusão de que seria necessária uma equação mais específica para prever a DMS via PG.

Para eliminar a possibilidade de erro com relação às diferenças provocadas pelo inóculo, a solução seria fazer uma nova equação, sempre que fosse realizado um experimento com inóculos diferentes.

Com relação aos erros provocados pelas diferentes composições bromatológicas existentes entre genótipos de mesma espécie, a solução seria fazer uma equação para cada novo genótipo, isto é, uma nova equação para cada tratamento a ser analisado. Portanto, uma equação que pudesse retirar os erros referentes ao inóculo e às diferenças bromatológicas entre genótipos deveria ser individual. A equação de dois pontos permitiria reduzir para menos da metade o número de frascos e cadinhos gastos para obtenção de valores de degradação dos substratos.

A equação de dois pontos objetiva estimar apenas os tempos intermediários da fermentação, pois os tempos de 6 e 96 horas devem ser obtidos em laboratório, mediante filtragem convencional. Portanto, cada tratamento (ex.: época de corte, dias de ensilagem, porcentagem de proteína, níveis de inclusão de um determinado produto) deve ter sua própria equação de dois pontos.

Com a obtenção dos valores da DMS nos tempos de 6 e 96 horas, uma reta ligaria os dois pontos (equação linear) e os demais tempos poderiam ser calculados, substituindo os valores de PG na equação. Dessa forma, neste estudo, os dados de PG e DMS obtidos em laboratório foram comparados aos dados estimados com a equação de dois pontos. Na Tab. 11, mostram-se o número de observações e o coeficiente de variação dos dados de PG e DMS das forrageiras utilizadas.

Tabela 11. Número de observações (n) e coeficiente de variação (CV) dos dados das forrageiras utilizadas

Substrato	n	CV
<i>B. decumbens</i>	180	36,4
<i>B. brizantha</i>	180	24,6
Tifton	288	31,2
Milheto	540	24,8
Milho em grão	540	20,3
Cana-de-açúcar	360	14,2
Silagem de sorgo	495	10,8
Capim-elefante	180	3,3
Silagem de milho	144	19,2

Foram comparados os dados da DMS obtidos em laboratório, após a filtragem tradicional, com os dados gerados pela equação de dois pontos estimada via PG. Empregou-se também o mesmo procedimento utilizando uma equação de três pontos (Tab. 12).

Tabela 12. Significância da predição da degradação da matéria seca (DMS) via produção de gases (PG) para a DMS obtida em laboratório com a equação de dois e três pontos

Substrato	DMS - laboratório	DMS - dois pontos	DMS - três pontos
<i>B. decumbens</i>	A	A	A
<i>B. brizantha</i>	A	A	A
Tifton	A	A	A
Milheto	A	A	A
Milho em grão	A	A	B
Cana-de-açúcar	A	A*	B
Silagem de sorgo	A	A*	B*
Capim-elefante	A	A*	B*
Silagem de milho	A	B	B

\*Interação significativa entre PG e DMS; teste SNK, 5% de probabilidade. Letras semelhantes em uma mesma linha indicam diferença não significativa comparando a DMS em laboratório com os demais métodos (dois e três pontos).

Os resultados da DMS obtidos em laboratório e os dados obtidos pela equação de dois pontos não diferiram entre si, com exceção da silagem de milho. Isso indica que, para todas as forragens, com exceção da silagem de milho, a equação de dois pontos pode estimar uma reta e, então, estimar os demais pontos intermediários. Entretanto, sabe-se que, no primeiro ponto (6 horas), há probabilidade de erros quanto à perda de partículas e, conseqüentemente, problemas de quantificação do resíduo degradado.

Essa diferença estatística pode acontecer pelo fato de a linha de tendência não ser totalmente linear, com alguns pontos fora do eixo da reta. Isso faz com que a equação de dois pontos, que é estimada via equação linear, tenha alguns valores sub ou superestimados.

Na Fig. 5, apresenta-se o comportamento da média dos dados de uma amostra de silagem de milho durante os tempos 6, 12, 24, 48 e 96 horas. Nos tempos intermediários da fermentação (12 a 24 horas), houve incremento da PG, enquanto a DMS permaneceu relativamente constante. Os dados foram publicados por Nogueira et al. (2003), demonstrando a perda de material solúvel pelos poros do cadinho, isto é, houve aumento na PG sem aumento na DMS, o que é biologicamente impossível ou improvável.

Os pontos contidos na Fig. 6 estão em ordem crescente e representam os tempos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas. O aumento da PG sem o aumento da DMS é atribuído à perda de material solúvel potencialmente fermentável, já que não é possível existir PG sem degradação.

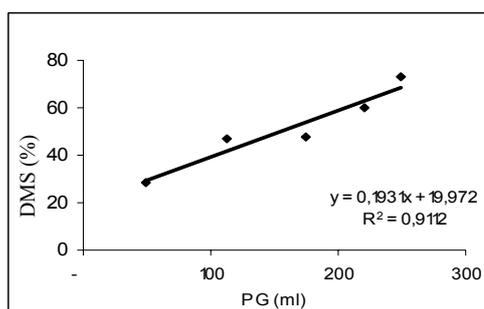


Figura 5. Equação linear entre produção de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) de uma amostra de silagem de milho.

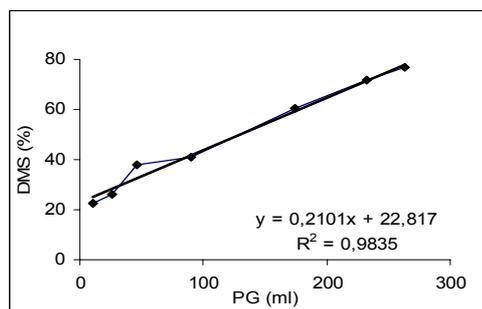


Figura 6. Equação linear entre produção de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) nos tempos de 2 e 96 horas de uma amostra de silagem de milho.

Outras circunstâncias poderiam tornar a equação de dois pontos inviável, como mostrado na Fig. 6. Percebe-se que, caso a amostra de silagem de milho fosse analisada utilizando-se somente dois pontos para calcular a equação, os tempos de 6 e 96 horas seriam a base da reta, ou seja, a inclinação seria diferente da inclinação real da reta entre PG e DMS. A diferença na inclinação levaria a uma equação com valores superestimados de DMS, prejudicando a predição da DMS via PG.

Para tentar sanar os erros contidos na equação de dois pontos, tentou-se acrescentar um terceiro ponto com a finalidade de aumentar a acurácia dos dados (Tab. 12). Na equação de três pontos, além dos tempos de 6 e 96 horas já contidos na equação de dois pontos, um terceiro ponto (24 horas) foi incluído, tornando a equação linear quadrática ou polinomial. Esse procedimento descreveria melhor os valores da DMS em situações na qual houvesse perda de material solúvel pelos poros do cadinho (Nogueira et al., 2003).

Ao contrário do que se esperava, a equação de três pontos não possibilitou estimar a DMS via PG. Com as forrageiras *B. decumbens*, *B. brizantha* e tifton e com o milheto, não houve diferença significativa entre a DMS obtida em laboratório e a obtida via equação de três pontos, indicando igual probabilidade de erros. Com o milho em grão, cana-de-açúcar, sorgo, capim-elefante e silagem de milho, houve diferença estatística entre os métodos avaliados, não permitindo realizar a predição da DMS via PG.

## CONCLUSÕES

Não é possível estimar a DMS via PG. A relação entre e PG e DMS mostra influência de diversos fatores, como: substratos com diferentes composições bromatológicas, diferentes idades de corte e inóculos com diferentes atividades. Recomenda-se a realização da DMS em conjunto com a PG em experimentos que utilizem a técnica *in vitro* de produção de gases.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. *J. Anim. Physiol. Nutr.*, v.77, p.24-3, 1997.
- BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.109-119, 1993.
- FARIA, B.N.; REIS, R.B.; MAURÍCIO, R.M. et al. Efeito do propileno glicol e monensina sobre a produção de metano e gases obtida através de relações estequiométricas e da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002.
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theoret. Biol.*, v.163, p.99-111, 1993.
- 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. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.64, p.77-89, 1996.
- LEITE, L.A.; REIS, R.B.; MAURÍCIO, R.M. et al. Avaliação das silagens de girassol, milho e sua associações pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases - 1: digestibilidade *in vitro*, produção cumulativa de gases, cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002.
- MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M. S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.321-33, 1999.
- MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci.*, v.93, p.217-222, 1979.
- MOULD, F. Predicting feed quality : chemical analysis and *in vitro* evaluation. *Field Crops Res.*, v.84, p.31-44, 2003.
- NOGUEIRA, Ú.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Prediction of DMD from gas production for substrates with high and low soluble carbohydrate content. *Wild and Domestic Herbivore Diet Characterization*. Universidad Autonoma de Yucatan, Merida, Mexico, 2003. p.27-28.
- NOGUEIRA, Ú.T., MAURÍCIO, R.M., GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.633-641, 2006.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Versão 8.0. Viçosa, MG: UFV, 2000. 142p.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.48, p.185-197, 1994.
- WOLIN, M.J. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.*, v.43, p.1452-1459, 1960.