

LZT 0580 – Análise e composição de alimentos

Técnicas de avaliação de digestibilidade e degradabilidade



Carla Maris Bittar
Depto. de Zootecnia

[Energia]

- Não existe análise direta de energia disponível para ruminantes
- Energia: atributo do alimento relacionado com o potencial que este tem de gerar trabalho
 - Manutenção dos gradientes eletroquímicos das membranas
 - manutenção da pressão-volume
 - síntese de macromoléculas

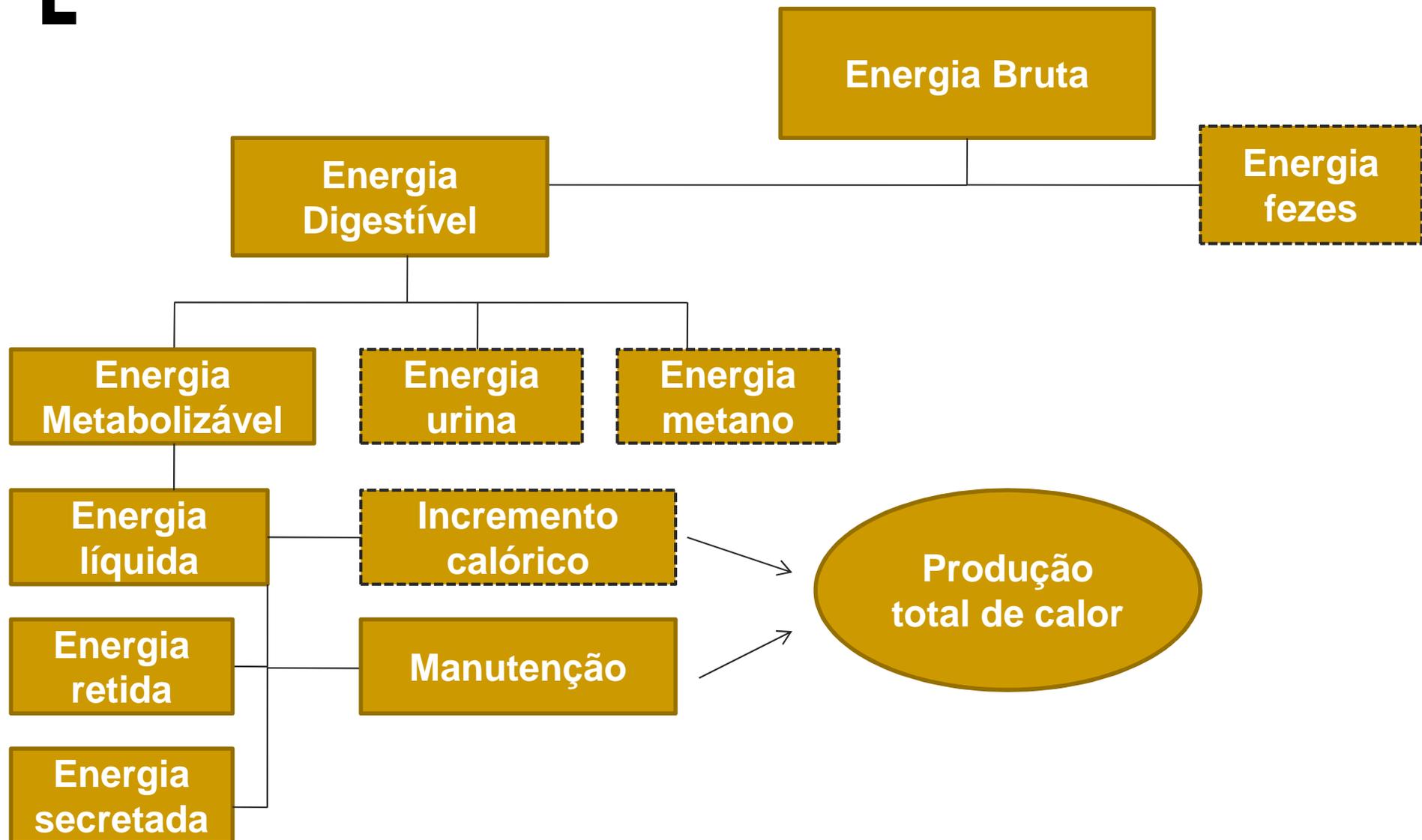
[Energia Bruta]

- Calor liberado (kcal/g) pela amostra após sua oxidação em meio rico a oxigênio
 - carboidratos: 4,15 kcal/g
 - proteínas: 5,65 kcal/g
 - gorduras: 9,40 kcal/g
- Bomba calorimétrica
 - Cilindro fechado com amostra e oxigênio em recipiente com água
 - medida de alteração na temperatura da água
 - equivalente hidrotérmico: quantidade de caloria necessária para elevar 1°C
 - padrão ácido benzóico



Esquema de Partição de Nutrientes

Sistema de Energia Líquida



Nutrientes Digestíveis Totais

$$\text{NDT(\%)} = \% \text{PBD} + \% \text{FBD} + \% \text{ENND} + (\% \text{EED} \times 2,25)$$

Onde:

PBD = proteína bruta digestível

FBD = proteína bruta digestível

ENND = proteína bruta digestível

EED = proteína bruta digestível

[NDT: Limitações]

- Incorpora os defeitos do sistema de análise proximal (Weende)
- Leva em conta apenas perdas digestivas de energia
- Leva em conta as rotas metabólicas dos nutrientes apenas ao definir o valor 4 kcal/g para o teor de energia dos carboidratos digestíveis (ENN, FB) e de 9 kcal/g para o EE digestível. A água e cinzas (MM) não contém energia.
- Como o EE é multiplicado por 2,25, alimentos com alto teor de EE podem ter teor de NDT superior a 100%

Estimativa do NDT (Kearl, 1982)

Método de Kearl

		PB (%)	ENN (%)	EE (%)	FB (%)
1- % NDT	- 17,2649	+ 1,2120	+ 0,8352	+ 2,4637	+ 0,4475
2- % NDT	- 21,7656	+ 1,4284	+ 1,0277	+ 1,2321	+ 0,4867
3- % NDT	- 21,9391	+ 1,0538	+ 0,9736	+ 3,0016	+ 0,4590
4 - % NDT	+ 40,2625	+ 0,1969	+ 0,4228	+ 1,1903	- 0,1379
5- % NDT	+ 40,3227	+ 0,5398	+ 0,4448	+ 1,4218	- 0,7007

- 1 - Feno, Palha e Resíduos Fibrosos Secos.
- 2 - Pastagens e Forragens Frescas.
- 3 - Silagens de Volumosos
- 4 - Alimentos Energéticos: $\leq 20\%$ PB e $\leq 18\%$ FB.
- 5 - Suplementos Protéicos: $\geq 20\%$ PB.

Equação de múltiplos componentes

(Weiss et al, 1993)

$$\text{NDT} = (0,98 \times \text{CNF}) + (0,93 \times \text{PB}) + (2,25 \times (\text{EE}-1)) + (0,75) \times (\text{FDNlp} - \text{L}) \times (1 - ((\text{L}/\text{FDNlp})^{0,667})) - 7$$

Onde:

CNF = CHO não fibrosos = 100 - PB - MM - EE - NDFlp

PB = Proteína Bruta

EE = Extrato etéreo

MM = Matéria mineral

NDF = NDF puro (livre de cinzas)

PB-FDN = PB ligada ao NDF

NDFLP = NDF livre de prot. = NDF - NDFPB

L = Lignina

Nota: Se AG totais são conhecidos, substitua (EE-1) por (2,25 x AG)

Alimento	% NDT	ED 1x, Mcal/kg
Alfafa	56,4	2,60
Cana de açúcar	65,5	--
Capim Elefante	51,0-64,2	--
Silagem de milho	68,8	2,99
Farelo de soja	81,4	4,16
Farelo de Canola	69,9	3,44
Caroço de algodão (lint)	77,2	3,55
Polpa cítrica	79,8	3,44
Milho moído	88,7	3,85
Milho floculado	91,7	3,97
Sorgo moído	80,6	3,53



Técnicas de estimativa de digestibilidade



INTRODUÇÃO

Fatores nutricionais → desempenho animal

- Composição químico-bromatológica
 - Digestibilidade
 - Cinética de digestão e degradação
 - Consumo voluntário
-
- Avaliação da degradabilidade e da digestibilidade de alimentos

In situ

In vitro

[Digestibilidade *in vitro*]

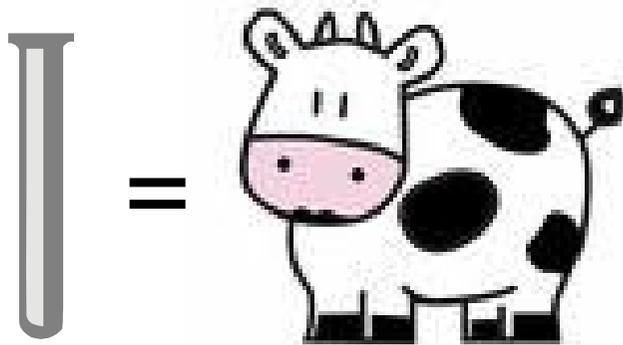
Fermentação ruminal
Digestão no pós-rúmen



Desaparecimento Material



Método gravimétrico



[Digestibilidade *in vitro*]

- Condições do ensaio:
 - Anaerobiose
 - Suplemento de Nutrientes – Amônia
- Fontes de Variação (Perez, 1997)

População	Amostragem	Meio	Procedimentos
Dieta Animal Fluído	Granulometria Peso	Inóculo:ST pH	Tempo Erros

Digestibilidade *in vitro*

Correlação *in vivo* x *in vitro* da digestibilidade da MS e da celulose

Y	X	r	Regressão	CV	Referência
<i>In vivo</i>	<i>In vitro</i>				
DMS	DIVCel. 24h	+0,77	$Y=31,8+0,71X$	5,13	Baumgardt et al., 1962
DMS	DIVMS 24h	+0,97	$Y=14,8+0,86X$	-	Farias et al., 1972
DMS	DIVMS 48h	+0,87	$Y=4,17+1,12X$	-	Tilley et al., 1960
DMS	DIVMS 24h	+0,93	$Y=9,33+1,28X$	8,14	Vieira e Gomide, 1970
DMS	DIVMS 48h	+0,91	$Y=-7,9+1,31X$	9,05	Vieira e Gomide, 1970
DMS	DIVCel. 48h	+0,93	$Y=0,94+0,95X$	7,62	Vieira e Gomide, 1970

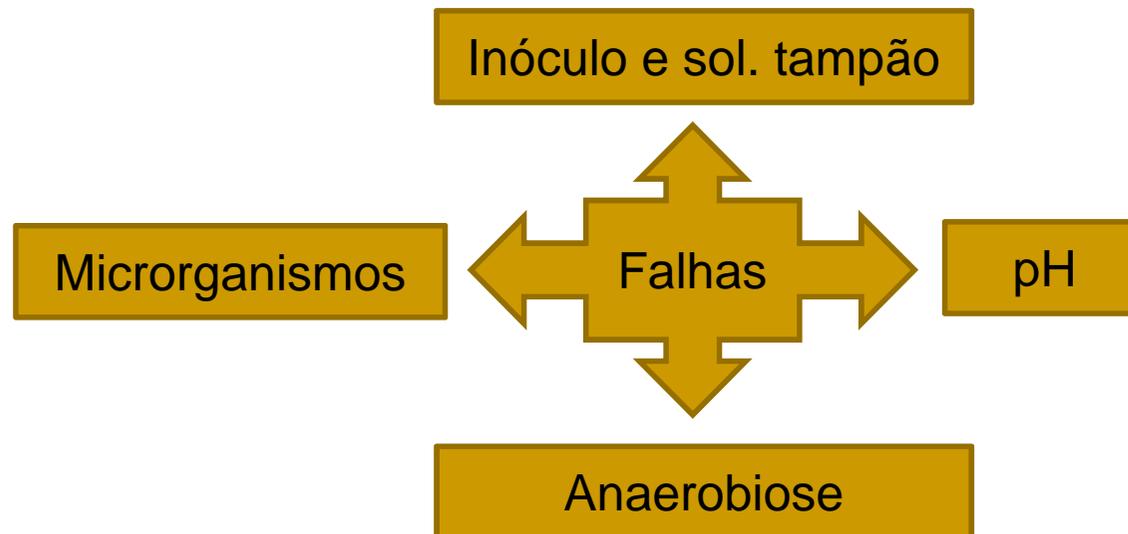
Adaptado de Gomide (1974).

DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca

DIVCel = digestibilidade *in vitro* da celulose

[Digestibilidade *in vitro*]

■ Vantagens x Desvantagens



Digestibilidade *in vitro* - Metodologias

- Avaliação da Digestibilidade Verdadeira *in vitro*

Histórico

- Tilley e Terry (1963) preconizaram a adição de uma segunda etapa, de 48 horas
- Goering & Van Soest (1970): envolve somente um estágio, sendo representado pela incubação do substrato por 48 horas

[Digestibilidade *in vitro* - Objetivo]

Princípio:

amostras em contato com o conteúdo ruminal

reprodução das condições predominantes no rúmen

microorganismos

anaerobiose

temperatura de 39°C

poder tampão

pH = 6,9

Digestibilidade *in vitro* - Procedimento

- *TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. British Grassl. Soc., v.18, p.104-111, 1963.*
- Pesa-se 0,5 g de amostra em um tubo de 60 mL
- Solução Tampão fosfato-carbonato
- Solução complementar
- Borbulhe com CO₂ na mistura aquecida a 39°C por 5 minutos
- Acerte o pH da solução para 6,8

[Digestibilidade *in vitro* – 1º. estágio]

■ Inoculação:

- Adicione aos tubos com amostras, 10 mL de solução tampão completa com 15 a 40 minutos de antecedência
- Adicione 12 mL de líquido ruminal aos tubos, injete CO₂ e feche os tubos
- Coloque os tubos inoculados em banho-maria a 39°C, em seguida agite suavemente a cada 3 horas até completar as primeiras 12 horas.
- Deixe os tubos incubados por período de 48 horas

Digestibilidade *in vitro* – 2º. estágio

■ Incubação com pepsina

- Após término do primeiro estágio, adicione HCl 20% em cada tubo
 - 1,0 mL, agitar devagar
 - 1,0 mL, agitar os tubos
 - 4,0 mL de HCl a 20%
- Adicione 2,0 mL de Pepsina a 5%, agitar os tubos
- Incube em banho-maria a 39°C, agite os tubos duas vezes no primeiro dia de incubação, e três vezes no segundo
- Após 48 horas de digestão com pepsina, transfira o conteúdo dos tubos aos cadinhos de placa porosa, secos e tarados.
- Lave os tubos com água destilada para recuperação total do resíduo

Digestibilidade *in vitro* - Procedimento

- *GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis. Handbook no. 379, Agricultural Research Service, USDA, WASHINGTON, D.C., 1970.
(Tilley & Terry modificado)*
- Pesa-se 0,5 g de amostra em um tubo de 60 mL
- Solução Tampão fosfato-carbonato
- Solução complementar
- Borbulhe com CO₂ na mistura aquecida a 39°C por 5 minutos
- Acerte o pH da solução para 6,8

Digestibilidade *in vitro* - Procedimento

- Adicione aos tubos 10 mL de solução tampão completo com 15 a 40 minutos de antecedência
- Adicione 12 mL de líquido ruminal aos tubos, injete CO₂ e feche
- Coloque os tubos em banho-maria a 39°C, e agite suavemente a cada 3 horas até completar as primeiras 12 horas
- Deixe os tubos incubados por período de 48 horas
- Adicione 1 mL de tolueno em cada tubo para encerrar a fermentação
- Transfira o conteúdo do tubo com o material digerido para o copo digestor de fibra e dê seguimento à metodologia para determinação da FDN

Digestibilidade *in vitro*



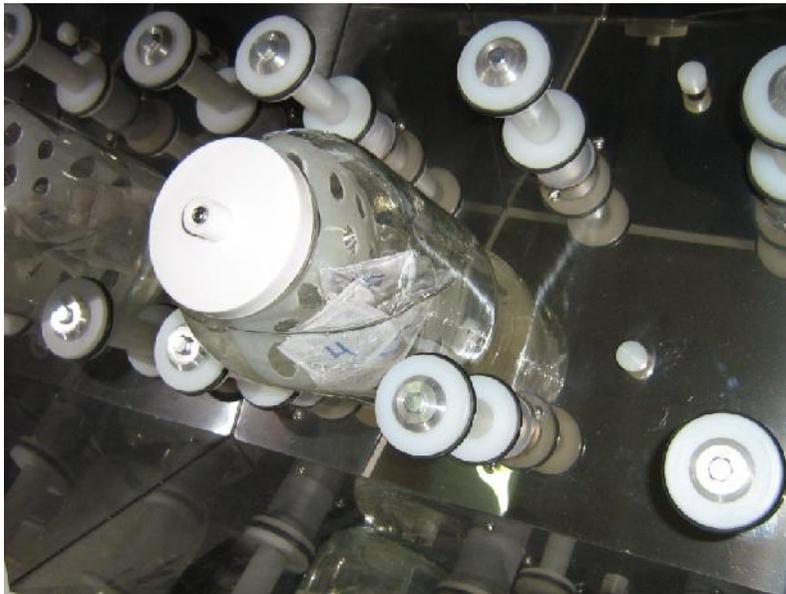
[Digestibilidade sistema Ankom]

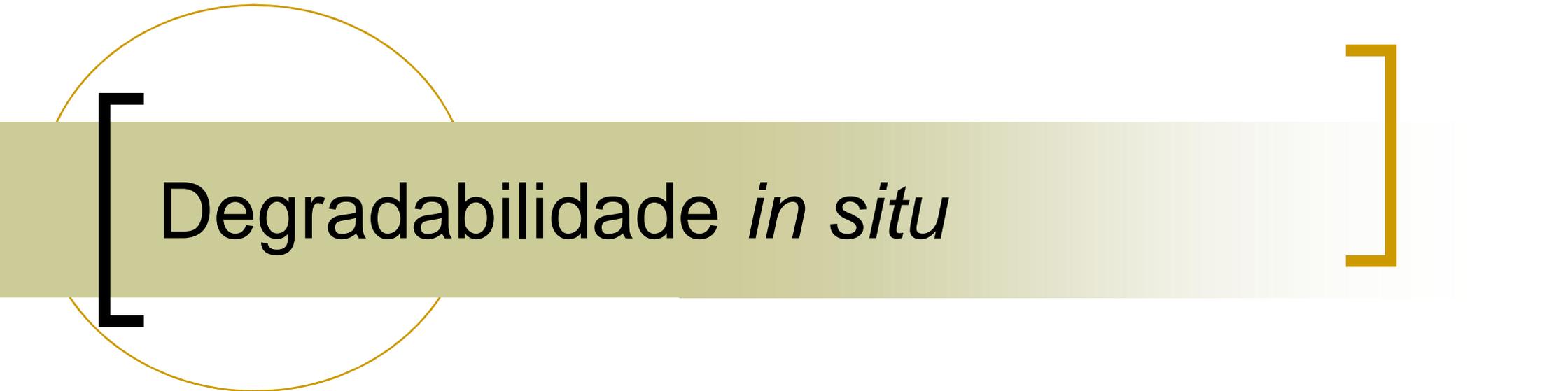


[Digestibilidade sistema Ankom]



[Digestibilidade sistema Ankom]





Degradabilidade *in situ*

[Degradabilidade *in situ*]

- Alternativa simples e econômica para avaliação da degradabilidade ruminal
- Alimento em sacos de náilon porosos não degradáveis incubados no rúmen
- Adotada pelo AFRC (1992) como metodologia padrão para caracterização da degradabilidade ruminal
- No Brasil ainda é utilizada por não ter tido nenhuma restrição quanto aos órgãos de proteção animal

Degradabilidade ruminal in situ

- Quin et al. (1938) – sacos de seda → McAnally (1942)
- Degradabilidade ruminal dos alimentos → déc. 70
- Mehrez; Ørskov e McDonald (1977)

TÉCNICA

VANTAGENS

- Rápida e fácil execução
- Condições reais ambiente ruminal

DESVANTAGEM

- Eventos digestivos

Degradabilidade ruminal in situ

Objetivo

- taxa de degradação
- desaparecimento das frações

(Nozière; Michalet-Doreau, 2000)

Desaparecimento das frações

Cinética de degradação ruminal

Taxa e extensão

- ingestão
- digestão
- desempenho

(Ørskov, 2000)

[Degradabilidade ruminal in situ]

Modelo exponencial

- Degradação Potencial (DP) - Taxa de Degradação (c)

$$DP = a + b (1 - e^{-ct})$$

- Degradação Efetiva (DE) - K_p

$$DE = a + [(b \times c) / (c + k_p)]$$

K_p e c

(Ørskov e McDonald (1979))

Brasil

- MS
- MO
- PB
- FDN
- FDA

[Fatores de variação]

- Dieta basal
- Características do saquinho
- Características do animal e da amostra
- Condições de incubação
- Número de replicatas
- Técnicas de lavagem
- Correção para proteína microbiana
- Análise dos dados

[Padronização - Dieta]

- Degradabilidade é função de:
 - Tamanho do pool
 - Taxa de degradação
 - Taxa de passagem

Maior aplicabilidade dos dados quando gerados em dietas normalmente fornecidas

[Variações - Dieta]

Autor	Dieta basal	Nível de alimentação
Orskov, 1982	Similar a dieta de produção	Não especificado
Lindberg, 1985	50 feno:50 concentrado	Mantença
Nocek, 1988	Similar a dieta de produção	Ad libitum
AFRC, 1992	60 feno:40 concentrado	Mantença
Madsen & Hvelplund, 1994	66,7 feno:33,3 concentrado	Mantença
Wilkerson et al., 1995	Somente forragem	Não especificado

Variações – Saquinho, amostra, animal

Material: Poliéster

Autor	Tamanho poro	Amostra/área superfície	Partícula concentrado	Partícula forragem	Animal
Orskov, 1982	20-40 μm	12-20 mg/cm^2	2,5-3,0 mm	2,5-5,0 mm	Bovinos e ovinos
Lindberg, 1985	35-40 μm	10-15 mg/cm^2	1,5 mm	1,5 mm	Bovinos
Nocek, 1988	40-60 μm	12-20 mg/cm^2	2,0 mm	5,0 mm	Animal p/ aplicação
AFRC, 1992	40-50 μm	12 mg/cm^2	2,5 mm	4,0 mm	Qualquer
Madsen & Hvelplund, 1994	30-50 μm	10-15 mg/cm^2	1,5-2,5 mm	1,5-2,5 mm	Bovinos, ovinos e caprinos
Wilkerson et al., 1995	53 μm	12,5 mg/cm^2	2,0 mm	2,0 mm	Bovinos

Variações – Replicatas, incubação

Autor	No. animais	No. saq.	Posição de incubação	Entrada/ retirada	Tempos
Orskov, 1982	2-4	1-4	Contacto com líquido e sólido	Entrada em conjunto	2, 6, 12, 24, 36h (Forragens?)
Lindberg, 1985	3-4	--	Saco ventral	--	2, 4, 8, 16, 24h (48h forragens)
Nocek, 1988	--	--	--	Retirada em conjunto	6-12 pontos até 24h; outros >25h
AFRC, 1992	3	1	Líquido	Qualquer	2, 6, 8, 24, 48h (72h forragens)
Madsen & Hvelplund, 1994	3	2	--	Entrada em conjunto	0, 2, 4, 8, 16, 24, 48h
Wilkerson et al., 1995	1-4	1-8	Saco ventral	Retirada em conjunto	16h para teste, sem especificação para taxa

[Padronização (Nocek, 1988; NRC, 2001)]

- Dieta

- Tipo e nível de alimentação

- Próximo a aquele que se está estudando

- Reportar composição em nutrientes e química

- Frequência de alimentação: 2x/d se não estiver em ad libitum

- Saquinho

- Material: Nylon ; Porosidade: 40 – 60 μ

[Padronização (Nocek, 1988; NRC, 2001)]

- Alimentos avaliados
 - Composição química: reportar o mínimo (MS, MM, PB e FDN)
 - Características físicas: especificidades (floculado 390g/L, 150°C/3h)
 - Processamento
 - Concentrados : 2mm
 - Grãos inteiros, co-produtos, fenos e silagens : 5 mm

[Padronização (Nocek, 1988; NRC, 2001)]

- Procedimento para incubação
 - No. de animais: 2; reportar PV
 - No. dias: 2
 - No. replicatas: 1
 - Umedecer saquinhos antes da incubação
 - Posição ruminal: saco ventral
 - Inserção/remoção: remover simultaneamente
 - Tempos de incubação: 0, 2, 4, 8, 16, 24, e 48 h (72, 96 h para forragens)
 - Lavagem em máquina
 - Amostra padrão

[Padronização (Nocek, 1988; NRC, 2001)]

- Correção para contaminação microbiana
- Modelo matemático utilizado: não-linear

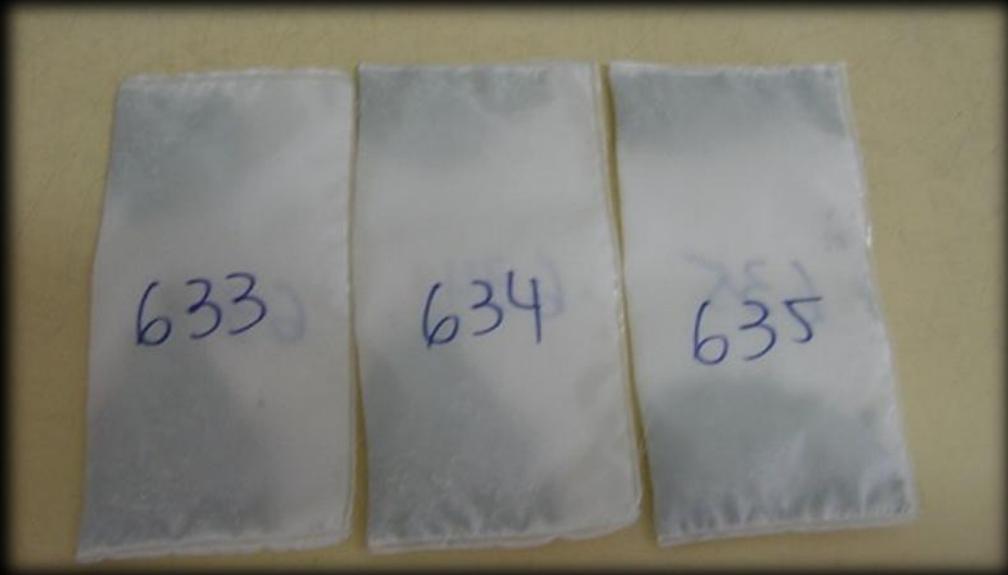
Degradabilidade ruminal in situ

- Degradabilidade de forragens e alimentos conservados

MACRO-BAG

(Huntington e Givens, 1995)

- Área do saco → 20 x 40 cm, 25 x 35 cm
- Quantidade de amostra → 20g de MS
- Tamanho de partícula → 1,0 a 1,5 mm





[Desvantagens]

- Subestimativas:
 - Contaminação bacteriana
 - Separação física material e do conteúdo ruminal
- Superestimativas:
 - Perda de material do saquinho
 - Desaparecimento de frações solúveis mas que não são utilizadas



Técnicas de Produção de Gás

SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Farm animal metabolism and nutrition: critical reviews**. Edinburgh: Cabi Publishing, cap.10, p.209-232, 2000.

Técnicas

Proximidade do valor real
(ACURÁCIA)

Mínima variação nas análises
(PRECISÃO)

ROBUSTEZ

Facilidade de realização
(SIMPLICIDADE)

Mínima variação entre laboratórios
(REPRODUCIBILIDADE)

Métodos de estimar a digestibilidade

Incubação in situ:

- necessidade de animais canulados
- estimativa gravimétrica
- contaminação microbiana
- diferente ambiente no interior da bolsa
- estima a evolução da fermentação

Digestão enzimática:

- não depende de animais
- não cobre todos os aspectos da digestão
- estimativa gravimétrica
- variabilidade depende do tipo de enzimas

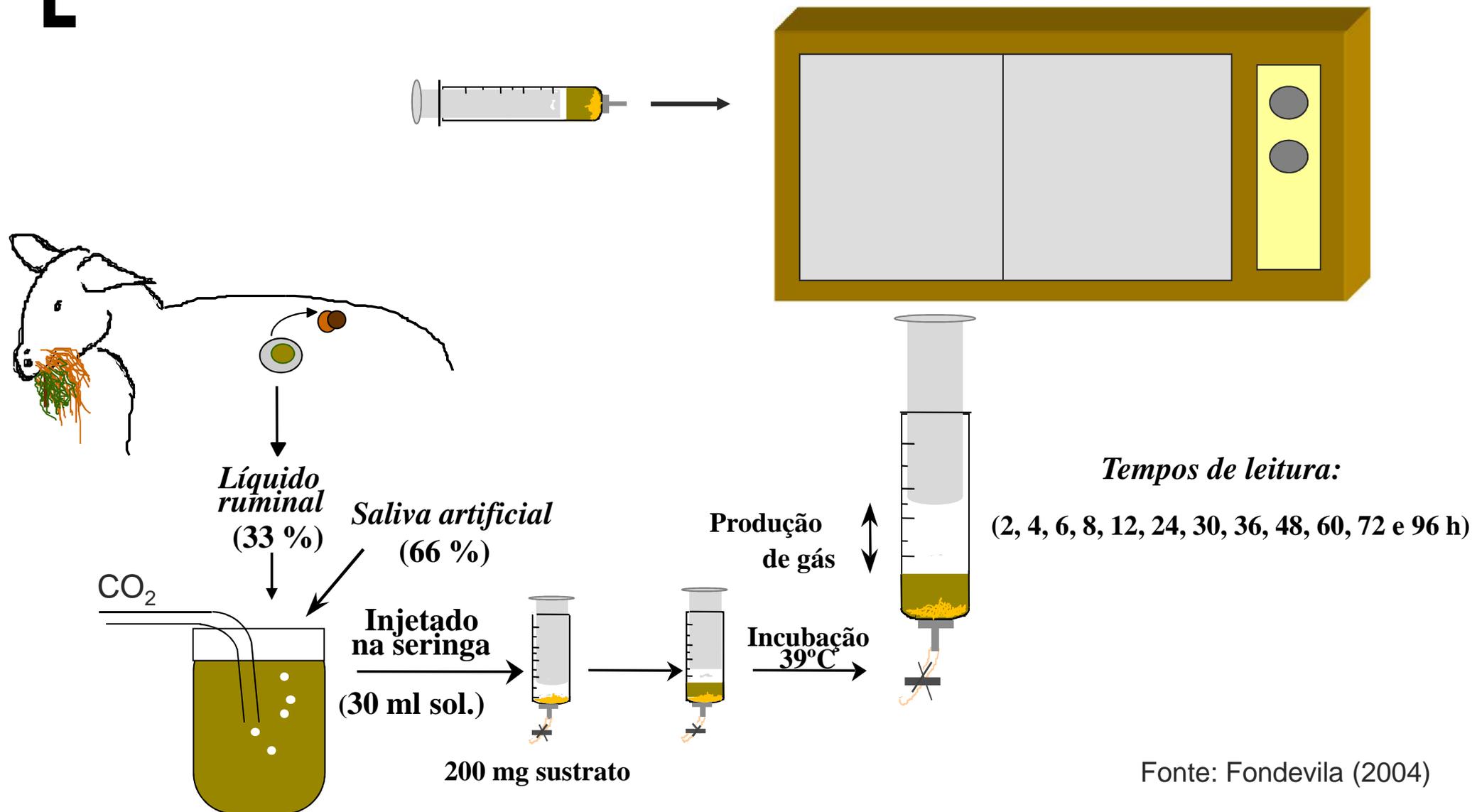
Incubação in vitro:

- necessidade de animais canulados (evitável)
- estimativa gravimétrica
- contaminação microbiana
- não estima a evolução da fermentação

Produção de gás

- necessidade de animais canulados (evitável)
- estimativa por produtos da fermentação
- variação segundo perfil AGCC
- não é afetada por contaminação microbiana
- estima a evolução da fermentação com uma só amostra

Esquema de Menke

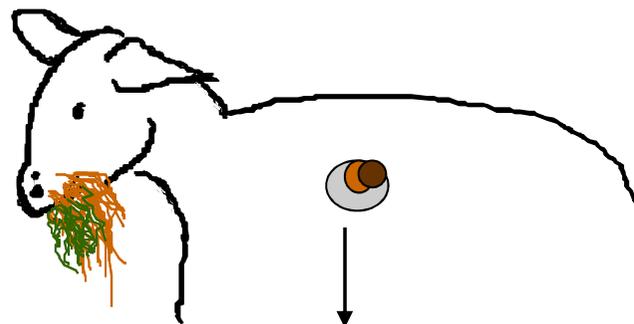




Adaptação do sistema de MENKE & STEINGASS (1988) para determinar a produção de gás por volume



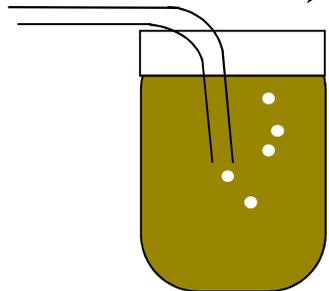
Esquema de Theodorou



Líquido ruminal (10 %)

Saliva artificial (90 %)

CO₂

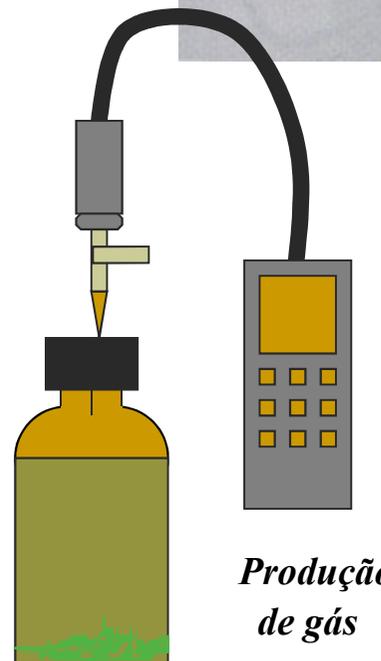


Injetado nos frascos (100 ml sol.)



800 mg substrato

Incubação 39°C



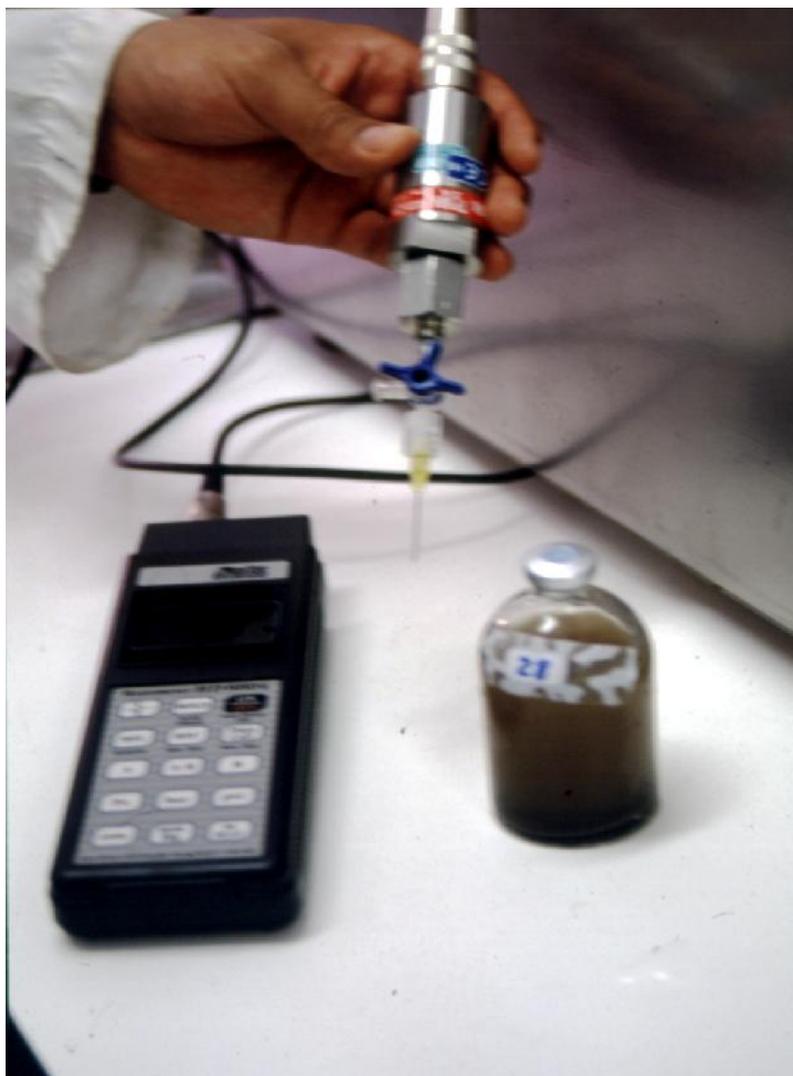
Produção de gás



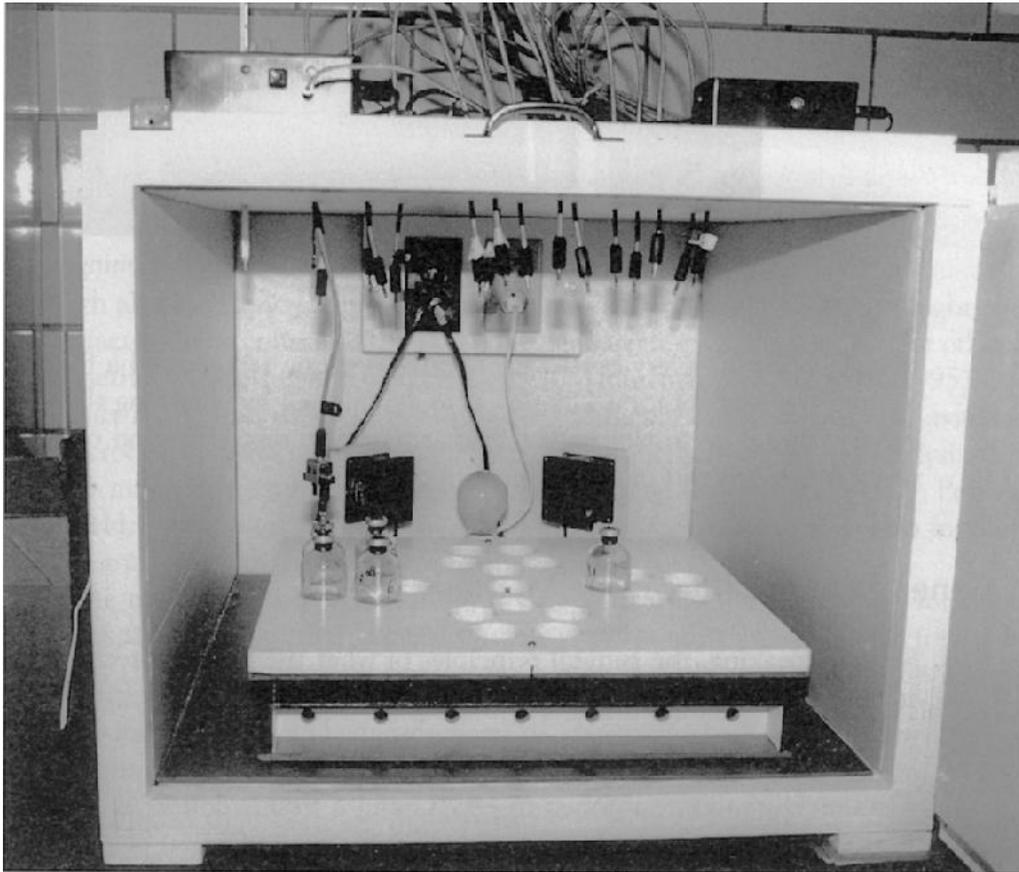
Tempos de leitura:

(2, 4, 6, 8, 12, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 h)

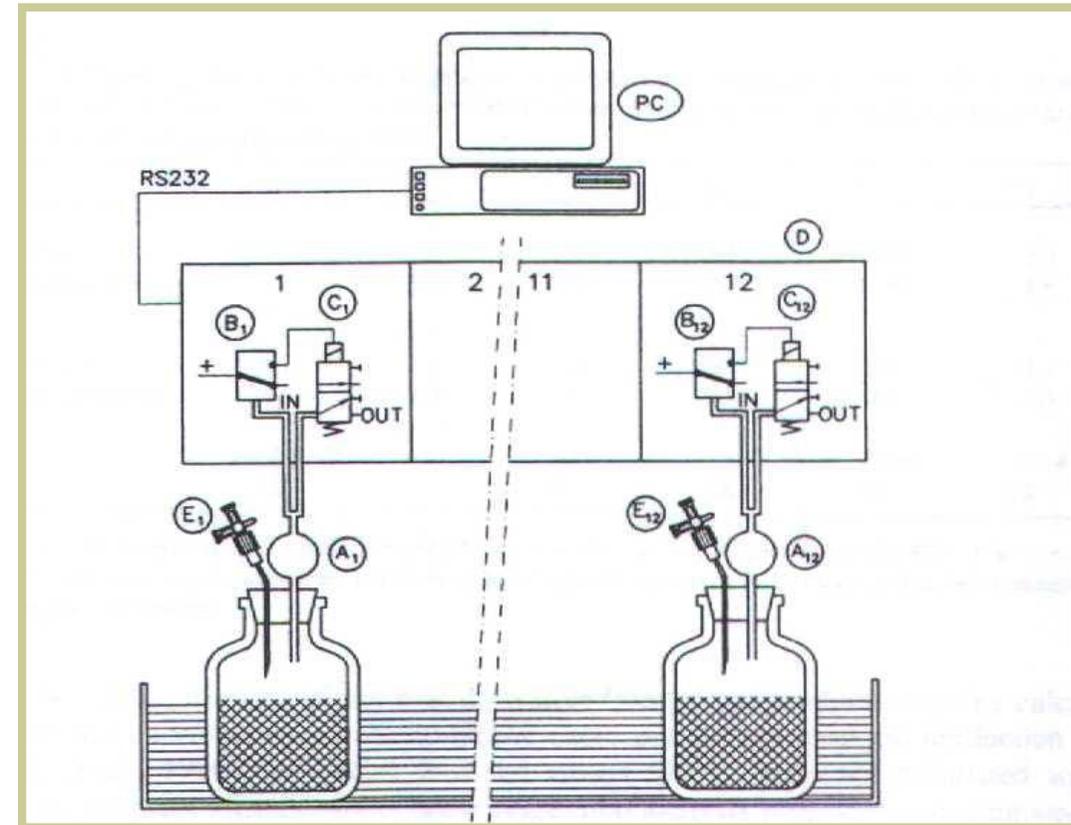
Fonte: Fondevila (2004)



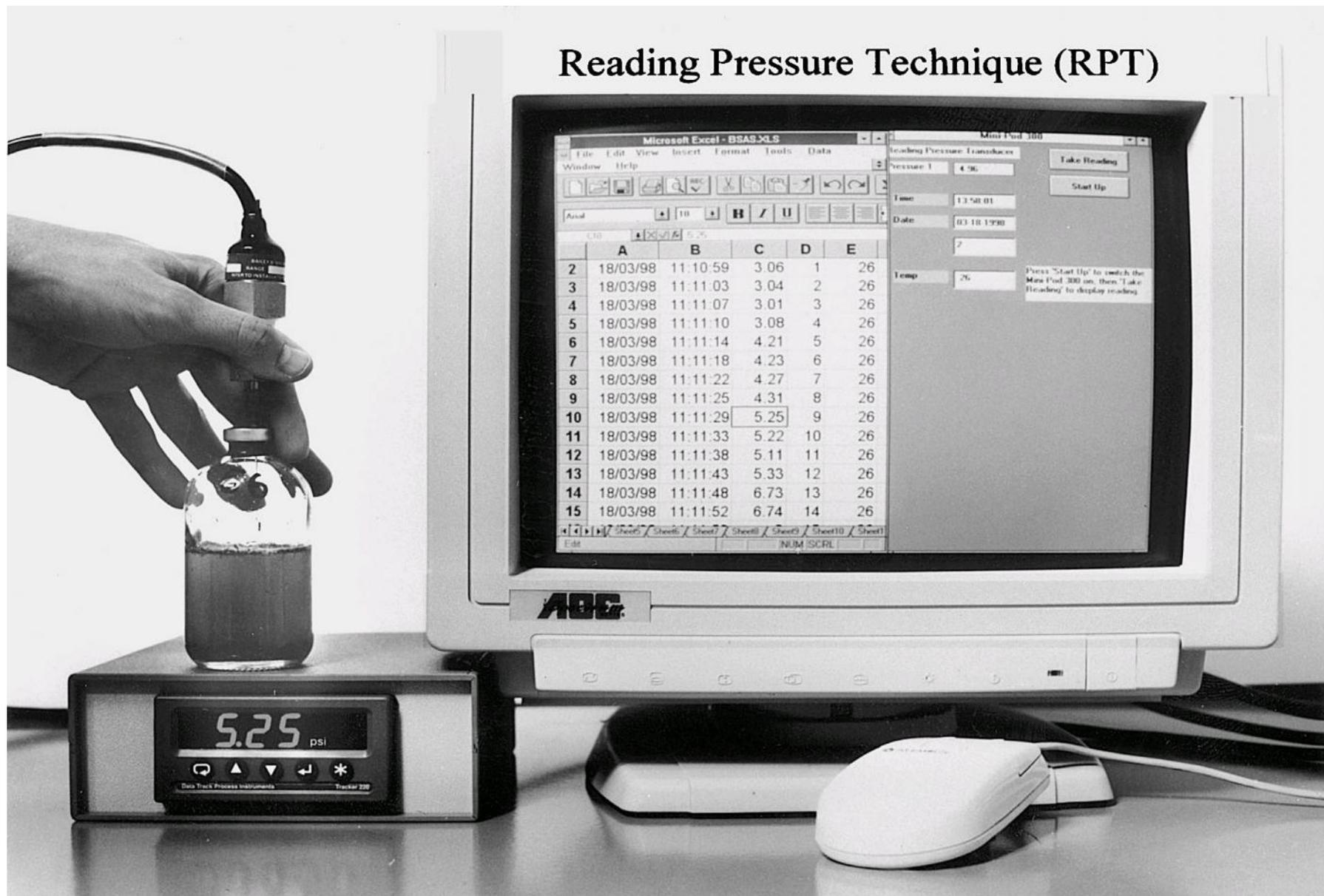
Adaptação do sistema de THEODOROU et al. (1994) para determinar a produção de gás por pressão



Sistema automático para medir a produção de gás com transdutor de pressão (PELL & SCHOFIELD, 1993)

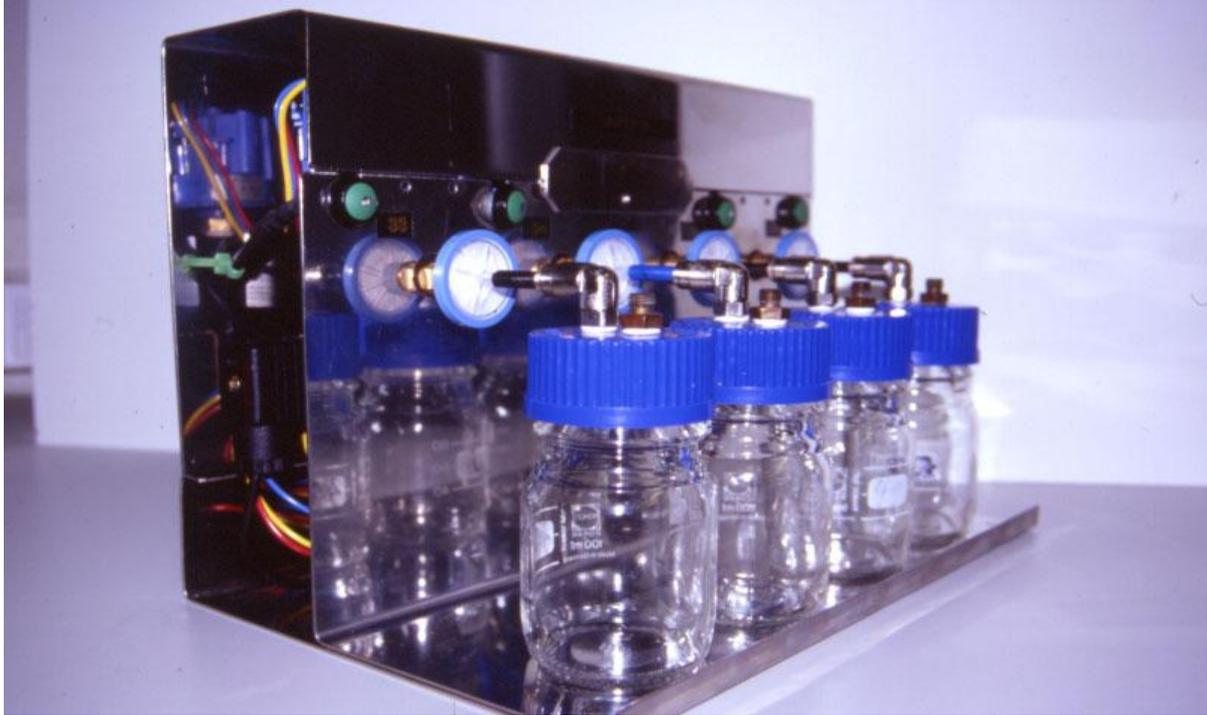


Esquema do sistema de *Wageningen* (CONE et al., 1994)



Sistema semi-automático para medir a produção de gás com transdutor de pressão (MAURÍCIO et al., 1999)

Automated Pressure Evaluation System (APES)



Sistema automático (12 estantes x 4 frascos) para medir a produção de gás com transdutor de pressão (DAVIES et al., 2000)



Resumo das Técnicas

- Técnicas Semi-automáticas:
 - por volume (Menke et al., 1979; Menke & Steingass, 1988) = em seringas de vidro
 - por pressão (Theodorou et al., 1994; Maurício et al., 1999) = em frascos selados
- Técnicas Automáticas (pressão):
 - Sem liberação de gás (Pell & Schofield, 1993) = em frascos selados
 - Liberando gás (Cone et al., 1996; Davies et al., 2000) = em frascos com eletro-válvulas

Comparação entre Técnicas

	Menke & Steingass (1988)	Theodorou et al. (1994)	Pell & Schofield (1993)	Cone et al. (1996)	Maurício et al.(1999)	Davies et al. (2000)
Inóculo	fase líquida ou sólida	fase líquida ou sólida	fase líquida	fase líquida	fase líquida	fase líquida
Coleta	antes da alim.	antes da alim.	2 h após alim.	2 h após alim.	antes da alim.	antes da alim.
Inóculo ruminal (mL)	10	10	2	20	10	10
Saliva artificial (mL)	20	90	8	40	90	90
Volume de incubação (mL)	30	100	10	60	100	100
Inóculo (%)	33	10	20	33	10	10
Substrato (mg)	200	1.000	100	500	1.000	1.000
Capacidade do frasco (mL)	100	125	50	250	125	140
Nº de frascos	60	indefinido	15	12	336	48

Fonte: Adaptado por Mello (2004)

Estequiometria da fermentação

Hexose + 2 NAD + 2 ADP 2 piruvato + 2 NADH + 2 ATP

2 piruvato + 2 ADP + 2 H₂O 2 acetato + 2 CO₂ + 2 H₂ + 2 ATP

2 piruvato + 4 NADH + 2 ADP 2 propionato + 2 H₂O + 4 NAD + 2 ATP

2 piruvato + 2 NADH + 1 ADP 1 butirato + 2 H₂ + 2 CO₂ + 2 NAD + 1 ATP

CO₂ + 4 H₂ CH₄ + 2 H₂O + 1 ATP

Balanço teórico da fermentação de glicose (em mol)

1 Glicose → 1,2 acetato + 0,4 propionato + 0,2 butirato + 1 CO₂ + 0,6 CH₄ + 0,4 H₂O



Gás Direto = 1,6 mol (CO₂ + CH₄)

Gás Indireto = 1,8 mol (AGV's + CO₂)

Total
3,4 mol de gás/mol de glicose

Produção de gás conforme a relação de AGV's

Produtos finais de 1 mol de glicose	Gás direto	Gás indireto	TOTAL
2 moles de acetato	2 CO ₂	2 CO ₂	4 CO ₂
2 moles de propionato	-----	2 CO ₂	2 CO ₂
1 mol de butirato	2 CO ₂	1 CO ₂	3 CO ₂
2 moles de lactato	-----	2 CO ₂	2 CO ₂

C2 : C3 : C4	Gás direto	Gás indireto	TOTAL
71 : 24 : 6	1,53	1,90	3,43 (100%)
56 : 24 : 11	1,60	1,67	3,27 (95 %)
50 : 39 : 11	1,30	1,80	3,10 (90 %)

Balanço estequiométrico (mol/mol hexose) em função do tipo de dieta

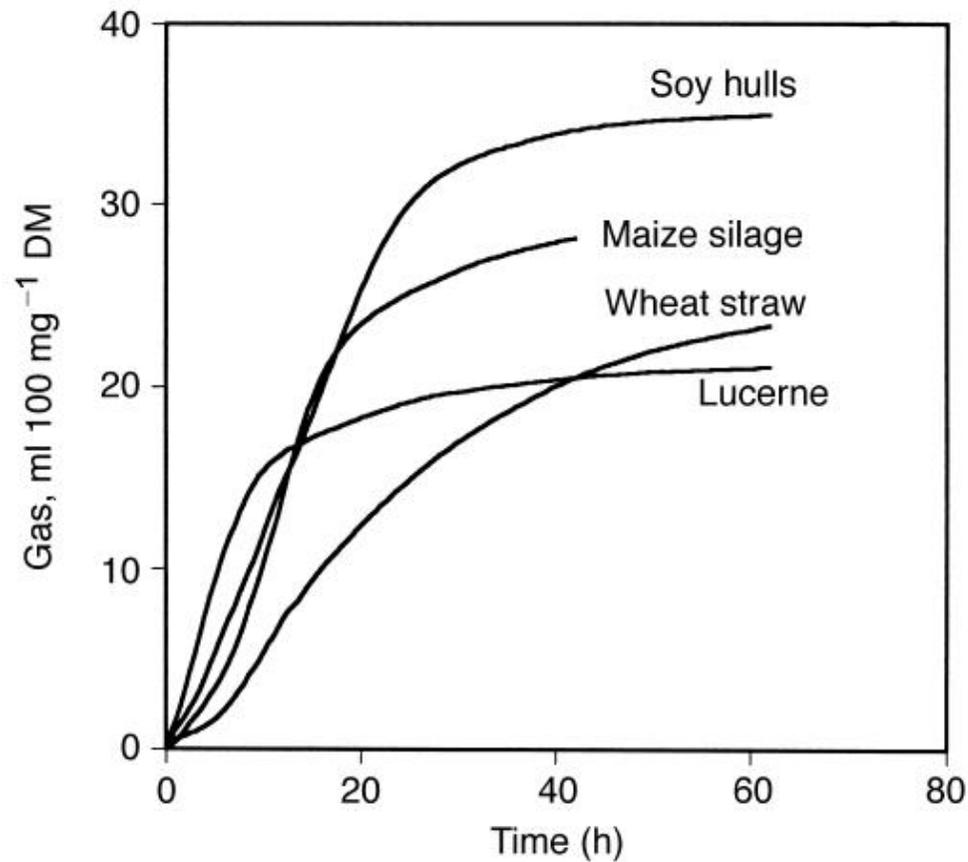
Produtos	Diets		
	Alta fibra	Alto amido	Alto açúcares solúveis
Acetato	1,34	0,90	0,94
Propionato	0,45	0,70	0,40
Butirato	0,11	0,20	0,33
CO ₂	0,92	0,92	1,06
CH ₄	0,61	0,38	0,54
Total de Gás	1,53 (100 %)	1,30 (85 %)	1,60 (105 %)
ATP	4,62	4,38	4,54

Fonte: Beever & Mould (2000)

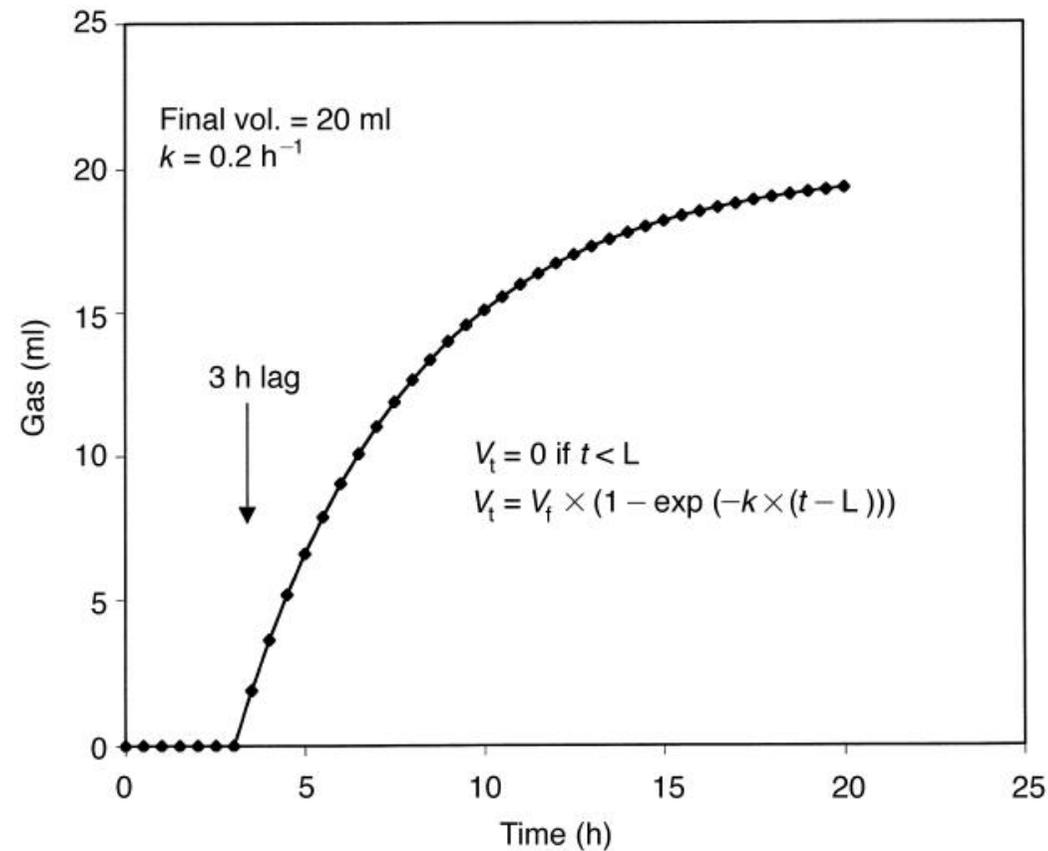
Modelos para ajuste da produção de gás

Orskov e McDonald (1979)	$y = a + b [1 - e^{-ct}]$
modificado:	$y = b [1 - e^{-ct}]$
McDonald (1981)	$y = a + b [1 - e^{-c(t-t_0)}]$
France et al. (1993) taxa de prod. gás	$y = A [1 - e^{-b(t-L) - c(\sqrt{t} - \sqrt{L})}]$ $\mu = b + (c / 2 \sqrt{t})$
Schofield et al. (1994)	$V = V_f / [1 + e^{(2-4c)(t-L)}]$ $V = V_{f1} / [1 + e^{(2-4c_1)(t-L_1)}] + V_{f2} / [1 + e^{(2-4c_2)(t-L_2)}]$
Groot et al. (1997) taxa de prod. gás	$V = A_1 / [1 + (b_1/t)c_1] + A_2 / [1 + (b_2/t)c_2] + A_3 / [1 + (b_3/t)c_3]$ $R = c t^{c-1} / (b+t)^c$

Curvas típicas de produção de gás para diferentes alimentos



[Curva exponencial com *lag* discreto]



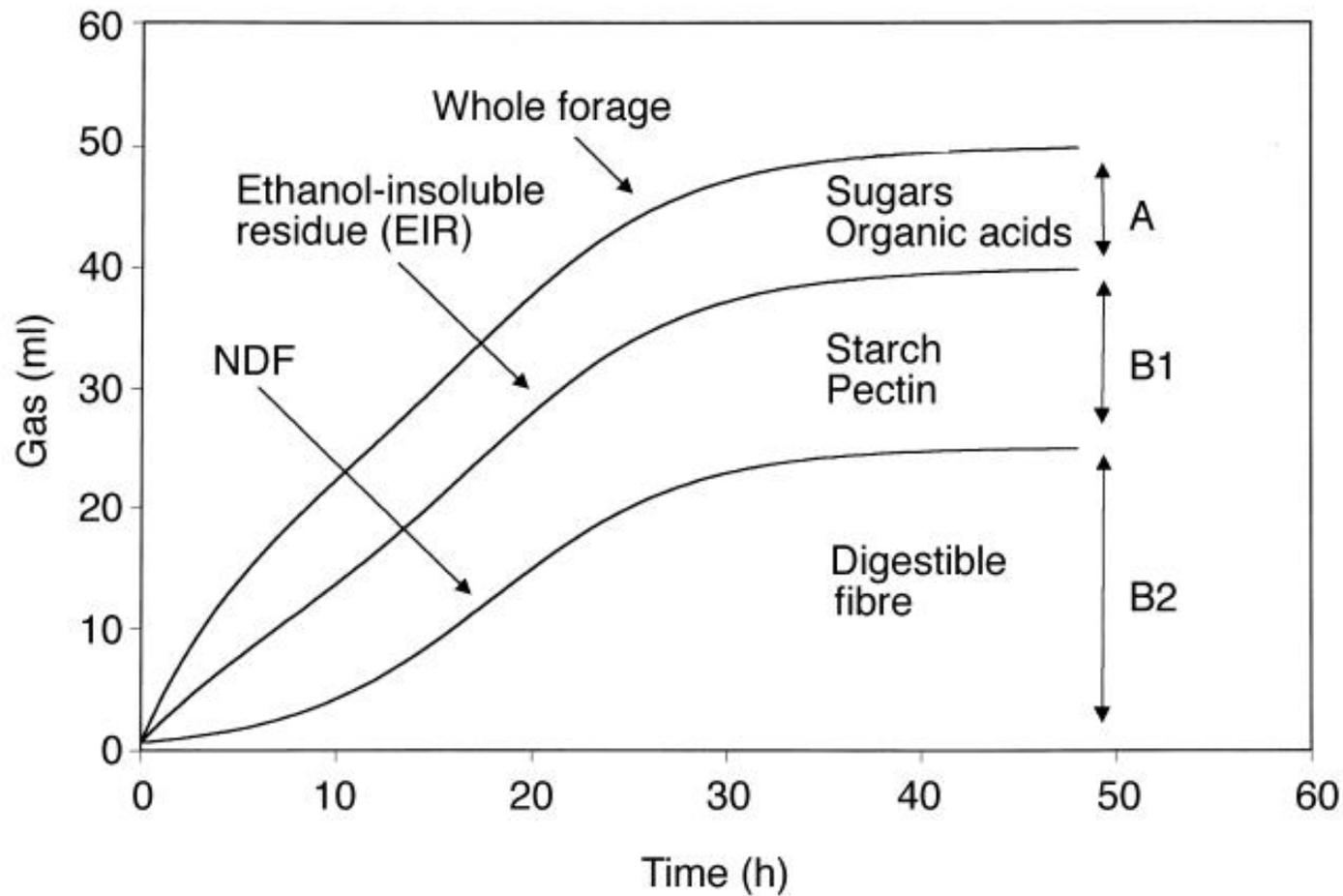
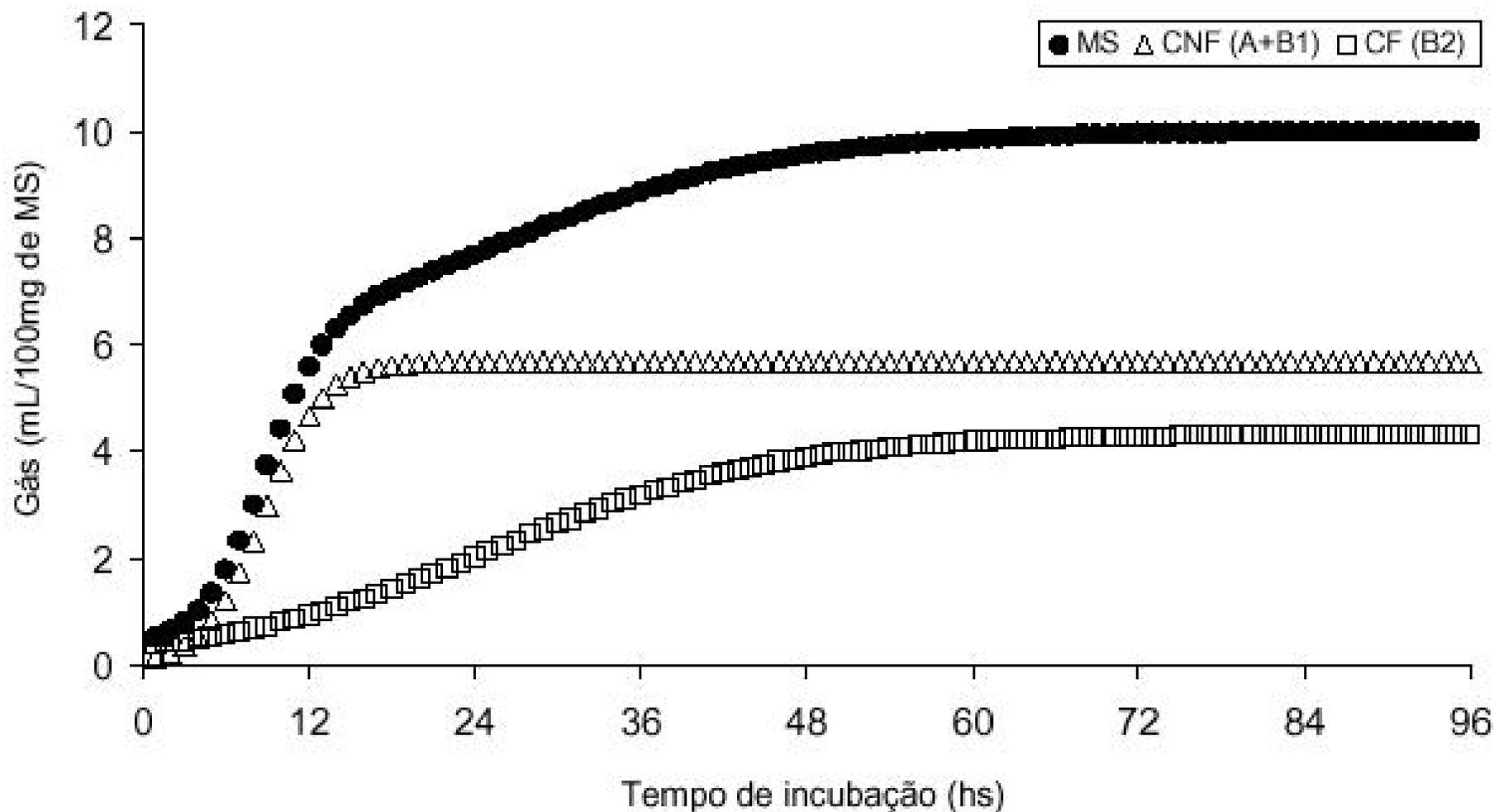


Fig. 10.8. A diagrammatic view of curve subtraction. Three digestion curves are measured experimentally for a given forage (whole forage, EIR and NDF). Hypothetical curves for the A and B1 fractions are then obtained by subtraction.

Perfil da Curva de Produção de Gás



Fonte: Mello et al. (2004)

Aplicações da Técnica

- Avaliação de forrageiras
- Avaliação de dietas
- Fatores anti-nutricionais
- Estimativa da degradabilidade da proteína

Limitações da Técnica

- Não considera todos os eventos da fermentação
 - fluxo digesta/pop. microb./mov. peristálticos
- Mede apenas um componente do fluxo total de nutrientes do ecossistema ruminal
 - prod. gás/mol de CHO fermentado
 - partição de nutrientes entre fermentação e síntese microbiana
- Existem interações com os componentes do meio
 - relação inversa entre prod. gás e [] de amônia
 - prod. gás por tamponamento do pH em silagens

[Monogástricos ?]

- In vivo
 - Coleta de fezes
 - Conhecimento do consumo de alimentos

Composição química e valores energéticos dos alimentos para aves e suínos (na matéria natural)

Nutriente		Trigo Farelo	Trigo Farinha	Trigo Farinha Escura	Trigo Gémen	Triguilho
Matéria Seca	%	88,00	86,93	88,19	88,27	88,17
Proteína Bruta (PB)	%	15,52	12,26	17,52	28,29	13,61
Coef. Dig. PB Aves	%	78,00	93,40	84,00	89,00	86,00
PB Digestível Aves	%	12,11	11,45	14,72	25,18	11,70
Coef. Dig. PB Suínos	%	77,40	-	78,00	86,00	82,00
PB Digestível Suínos	%	12,01	-	13,67	24,33	11,16
Amido	%	31,35	76,50	27,74	15,45	-
Fibra Bruta (FB)	%	9,66	-	7,59	2,50	6,55
Coef. Dig. FB Suínos	%	36,08	-	-	-	-
FDN	%	40,59	2,65	31,48	9,58	18,71
Coef. Dig. FDN Suínos	%	50,44	-	-	-	-
FDA	%	13,85	-	9,57	3,65	8,85
Coef. Dig. FDA Suínos	%	52,40	-	-	-	-
Ext. Não Nitrogenado (ENN)	%	54,56	72,51	56,35	44,16	63,15
Coef. Dig. ENN Aves ¹	%	48,30	95,60	63,20	49,50	82,60
ENN Dig. Aves	%	26,35	69,31	35,61	21,86	52,16
Matéria Orgânica (MO)	%	83,20	86,47	84,08	84,13	85,41
Coef. Dig. MO Suínos ¹	%	64,00	-	72,50	87,30	81,80
MO Dig. Suínos	%	53,25	-	60,96	73,45	69,87

[Considerações Finais]

Técnicas *in situ* e *in vitro*

Bons resultados na determinação do valor nutritivo do alimento
Escolha do método pautada pela infra-estrutura e recursos

In situ

Usada rotineiramente para estudar os efeitos do ambiente ruminal,
taxas de degradação de frações do alimento

In vitro

Empregado quando o objetivo é avaliar a digestibilidade de um
grande número de alimentos

[Considerações Finais]

A digestibilidade in vitro deve vir associada a quantificação dos gases produzidos, como resultado da ação microbiana

Produção de gás

Importante alternativa na avaliação do valor nutricional dos alimentos

Adequado dimensionamento dos equipamentos, rigor nos procedimentos, agenda para as medidas de gás e escolha do modelo para ajuste dos dados.