

## Avaliação de métodos laboratoriais para estimar a digestibilidade e o valor energético de dietas para ruminantes

[Evaluation of laboratorial methods to estimate the digestibility and energetic value of ruminant diets]

M.F. Silveira, G.V. Kozloski\*, F.R. Mesquita, R. Farenzena, C.C.D. Senger, I.L. Brondani

Departamento de Zootecnia - UFMS  
Avenida Roraima, 1000 - Camobi  
97105-900 – Santa Maria, RS

### RESUMO

Foi avaliada a acurácia dos métodos laboratoriais para estimar a digestibilidade e o valor energético de dietas para bovinos de corte. As dietas experimentais foram isonitrogenadas e compostas por silagem de milho e 25, 40, 55 ou 70% de concentrado. Os valores de digestibilidade medidos *in vivo* foram comparados com os obtidos nos ensaios *in situ*, *in vitro* e *in vitro/gases*, e com valores estimados a partir de equações matemáticas baseadas na composição química das dietas. O ensaio *in vivo* foi realizado com quatro bovinos em delineamento em quadrado latino 4x4. Quatro animais foram usados para o ensaio *in situ* e quatro corridas foram realizadas para os ensaios *in vitro*. Não houve interação significativa de dietas versus métodos. As taxas de degradação calculadas a partir dos ensaios *in situ* e *in vitro/gases* não foram acuradas para estimar o valor nutritivo dos alimentos, e o método *in vitro* foi o que melhor estimou a digestibilidade das dietas. A equação de Weiss superestimou o valor nutricional das dietas por superestimar a digestibilidade da fibra e por subestimar a excreção endógena fecal, mas essa equação foi mais acurada que as equações de McDowell.

Palavras-chave: ruminante, digestibilidade, equações, *in situ*, *in vitro*, *in vivo*

### ABSTRACT

The accuracy of laboratorial methods to estimate the digestibility and energetic value of beef cattle diets was evaluated. Experimental diets were isonitrogenous and composed by corn silage, and 25, 40, 55, or 70% of concentrate. Digestibility values measured *in vivo* were compared to those obtained *in situ*, *in vitro*, and *in vitro/gases* assays, as well to values estimated from mathematical equations based on the chemical composition of diets. The *in vivo* assay was carried out using four cattle in a Latin Square experimental design. Four animals were used for *in situ* assay and four runs were carried out for *in vitro* assays. Significant interaction of method vs. diet was not observed. As single indicators, degradation rates calculated from *in situ* and *in vitro/gas* assays were not accurate to estimate the nutritive value of feeds. Among all tested methods, the *in vitro* assay was the most accurate to estimate the digestibility of diets. Weiss equation overestimated the nutritional value of diets by overestimated fiber digestibility and by underestimated fecal endogenous excretion. However, it was more accurate than McDowell equations.

Keywords: ruminant, digestibility, equations, *in situ*, *in vitro*, *in vivo*

### INTRODUÇÃO

A eficiência dos sistemas de produção de ruminantes depende, entre outros, da oferta adequada de nutrientes aos animais. A qualidade

nutricional de um alimento tem sido definida como o produto do seu consumo voluntário, da sua digestibilidade e da eficiência de utilização dos nutrientes digeridos. A princípio, o parâmetro mais consistente para caracterizar o potencial de um determinado alimento ou dieta

---

Recebido em 17 de junho de 2008

Aceito em 4 de fevereiro de 2009

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: kozloski@smail.ufsm.br

em suprir as exigências nutricionais de uma determinada categoria animal, em um sistema específico de manejo, é o desempenho animal obtido com o seu uso (Coleman e Moore, 2003; Mould, 2003). Porém, experimentos desse tipo são relativamente onerosos e demandam tempo relativamente longo para a obtenção de resultados. Em razão disso, foram desenvolvidas, nas últimas décadas, várias técnicas laboratoriais alternativas (Tilley e Terry, 1963; Orskov e McDonald, 1979; Theodorou et al., 1994), assim como modelos matemáticos baseados na composição bromatológica (McDowell et al., 1974; Weiss et al., 1992), para estimar o valor nutritivo dos alimentos. Vários desses métodos alternativos têm sido comparados ou validados isoladamente com experimentos *in vivo*, sendo variável o grau de precisão e exatidão das estimativas (Judkins et al., 1990; Khazaal e Orskov, 1993; Nsahlai e Umunna, 1996; Adesogan et al., 1998). No entanto, não foram encontrados na literatura estudos em que esses métodos tenham sido avaliados de forma integrada em relação à sua precisão e exatidão em detectar variações no valor nutritivo de dietas fornecidas a ruminantes.

O objetivo deste estudo foi comparar, de forma integrada, vários métodos utilizados para estimar a digestibilidade e o valor energético de dietas para bovinos de corte.

## MATERIAL E MÉTODOS

A digestibilidade e o valor energético de dietas constituídas de silagem de milho e 25, 40, 55 ou 70% de concentrado, obtidos em um ensaio de digestibilidade *in vivo*, foram comparados com valores estimados pelos métodos *in situ*, *in vitro*, *in vitro*/gases e com valores obtidos com uso de equações matemáticas baseadas na composição bromatológica dessas dietas. A formulação dos concentrados e a composição bromatológica das dietas são apresentadas na Tab. 1.

Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fibra bruta (FB) e extrato etéreo (EE) foram determinados de acordo com o AOAC (Official..., 1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA) foram determinados de acordo com Robertson e Van Soest (1981). Contudo, a determinação de FDN e FDA foi feita com uso de sacos de

poliéster, conforme modificação de Komarek (1993). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com Licitra et al. (1996).

O ensaio de digestibilidade *in vivo* foi realizado com quatro bovinos canulados no rúmen (peso vivo médio de 620kg), em um delineamento em quadrado latino 4x4, em quatro períodos de 15 dias, sendo os primeiros 10 dias destinados à adaptação dos animais às dietas e os cinco últimos dias à coleta de dados e amostras. Durante o período experimental, os animais receberam alimentação duas vezes ao dia em quantidades restritas a 90% do menor consumo voluntário observado em um período pré-experimental de três semanas. As fezes eram pesadas e amostradas diariamente (aproximadamente 10% do peso total). Amostras representativas das dietas foram coletadas uma vez em cada período experimental. Todas as amostras foram secas em estufa de ar forçado a 55°C durante, pelo menos, 72 horas, moídas (peneira com porosidade de 1mm) e armazenadas para posterior análise. A digestibilidade aparente da MO (DapMO) foi calculada como a quantidade desta fração consumida menos a excretada nas fezes, e a digestibilidade verdadeira da MO (DvMO) foi calculada como a quantidade de MO consumida menos a excreção fecal de FDN (Mulligan et al., 2001). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado somando as frações digestíveis da proteína bruta ( $N \times 6,25$ ), carboidratos (CHO) e do EE, sendo este último multiplicado por 2,25. O teor de CHO das amostras foi calculado como:  $CHO = MO - (PB + EE)$ .

A digestibilidade *in vitro* da MO (DIVMO) das amostras das dietas foi determinada por um método adaptado de Tilley e Terry (1963). Aproximadamente 300mg de amostras previamente secas e moídas foram pesadas em saquinhos de poliamida (3x4cm, porosidade de 50 $\mu$ ), os quais foram selados e incubados anaerobicamente em frascos de vidro (capacidade de dois litros) vedados com tampa plástica dotada de válvula de Bünsen, contendo solução tampão/mineral<sup>1</sup> e inóculo ruminal (proporção de 4:1), a 39°C em banho-maria durante 48h, com agitação lenta. O fluido

<sup>1</sup>Ankom Technology Corporation - New York, EUA.

*Avaliação de métodos laboratoriais...*

ruminal foi obtido de dois bovinos fistulados no rúmen mantidos em pastagem de azevém em estágio vegetativo (*Lolium multiflorum*). Foram utilizados quatro frascos, cada um representando uma repetição, sendo que em cada um deles foram incubadas amostras em triplicata de todas as dietas. Após 48h de incubação, os saquinhos foram tratados com solução detergente neutro

(Goering e Van Soest, 1970), em autoclave a 120°C durante 60 minutos, lavados com água corrente e acetona, secos em estufa a 105°C durante pelo menos oito horas e pesados. A seguir, foram queimados em mufla a 550°C durante duas horas para determinação da MO residual.

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas utilizadas no ensaio de digestibilidade *in vivo* com bovinos e avaliadas pelos métodos *in situ*, *in vitro* e *in vitro*/gases

Componente	Nível de concentrado (%)			
	25	40	55	70
Formulação dos concentrados (kg, base MS)				
Milho grão	20,0	40,0	49,6	55,0
Farelo de trigo	10,0	20,0	24,8	27,5
Farelo de soja	66,4	37,1	23,5	15,7
Calcário calcítico	1,2	1,1	0,9	1,0
Sal comum (NaCl)	2,4	1,8	1,2	0,8
Composição bromatológica das dietas				
MS (%)	44,2	53,2	60,8	69,2
Composição (% na MS)				
MO	90,2	90,8	92,2	92,8
FDN	51,5	47,0	39,3	33,6
FDA	27,5	24,0	19,1	15,1
LDA	4,3	3,9	3,4	2,7
EE	2,7	2,6	2,6	2,5
FB	22,5	19,2	15,1	11,8
ENN	27,5	34,6	41,5	48,0
N total	1,9	1,8	1,9	1,9
Composição (% do N total):				
NIDA	5,7	4,8	4,1	3,2
NIDN	17,1	15,9	14,7	14,4

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LDA: lignina em detergente ácido; EE: extrato etéreo; FB: fibra bruta; ENN: extrativo não nitrogenado; N: nitrogênio; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro.

As dietas também foram analisadas pela técnica semiautomatizada de produção de gases *in vitro* (Maurício et al., 1999). Foram realizadas quatro corridas, sendo que as amostras das dietas foram incubadas em triplicatas em cada corrida. Aproximadamente 1g de amostra foi incubada anaerobicamente a 39°C com 100ml de fluido ruminal tamponado (relação tampão/fluido de 8:2) (Theodorou et al., 1994) em frascos de vidro (capacidade de 160ml) vedados com tampas de borracha. O fluido ruminal foi obtido dos mesmos bovinos descritos anteriormente. As leituras de pressão (psi) no interior dos frascos foram feitas com um transdutor de pressão nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 72 e 96 horas após a incubação. A cada leitura, os

gases do interior dos frascos eram liberados até pressão nula. Os valores de pressão foram convertidos em volume de gás utilizando-se uma equação previamente determinada (Senger, 2005). A produção de gás em cada tempo foi corrigida para a produção de gás média obtida de frascos contendo fluido ruminal tamponado sem amostra. Os valores de produção de gás ao longo do tempo de incubação foram ajustados ao modelo logístico uni-compartimental de Schofield et al. (1994).

O ensaio *in situ* foi conduzido com os mesmos quatro animais utilizados no ensaio *in vivo*, mas alimentados ad libitum com uma dieta única constituída de 70% de silagem de milho e 30%

de farelo de trigo. Cinco gramas de amostra parcialmente seca e moída de cada dieta foram pesadas em sacos de poliéster (10 × 16cm e porosidade de 50 $\mu$ ), os quais foram selados e incubados em duplicatas no rúmen dos animais durante 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 e 96h. Após retirados do rúmen, os sacos foram lavados extensivamente até a água fluir límpida. Sacos adicionais contendo amostras não incubadas também foram lavados para estimar a fração solúvel (tempo 0). Posteriormente, todos os sacos foram mantidos submersos por 24h a 4°C em uma solução de dissociação das bactérias (Whitehouse et al., 1994), lavados, colocados em estufa a 105°C durante pelo menos oito horas e pesados. Os valores do desaparecimento da MS das amostras ao longo do tempo de incubação foram ajustados ao modelo de Orskov e McDonald (1979). A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada considerando taxas de passagem de 2, 5 ou 8%/h.

Valores de digestibilidade e de NDT foram também estimados a partir da composição química das dietas utilizando as equações de McDowell et al. (1974) e de Weiss et al. (1992).

Os dados de digestibilidade ou degradabilidade efetiva obtidos pelos métodos *in vivo*, *in situ*, *in*

*vitro* foram submetidos à análise de variância e, em cada um desses métodos, analisados por regressão. Quando médias foram comparadas, o teste Tukey a 5% de probabilidade do erro Tipo I foi usado. A unidade experimental (repetição) nos métodos *in vivo* e *in situ* foi o animal e, nos métodos *in vitro*, a corrida. As médias de digestibilidade, degradabilidade efetiva ou do teor de NDT obtidas pelos diferentes métodos foram comparadas pelo teste t para dados pareados. Foram realizadas ainda, análises de correlação entre os parâmetros da cinética de degradação ruminal *in situ*, produção de gás *in vitro*, digestibilidade e/ou teor de NDT das dietas. Para essas análises, utilizou-se o programa estatístico SAS/2004.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As digestibilidades das dietas obtidas pelos diferentes métodos são apresentadas na Fig. 1. Pelo método *in situ*, os valores de DE estimados utilizando diferentes taxas de passagem foram sempre inferiores às digestibilidades observadas pelos demais métodos. Em função disso, foram incluídos nesse trabalho somente os valores mais altos de DE estimados com a menor taxa de passagem (2%/h).

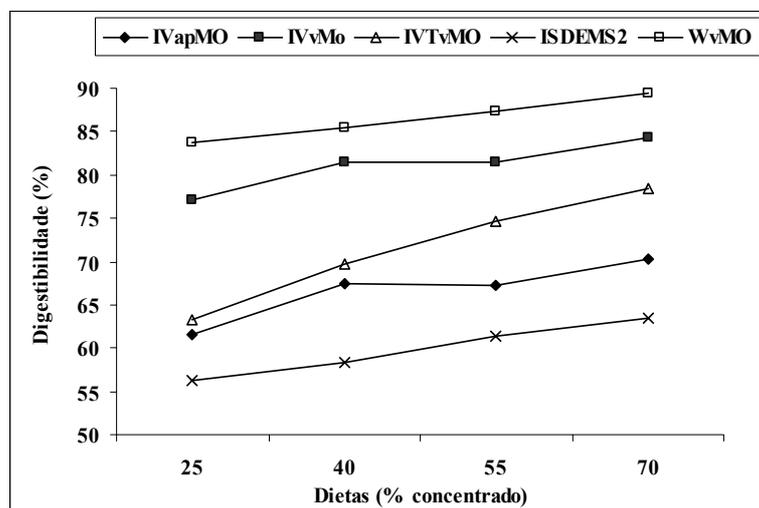


Figura 1. Digestibilidade média de dietas com diferentes níveis de concentrado obtida por diferentes métodos. IVapMO: digestibilidade aparente da matéria orgânica (MO) obtida pelo método *in vivo* ( $y=60,1 + 2,61x$ ;  $r^2=0,83$ ); IVvMO: digestibilidade verdadeira da MO obtida pelo método *in vivo* ( $y=75,6 + 2,17x$ ;  $r^2=0,89$ ); IVTvMO: digestibilidade verdadeira da MO obtida pelo método *in vitro* ( $y=58,9 + 5,05x$ ;  $r^2=0,99$ ); ISDEMS2: degradabilidade efetiva da matéria seca (MS) estimada pelo método *in situ* com taxa de passagem de 2%/h ( $y=53,7 + 2,43x$ ;  $r^2=0,99$ ); WvMO: digestibilidade verdadeira da MO estimada pela equação de Weiss et al. (1992) ( $y=81,7 + 1,91x$ ;  $r^2=0,99$ ).

Não foi observada interação significativa de dietas versus métodos. Em todos os métodos, as digestibilidades da MS ou da MO aumentaram linearmente com o aumento do nível de concentrado ( $P < 0,05$ ). No entanto, pelo método *in vivo*, apesar de a regressão linear ter sido significativa, quando o nível de concentrado aumentou de 40 para 55%, ambos, DapMO e DVMO, tenderam à estabilidade, aumentando novamente com o incremento do nível de concentrado para 70%. Isso ocorreu porque a digestibilidade da FDN reduziu de 62 para 54% ( $P < 0,05$ ) quando o teor de concentrado na dieta aumentou de 40 para 55 ou 70% (Fig. 2). Na dieta com 70% de concentrado, a redução da digestibilidade da FDN afetou menos a digestibilidade da MO total devido ao baixo teor de FDN nesta dieta. O efeito depressivo da adição de suplementos energéticos sobre o consumo e a digestibilidade de volumosos tem

sido amplamente citado na literatura e, em geral, está associado à queda do pH ruminal (Mould e Orskov, 1983; Grant e Mertens, 1992). No entanto, ela pode ser também afetada negativamente pela presença de carboidratos solúveis *per se*, especialmente por exercerem efeito adverso sobre a taxa da degradação da fibra (Arroquy et al., 2005). Os mecanismos dessa inibição, contudo, não são conhecidos.

Os resultados da comparação entre métodos são apresentados na Tab. 2. A DE obtida pelo método *in situ* subestimou ( $P < 0,05$ ) a digestibilidade das dietas quando comparada à DapMO obtida pelo método *in vivo*. Os parâmetros resultantes do modelo matemático utilizado nesta técnica (i. e., de Orskov e McDonald, 1979) podem não ter estimado adequadamente o processo real de digestão ruminal.

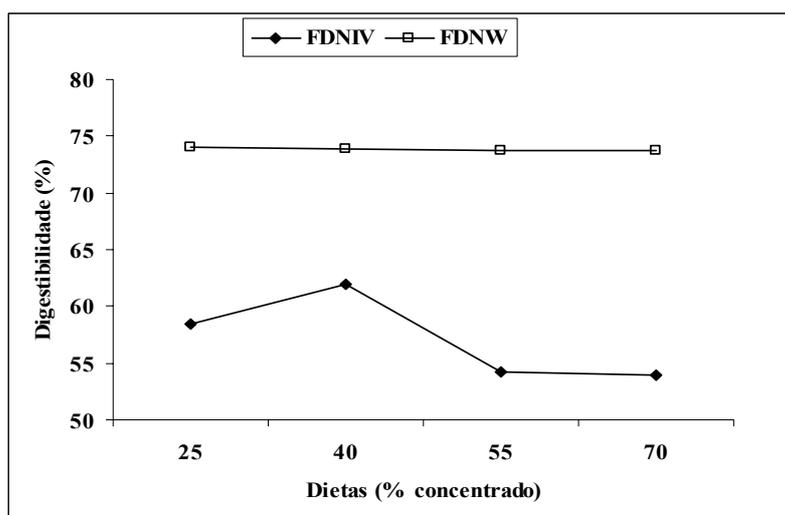


Figura 2. Digestibilidade média da fibra em detergente neutro de dietas com diferentes níveis de concentrado obtida pelo método *in vivo* (FDNIV) ou estimada pela equação de Weiss (FDNW).

A validade do uso de um método alternativo para estimar o valor nutricional de um alimento depende não somente do seu grau de exatidão médio, mas principalmente da precisão e correlação dos dados estimados com os observados, os quais, neste estudo, são representados por aqueles obtidos no ensaio de digestibilidade *in vivo*. Os resultados de literatura em relação a esse aspecto são discrepantes. Em alguns estudos, foram observadas altas correlações entre os métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* (Judkins et al., 1990; Khazaal e Orskov,

1993), mas em outros, não (Nsahlai e Umunna, 1996; Adesogan et al., 1998). No presente trabalho, entre os métodos testados, somente a DVMO *in vitro* correlacionou-se positiva e significativamente ( $P < 0,05$ ) com a DVMO e com o NDT obtidos pelo método *in vivo* (Tab. 3).

Não foi observada correlação significativa entre os parâmetros de degradação *in situ* ou da fermentação *in vitro*/gases com os resultados de digestibilidade *in vivo* (Tab. 4). Nogueira et al. (2006) também verificaram que a produção de

gás *in vitro* foi inadequada para estimar a digestibilidade da MS do milho e de vários tipos de forrageiras. A técnica *in vitro*/gases estima o valor nutricional dos alimentos pela medida dos gases (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) produzidos a partir da fermentação de carboidratos (Theodorou et al., 1994). No entanto, não inclui amônia e, desse modo, não considera adequadamente a degradação das proteínas. Diversos autores observaram alta correlação entre digestibilidade *in vivo* e produção de gás *in vitro* (Blümel e Orskov, 1993; Khazaal e Orskov, 1993). Contudo, esses autores avaliaram forrageiras com teores de proteína mais baixos (9,5% PB) que o teor presente nas dietas experimentais (12% PB) do

presente trabalho. Além disso, o volume total de gás produzido *in vitro* é resultado da incubação das amostras durante 96 horas em um meio estático. No animal, de outra forma, a digestibilidade dos alimentos é consequência da taxa de degradação, mas também é inversamente relacionada à taxa de passagem pelo trato digestivo (Van Soest, 1994). De fato, isso indica que dados de cinética de degradação, tanto *in situ* quanto *in vitro*, são válidos somente quando utilizados em modelos que incluam também, além das taxas de degradação, as taxas de passagem para estimar a digestibilidade das dietas (Fox et al., 2004; Dijkstra et al., 2005).

Tabela 2. Diferença entre médias de digestibilidade de dietas à base de silagem de milho e concentrado obtidas com diferentes métodos

Método	Médias	Diferença	EP	P
IVapMO – ISDEMS2	66,6 – 59,8	6,8	1,17	*
IVvMO – IVTvMO	81,1 – 71,6	9,5	1,93	*
IVapMO – IVTvMO	66,6 – 71,6	-5,0	1,70	*
IVapMO – WapMO	66,6 – 79,5	- 12,9	0,92	*
IVvMO – WvMO	81,1 – 86,5	- 5,4	0,57	*
IVNDT – WNNT	64,0 – 74,4	-10,4	0,85	*
IVNDT – WEENDT	64,0 – 62,2	1,82	3,7	ns
WNNT – WEENDT	74,4 – 62,2	12,2	3,7	*
FDNIV - FNDW	57,2 – 73,8	-16,7	1,9	*

ISDEMS2: degradabilidade efetiva da matéria seca (MS) estimada pelo método *in situ* com taxa de passagem de 2%/h; IVapMO: digestibilidade aparente da matéria orgânica (MO) obtida pelo método *in vivo*; WapMO: digestibilidade aparente da MO estimada pela equação de Weiss et al. (1992); IVvMO: digestibilidade verdadeira da MO obtida pelo método *in vivo*; IVTvMO: digestibilidade verdadeira da MO estimada pelo método *in vitro*; WvMO: digestibilidade verdadeira da MO estimada pela equação de Weiss et al. (1992); IVNDT: NDT, nutrientes digestíveis totais (%) obtido pelo método *in vivo*; WNNT: NDT, nutrientes digestíveis totais (%) estimado pela equação de Weiss et al. (1992); WEENDT: NDT, nutrientes digestíveis totais (%) estimado pela equação de McDowell et al. (1974); FDNIV: digestibilidade da fibra detergente neutro obtida pelo método *in vivo*; FNDW: digestibilidade da fibra detergente neutro estimada pela equação de Weiss et al. (1992).

EP: erro-padrão da média das diferenças entre os métodos, em que n=4 por método.

P: probabilidade do teste t para dados pareados; ns: não significativo; \* P<0,05.

Na rotina dos laboratórios, o método mais comumente utilizado para estimar o valor nutricional dos alimentos é o uso de equações matemáticas baseadas na composição bromatológica dos alimentos. Neste estudo, o teor de NDT médio de todas as dietas estimado pela equação de McDowell et al. (1974) foi similar ao obtido *in vivo* (Tab. 2). No entanto, os coeficientes de correlação entre os valores médios individuais de NDT de cada dieta estimados por estas equações com os valores de NDT ou de digestibilidade obtidos *in vivo* foram os mais baixos entre os métodos comparados (Tab. 3). Esta equação tendeu a superestimar o teor de NDT das dietas com 25 e 40% de concentrado e subestimar o das dietas com 55 e 70% de concentrado (Fig. 3). A equação de Weiss et al. (1992) superestimou o valor energético

de todas as dietas (P<0,05), principalmente por superestimar a digestibilidade da FDN, mas foi mais correlacionada com o método *in vivo* que a equação de McDowell et al. (1974). Pela equação de Weiss et al. (1992), a digestibilidade da FDN é inversamente relacionada ao teor de lignina. No entanto, ela não considera o efeito associativo entre alimentos, ou seja, o efeito negativo do amido, açúcares solúveis e pH sobre a digestibilidade da fibra no rúmen. Além disso, a equação de Weiss assume que a fração endógena representa 7% da matéria orgânica fecal, enquanto no presente estudo esta fração foi de 14,4%. Senger (2005) também verificou que a equação de Weiss superestimou a digestibilidade de silagens de milho quando comparada com a digestibilidade verdadeira da matéria orgânica obtida *in vitro*.

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre os valores de digestibilidade de dietas à base de silagem e concentrado obtido por diferentes métodos

Método	IVTvMO	ISDEMS2	WvMO	WapMO	WNNT	WEENDT
IVapMS	0,9023	0,8363	0,8499	0,8499	0,7879	-0,3219
IVapMO	0,9395	0,8845	0,8945	0,8945	0,8427	-0,4035
IVvMO	0,9567*	0,9152	0,9279	0,9279	0,8791	-0,4257
IVNNT	0,9718*	0,9333	0,9414	0,9414	0,9003	-0,4814

\*P<0,05.

IVapMS: digestibilidade aparente da matéria seca (MS) obtida pelo método *in vivo*; IVapMO: digestibilidade aparente da matéria orgânica (MO) obtida pelo método *in vivo*; IVvMO: digestibilidade verdadeira da MO obtida pelo método *in vivo*; IVNNT: NNT, nutrientes digestíveis totais (%) obtido pelo método *in vivo*; IVTvMO: digestibilidade verdadeira da MO estimada pelo método *in vitro*; ISDEMS2: degradabilidade efetiva da MS estimada pelo método *in situ* com taxa de passagem de 2%/h; WvMO: digestibilidade verdadeira da MO estimada pela equação de Weiss et al. (1992); WapMO: digestibilidade aparente da MO estimada pela equação de Weiss et al. (1992); WNNT: NNT, nutrientes digestíveis totais (%) estimado pela equação de Weiss et al. (1992); WEENDT: NNT, nutrientes digestíveis totais (%) estimado pela equação de McDowell et al. (1974).

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre os valores de digestibilidade de dietas à base de silagem e concentrado obtidos *in vivo* com parâmetros da cinética de degradação *in situ* e *in vitro*/gases

Item	VolFinal	Txdeg <sub>sit</sub>	Txdeg <sub>vit</sub>	Lgsitu	Lgvitro
IVapMO	-0,1162	-0,1830	0,1484	-0,3104	0,1250
IVvMO	-0,0098	-0,1597	0,2223	-0,2996	0,1266

P<0,05.

IVapMO: digestibilidade aparente da MO obtida pelo método *in vivo*; IVvMO: digestibilidade verdadeira da MO obtida pelo método *in vivo*; VolFinal: volume final de gás (mL) estimado pela técnica de produção de gás; Txdeg<sub>sit</sub>: taxa fracional de degradação estimada pelo método *in situ*; Txdeg<sub>vit</sub>: taxa fracional de degradação estimada pela produção de gases *in vitro*; Lgsitu: tempo de colonização (h) estimado pelo método *in situ*; Lgvitro: tempo de colonização (h) estimado pela técnica de produção de gases *in vitro*.

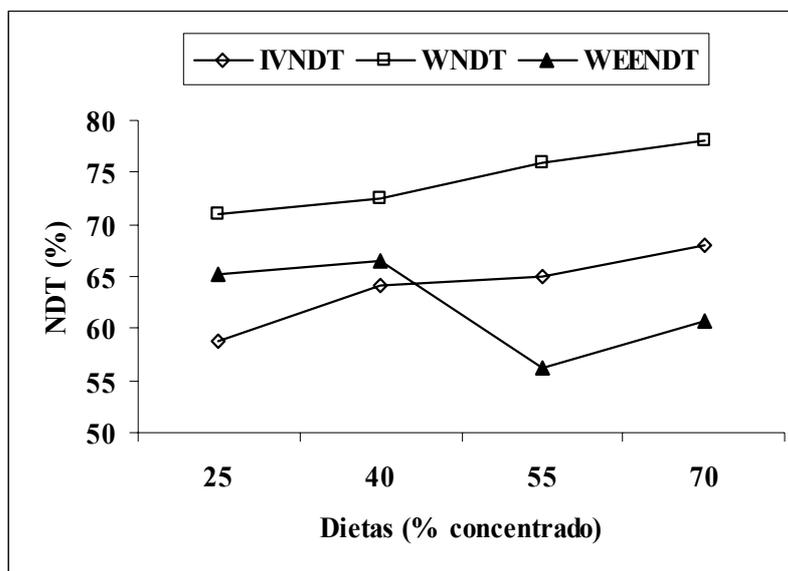


Figura 3. Valor médio de nutrientes digestíveis totais (NNT) com diferentes níveis de concentrado obtidos por diferentes métodos. IVNNT: NNT obtido pelo método *in vivo*; WNNT: NNT obtido pela equação de Weiss et al. (1992); WEENDT: NNT obtido pela equação de McDowell et al. (1974).

## CONCLUSÕES

A digestibilidade *in vivo* de dietas à base de silagem e concentrado pode ser estimada precisamente pelo método *in vitro*. A equação de Weiss superestima o valor energético destas dietas por superestimar a digestibilidade da fibra e por subestimar a fração endógena fecal. No entanto, é mais precisa que as equações baseadas na análise proximal dos alimentos. As taxas de degradação estimadas pelos métodos *in situ* e *in vitro*/gases isoladamente não são úteis para estimar o valor energético dos alimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADESOGAN, A.T.; OWEN, E.; GIVENS, D.I. Prediction of the *in vivo* digestibility of whole crop wheat from *in vitro* digestibility, chemical composition, *in situ* rumen degradability, *in vitro* gas production and near infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.74, p.259-272, 1998.
- ARROQUY, J.I.; COCHRAN, R.C.; WICKERSHAM, T.A. et al. Effect of types of non-fibre carbohydrate on *in vitro* forage fibre digestion of low-quality grass hay. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.120, p.93-106, 2005.
- BLÜMMEL, M.; ORSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.109-119, 1993.
- COLEMAN, S.W.; MOORE, J.E. Feed quality and animal performance. *Field Crops Res*, v.84, p.17-29, 2003.
- DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; BANNINK, A. et al. Application of the gas production technique to feed evaluation systems for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.123-124, p.561-578, 2005.
- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P. et al. The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluation herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.112, p.29-78, 2004.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. *Forage fiber analysis: Apparatus reagents, procedures and some applications*. Washington: USDA, 1970. 20p. (Agricultural Handbook, 379).
- GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Development of buffer system for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1581-1587, 1992.
- JUDKINS, M.B.; KRYSL, L.J.; BARTON, R.K. Estimating diet digestibility: a comparison of 11 techniques across six different diets fed to rams. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.1405-1415, 1990.
- KHAZAAL, K.; ORSKOV, E.R. The *in vitro* gas production technique: an investigation on its potential use with insoluble polyvinylpyrrolidone for the assessment of phenolics-related antinutritive factors in browse species. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.47, p.305-320, 1993.
- KOMAREK, A.R. A fiber bag procedure for improved efficiency of fiber analyses. *J. Dairy Sci.*, v.76, suppl.1, p.250, 1993. (Abstract).
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.57, p.347-358, 1996.
- MAURÍCIO, 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.321-330, 1999.
- McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; THOMAS, J.E. et al. *Tabelas de composição de alimentos da América Latina*. Gainesville: Universidade da Flórida, 1974. 47p.
- MOULD, F.L. Predicting feed quality - chemical analysis and *in vitro* evaluation. *Field Crops Res.*, v.84, p.31-44, 2003.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.10, p.1-14, 1983.
- MULLIGAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; RATH, M. et al. The effect of dietary protein content and hay intake level on the true and apparent digestibility of hay. *Livest. Prod. Sci.*, v.68, p.41-52, 2001.
- NOGUEIRA, Ú.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Predição da degradação da matéria seca pelo volume de gases utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.901-909, 2006.
- NSAHLAI, I.V.; UMUNNA, N.N. Comparison between reconstituted sheep faeces and rumen

fluid inocula and between *in vitro* and *in sacco* degradability methods as predictors of intake an *in vivo* digestibility. *J. Agric. Sci.*, v.26, p.235-248, 1996.

OFFICIAL methods of analysis. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 186p.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, v.92, p.499-503, 1979.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Eds.). *The analysis of dietary fibre in food*. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.

SENGER, C.C.D. *Comparação de técnicas na avaliação da qualidade de silagens de milho*. 2005. 126f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas

production. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2980-2991, 1994.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crop. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. New York: Cornell University, 1994. 476p.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.39, p.95-110, 1992.

WHITEHOUSE, N.L.; OLSON, V.M.; SCHWAB, C.G. et al. Improved techniques for dissociating particle-associated mixed ruminal microorganisms from ruminal digesta solids. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.1335-1343, 1994.