

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**“COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE  
SILAGENS DE MILHO”**

Clóvis Clenio Diesel Senger  
MSc em Zootecnia

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de  
Doutor em Zootecnia  
Área de Concentração – Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro de 2005

Dedico este trabalho:

À minha querida esposa, Loane Guimarães dos Santos Senger, especialmente pelo carinho e encorajamento que muito me estimulou a avançar mais este passo de minha vida. Por seu companheirismo ao longo desta difícil jornada, dedico com sincero amor e carinho esta obra.

Ao meu adorado filho, Yurguen dos Santos Senger, motivo que me impulsiona a trabalhar na busca de um mundo melhor.

Aos meus pais, Osmar Senger e Elly Diesel Senger (*in memoriam*), sem o apoio dos quais, jamais teria chegado a esta etapa.

À toda a minha família pelo carinho.

À família da minha esposa, pela amizade e companheirismo.

À Deus, princípio e fim de todas as coisas.

## **AGRADECIMENTOS**

- Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

- À UFSM, pela liberação para realizar meus estudos de pós-graduação.

- Ao prof. Paulo Mühlbach, pela orientação segura, apoio incansável e inúmeras sugestões valiosas.

- Ao prof. Luis Bonnacarrère, pela sua amizade, incentivo e confiança depositada na realização deste trabalho, além da co-orientação sempre presente.

- Ao colega Gilberto Kozloski, pela ajuda e incentivo ante as dificuldades práticas surgidas ao longo do trabalho.

- Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFRGS, pelos conhecimentos transmitidos.

- Ao colega João Umberto do Laboratório de Nutrição da UFSM, pela amizade, disposição e ajuda nas inúmeras tarefas laboratoriais conduzidas neste trabalho.

- A todos os alunos de graduação e mestrado em Zootecnia da UFSM que colaboraram diretamente nas atividades de campo e laboratoriais.

- À CAPES, pelo incentivo financeiro através da concessão de bolsa de estudos.

## “COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SILAGENS DE MILHO”<sup>1</sup>

Autor: Clóvis Clenio Diesel Senger

Orientador: Prof. Paulo Roberto Frenzel Mühlbach

Co-orientador: Prof. Luis Maria Bonnacarrère Sanchez<sup>2</sup>

### RESUMO

Métodos ‘in vivo’ são ideais para avaliar o valor nutritivo dos alimentos, porém são caros, demorados e avaliam poucos alimentos por vez. Portanto, métodos ‘in vitro’ e ‘in situ’ têm sido freqüentemente utilizados. Entre estes, tem se destacado a técnica de produção de gases ‘in vitro’, a qual vem sendo amplamente utilizada, particularmente pelos países do Hemisfério Norte. A sua modificação, tornando-a mais prática e semi-automatizada, tem impulsionado a sua utilização no Brasil. No entanto, a validação do uso desta técnica nos sistemas tropicais de produção animal necessita ainda ser estabelecido. O objetivo deste trabalho foi testar a técnica de produção cumulativa de gases ‘in vitro’, na avaliação da qualidade fermentativa e nutritiva de silagens de milho, e comparar seus resultados com os métodos tradicionais de digestibilidade ‘in vitro’ e de degradabilidade ‘in situ’. Para tanto foram utilizadas como ferramenta de pesquisa, silagens de milho colhidas em diferentes estágios de desenvolvimento e submetidas à diferentes níveis de compactação à ensilagem. Utilizado complementarmente à análise químico-bromatológica, o método de produção de gases ‘in vitro’ demonstrou ser uma boa ferramenta para avaliação da qualidade dos alimentos para ruminantes. Quando comparado ao método in vitro tradicional, possui as vantagens do método ‘in situ’ por estimar também a cinética da degradação ruminal do alimento. Contudo, é mais prático e, por possibilitar conhecer as taxas de degradação de diferentes frações dos alimentos, foi também mais sensível. Além disso, embora necessitando ainda adequada validação in vivo, permitiu estimar a eficiência da síntese microbiana ruminal.

<sup>1</sup>Tese de Doutorado em Zootecnia - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (126 p.) Fevereiro, 2005.

<sup>2</sup>Prof. Titular do Departamento de Zootecnia – UFSM.

## **“COMPARISON OF TECHNIQUES IN EVALUATION OF MAIZE SILAGES QUALITY”<sup>1</sup>**

Author: Clóvis Clenio Diesel Senger

Advisor: Prof. Paulo Roberto Frenzel Mühlbach

Co-advisor: Prof. Luis Maria Bonnacarrère Sanchez<sup>2</sup>

### **ABSTRACT**

‘In vivo’ methods are ideal for nutritive value assessment of feeds, but they are expensive, laborious and a limited number of feeds samples maybe tested in the same experiment. Thus, ‘in vitro’ methods are being increasingly used to estimate the extent and rate of forages ruminal degradation. Among them, the in vitro gas method is being largely used, mainly in the North Hemisphere countries. Its modification, to turn it more practical and semi-automated method, has increased its use in Brazil. However, the validation of this method in tropical animal production systems need to be established. This study was conducted to evaluate the in vitro gas method to estimate the nutritional value of corn silages and to compare it with traditional in vitro and in situ methods. For that, the experimental material used was a corn crop ensiled at different growth stages and submitted to different packing densities. The gas production method used complementary to chemical analysis, was a good tool to evaluate the quality of ruminant feeds. Compared to traditional in vitro method, it has similar advantages to the ‘in situ’ method, which estimates feed ruminal degradation kinetics. Besides, it is a more practical and sensible method because it provides the degradation rates of the feed’s fractions. The in vitro gas method allowed as well to estimate the efficiency of microbial synthesis, although this still need suitable in vivo validation.

<sup>1</sup>Doctoral thesis in Animal Science,  
Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Porto Alegre, RS, Brazil. (126 p.) February, 2005.

<sup>2</sup>Prof. Titular do Departamento de Zootecnia – UFSM.

**SUMÁRIO**  
**“COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE**  
**SILAGENS DE MILHO”**

	Página
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
2.1 – Análise Química dos Alimentos	4
2.2 – Digestibilidade ‘In Vitro’	10
2.3 – Degradabilidade ‘In Situ’	11
2.4 – Técnica de Produção de Gases	13
2.4.1 – Descrição Geral da Técnica	18
2.4.2 – Classificação Qualitativa dos Alimentos através da Estimativa da Eficiência da Síntese Microbiana	19
2.5 – Análise das Relações entre os métodos ‘in vitro’, ‘in situ’ e ‘in vitro gás’	23
<b>3 – MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
3.1 – Obtenção das Silagens	24
3.2 – Análise Química dos Materiais	25
3.2.1 – Delineamento Experimental e Análise Estatística	27
3.3 – Digestibilidade ‘In Vitro’	27
3.3.1 – Delineamento Experimental e Análise Estatística	27
3.4 – Degradabilidade ‘In Situ’	28
3.4.1 – Animais e Dieta	28
3.4.2 – Incubação Ruminal	28
3.4.2.1 – Preparo das Amostras	28
3.4.2.2 – Esquema de Incubação	29
3.4.3 – Delineamento Experimental e Análise Estatística	31
3.5 – Produção de Gás	32
3.5.1 – Obtenção da Equação de Regressão entre Pressão e Volume de Gás para o estabelecimento da Técnica de Produção de Gases ‘In Vitro’	32
3.5.2 – Produção Cumulativa de Gás de Silagens de Milho e das Respectivas Forragens Frescas	34
3.5.2.1 – Preparo das Amostras	34
3.5.2.2 – Incubação	34
3.5.2.3 – Delineamento Experimental e Análise Estatística	36
3.5.2.4 – Ajuste das Curvas	36
a) Modelo Bicompartimental	37
b) Modelo Unicompartimental	37
3.6 – Classificação Qualitativa dos Alimentos através da Estimativa da Eficiência da Síntese Microbiana	38
3.6.1 – Delineamento Experimental e Análise Estatística	40
3.7 – Análise das Relações entre os métodos ‘in vitro’, ‘in situ’ e ‘in vitro gás’	40

	Página
<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
4.1 – Análises Químicas	42
4.2 – Digestibilidade ‘In Vitro’	47
4.3 – Degradabilidade ‘In Situ’	48
4.4 – Produção de Gás	55
4.4.1 – Modelo Bicompartimental	55
4.4.2 – Modelo Unicompartmental	66
4.5 – Classificação Qualitativa dos Alimentos através da Estimativa da Eficiência da Síntese Microbiana	71
4.6 – Análise das Relações entre os métodos ‘in vitro’, ‘in situ’ e ‘in vitro gás’	77
<b>5 – CONCLUSÃO</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>93</b>
‘VITA’	126

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
3.1.1 Descrição da composição dos tratamentos	24
3.4.2.2.1 Descrição do esquema de incubação utilizado	29
3.4.2.2.2 Descrição dos horários de incubação utilizados	30
3.5.2.2.1 Composição do Meio de Cultura utilizado nas incubações de produção de gás 'in vitro'	35
4.1.1 Variáveis analisadas nas amostras da forragem fresca e no material ensilado dos diferentes tratamentos	43
4.1.2 Variáveis analisadas nas amostras da forragem fresca e no material ensilado dos diferentes tratamentos	44
4.1.3 Variáveis obtidas à partir do fracionamento da fração protéica e glicídica nos diferentes tratamentos das silagens e na forragem fresca	46
4.2.1 Valores de digestibilidade 'in vitro' obtidas nos diferentes tratamentos das silagens e respectivas forragens frescas	47
4.3.1 Parâmetros estimados de degradabilidade 'in situ' da matéria orgânica das silagens e da respectiva forragem fresca dos diferentes tratamentos	50
4.3.2 Parâmetros estimados de degradabilidade 'in situ' da FDN das silagens e da respectiva forragem fresca dos diferentes tratamentos	54
4.4.1.1 Volume total de gás obtido e parâmetros estimados pelo modelo bicompartimental para as silagens e respectiva forragem fresca	57
4.4.1.2 Matriz de correlações (r) entre as frações glicídicas obtidas por análises químicas e os parâmetros ajustados de produção de gás das silagens e seus respectivos graus de significância	65
4.4.2.1 Volume total de gás obtido e parâmetros estimados pelo modelo unicompartimental para as silagens e respectiva forragem fresca	67
4.5.1 Coeficientes de correlação das variáveis estudadas nas silagens obtidos entre as duas corridas	71
4.5.2 Volumes de gás, matéria orgânica degradada, fator de partição (FP), estimativa da produção microbiana e eficiência da síntese microbiana encontrados para os diferentes alimentos	72
4.6.1 Correlações entre os parâmetros taxa de degradação e tempo de colonização da MO obtidos 'in situ' e aqueles obtidas pelo método 'in vitro' gás	78
4.6.2 Correlações entre as variáveis obtidas nos ensaios de digestibilidade 'in vitro', degradabilidade 'in situ' e produção de gás, para as silagens	80
4.6.3 Correlações entre as estimativas de NDT, DE obtida pela produção de gás, DE pelo método 'in situ' e a DIVMO 'in vitro'	81
4.6.4 Comparações entre as estimativas de degradabilidade da MO obtidas pelos diferentes métodos, através do teste t	81



## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1.1 Descrição esquemática das análises para obtenção das diferentes frações de CSDN (Hall, 2000)	7
2.4.1 Transdutor de pressão em uso na UFSM para a técnica semi-automatizada de produção de gás, descrita por Maurício et al. (1999a)	17
3.5.1.1 Regressão entre pressão e volume de gás obtida na UFSM	33
4.1.1 Valores médios de FDN, FDA e CNF nas silagens	45
4.3.1 Degradabilidade da Matéria Orgânica das diferentes silagens ao longo dos tempos de incubação ruminal	48
4.3.2 Degradabilidade da MO do material de origem das silagens	49
4.3.3 Degradabilidade da FDN das diferentes silagens ao longo dos tempos de incubação ruminal	53
4.3.4 Degradabilidade da FDN do material de origem das silagens	53
4.4.1.1 Produção de gás das diferentes silagens e seu correspondente material de origem	56
4.4.1.2 Produção cumulativa de gás das silagens	64
4.4.1.3 Produção cumulativa de gás das forragens frescas	64
4.4.2.1 Taxas observadas de produção de gás/hora para as diferentes silagens	68
4.5.1 Taxas observadas de produção de gás para as diferentes silagens	73
4.5.2 Taxas observadas de produção de gás para as respectivas forragens frescas das silagens	74

## LISTA DE ITENS DO APÊNDICE

	Página
<b>Apêndice 1</b> - Resultados individuais das análises bromatológicas nos diferentes tratamentos e repetições	<b>93-96</b>
<b>Apêndice 2</b> - Análise de variância dos componentes bromatológicos das silagens	<b>97-107</b>
<b>Apêndice 3</b> - Valores de pressão e volume utilizados para a obtenção da equação de regressão	<b>108-113</b>
<b>Apêndice 4</b> - Valores individuais de DIVMS e DIVMO das silagens e respectivas forragens frescas	<b>114</b>
<b>Apêndice 5</b> - Análise da Variância dos valores de DIVMS e DIVMO	<b>115</b>
<b>Apêndice 6</b> - Valores médios de degradabilidade da MO por tratamento	<b>116</b>
<b>Apêndice 7</b> - Análise da Variância da Degradabilidade 'In Situ' da MO	<b>117</b>
<b>Apêndice 8</b> - Valores médios de degradabilidade da FDN das silagens	<b>118</b>
<b>Apêndice 9</b> - Análise da variância da degradabilidade da FDN das silagens	<b>119</b>
<b>Apêndice 10</b> - Valores médios de gás produzidos pelas repetições das silagens nos diferentes tempos de leitura	<b>120-121</b>
<b>Apêndice 11</b> - Análise de variância do volume final de gás das silagens dos diferentes tratamentos	<b>122</b>
<b>Apêndice 12</b> - Análise da variância dos parâmetros obtidos pelo ajuste das curvas de produção de gás para o modelo bicompartimental	<b>123-125</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AGV's</b>	Ácidos Graxos Voláteis
<b>AIN</b>	Amostra 'In Natura'
<b>APS</b>	Amostra Parcialmente Seca
<b>ATP</b>	Adenosina Tri Fosfato
<b>BC</b>	Bem Compactado
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CNCPS</b>	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
<b>CNF</b>	Carboidratos Não Fibrosos
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gás Carbônico
<b>CSDN</b>	Carboidratos Solúveis em Detergente Neutro
<b>CV</b>	Coefficiente de Variação
<b>DE</b>	Degradabilidade Efetiva
<b>DIVMO</b>	Digestibilidade 'in vitro' da Matéria Orgânica
<b>DIVMS</b>	Digestibilidade 'in vitro' da Matéria Seca
<b>DN</b>	Detergente Neutro
<b>EE</b>	Extrato Etéreo
<b>ESPM</b>	Eficiência da Síntese de Proteína Microbiana
<b>FDA</b>	Fibra em Detergente Ácido
<b>FDN</b>	Fibra em Detergente Neutro
<b>FF</b>	Fragem Fresca
<b>FP</b>	Fator de Partição
<b>FSDN</b>	Fibra Solúvel em Detergente Neutro
<b>GTSE</b>	Glicídios Totais Solúveis em Etanol
<b>MC</b>	Mal Compactado
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>MS</b>	Matéria Seca
<b>MV</b>	Matéria Verde
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amônia
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	Nitrogênio Amoniacal
<b>NNP</b>	Nitrogênio Não Protéico
<b>PB</b>	Proteína Bruta
<b>PBSol</b>	Proteína Bruta Solúvel
<b>PG</b>	Produção de Gás
<b>PIDA</b>	Proteína Insolúvel em Detergente Ácido
<b>PIDN</b>	Proteína Insolúvel em Detergente Neutro
<b>RDN</b>	Resíduo em Detergente Neutro
<b>RIE</b>	Resíduo Insolúvel em Etanol
<b>TCA</b>	Ácido Tricloroacético
<b>Vf</b>	Volume final
<b>Vt</b>	Volume total

*“TO MAKE AN APPLE PIE, you need wheat, apples, a pinch of this and that and the heat of the oven. The ingredients are made of molecules-sugar, say, or water. The molecules, in turn, are made of atoms-carbon, oxygen, hydrogen and a few others. Where do these atoms come from? Except for hydrogen, they are all made in stars. A star is a kind of cosmic kitchen, inside which atoms of hydrogen are cooked into heavier atoms. Stars condense from interstellar dust, which are composed mostly of hydrogen. But the hydrogen was made in the big bang, the explosion that began the Cosmos. If you wish to make an apple pie from scratch, you must first invent the universe”.*

(Sagan, 1981).

## 1 – INTRODUÇÃO

A alimentação normalmente representa o componente de maior custo na produção animal e, desta forma, é importante que as dietas sejam formuladas para otimizar a produtividade e, em última instância, o retorno financeiro do produtor. Mudanças nos métodos de produção e a introdução de novas matérias primas, assim como a seleção de animais com maior potencial genético para crescimento ou produção de leite, juntamente com a queda nas margens de lucro dos produtores, têm demandado um uso mais racional e eficiente dos recursos alimentícios. Para tentar suprir esta demanda, foram desenvolvidos recentemente sistemas nutricionais mais mecanísticos, como o NRC (2001) e o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Fox et al., 2003) os quais tem maior potencial de análise da condição nutricional dos sistemas de produção de ruminantes. No entanto, exigem entre outros, melhor caracterização do valor nutricional dos alimentos comparado aos sistemas tradicionais.

O principal componente das dietas normalmente oferecidas aos ruminantes é o volumoso, e é reconhecido que a sua composição química e valor nutricional é amplamente variável, dependendo de vários fatores como o tipo, espécie e variedade da planta forrageira, tipo e grau de processamento e armazenamento, clima, maturidade, entre outros.

A análise química representa o método mais usual e prático para estimar o valor nutricional dos alimentos. Contudo, devido às deficiências normalmente associadas à estas estimativas, vários outros métodos foram desenvolvidos para melhor caracterizar o potencial nutricional das forragens, principalmente sua digestibilidade. Esses compreendem os métodos 'in vivo', 'in vitro' e 'in situ'. Embora as determinações 'in vivo' forneçam a medição padrão da digestibilidade já que elas representam a resposta animal real a um tratamento dietético, tais pesquisas não podem ser consideradas rotina em muitos laboratórios porque é um método demorado, demanda custos muito altos e requer grandes quantidades de alimentos para teste. Além disto, o aumento do uso e do rigor de normas associadas ao bem estar animal tem dificultado em muitos países a experimentação 'in vivo'.

Desta forma, um número de métodos 'in vitro' e 'in situ' (p.ex: digestibilidade em baterias de culturas, digestibilidade por enzimas, produção de gás, sacos de náilon) tem sido desenvolvidos para estimar a digestibilidade e a extensão da degradação ruminal das forragens, e estudar a sua variação em resposta a mudanças da dieta e/ou das condições ruminais.

Embora não signifique um novo conceito, a mensuração da produção de gás para avaliar forragens tem adquirido notoriedade, especialmente a partir do momento em que Menke et al., (1979) reportaram altas correlações entre os valores de produção de gás 'in vitro' e a digestibilidade aparente 'in vivo', e mais recentemente com os trabalhos de Theodorou et al., (1994) e Schofield & Pell (1995), os quais passaram a utilizar transdutores de pressão para fazer as leituras de gás. No Brasil, o uso desta

técnica tem sido viabilizada desde que Maurício et al. (1999) desenvolveram um sistema semi-automatizado que possibilita, à um custo relativamente baixo, determinar a cinética da degradação de um grande número de alimentos.

Vários estudos tem demonstrado que o método tradicional 'in vitro' têm subestimado os valores de digestibilidade obtidos 'in vivo', especialmente de volumosos de baixa qualidade, além de não fornecer informação sobre os processos relacionados à dinâmica ruminal. Por sua vez, a técnica 'in situ', não permite avaliar um grande número de alimentos, a menos que se disponha de vários animais fistulados, o que contraria as recomendações relacionadas ao bem estar animal.

Por um lado, a disponibilidade de métodos laboratoriais e in vitro de avaliação dos alimentos tem aumentado. Por outro, no entanto, a eficiência em caracteriza-los ou, de outra forma, a sensibilidade dos diferentes métodos em detectar diferenças na sua qualidade ainda não está bem estabelecido.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi testar a técnica de produção cumulativa de gases 'in vitro', na avaliação da qualidade fermentativa e nutritiva de silagens de milho, e comparar seus resultados com os métodos tradicionais de digestibilidade 'in vitro' de Tilley & Terry (1963), e de degradabilidade 'in situ' de Orskov & McDonald (1979).

Para tanto foram utilizadas como ferramenta de pesquisa, silagens de milho colhidas em diferentes estágios de desenvolvimento e submetidas à diferentes níveis de compactação à ensilagem.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Análise Química dos Alimentos

As análises dos alimentos para ruminantes, segundo France et al., (1999) geralmente envolvem a determinação do conteúdo da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), carboidratos estruturais (fibra), carboidratos solúveis, amido (quando aplicável) e proteína bruta (PB). As silagens necessitam de análises adicionais, especialmente o pH, nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) e conteúdo de ácidos orgânicos. Por outro lado, novos programas de predição de desempenho tais como o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Fox et al., 2003), requerem informação mais detalhada sobre a composição e degradação dos diferentes 'pools' relativos às frações protéicas e também dos glicídios dos alimentos.

O conteúdo de matéria seca dos alimentos é usualmente determinado através de secagem em estufa à 60 ou 100 °C, enquanto que as silagens requerem tratamento especial em função de seu alto conteúdo de produtos orgânicos voláteis. A matéria orgânica é determinada através da queima da amostra (500 °C até que todo o carbono seja removido) (France et al., 1999). Os métodos mais amplamente utilizados para determinar os constituintes estruturais (fibra) dos alimentos são aqueles descritos por Van



Soest et al., (1991). Estes métodos envolvem a extração da biomassa da planta com detergente neutro para deixar um resíduo fibroso, constituído predominantemente de celulose, hemicelulose e lignina (FDN - Fibra em Detergente Neutro), ou com detergente ácido para deixar um resíduo de celulose e lignina (FDA - Fibra em Detergente Ácido). Sendo procedimentos gravimétricos, a composição exata dos resíduos de FDN e FDA não é conhecida.

Os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN), incluem a porção mais digestível da planta e são os mais problemáticos para descrever nutricionalmente. Como uma classe, eles são considerados como 98 % digestíveis e rapidamente fermentáveis, porém são um grupo diferente quanto à composição, o que tem impedido a sua análise direta através de análises químicas.

Estes carboidratos (CSDN), constituem-se em uma parte importante, porém muito discutida na formulação de rações, em função de que a alimentação com CSDN tem sido relacionada tanto a altas produções como a problemas de saúde, uma vez que os mesmos podem constituir mais de 45% da MS da ração. Em função de sua grande diversidade, características nutricionais e presença nos alimentos, o seu fracionamento e análise individual tornam-se necessários. Os CSDN incluem todos os carboidratos não encontrados na FDN. O seu conteúdo nos alimentos tem sido calculado, ao invés de ser diretamente determinado, em função dos muitos tipos de carboidratos incluídos nesta fração.

Atualmente, o conteúdo de CSDN da MS de um alimento é um valor calculado, baseado na porcentagem de nutrientes subtraídos de 100% da MS.

$$\% \text{ CSDN} = 100\% - (\% \text{ PB} + \% \text{ FDN} + \% \text{ EE} + \% \text{ cinzas})$$

ou

$$\% \text{ CSDN} = 100\% - [\% \text{ PB} + (\% \text{ FDN} - \% \text{ PIDN}) + \% \text{ EE} + \% \text{ cinzas}]$$

Onde:

PB = Proteína Bruta

FDN = Fibra em Detergente Neutro

PIDN = Proteína Bruta insolúvel em Detergente Neutro

EE = Extrato Etéreo.

Embora a primeira equação seja a mais usada, a segunda é preferível porque ela corrige para PB na FDN e assim evita a dupla subtração da PB insolúvel em detergente neutro (como parte da PB, e como parte da PB insolúvel em DN).

Um novo método desenvolvido por Hall (2000), baseado na diferença de massa de resíduos de composição conhecida, vem sendo usado para estimar as frações A (composta por açúcares e ácidos orgânicos) e B<sub>1</sub> (composta pela FSDN – Fibra Solúvel em Detergente Neutro, e amido) dos CSDN, conforme diagrama apresentado na Figura 1.1.

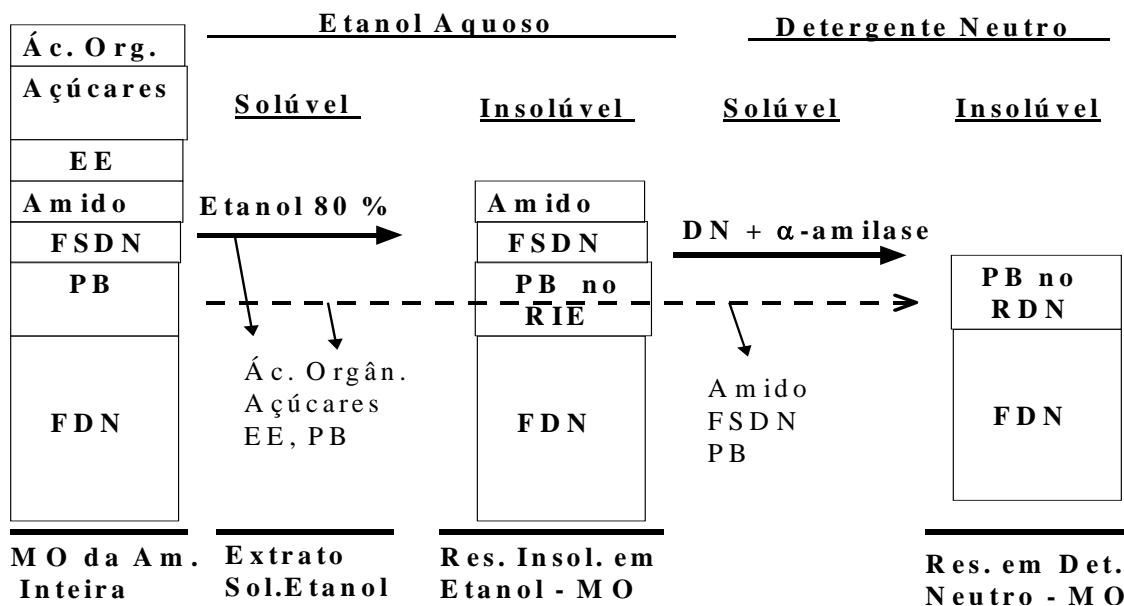


FIGURA 1.1 – Descrição esquemática das análises para obtenção das diferentes frações de CSDN, (Hall, 2000).

O método requer a execução de várias análises:

- Análise de Matéria Orgânica (MO) e Proteína Bruta (PB) na amostra original
- Extração com etanol 80 %
  - ▶ Determinação da MO no Resíduo Insolúvel em Etanol (MO/RIE), PB/RIE e Amido.
  - ▶ Determinação dos Glicídios Totais Solúveis em Etanol (GTSE) no extrato solúvel em etanol.
- Extração com Detergente Neutro e α-amilase estável ao calor.
  - ▶ Determinação da MO no Resíduo em Detergente Neutro (MO/RDN) e PB/RDN.

A FSDN está contida na MO/RIE, e é calculada pela fórmula:

$$\text{FSDN} = (\text{MO/RIE} - \text{PB/RIE}) - (\text{MO/RDN} - \text{PB/RDN}) - \text{Amido/RIE}.$$

Os ácidos orgânicos podem ser obtidos pela seguinte fórmula:

Ác. Orgânicos = (MO/Amostra – PB) – (MO/RIE – PB/RIE) – EE – GTSE.

O sistema proposto para a obtenção do fracionamento do 'pool' de CSDN, segundo Hall (2000), é simples e tem boa precisão. Neste procedimento, os açúcares e amidos são determinados diretamente, e as frações mais diferentes como os ácidos orgânicos e a FSDN são estimados por diferença. Os métodos componentes não requerem extrações seqüenciais, como freqüentemente é o caso nas análises diretas dos componentes dos CSDN, usam equipamentos comuns de laboratório (agitadores, banho maria, espectrofotômetro, balanças), e reagentes relativamente baratos e seguros.

Com muita propriedade, Van Soest et al. (1991), já chamavam a atenção para o fato de que os carboidratos mais rapidamente digestíveis dos alimentos careciam de um sistema satisfatório de classificação, não obstante o fato dos mesmos serem os maiores fornecedores de energia dos alimentos. Segundo eles, esta falta de definição dava-se em função da sua diversidade e da relativa ausência de pesquisa básica sobre as suas características nutritivas específicas.

O conteúdo de proteína é calculado à partir do conteúdo de nitrogênio (N), determinado pelo procedimento de Kjeldahl envolvendo digestão ácida e destilação. Este nitrogênio pode ser separado nas frações nitrogênio não protéico (NNP), proteína solúvel (PBSol), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), em função de suas características de solubilidade e degradabilidade (Krishnamoorthy et al., 1980, e Sniffen et al., 1992).

Licitra et al. (1996), propuseram um método padrão de obtenção e separação destas frações.

- NNP – Utiliza-se ácido tricloroacético (TCA) como agente precipitante da proteína da amostra. Filtra-se em papel filtro, determinando o N no resíduo. O NNP é obtido pela diferença entre o teor de N total da amostra e o N encontrado no resíduo.

- PBSol – A utilização de uma solução tampão borato-fosfato permite separar esta fração da proteína que é rapidamente degradada no rúmen. Após a filtração, determina-se o N no resíduo e a proteína solúvel é obtida diminuindo-se o N residual do N total. A proteína solúvel verdadeira pode ser obtida subtraindo-se o NNP da proteína solúvel.

- PIDN – Esta fração constitui o N associado com a FDN, inclusive o N indigestível encontrado no resíduo insolúvel em detergente ácido. É obtida determinando-se o N no resíduo após a filtração em cuja amostra foi aplicada a solução detergente neutra.

- PIDA – De forma semelhante à anterior, é obtida determinando-se o N residual após aplicação de solução detergente ácida, e representa a fração protéica indigestível normalmente associada a lignina, mesmo em plantas frescas.

Todos os resultados expressos em proteína são multiplicados por 6,25.

Thomas et al. (1998), chamam a atenção para o fato de que virtualmente em todos os experimentos publicados sobre predição do suprimento de nutrientes para vacas leiteiras, existe insuficiente informação

sobre a composição e características nutricionais das dietas, para que os resultados obtidos sejam facilmente resumidos e utilizados como base para uma generalização. Eles salientam ainda que as pesquisas devem ser direcionadas ao desenvolvimento de métodos químicos, físicos e biológicos para caracterizar os alimentos, em termos que permitam uma descrição compreensiva dos suprimentos dietéticos para a fermentação microbiana no rúmen e para a digestão enzimática no intestino.

Para Mühlbach (2003), torna-se fundamental uma adequada avaliação da qualidade do volumoso utilizado, especialmente em sistemas de produção intensiva, uma vez que a partir deste é que se determina a quantidade de concentrado à suplementar. Uma má avaliação poderá resultar em problemas de acidose por um lado, ou acetonemia por outro, além de elevar os custos da alimentação.

Modelos mecanicistas como o do CNCPS, utilizam as frações protéicas e de carboidratos anteriormente descritas, bem como suas taxas de digestão e passagem, a fim de prever o crescimento microbiano e o suprimento de energia metabolizável, proteína metabolizável e aminoácidos dos alimentos, baseados nas variações de consumo de MS e características da fibra dietética. Desta forma, a exatidão da predição dos requerimentos de nutrientes e do desempenho animal sob condições específicas, depende de uma descrição exata da composição do alimento e do consumo de MS.

## **2.2 – Digestibilidade ‘In Vitro’**

A avaliação dos ingredientes dos alimentos através da determinação química, tais como o sistema de Weende de análise proximal ou sistemas mais

específicos tais como a FDN e FDA, tem sido praticada ao longo de muitos anos. Entretanto, estes sistemas apresentam o mesmo problema: eles não conseguem prever adequadamente o consumo do alimento.

O método de avaliação da digestibilidade 'in vitro' dos alimentos desenvolvido por Tilley & Terry (1963), vem sendo extensivamente utilizado, tendo proporcionado importante avanço nos estudos de avaliação de alimentos. Entretanto, este método, quando empregado da forma originalmente desenvolvida, gera apenas resultados pontuais, podendo ser utilizado como referência de digestibilidade da MO para outros métodos.

### **2.3 – Degradabilidade 'In Situ'**

A técnica 'in situ' foi inicialmente desenvolvida com o objetivo de fornecer uma avaliação da dinâmica da degradação da proteína dos alimentos, (Orskov & McDonald, 1979).

Segundo Orskov (2000), quando a técnica passou a ser utilizada para estimar a degradação de volumosos, observou-se a necessidade de reavaliar o modelo, através da introdução de uma fase 'lag', durante a qual não ocorre nenhum desaparecimento líquido da amostra. É o tempo que os microorganismos necessitam para aderir ao substrato, sendo variável em função das características bromatológicas do alimento. Isto foi conseguido quando se desenvolveu um sistema no qual a fração solúvel da amostra é determinada em laboratório, podendo ser obtida através da lavagem da amostra colocada no saco de náilon que não foi incubado no rúmen.

Em muitos experimentos, as características de degradabilidade dos alimentos tem sido descritas pela fração solúvel A, a fração insolúvel porém

degradável B, tendo como c, a velocidade pela qual a fração B é degradada. Estas taxas constantes tem sido usadas na tentativa de desenvolver um sistema que permita prever não somente o valor nutritivo do alimento mas também o seu consumo (Orskov, 2000). Um dos parâmetros de degradação ruminal de particular importância, é a taxa fracional de degradação. A integração das taxas de digestão e passagem em modelos dinâmicos permite estimar a degradabilidade efetiva dos diferentes componentes nutricionais dos alimentos.

As taxas fracionais são estimadas, ajustando-se modelos apropriados aos dados resultantes da medição tanto do resíduo indigerido, como dos produtos finais da fermentação, após a exposição do alimento à digestão (López et al., 1998).

Objetivando verificar se o consumo e a digestibilidade podem ser preditos à partir dos valores de A, B e c, regressões múltiplas foram testadas por Kibon & Orskov (1993), Shem et al. (1995) e Khazaal et al. (1993), os quais obtiveram elevados coeficientes de correlação ( $r^2$ ) entre os fatores da equação de degradação e a digestibilidade, consumo de matéria seca e consumo de matéria seca digestível dos alimentos testados. Entretanto, não é aconselhável a utilização desta técnica para avaliar alimentos solúveis, alimentos com partículas de tamanho muito reduzido, ou aqueles com alto conteúdo de amido ou lipídios, uma vez que estas frações podem desaparecer do saco de náilon sem terem sido degradadas.

O processamento das amostras utilizadas neste trabalho (secagem em estufa e posterior moagem), pode não ser o procedimento mais indicado



para silagens, em função dos compostos voláteis presentes na amostra. Valentin et al. (1999), testaram diferentes formas de processamento de amostras de silagens de milho (liofilizada, liofilizada e moída em peneira de 3 mm e forragem verde), pela metodologia 'in situ', encontrando valores significativamente maiores para as perdas de MS não degradada, fração solúvel 'a', degradabilidade efetiva e para as taxas de degradação, nas amostras liofilizadas e moídas em peneira de 3 mm, em relação às outras duas formas.

Entretanto, a não disponibilidade de um liofilizador, não permitiu que as amostras fossem tratadas desta forma neste trabalho, entendendo-se que as comparações efetuadas entre os métodos ('in situ' e 'in vitro'), são válidas uma vez que o tratamento imposto às amostras foi semelhante.

#### **2.4 – Técnica de Produção de Gases**

A fermentação ruminal resulta inicialmente na degradação do amido, da fibra e da proteína até moléculas menores tais como açúcares e aminoácidos. Os produtos desta degradação inicial são rapidamente metabolizados para massa microbiana e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e ácidos graxos voláteis (AGV's), especialmente acetato, propionato e butirato, e em menor grau AGV's de cadeia ramificada e ocasionalmente lactato, (Kohn & Boston, 2000).

Os eventos metabólicos que ocorrem dentro do rúmen são a base para o suprimento de nutrientes ao animal hospedeiro, afetando não somente os nutrientes absorvidos naquele órgão, mas também a quantidade e a

composição do alimento não digerido e matéria microbiana, os quais passam adiante para subsequente digestão no trato pós-ruminal (Thomas et al., 1998).

Todas as técnicas 'in vitro', tem sido desenvolvidas com o objetivo de encontrar métodos baratos, rápidos e fáceis de prever a disponibilidade de certos nutrientes aos animais. Embora a técnica de produção de gás 'in vitro' esteja relacionada unicamente à fermentação no rúmen e não à digestibilidade do trato digestivo total, o qual também inclui digestão enzimática, absorção e fermentação no trato digestivo inferior, ela tem como principais vantagens o seu baixo custo, o tamanho reduzido da amostra, o bem estar animal e, principalmente, o fato de que ela descreve a cinética da atividade microbiana em resposta à um determinado substrato (Williams, 2000).

Uma extensa gama de forragens tem sido investigada através do uso da técnica da produção cumulativa de gás, sendo que a maior proporção dos materiais são aqueles que são utilizados como fonte de energia aos animais, ou seja, carboidratos.

Mertens (1998), salienta que a medição da produção de gás ao invés do desaparecimento de substratos tais como fibra ou matéria seca tem várias vantagens, uma vez que ela mede a soma de toda a fermentação e estima a contribuição energética total do rúmen ao animal, oriunda da fibra, carboidratos solúveis e proteínas. Além disso, o produto medido não é contaminado por resíduos microbianos como matéria seca residual, o que complica o uso de resíduos de matéria seca para estimar a cinética da digestão, sendo que a produção de gás é mais fácil de medir do que o

desaparecimento da fibra, uma vez que amostras em série não precisam ser analisadas individualmente.

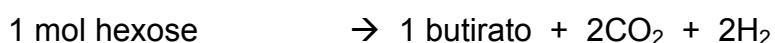
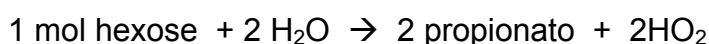
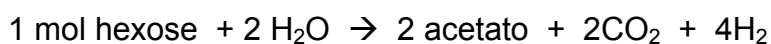
Pesquisadores como Pell et al. (2000), foram levados a questionar o sistema que utiliza o conteúdo de fibra para avaliar o valor energético dos alimentos, uma vez que experimentos mostraram por exemplo que a mesma alfafa cortada e ensilada com diferentes teores de MS e compactação, apresentou diferenças de até 45 % na quantidade de gás produzido na fermentação, a despeito de uma variação de apenas 5 % nos níveis de FDN e FDA, o que demonstra, segundo os autores, a falácia do uso do conteúdo de fibra para estimar o valor energético dos alimentos.

Mais recentemente, Chai et al. (2004) concluem que a cinética de fermentação do amido em amostras de silagens de milho pode ser estimada com precisão satisfatória pela produção de gás, de modo rápido e a baixo custo.

Os métodos de gás 'in vitro' medem fundamentalmente a digestão das frações solúvel e insolúvel dos carboidratos (Menke & Steingass, 1988), e a quantidade de gás produzida de um alimento reflete a produção de ácidos graxos voláteis (AGV's), os quais são a principal fonte de energia para os ruminantes. O gás provém diretamente da degradação dos alimentos, e indiretamente do tamponamento dos ácidos gerados como resultado da fermentação.

A energia para o crescimento dos microorganismos ruminais é obtida da fermentação dos carboidratos, especialmente amido e parede celular, que são quebradas a hexoses e pentoses, dos quais os principais produtos

finais são acetato, propionato e butirato, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, mas que também fornecem esqueletos de carbono para a síntese de biomassa microbiana. As reações estequiométricas da fermentação da parede celular das hexoses descritas por Hungate ( 1966 ), são:



Nos anos 60, a medição de gás usando sistemas de deslocamento de líquidos foi sugerida como técnica para avaliar alimentos para ruminantes (Johnson, 1963).

O método foi aperfeiçoado mais tarde por um grupo de pesquisadores da Universidade de Hohenheim (Alemanha), quando Menke et al. (1979) reportaram altas correlações entre os valores de produção de gás 'in vitro' e a digestibilidade aparente 'in vivo', conduzindo as fermentações em grandes seringas de vidro (100 ml) que continham a forragem, em um meio anaeróbico inoculado com fluido ruminal.

A técnica foi sendo aperfeiçoada, sendo que um novo método usando um transdutor de pressão foi descrito por Theodorou et al. (1994), no qual a pressão e o volume de gás eram anotados em intervalos regulares, sendo o gás liberado dos frascos de fermentação, logo após a leitura e atualmente vem sendo utilizada como uma ferramenta preditiva pela qual a cinética da fermentação dos alimentos pode ser obtida.

Mais recentemente, sistemas automatizados que utilizam sensores de pressão computadorizados foram desenvolvidos para monitorar a produção de gás. Atualmente, existem em uso basicamente 3 sistemas automatizados e um semi-automatizado para medir a produção de gás de alimentos fermentados.

O sistema semi-automatizado, descrito recentemente por Maurício et al. (1999), permite a leitura da pressão produzida na parte superior do frasco de fermentação, através de um transdutor de pressão, o qual é convertido em volume de gás por uma equação pré-determinada e armazenado em uma planilha computadorizada em anexo, sendo que o gás é liberado normalmente a cada leitura (Figura 2.4.1).



FIGURA 2.4.1 – Transdutor de pressão em uso na UFSM para a técnica semi-automatizada de produção de gás, descrita por Maurício et al. (1999).

Especialmente nos países desenvolvidos, mas também naqueles em desenvolvimento, tem crescido nos últimos anos a busca de técnicas não invasivas em animais, em função da crescente aversão pública ao estresse imposto aos animais experimentais. Em função disso, a técnica 'in situ', utilizada para avaliar a cinética da degradação da MO no rúmen, será provavelmente substituída pelos métodos de produção de gás 'in vitro' (Givens et al., 2000).

#### **2.4.1 – Descrição geral da técnica**

A técnica utiliza os mesmos princípios gerais de outros procedimentos 'in vitro', utilizando substratos moídos, um meio anaeróbico e um inóculo de população mista microbiana de rúmen. O substrato pré-pesado é colocado em um meio tamponado, a mistura é aquecida a 39<sup>o</sup> Celsius, e uma quantidade de fluido ruminal fresco é adicionada como inóculo.

A partir deste momento, a produção de gás resultante da fermentação é anotada a intervalos regulares para obtenção da cinética da fermentação. Um perfil do gás cumulativo é plotado dos resultados ao final da fermentação, cuja curva representa os produtos perdidos pelos microorganismos, refletindo a cinética da atividade microbiana dentro da garrafa.

A maioria dos relatos da literatura descrevem as curvas de produção de gás como curvas sigmóides de três fases. A primeira é a fase de lenta produção de gás envolvendo a hidratação, aderência microbiana e colonização. A segunda é exponencial e representa a degradação enzimática, e a terceira é quando a produção decresce e cai para zero, chamada de fase assintótica.

Este fato é claramente discutido por Beuvink & Kogut (1993), quando assinalam que histologicamente as paredes celulares das gramíneas podem ser divididas em 3 grupos:

- 1 - o material rapidamente fermentado (células do mesófilo);
- 2 - o material lentamente fermentado (esclerênquima, células da bainha), e
- 3 - a fração não fermentável, consistindo principalmente de tecido vascular lignificado.

Parte do substrato, principalmente açúcares solúveis, podem ser fermentados imediatamente, constituindo entretanto, na maioria das vezes apenas uma pequena parte do material potencialmente fermentável. À medida que mais substrato é hidratado e colonizado por microorganismos, a taxa de fermentação irá aumentar.

#### **2.4.2 – Classificação Qualitativa dos Alimentos através da Estimativa da Eficiência da Síntese Microbiana**

A principal premissa nas equações de produção de gás é de que a taxa em que o gás é produzido é diretamente proporcional à taxa pela qual o substrato é degradado, com um fator de crescimento bacteriano ( $Y$ ) constante. Entretanto, o fracionamento do substrato ruminalmente disponível entre fermentação (produção de gás) e a incorporação direta na biomassa microbiana pode variar, dependendo entre outras coisas do tamanho do inoculo microbiano e do balanço no conteúdo de energia e nitrogênio dos substratos. Este fracionamento irá influenciar o suprimento de energia da forragem e a composição dos substratos produtores de energia (López et al., 2000).

Na maioria das situações, a fonte mais importante de proteína que chega ao trato digestivo inferior dos ruminantes é a proteína microbiana produzida no rúmen, a qual é de alta qualidade, apresentando um perfil de aminoácidos bem balanceado, (Mercken & Bourquin, 1994). Segundo eles, efeitos negativos na produção de proteína microbiana líquida tem sido associados às forragens conservadas, especialmente às silagens não emurchecidas, quando comparadas às forragens frescas. Uma das hipóteses é de que as forragens frescas contêm maiores proporções de carboidratos solúveis em água do que as forragens ensiladas e, conseqüentemente, quantidades maiores de carboidratos totais são fermentados no rúmen quando as forragens frescas são fornecidas, o que provavelmente contribua para aumentar a síntese líquida e a eficiência da síntese de proteína microbiana, observada nas forragens frescas, em relação aos materiais ensilados.

A eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPM), a qual é definida como a proporção da energia do substrato fixada nas células, é inversamente relacionada à produção de AGV's (Van Soest, 1994).

Considera-se que a síntese de proteína microbiana será maximizada pela sincronização da disponibilidade de energia fermentável e nitrogênio degradável no rúmen. Entretanto alguns resultados são contraditórios, como os trabalhos de Kim et al., (1999a) que observaram um acréscimo no fluxo de nitrogênio microbiano em vacas leiteiras quando condições sincronizadas foram criadas pela infusão de açúcares em diferentes tempos à dietas de silagem mais concentrados. Entretanto em outro trabalho semelhante (Kim et al., 1999b) com vacas recebendo somente silagem, não houve efeito dos



mesmos tratamentos. Os autores sugerem que o grau de sincronização somente teria efeitos positivos sobre a síntese de proteína microbiana, em dietas que já contenham altos níveis de carboidratos prontamente fermentáveis. Dewhurst et al., (2000) comentam no entanto, que se torna difícil explicar tais contradições uma vez que uma resposta positiva seria mais provável nas vacas que recebiam apenas silagem.

Embora sejam numerosas as tentativas de medir a proteína total e microbiana que chega ao duodeno de ruminantes sob vários regimes dietéticos, os erros associados com tais medições não têm permitido um sistemático exame dos fatores que afetam a eficiência do crescimento microbiano, bem como a proteína que chega ao duodeno em relação aos ácidos graxos voláteis (AGV's) produzidos no rúmen e absorvidos.

Dewhurst et al. (2000), observam que a literatura referente à síntese de proteína microbiana tem sido freqüentemente revisada, tendo produzido no entanto poucos preditores totalmente confiáveis para a ESPM, tanto em função da complexidade do sistema ruminal, como pelas dificuldades técnicas para estimar a síntese microbiana, especialmente 'in vivo'. Segundo eles, um grande número de métodos tem sido usados para identificar a proteína microbiana no conteúdo ruminal, tanto 'in vivo' quanto 'in vitro', e no fluxo da digesta para o abomaso, omaso ou duodeno, embora todos tenham limitações.

A relação entre a produção de AGV's e a biomassa microbiana a partir de uma unidade de substrato degradado não é constante (Getachew et al., 1998). A eficiência do crescimento microbiano no rúmen, expressada como gramas de células microbianas produzidas por ATP, ou por mol de AGV, ou por

grama de carboidrato fermentado, parece ser altamente variável dependendo das condições de alimentação, sendo que a proteína microbiana disponível e o total de AGV's produzidos no rúmen são inversamente proporcionais (Leng, (1993) Van Soest (1994)). Conseqüentemente, esta relação permanece entre o volume de gás 'in vitro' ou produção de AGV's, e a produção de biomassa microbiana, conforme comprovado por estudos efetuados por Blümmel et al. (1997b).

Tem sido sugerido desde então (Blümmel et al. 1999, Blümmel & Lebzien, 2001), que a metodologia de produção de gás 'in vitro' seja combinada com determinações do resíduo de incubação através do tratamento do resíduo com solução detergente neutra (Van Soest et al. 1991), com o objetivo de calcular o substrato verdadeiramente degradado. O processo de fermentação deve ser interrompido no momento de ocorrência da assíntota de produção de gás, ou seja, por ocasião do pico de crescimento microbiano. A relação entre a quantidade de substrato verdadeiramente degradado e o volume de gás produzido por ele resulta no chamado fator de partição (FP).

Desta forma, alimentos que apresentam maior degradabilidade verdadeira mas, proporcionalmente à quantidade de substrato degradado, menor produção de gás, podem ser selecionados através de um 'ranking' pela sua maior eficiência de síntese microbiana. A inclusão do FP em regressões múltiplas juntamente com outros parâmetros de degradação ('in vitro' gás/'in situ'), melhorou consideravelmente as previsões de consumo de matéria seca (Blümmel et al., 1997b). Blümmel & Lebzien, (2001), observaram que o FP

contribuiu para 60 % da variação na eficiência da produção microbiana obtida 'in vivo' com nove dietas para vacas leiteiras.

### **2.5 – Análise das relações entre os métodos 'in vitro', 'in situ' e 'in vitro gás'**

Segundo Pell et al. (2000), uma das questões mais freqüentes sobre as medições de gás é como os dados de gás se comparam aqueles obtidos "in vitro" ou "in situ" usando sacos de nylon. Eles salientam que antes que esta questão seja respondida, é preciso ter certeza de que comparações válidas sejam feitas, uma vez que no sistema de gás, este é formado da digestão tanto dos substratos solúveis quanto insolúveis, enquanto que nos métodos "in vitro" e "in situ" tradicionais, somente o desaparecimento do material insolúvel é medido.

Apesar destas críticas, vários trabalhos tem sido conduzidos objetivando avaliar a possibilidade da técnica da produção cumulativa de gases ser usada alternativamente a degradabilidade 'in situ'.

Neste sentido, Blümmel e Ørskov (1993) obtiveram bons ajustes utilizando as duas metodologias, além de observarem elevados coeficientes de correlação entre as características da degradação obtidas pela produção de gás e o consumo de matéria seca, o consumo de matéria seca digestível e a taxa de ganho de novilhos (0,88; 0,94 e 0,95, respectivamente), avaliando palhas de cereais.

Entretanto, os autores não encontraram correlação significativa ( $R^2=0,29$ ) entre a taxa constante de produção de gás e a taxa constante de perda de MS obtida pela técnica 'in situ'.

### 3 – MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Obtenção das Silagens

Para a obtenção das silagens de milho, foi utilizado o híbrido comercial Ag 5011, colhido em três épocas diferentes, a fim de obter três teores de umidade. Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições em um esquema fatorial três x dois (três teores de MS, 20, 26 e 28 %, e dois métodos de ensilagem, bem compactado BC, e mal compactado MC). Foram confeccionados mini-silos experimentais em sacos plásticos duplos, sobrepostos, marcados no volume de vinte litros, compactados manualmente utilizando-se um socador de madeira construído para tal fim, obtendo-se os tratamentos descritos na Tabela 3.1.1.

TABELA 3.1.1 – Descrição da composição dos tratamentos<sup>1</sup>.

	% de MS da Silagem	Densidade (Kg MV*/m <sup>3</sup> )
20 BC	20	700
20 MC	20	400
26 BC	26	625
26 MC	26	350
28 BC	28	625
28 MC	28	350

<sup>1</sup> 20, 26 e 28 = % de MS, BC = Bem Compactado, MC = Mal Compactado.  
\* MV = Material Verde

Por ocasião de cada período de ensilagem, metade do material foi imediatamente colocado nos sacos, compactado e vedado caracterizando o procedimento de ensilagem rápida, constituindo os tratamentos 'bem compactado' (BC). A outra metade do material já picado foi colocada em sacos

plásticos porosos, onde permaneceu por aproximadamente seis a oito horas antes de ser ensilado, constituindo os tratamentos 'mal compactado' (MC).

A coleta de efluentes foi feita através de um pequeno orifício na parte inferior dos sacos, os quais eram imediatamente fechados após o processo para evitar a entrada de oxigênio no material. Os silos foram abertos sempre 90 dias após seu fechamento, ocasião pela qual foi descartada a camada superior de cada silo (aproximadamente 5 cm), retirando-se toda a camada intermediária, a qual era transferida para um recipiente maior onde o material era misturado, retirando-se então amostras representativas para posterior análise.

### **3.2 – Análise Química dos Materiais**

As análises conduzidas com vistas a obter o maior número de informações químicas dos materiais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Santa Maria. Os teores de matéria seca foram obtidos pelo método convencional, secando-se a amostra a 55°C em estufa de ar forçado, moída em peneira de 1 mm, sendo então seca em estufa a 105°C. O teor de umidade das amostras também foi obtido por destilação com tolueno. Entretanto, os resultados das determinações com tolueno não foram utilizadas no trabalho em função de terem apresentado um coeficiente de variação muito elevado (7,8 % contra 3,2 % do convencional), além de terem subestimado significativamente os valores de MS das silagens. Os valores individuais são mostrados no Apêndice 1.

As concentrações de N-NH<sub>3</sub> foram determinadas na amostra úmida, pela técnica de microdifusão de Voigt e Steger (1967), titulando-se a solução

com HCl 0,01 N. A obtenção das frações protéicas foi realizada nas amostras moídas em peneira de 1mm após pré-secagem em estufa com circulação de ar forçado à 55 °C, e obedeceu à metodologia descrita por Licitra et al (1996), utilizando-se ácido tricloroacético (TCA) para a obtenção da fração A e tampão borato-fosfato para a fração B1. As frações B3 (NIDN - NIDA) e C (NIDA) foram obtidas determinando-se o nitrogênio no resíduo após extração com solução detergente neutra e ácida, respectivamente, de acordo com Van Soest et al (1991). As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinadas segundo a técnica descrita por Van Soest et al (1991). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos por diferença pela equação:  $100 - (PB + (FDNc - PB \text{ na FDN}) + EE + CZ)$ , (Fox et al., 2003). O fracionamento dos glicídios solúveis obedeceu a metodologia descrita por Hall (2000), onde os açúcares foram determinados por colorimetria após extração com etanol 80 %, tendo sido ainda determinados os teores de proteína bruta (PB) e matéria orgânica (MO) no resíduo insolúvel em etanol (RIE) 80 %, necessários para a obtenção dos valores de ácidos orgânicos, calculados pela seguinte equação:  $\text{Ácidos Orgânicos} = (MO - PB) - (MO \text{ no RIE} - PB \text{ no RIE}) - EE - GTSE$ , onde: EE = Extrato Etéreo e GTSE = Glicídios Totais Solúveis em Etanol. A fração A foi obtida pela soma de açúcares e ácidos orgânicos, e a fração B1, por diferença entre os CNF e a fração A. A fração C foi estimada multiplicando-se o teor de lignina por 2,4 e a fração B2 pela equação:  $FDN - (PB \text{ na FDN}) - \text{fração C}$ .

### 3.2.1 – Delineamento Experimental e Análise Estatística

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições em um esquema fatorial três x dois (três teores de MS; 20, 26 e 28 %, e duas densidades, bem compactado 'BC' e mal compactado 'MC'), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média geral da variável em estudo;

$\alpha_i$  = efeito do i-ésimo nível de MS (i= 20, 26 e 28 % MS);

$\beta_j$  = efeito do j-ésimo nível de compactação;

$\alpha\beta_{ij}$  = efeito da interação entre o i-ésimo nível de  $\alpha$  e o j-ésimo nível de  $\beta$ .

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado à observação  $Y_{ijk}$ .

A análise estatística foi feita através da análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

### 3.3 – Digestibilidade 'In Vitro'

O ensaio de digestibilidade 'in vitro' da matéria seca (DIVMS) e matéria orgânica (DIVMO), foi conduzido de acordo com Tilley e Terry (1963), modificado por Pires et al., (1979). Utilizaram-se aproximadamente 0,5 gramas de amostra parcialmente seca e moída em peneira de 1 mm. O inóculo ruminal foi obtido de 4 ovinos fistulados no rúmen, os quais recebiam feno de alfafa duas vezes ao dia. As amostras foram incubadas com 10 ml de inóculo e 40 ml de solução de Mc Dougall.

#### 3.3.1 – Delineamento Experimental e Análise Estatística

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições em um esquema fatorial três x

dois (três teores de MS; 20, 26 e 28 %, e duas densidades, bem compactado 'BC' e mal compactado 'MC'), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média geral da variável em estudo;

$\alpha_i$  = efeito do i-ésimo nível de MS (i= 20, 26 e 28 % MS);

$\beta_j$  = efeito do j-ésimo nível de compactação;

$\alpha\beta_{ij}$  = efeito da interação entre o i-ésimo nível de  $\alpha$  e o j-ésimo nível de  $\beta$ .

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado à observação  $Y_{ijk}$ .

A análise estatística foi feita através da análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

### **3.4 – Degradabilidade 'In Situ'**

Foram utilizados os mesmos materiais descritos anteriormente. A metodologia utilizada neste experimento baseou-se na revisão de Huntington & Givens (1995), à exceção do método de secagem da amostra, os quais recomendam a liofilização quando se trata de amostras que contenham componentes voláteis.

#### **3.4.1 - Animais e Dieta**

Foram usados dois bovinos machos, castrados, da raça Holandesa, com peso aproximado de 350 kg, fistulados no rúmen, mantidos em instalações para ensaios de alimentação, recebendo uma dieta constituída de silagem de milho à vontade e farelo de trigo na quantidade de 2 kg/dia. O alimento era fornecido duas vezes ao dia por volta de 8:00 e 16:00 horas.

#### **3.4.2 - Incubação Ruminal**

##### **3.4.2.1 - Preparo das Amostras**



Todos os materiais foram pré-secos em estufa com ar forçado à 55-60 °C, por um período de 72 horas, sendo moídas em moinho tipo Willey com peneira de 3 mm. Foram utilizadas 36 amostras de silagens provenientes dos seis tratamentos x seis repetições, bem como as três amostras do material que deu origem às silagens. Três gramas de amostra parcialmente seca foram pesadas em sacos de náilon com 10 x 10 cm e selados com seladora elétrica, proporcionando uma relação de 15 mg de amostra/cm<sup>2</sup> de saquinho. Todos os saquinhos referentes à cada tempo de incubação foram colocados dentro de sacos maiores confeccionados com tecido sintético de grande porosidade.

#### 3.4.2.2 - Esquema de Incubação

O experimento foi conduzido em três períodos, de acordo com o esquema descrito na Tabela 3.4.2.2.1.

TABELA 3.4.2.2.1 – Descrição do esquema de incubação utilizado.

<b>Período 1</b>		
<b>Animal</b>	<b>Material Incubado</b>	<b>Nº de Sacos</b>
1	Duplicatas 'a' e 'b' da repetição 1 de cada tratamento das silagens (6x2x8 tempos= 96) + duplicata 'a' da forragem fresca (3x8= 24)	120
2	Duplicatas 'a' e 'b' da repetição 2 de cada tratamento das silagens (6x2x8 tempos= 96) + duplicata 'a' da forragem fresca (3x8= 24)	120
<b>Período 2</b>		
<b>Animal</b>	<b>Material Incubado</b>	<b>Nº de Sacos</b>
1	Duplicatas 'a' e 'b' da repetição 3 de cada tratamento das silagens (6x2x8 tempos= 96) + duplicata 'a' da forragem fresca (3x8= 24)	120
2	Duplicatas 'a' e 'b' da repetição 4 de cada tratamento das silagens (6x2x8 tempos= 96) + duplicata 'a' da forragem fresca (3x8= 24)	120
<b>Período 3</b>		
<b>Animal</b>	<b>Material Incubado</b>	<b>Nº de Sacos</b>
1	Duplicatas 'a' e 'b' da repetição 5 de cada tratamento das silagens (6x2x8 tempos= 96)	96
2	Duplicatas 'a' e 'b' da repetição 6 de cada tratamento das silagens (6x2x8 tempos= 96)	96
<b>Total de Sacos Incubados</b>		<b>672</b>

Os tempos de incubação utilizados neste trabalho foram os seguintes: zero, (amostras que foram apenas lavadas, sem terem sido incubadas), 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 e 96 horas.

As amostras foram colocadas no rúmen nos diferentes períodos seguindo-se a metodologia de incubação seqüencial, com retirada conjunta de todas as amostras ao final de cada período, obedecendo-se os horários descritos na Tabela 3.4.2.2.2.

Após a retirada do rúmen, todos os saquinhos foram vigorosamente lavados em água corrente, por aproximadamente uma hora, até que não fosse mais observada nenhuma turbidez na água de lavagem, sendo então colocados em estufa com ar forçado à 55-60 °C por 72 horas, para serem pesados.

TABELA 3.4.2.2.2 – Descrição dos horários de incubação utilizados.

- 
- 1<sup>o</sup>. dia → 20:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 96 horas.
  - 2<sup>o</sup>. dia → 20:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 72 horas.
  - 4<sup>o</sup>. dia → 08:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 36 horas.
  - 4<sup>o</sup>. dia → 20:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 24 horas.
  - 5<sup>o</sup>. dia → 08:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 12 horas.
  - 5<sup>o</sup>. dia → 11:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 9 horas.
  - 5<sup>o</sup>. dia → 14:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 6 horas.
  - 5<sup>o</sup>. dia → 17:00 horas – Incubação das amostras referentes ao tempo 3 horas.
  - 5<sup>o</sup>. dia → 20:00 horas – Retirada de todos os saquinhos dos animais.
-

Após a determinação de matéria seca total e matéria orgânica no resíduo da incubação, os resultados foram agrupados por repetição dentro de tratamento nos diferentes tempos e ajustados ao modelo exponencial,  $P = a + b(1 - e^{-ct})$ , (Orskov & McDonald, 1979), corrigindo-se para os valores de 'lag time' ou tempo de colonização, de acordo com Mc Donald (1981). Utilizou-se o programa FitCurve, onde 'P' é a quantidade de alimento degradado no tempo 't', 'a' representa o componente rapidamente degradável, 'b' o componente lentamente degradável, e 'c' a taxa fracional de degradação por hora de 'b'. A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada usando a equação  $a + bc / (c + k)$ , (Orskov & McDonald, 1979), onde 'k' é a taxa de passagem do alimento pelo rúmen, ( $k_p$ : % por hora).

### 3.4.3 – Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas sub-subdivididas, considerando como fator principal os níveis de umidade, nas sub-parcelas a compactação e nas sub-subparcelas, os tempos de degradação de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + U_i + \varepsilon_a + C_j + (UC)_{ij} + \varepsilon_b + T_k + (UT)_{ik} + (CT)_{jk} + (UCT)_{ijk} + \varepsilon_c$$

onde:

$\mu$  = média geral da variável em estudo;

$U_i$  = efeito do i-ésimo nível de umidade ( $i = 20, 26$  e  $28$  % MS);

$\varepsilon_a$  = erro residual aleatório referente à parcela  $Y_i$ ;

$C_j$  = efeito do j-ésimo nível de compactação;

$(UC)_{ij}$  = efeito do i-ésimo nível de umidade com o j-ésimo nível de compactação;

$\epsilon_b$  = erro residual aleatório referente à sub-parcela  $Y_{ij}$ ;

$T_k$  = efeito do k-ésimo tempo de incubação;

$(UT)_{ik}$  = efeito do i-ésimo nível de umidade com o k-ésimo tempo de incubação;

$(CT)_{jk}$  = efeito do j-ésimo nível de compactação com o k-ésimo tempo de incubação;

$(UCT)_{ijk}$  = efeito do i-ésimo nível de umidade, com o j-ésimo nível de compactação, com o k-ésimo tempo de incubação;

$\epsilon_c$  = erro residual aleatório referente à sub-subparcela  $Y_{ijk}$ .

### **3.5 – Produção de Gás**

#### **3.5.1 - Obtenção da Equação de Regressão entre Pressão e Volume de Gás para o estabelecimento da Técnica de Produção de Gases ‘In Vitro’**

Foram utilizados 25 alimentos provenientes da rotina de análises do Laboratório de Nutrição Animal da UFSM, incubados em triplicata, seguindo-se metodologia descrita por Maurício et al. (1999).

As leituras de pressão, obtidas com o auxílio do transdutor de pressão (Figura 2.4.1), bem como do respectivo volume de gás medido com o auxílio de seringas descartáveis acopladas ao transdutor, foram tomadas nos tempos 3, 5, 8, 12, 24, 30, 36, 48, 72, 96 e 120 horas após a incubação.

Foram tomados 757 pares de observações (pressão e volume), com valores de pressão variando de 0.1 à 7 psi (libras por polegada quadrada) e volume variando de 0.4 à 32 ml de gás.

Os alimentos utilizados permitiram uma grande amplitude de valores de pressão e volume (apêndice 3), embora para a obtenção da equação tenham sido utilizados os valores até o máximo de 7 psi. Esta premissa segue uma recomendação de Theodorou et al. (1994), que observaram uma maior dispersão dos pontos obtidos das leituras acima de 7 psi. A Figura 3.5.1.1 mostra a distribuição dos valores de volume e pressão observados.

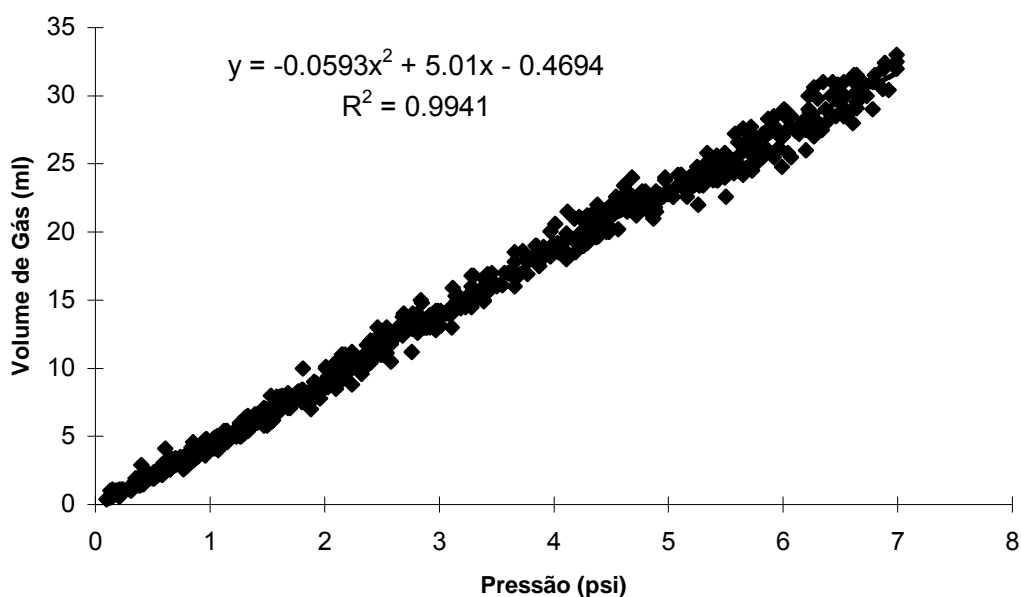


FIGURA 3.5.1.1 – Regressão entre pressão e volume de gás obtida na UFSM.

A equação obtida,  $y = -0,0593x^2(s.e.0,073) + 5,01x(s.e.0,053) - 0,4694(s.e.0,008)$ , permite afirmar que no Laboratório de Nutrição Animal da UFSM, cada psi de pressão equivalem a 4,48 mL de gás.

### **3.5.2 - Produção Cumulativa de Gás de Silagens de Milho e das Respectivas Forragens Frescas**

Foram utilizadas as mesmas silagens e respectivas forragens frescas dos ensaios de digestibilidade 'in vitro' e 'in situ'. O experimento foi conduzido de forma simultânea ao da degradabilidade 'in situ', sendo que os animais doadores de inóculo foram os mesmos utilizados naquele experimento, e, portanto, recebendo a mesma dieta, a fim de assegurar condições comparáveis para as duas técnicas. Foram conduzidas duas corridas com duplicatas de cada alimento em cada corrida de forma a obter quatro resultados para a mesma amostra.

#### **3.5.2.1 - Preparo das Amostras**

Todos os materiais foram pré-secos em estufa com ar forçado a 55-60 °C, por um período de 72 horas, sendo moídas em peneira de 1 mm.

#### **3.5.2.2 - Incubação**

Aproximadamente 1,0 grama de amostra parcialmente seca foi colocada dentro de cada garrafa de fermentação com capacidade de 160 ml.

O meio de cultura utilizado está descrito na Tabela 3.5.2.2.1. No dia anterior à incubação, foram adicionados 90 ml do meio de cultura (Tabela 3.5.2.2.1), em cada garrafa com o uso de uma proveta, sob constante gaseificação com CO<sub>2</sub>, sendo imediatamente fechadas com tampas de borracha de 14 mm e colocadas em geladeira até aproximadamente 4 horas antes da inoculação, quando foram colocadas em estufa à 39 °C com ar circulante.

TABELA 3.5.2.2.1 – Composição do Meio de Cultura utilizado nas incubações de produção de gás 'in vitro'

Composição do Meio de Cultura <sup>1</sup>		
Ingredientes:		Mililitro/Litro
Água destilada		520,30
Solução B		208,10
Solução C		208,10
Solução A		0,11
Solução Rezasurina		1,00
Solução Redutora		62,40
Total		1000,01
Solução B		
Reagentes		Gramas/Litro
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>		4,00
NaHCO <sub>3</sub>		35,00
Solução C		
Reagentes		Gramas/Litro
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>		9,45
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		3,32
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O		0,60
Solução A		
Reagentes		Gramas/Litro
CaCL <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O		132,00
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O		100,00
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O		10,00
FeCL <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O		80,00
Solução Redutora		
Reagentes		Quantidade/1000ml
Cysteine HCl (gramas)		6,25
Água destilada (ml)		950
NaOH 1M (ml)		40
Na <sub>2</sub> S (gramas)		6,25
Solução de Rezasurina		
Reagente		g/l
Rezasurina		1,0

<sup>1</sup> Adaptado de Menke et al. (1979).

O inóculo foi obtido dos dois animais fistulados, aproximadamente duas horas após sua alimentação, sendo mantido em temperatura de 39 °C, filtrado em quatro camadas de gaze e mantido sob constante gaseificação com CO<sub>2</sub> durante o período de sua adição às garrafas.

Foram adicionados 10 ml de inóculo em cada garrafa, introduzindo-se uma agulha através da tampa de borracha com o auxílio de uma seringa de

vidro, regulada para 10 ml, acoplada por uma mangueira ao frasco com inóculo, em um sistema fechado sem contato com o meio externo.

Garrafas contendo somente líquido ruminal e meio de cultura foram usadas como 'branco'. As leituras de pressão por polegada quadrada (psi), foram tomadas com o auxílio do transdutor de pressão (Figura 2.4.1), nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas após a incubação, totalizando 14 tempos. Após descontar o valor médio de pressão dos brancos nos respectivos tempos de incubação, os valores de pressão obtidos nas garrafas de amostra foram convertidos em volume, utilizando-se a equação obtida anteriormente.

### 3.5.2.3 – Delineamento Experimental e Análise Estatística

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições em um esquema fatorial três x dois (três teores de MS; 20, 26 e 28 %, e duas densidades, bem compactado 'BC' e mal compactado 'MC'), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média geral da variável em estudo;

$\alpha_i$  = efeito do i-ésimo nível de MS (i= 20, 26 e 28 % MS);

$\beta_j$  = efeito do j-ésimo nível de compactação;

$\alpha\beta_{ij}$  = efeito da interação entre o i-ésimo nível de  $\alpha$  e o j-ésimo nível de  $\beta$ .

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado à observação  $Y_{ijk}$ .

A análise estatística foi feita através da análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

### 3.5.2.4 – Ajuste das Curvas



A função de crescimento logístico, aplicado à microbiologia, assume que a produção do gás é proporcional tanto ao tamanho da população microbiana quanto ao substrato digestível, (Schofield et al. 1994). Ao início da fermentação, a população microbiana é o fator limitante, e ao final o substrato desempenha este papel. Em função disso, a curva logística é inerentemente sigmoideal, sendo que a taxa máxima ocorre quando metade do substrato foi digerido. Silagens de milho produzem curvas sigmoideais, (Schofield, 2000).

#### **a) Modelo Bicompartimental**

Os volumes de gás obtidos nos diferentes tempos de incubação foram ajustados empregando-se inicialmente o modelo logístico bicompartimental (Schofield et al., 1994):

$$V_{(t)} = A / (1 + \exp(2 + 4 * B * (C - T))) + D / (1 + \exp(2 + 4 * E * (C - T))),$$

onde  $V_{(t)}$  é o volume acumulado no tempo  $t$ ;  $A$  é o volume de gás oriundo da fração de rápida digestão;  $B$  ( $h^{-1}$ ) é a taxa de degradação da fração de rápida digestão;  $C$  é o tempo de colonização (horas);  $D$  é o volume de gás oriundo da fração de lenta degradação (fração B2 dos carboidratos); e  $E$  ( $h^{-1}$ ) é a taxa de degradação da fração de lenta degradação. Para a realização dos ajustes utilizou-se o processo iterativo do algoritmo de Marquardt, do pacote estatístico SAS.

#### **b) Modelo Unicompartmental**

Os mesmos volumes de gás obtidos neste experimento foram também ajustados ao modelo logístico unicompartmental descrito por Schofield et al. (1994),  $V_t = V_f \times (1 + \exp(2 - 4 \times S \times (t - L)))^{-1}$ , onde  $V_f$  é o volume final de gás (ml) no tempo  $t$ ,  $S$  é a taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) e  $L$  é o tempo de

colonização (h), o qual produz apenas três parâmetros, com o objetivo de correlacioná-los com aqueles obtidos pelo modelo exponencial de Mc Donald (1981).

### **3.6 – Classificação Qualitativa dos Alimentos através da Estimativa da Eficiência da Síntese Microbiana, com a obtenção do Fator de Partição**

Foram conduzidas duas corridas de incubação, empregando-se as amostras compostas das silagens de milho, utilizadas nos experimentos anteriores, confeccionadas com três níveis de umidade e submetidas a dois níveis de compactação (fatorial 3 x 2), bem como a forragem fresca que deu origem a estas silagens.

O inóculo foi obtido de dois bovinos fistulados, aproximadamente duas horas após sua alimentação, sendo mantido em temperatura de 39 °C, filtrado em quatro camadas de gaze e mantido sob constante gaseificação com CO<sub>2</sub> durante o período de sua adição às garrafas. Foram adicionados 10 ml em cada garrafa, as quais já continham 1,0 grama de amostra e 90 ml de meio (Tabela 2.5.2.2.1), introduzindo-se uma agulha através da tampa de borracha com o auxílio de uma seringa de vidro acoplada por uma mangueira ao frasco com inóculo, em um sistema fechado sem contato com o meio externo.

Garrafas contendo somente líquido ruminal e meio de cultura foram usadas como 'branco'. As leituras de pressão por polegada quadrada (psi), foram tomadas com o auxílio do transdutor de pressão, nos tempos 3, 6, 12, 18 e 24 horas após a incubação, conforme metodologia descrita por Maurício et al. (1999). Após descontar o valor médio de pressão dos 'brancos' nos respectivos

tempos de incubação, os valores de pressão obtidos nas garrafas de amostra foram convertidos em volume, utilizando-se a equação  $y = -0,0593x^2(\text{s.e.}0,073) + 5,01x(\text{s.e.}0,053) - 0,4694(\text{s.e.}0,008)$ , obtida anteriormente.

Após a leitura de produção de gás obtida no tempo 24 horas, foram adicionados imediatamente à cada garrafa, 10 ml de solução detergente neutra com o objetivo de interromper o processo fermentativo. O conteúdo de cada garrafa foi posteriormente lavado com mais 130 ml da mesma solução para copos de becker de 600 ml, sendo conduzido o processo de refluxo descrito por Van Soest et al. (1991), recuperando-se o resíduo em cadinho sinterizado pré-tarado, com o objetivo de separar o conteúdo microbiano da amostra e obter a quantidade de substrato verdadeiramente degradado. Inicialmente a degradabilidade verdadeira da MS e MO foram calculadas como a quantidade de substrato incubado menos a quantidade de substrato recuperado no cadinho após tratamento com solução detergente neutra, seco em estufa à 105 °C, pesado, queimado em forno mufla à 550 °C, e novamente pesado.

O Fator de Partição (FP) foi então calculado dividindo-se a quantidade de MO verdadeiramente degradada pelo volume de gás produzido por ela durante as 24 horas. A seguir, foi descontado do Fator de Partição o valor 2,2, que segundo Blümmel et al. (1997a), é a quantidade de matéria orgânica (mg de C, H e O) necessária para produzir os ácidos graxos voláteis e a formação de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O, associados a 1 ml de gás em forragens. O valor resultante é a quantidade de MO que está disponível e é totalmente transformada em massa microbiana. Este resultado obtido é então calculado

como porcentagem do FP, obtendo-se assim a eficiência da síntese de produção microbiana para aquele material incubado.

### **3.6.1 – Delineamento Experimental e Análise Estatística**

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições em um esquema fatorial três x dois (três teores de MS; 20, 26 e 28 %, e duas densidades, bem compactado 'BC' e mal compactado 'MC'), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média geral da variável em estudo;

$\alpha_i$  = efeito do i-ésimo nível de MS (i= 20, 26 e 28 % MS);

$\beta_j$  = efeito do j-ésimo nível de compactação;

$\alpha\beta_{ij}$  = efeito da interação entre o i-ésimo nível de  $\alpha$  e o j-ésimo nível de  $\beta$ .

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado à observação  $Y_{ijk}$ .

A análise estatística foi feita através da análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

### **3.7 – Análise das Relações entre os métodos 'in vitro', 'in situ' e 'in vitro gás'**

Foram realizadas análises de correlação entre os parâmetros obtidos pelas diferentes técnicas.

Foram feitas ainda, comparações pelo teste t de dados pareados entre os valores de DIVMO, tomados como padrão, e as estimativas de NDT calculado (NDTcalc), Degradabilidade Efetiva 'in situ' da MO (DEis) e a estimativa da degradabilidade verdadeira da MO pela produção de gás (DEgás), valores estes obtidos da seguinte forma:

- Estimativa do NDT (NDTcalc) obtida utilizando-se as análises químico-bromatológicas aplicadas à equação descrita no NRC (2001), desenvolvida por Weiss et al. (1992).
- Degradabilidade Efetiva da MO (DEis) obtida 'in situ', utilizando-se uma taxa de passagem de  $2,5 \% h^{-1}$ .
- Estimativa da degradabilidade verdadeira da MO (DEgás) obtida pela equação  $Y = 2,45 + (0,13 * Gás) + (3,86 * PB) + (0,52 * CNF)$  ( $R^2 = 0,9633$ ), desenvolvida à partir dos dados de degradabilidade verdadeira observados no Fator de Partição, e aplicada aos volumes de gás produzidos no tempo 48 horas.

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Análises Químicas

As Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam as variáveis bromatológicas e aquelas relativas às características fermentativas dos materiais antes e após o processo de ensilagem de cada corte. Os valores individualizados e análises da variância constam nos Apêndices 1 e 2, respectivamente.

Na Tabela 4.1.1, observa-se que os níveis de PB obtidos na amostra 'in natura' (AIN) foram sempre superiores àqueles obtidos na amostra parcialmente seca (APS), evidenciando a perda de componentes nitrogenados voláteis (especialmente N-NH<sub>3</sub>) por ocasião do processo de pré-secagem das amostras.

Da mesma forma, o pH e os níveis de N-NH<sub>3</sub> também foram significativamente afetados pelos diferentes processos de ensilagem ( $P < 0,05$ ), embora apenas pelos níveis de umidade da silagem.

A relação FDN/CNF foi afetada ( $P < 0,05$ ) apenas pelos níveis de umidade das silagens (Tabela 4.1.2).

Os diferentes processos de ensilagem também influenciaram os teores de ácidos orgânicos e carboidratos, como pode ser visto na Tabela 4.1.2 e Figura 4.1.1.

TABELA 4.1.1 – Variáveis<sup>1</sup> analisadas nas amostras da forragem fresca e no material ensilado dos diferentes tratamentos.

	Tratamentos <sup>2</sup>								
	Forragem	Material Ensilado		Forragem	Material Ensilado		Forragem	Material Ensilado	
	Fresca	20 BC	20 MC	Fresca	26 BC	26 MC	Fresca	28 BC	28 MC
Compactação (kg MV/m <sup>3</sup> )		700	400		625	350		625	350
MS	19,3	19,8	19,2	25,9	25,8	26,2	30,0	27,8	28,2
PB na AIN*	7,8	7,3 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	7,9	7,6 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>	7,8	7,7 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>
PB na APS*	7,5	6,4	7,6	7,6	6,5	7,3	7,7	7,5	7,6
N-NH <sup>3</sup> (% do N total)	2,3	10,3 <sup>ab</sup>	11,9 <sup>a</sup>	1,7	9,1 <sup>bc</sup>	9,3 <sup>bc</sup>	1,9	7,4 <sup>cd</sup>	6,4 <sup>d</sup>
pH	5,6	3,6 <sup>b</sup>	3,8 <sup>a</sup>	5,6	3,7 <sup>b</sup>	3,8 <sup>a</sup>	5,6	3,8 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>
EE*	2,3	4,3	3,0	2,8	4,7	4,8	2,8	4,4	4,5

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> PB = Proteína Bruta, AIN = Amostra 'In Natura', APS = Amostra Parcialmente Seca, N-NH<sub>3</sub> = Nitrogênio amoniacal, EE = Extrato Etéreo

<sup>2</sup> BC = Bem Compactado, MC = Mal Compactado

\* Resultados expressos como % da MS

TABELA 4.1.2 – Variáveis<sup>1</sup> analisadas nas amostras da forragem fresca e no material ensilado dos diferentes tratamentos.

	Tratamentos <sup>2</sup>								
	Forragem		Material Ensilado		Forragem		Material Ensilado		
	Fresca	20 BC	20 MC	Fresca	26 BC	26 MC	Fresca	28 BC	28 MC
Açúcares*	7,3	1,0 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	6,4	1,0 <sup>b</sup>	1,0 <sup>b</sup>	7,1	1,8 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>
Ácidos Orgânicos*	6,6	8,3 <sup>a</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	4,7	6,2 <sup>ab</sup>	4,8 <sup>b</sup>	4,1	8,2 <sup>a</sup>	3,7 <sup>b</sup>
FDN*	60,6	62,3 <sup>a</sup>	63,9 <sup>a</sup>	58,6	54,5 <sup>b</sup>	54,3 <sup>b</sup>	58,3	51,6 <sup>b</sup>	50,6 <sup>b</sup>
FDA*	35,0	38,1 <sup>a</sup>	39,3 <sup>a</sup>	28,6	32,2 <sup>b</sup>	32,5 <sup>b</sup>	25,2	28,0 <sup>c</sup>	28,1 <sup>c</sup>
Hemicelulose*	25,6	24,2 <sup>a</sup>	24,6 <sup>a</sup>	30,0	22,3 <sup>a</sup>	21,8 <sup>a</sup>	33,1	23,6 <sup>a</sup>	22,5 <sup>a</sup>
CNF*	27,3	22,8 <sup>c</sup>	20,9 <sup>c</sup>	29,0	30,8 <sup>ab</sup>	28,8 <sup>b</sup>	30,4	32,6 <sup>ab</sup>	33,7 <sup>a</sup>
Relação FDN/CNF	2,2	2,8 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,0	2,0 <sup>b</sup>	2,0 <sup>b</sup>	1,9	1,6 <sup>b</sup>	1,5 <sup>b</sup>

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> FDN = Fibra em Detergente Neutro, FDA = Fibra em Detergente Ácido, CNF = Carboidratos Não Fibrosos.

<sup>2</sup> BC = Bem Compactado, MC = Mal Compactado.

\* Resultados expressos como % da MS.



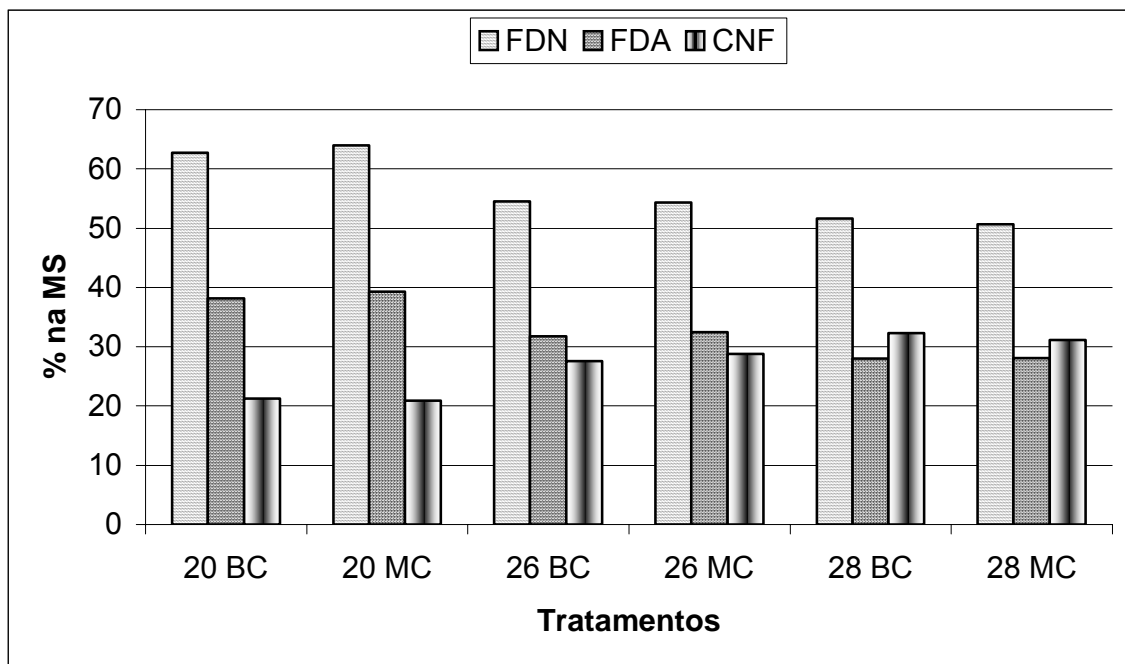


FIGURA 4.1.1 – Valores médios de FDN, FDA e CNF das silagens.

Na Tabela 4.1.3 são mostrados os valores das frações que compõem a proteína e os glicídios tanto na forragem fresca como no material ensilado, os quais também foram influenciados pelos processos de ensilagem. Este fracionamento é requerido para suprir as entradas nos modelos mecanicistas de predição de consumo e desempenho animal, como os utilizados pelo NRC (1996) e CNCPS ( Fox et al.,2003).

TABELA 4.1.3 – Variáveis<sup>1</sup> obtidas à partir do fracionamento da fração protéica e glicídica nos diferentes tratamentos das silagens e na forragem fresca.

	Tratamentos <sup>2</sup>								
	Forragem	Material Ensilado		Forragem	Material Ensilado		Forragem	Material Ensilado	
	Fresca	20 BC	20 MC	Fresca	26 BC	26 MC	Fresca	28 BC	28 MC
Compactação (kg MV/m <sup>3</sup> )		700	400		625	350		625	350
Frações Protéicas									
PB Sol (% PB)	32,0	44,8 <sup>b</sup>	50,2 <sup>ab</sup>	30,4	54,3 <sup>a</sup>	53,5 <sup>a</sup>	33,8	49,2 <sup>ab</sup>	45,0 <sup>b</sup>
NNP (% PB Sol)	94,9	67,0 <sup>b</sup>	77,1 <sup>ab</sup>	82,6	89,8 <sup>a</sup>	91,1 <sup>a</sup>	82,7	86,2 <sup>a</sup>	85,2 <sup>a</sup>
PIDN (% PB)	28,1	24,4 <sup>ab</sup>	25,1 <sup>a</sup>	28,4	21,1 <sup>c</sup>	16,2 <sup>d</sup>	38,1	16,4 <sup>d</sup>	21,8 <sup>bc</sup>
PIDA (% PB)	5,1	12,8 <sup>a</sup>	11,2 <sup>ab</sup>	5,4	9,2 <sup>bc</sup>	9,4 <sup>bc</sup>	4,4	7,9 <sup>cd</sup>	6,7 <sup>d</sup>
Frações Glicídicas									
Fração A*	13,9	9,3 <sup>a</sup>	7,1 <sup>ab</sup>	11,2	7,2 <sup>ab</sup>	5,8 <sup>b</sup>	11,2	10,0 <sup>a</sup>	5,3 <sup>b</sup>
Fração B1*	13,5	13,2 <sup>c</sup>	13,1 <sup>c</sup>	17,8	20,4 <sup>b</sup>	23,0 <sup>ab</sup>	19,2	22,6 <sup>ab</sup>	25,8 <sup>a</sup>
Fração B2*	47,3	49,6 <sup>a</sup>	50,3 <sup>a</sup>	47,0	43,8 <sup>b</sup>	43,5 <sup>b</sup>	47,9	41,1 <sup>b</sup>	40,2 <sup>b</sup>
Fração C*	10,9	11,2 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	9,2	9,4 <sup>b</sup>	9,7 <sup>b</sup>	7,3	9,3 <sup>b</sup>	8,8 <sup>b</sup>

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> PB Sol = Proteína Bruta Solúvel, NNP = Nitrogênio Não Protéico, PIDN = Proteína Insolúvel em Detergente Neutro, PIDA = Proteína Insolúvel em Detergente Ácido.

<sup>2</sup> BC = Bem Compactado, MC = Mal Compactado.

\* Resultados expressos como % da MS.

Apenas a fração protéica associada a parede celular (PIDN) e os açúcares apresentaram efeito de interação ( $P < 0,05$ ) entre os fatores umidade e compactação. As demais frações foram afetadas ( $P < 0,05$ ) apenas pelos níveis de umidade dos diferentes materiais, (Tabela 4.1.3).

#### 4.2 – Digestibilidade ‘In Vitro’

Na Tabela 4.2.1 podem ser vistos os valores de digestibilidade ‘in vitro’ da MS e da MO, obtidos nas silagens e forragens frescas através do método convencional de Tilley e Terry (1963). Os valores individuais e análise da variância encontram-se nos apêndices 4 e 5, respectivamente.

TABELA 4.2.1 – Valores de digestibilidade ‘in vitro’<sup>1</sup> obtidas nos diferentes tratamentos das silagens e respectivas forragens frescas.

	Tratamentos <sup>2</sup>								
	FF	Material Ensilado		FF	Material Ensilado		FF	Material Ensilado	
		20 BC	20 MC		26 BC	26 MC		28 BC	28 MC
DIVMS	44,7	47,2 <sup>c</sup>	46,2 <sup>c</sup>	50,1	52,2 <sup>b</sup>	52,0 <sup>b</sup>	52,8	55,6 <sup>a</sup>	57,9 <sup>a</sup>
DIVMO	47,9	44,5 <sup>b</sup>	44,5 <sup>b</sup>	47,7	50,4 <sup>ab</sup>	50,7 <sup>ab</sup>	51,1	54,2 <sup>a</sup>	53,6 <sup>a</sup>

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> DIVMS = Digestibilidade ‘In Vitro’ da Matéria Seca e DIVMO = Digestibilidade ‘In Vitro’ da Matéria Orgânica.

<sup>2</sup> FF = Forragem Fresca, BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

A DIVMS aumentou ( $P < 0,05$ ) dos níveis mais baixos de MS para os mais altos, enquanto que a DIVMO foi maior no nível mais alto de MS apenas em relação ao nível mais baixo. Entretanto, esta técnica não foi suficientemente sensível para apontar substanciais diferenças entre a forragem fresca e o material ensilado. Em todos os tratamentos observaram-se significativas reduções na fração composta por açúcares e ácidos orgânicos da forragem fresca para o material ensilado, no entanto estas não foram acompanhadas por

reduções na digestibilidade, sendo esta inclusive, na maioria dos casos, numericamente superior no material ensilado.

### 4.3 – Degradabilidade ‘In Situ’

As Figuras 4.3.1 e 4.3.2, apresentam a dinâmica do desaparecimento ‘in situ’ da MO das silagens e das correspondentes forragens frescas, respectivamente, ao longo dos tempos de incubação. Os valores individuais e análise da variância encontram-se nos apêndices 6 e 7, respectivamente.

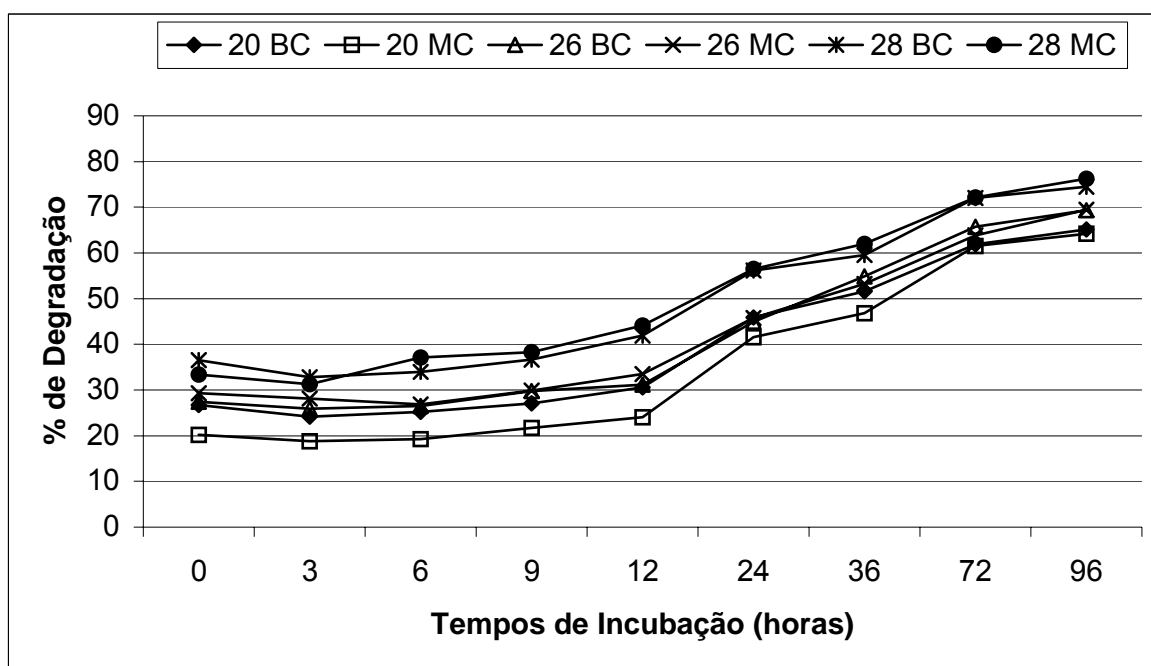


FIGURA 4.3.1 – Degradabilidade da Matéria Orgânica das diferentes silagens ao longo dos tempos de incubação ruminal, onde BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

A pequena diminuição observada na degradabilidade da MO em todos os tratamentos, especialmente no tempo 3 horas em relação ao tempo zero (Figura 4.3.1), é considerada normal em função da entrada dos microorganismos nos saquinhos aderindo-se à fibra, embora nenhum

desaparecimento efetivo do substrato fibroso tenha ainda ocorrido nesse período (Orskov, 2000).

Kozloski (2002), explica que inicialmente deve ocorrer um processo de aderência (colonização) da célula bacteriana à partícula do alimento, permitindo a aproximação das enzimas aos substratos estabelecendo o início da degradação das moléculas complexas extracelularmente até suas unidades menores, as quais entram na célula bacteriana sendo então metabolizadas a fim de suprirem as necessidades nutricionais das mesmas.

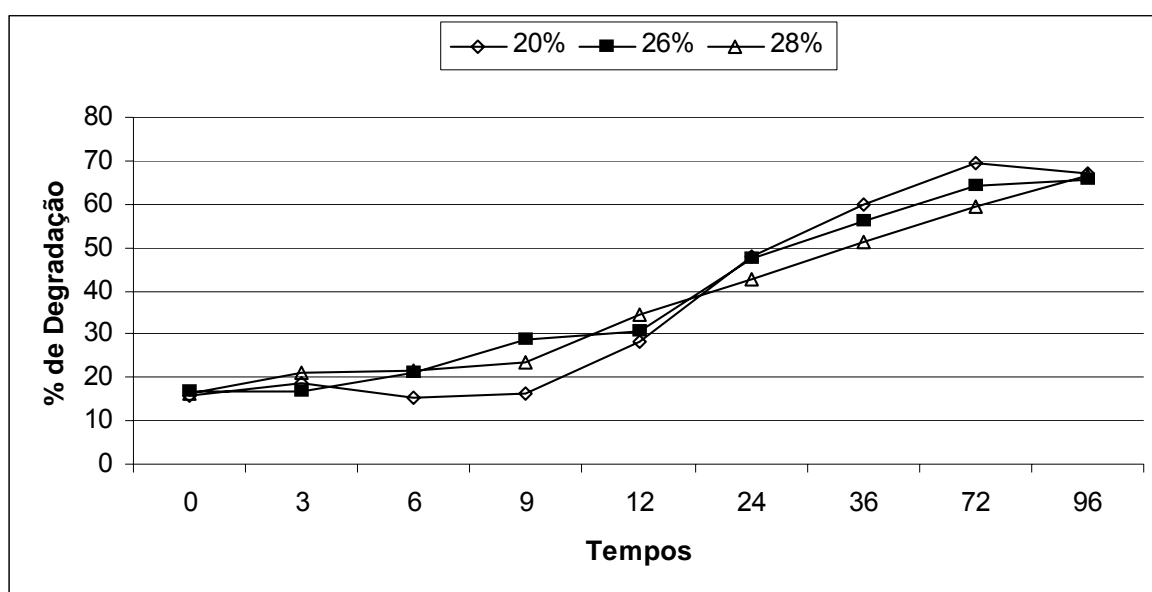


FIGURA 4.3.2 – Degradabilidade da MO do material de origem das silagens, onde 20, 26 e 28 = percentuais de MS.

A Tabela 4.3.1, apresenta as estimativas dos parâmetros de degradabilidade da MO, ajustados pelo modelo de McDonald (1981).

TABELA 4.3.1 – Parâmetros<sup>1</sup> estimados de degradabilidade ‘in situ’ da matéria orgânica das silagens e da respectiva forragem fresca dos diferentes tratamentos.

	Tratamentos <sup>2</sup>									CV <sup>3</sup>
	20 % MS			26 % MS			28 % MS			
	FF	BC	MC	FF	BC	MC	FF	BC	MC	
a (%)	-10,1	15,0 <sup>ab</sup>	8,8 <sup>b</sup>	6,0	19,3 <sup>ab</sup>	22,2 <sup>ab</sup>	14,3	29,8 <sup>a</sup>	28,3 <sup>a</sup>	44,0
b (%)	79,7	52,3 <sup>a</sup>	63,9 <sup>a</sup>	60,4	61,7 <sup>a</sup>	65,0 <sup>a</sup>	53,4	52,2 <sup>a</sup>	51,3 <sup>a</sup>	17,4
c (%h <sup>-1</sup> )	5,4	3,2 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	4,8	2,6 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	3,1	2,3 <sup>a</sup>	3,3 <sup>a</sup>	40,5
DE (5,0 %)	35,4	37,1 <sup>c</sup>	31,7 <sup>c</sup>	36,6	39,5 <sup>c</sup>	38,8 <sup>c</sup>	34,8	46,7 <sup>ab</sup>	48,8 <sup>a</sup>	11,4
DE (2,5 %)	46,6	45,0 <sup>cd</sup>	40,8 <sup>d</sup>	46,3	48,1 <sup>bc</sup>	47,5 <sup>bcd</sup>	43,9	54,5 <sup>ab</sup>	56,9 <sup>a</sup>	8,0
L (horas)	7,2	7,9 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	4,0	6,3 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	1,2	6,4 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>	37,4

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> a = Fração de rápida degradação, b = Fração de lenta degradação, c = Taxa de degradação, DE = Degradabilidade Efetiva (2,5 e 5,0 % = taxas de passagem) e L = Tempo de colonização.

<sup>2</sup> FF = Forragem Fresca, BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

<sup>3</sup> CV = Coeficiente de Variação (%), onde n=6 por tratamento.

O volume estimado da fração ‘a’, foi superior nos tratamentos com maior teor de MS ( $P < 0,05$ ), apenas em relação ao tratamento 20 MC. Não foram detectadas diferenças ( $P > 0,05$ ) na estimativa do volume da fração ‘b’ e na taxa ‘c’ de degradação entre as silagens.

A taxa de degradação dos nutrientes no rúmen é um fator chave na predição do suprimento de energia ao animal à partir de um determinado alimento, porque ela pode ter efeitos significativos tanto sobre os microorganismos do rúmen (eficiência da síntese microbiana, mudanças no ambiente ruminal e efeitos no número relativo de espécies microbianas e atividade celulolítica) e sobre o hospedeiro (composição molar dos AGV's

produzidos, taxa de absorção dos AGV's, suprimento pós-ruminal de aminoácidos e consumo de alimento), (López et al., 2000).

Neste caso, a técnica 'in situ', da forma como empregada, com material previamente seco em estufa, não foi suficientemente sensível para detectar diferenças que pudessem refletir composições químicas diferentes. Não foi observada interação ( $P>0,05$ ) entre os fatores umidade e compactação.

Sabe-se que não é lógico assumir que a taxa de passagem permaneça constante para forrageiras com diferentes estádios de maturidade. Entretanto, para efeitos comparativos, utilizaram-se as taxas de passagem de 2,5 e 5,0 %  $h^{-1}$  para calcular a degradabilidade efetiva (DE) dos materiais analisados, o que corresponde aos tempos médios de retenção ruminal de 40 e 20 horas, respectivamente. A taxa de passagem de 2,5 % parece mais realista para este tipo de alimento. Mulligan et al. (2002), estudando dietas a base de silagens de milho para vacas em lactação, observaram uma taxa de passagem de 2,02 %, em silagens com 38,5 % de FDN e 48 % de grãos na MS.

A DE com taxa de passagem de 2,5 %, indicou superioridade do material mais seco e mal compactado ( $P<0,05$ ) em relação aos demais. Estas diferenças refletem com certa precisão a composição química desses materiais, que apresentavam maiores concentrações de CNF e açúcares nos materiais mais secos (Tabela 4.1.2). Filya (2000), por outro lado, não encontrou diferença significativa ( $P>0,05$ ) na degradabilidade da MO em silagens com 21 e 28 % de MS, as quais foram de 59 e 61 %, respectivamente, após 48 horas de incubação. Este autor utilizou, entretanto, amostras secas ao ar ao invés de estufa, incubando-as em ovinos.

Segundo Van Soest (1994), os amidos são geralmente insolúveis em água e portanto não são removidos no tempo zero (obtido por lavagem da amostra em água fria). Entretanto, esta fração apresenta uma taxa de degradação ruminal bastante superior à dos carboidratos estruturais, o que explicaria o baixo tempo de colonização no material com 28 % de MS, o qual possui um maior teor da fração B1.

Já nos materiais ensilados, os valores de tempo de colonização foram em sua maioria superiores aos da FF, porém não diferindo estatisticamente entre si ( $P > 0,05$ ). Também nestes materiais a fração B1 foi superior nas silagens mais secas, sendo inclusive numericamente superior à FF nos tratamentos 26 BC e MC e 28 BC e MC. Esta diferença nas concentrações relativas desta fração entretanto, resulta da diminuição da FDN nos materiais ensilados, o que levou a um aumento nos valores dos CNF, obtidos por diferença, e por conseguinte ao aumento da fração B1, que é obtida descontando-se a fração A dos CNF.

As Figuras 4.3.3 e 4.3.4, apresentam, respectivamente, a variação da degradação ruminal da FDN das silagens e do material original, ao longo dos tempos de incubação. Os valores individuais e análise da variância encontram-se nos apêndices 8 e 9, respectivamente.



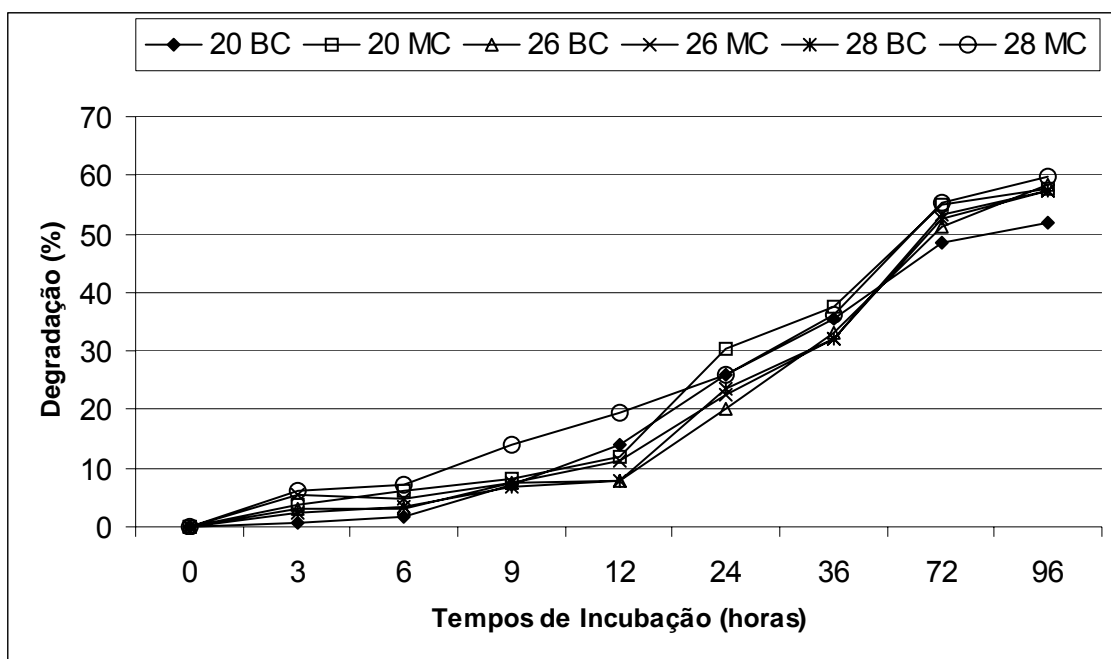


FIGURA 4.3.3 – Degradabilidade da FDN das diferentes silagens ao longo dos tempos de incubação ruminal, onde BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

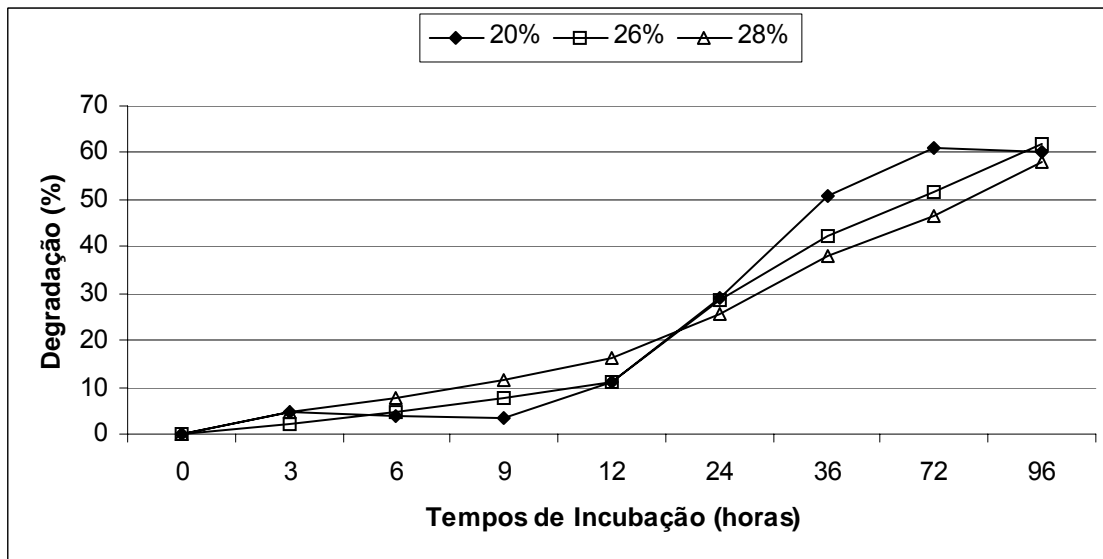


FIGURA 4.3.4 – Degradabilidade da FDN do material de origem das silagens, onde 20, 26 e 28 = percentuais de MS.

Os valores de degradabilidade da FDN da forragem fresca no tempo 72 horas (Figura 4.3.4), mostram uma diminuição na degradabilidade desta fração com o aumento do teor de MS, em concordância com os resultados

encontrados por Deaville & Givens (2001), que observaram este mesmo efeito em silagens de milho com diferentes maturidades. Esta característica no entanto não se repetiu nas silagens, as quais mostraram valores bastante próximos entre os tratamentos, especialmente a partir do tempo 36 horas (Figura 4.3.3).

Na Tabela 4.3.2, são mostrados os parâmetros estimados pelo modelo de McDonald (1981), para a FDN das silagens e seu respectivo material original.

TABELA 4.3.2 – Parâmetros<sup>1</sup> estimados de degradabilidade ‘in situ’ da FDN das silagens e da respectiva forragem fresca dos diferentes tratamentos.

Parâ- metros	Tratamentos <sup>2</sup>								
	20 % MS			26 % MS			28 % MS		
	FF	BC	MC	FF	BC	MC	FF	BC	MC
a (%)	-18,7	-10,9 <sup>a</sup>	-8,1 <sup>a</sup>	-9,1	-7,48 <sup>a</sup>	-4,54 <sup>a</sup>	0,3	-6,2 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>
b (%)	83,0	65,0 <sup>a</sup>	71,1 <sup>a</sup>	72,8	85,8 <sup>a</sup>	82,2 <sup>a</sup>	62,3	86,3 <sup>a</sup>	69,8 <sup>a</sup>
c (%h <sup>-1</sup> )	4,0	3,7 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,0	2,2 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	2,3	2,4 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>
DE (5,0 %)	21,0	17,7 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>	19,3	15,3 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	19,6	18,0 <sup>a</sup>	20,6 <sup>a</sup>
DE (2,5 %)	34,0	28,0 <sup>a</sup>	30,4 <sup>a</sup>	31,3	27,0 <sup>a</sup>	27,0 <sup>a</sup>	29,8	29,7 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>
L(horas)	6,3	5,1 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,4	5,4 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	0,0	2,8 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> a = Fração de rápida degradação, b = Fração de lenta degradação, DE = Degradabilidade Efetiva (2,5 e 5,0 % = taxas de passagem), L = Tempo de colonização e c = Taxa de degradação.

<sup>2</sup> FF = Forragem Fresca, BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

Não foram encontradas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as silagens, para nenhum dos parâmetros. Haddad & Grant (2000), obtiveram

estimativas de digestão aparente 'in vitro' da FDN de 23 e 26 % para dietas à base de silagem de milho contendo 35 e 30 % de CNF, respectivamente, e taxa de passagem de 5.0 % h<sup>-1</sup>. Com 3.0 % h<sup>-1</sup>, as estimativas passaram para 32 e 38 %. Neste trabalho, as silagens que continham em torno de 30 % de CNF (28 % MS), mostraram valores de DE um pouco menores, sendo aproximadamente de 20 e 30 %, respectivamente para taxas de passagem de 5.0 e 2.5 % h<sup>-1</sup>. Estas diferenças talvez possam ser atribuídas à uma maior disponibilidade de N fermentável nas dietas utilizadas por Haddad & Grant (2000), as quais possuíam 18 % de proteína bruta, o que segundo Nagadi et al. (2000b), pode levar a uma interação entre as disponibilidades desses nutrientes, melhorando a taxa de degradação dos mesmos.

#### **4.4 – Produção de Gás**

##### **4.4.1 Modelo Bicompartimental**

Este modelo fornece informação mais detalhada sobre o processo de degradação do alimento. A Figura 4.4.1.1 mostra os valores da produção cumulativa de gás obtida nas silagens e na correspondente forragem fresca, em cada tratamento. Os valores individuais de produção de gás por repetição bem como a análise de variância dos volumes totais de gás encontram-se nos apêndices 10 e 11, respectivamente.

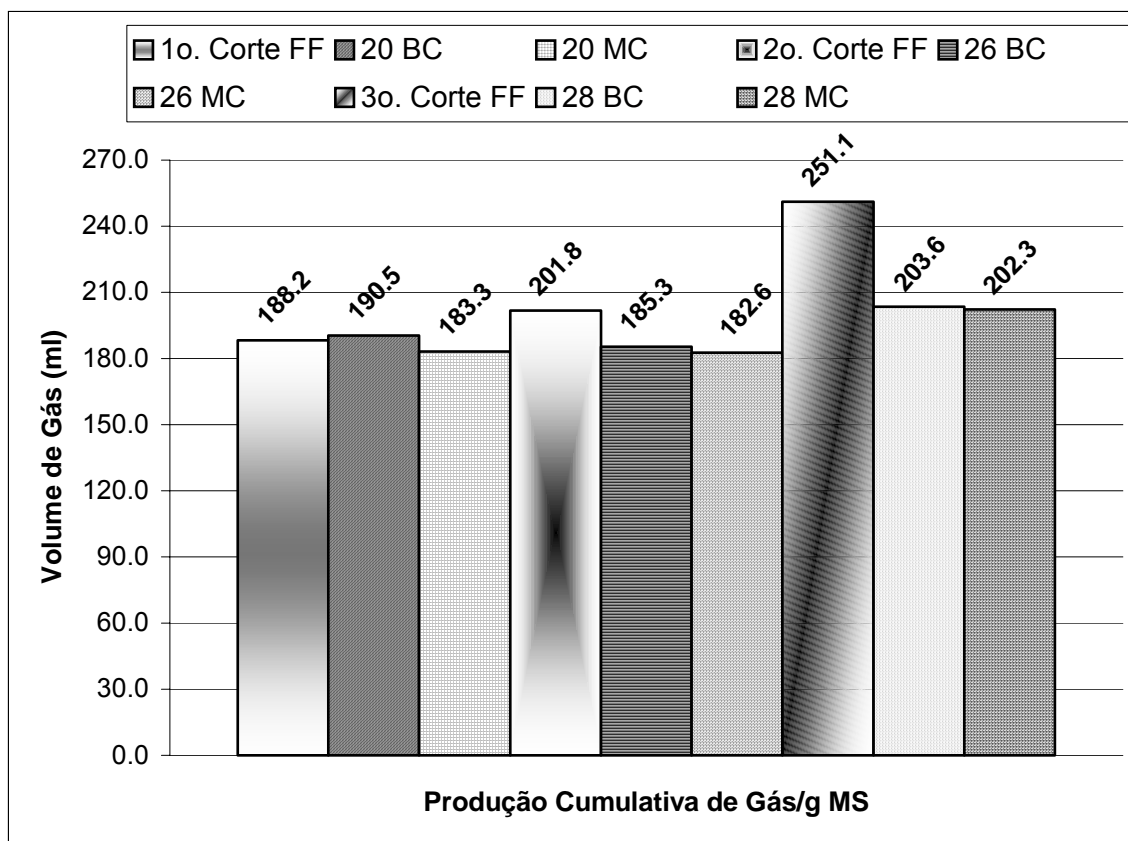


FIGURA 4.4.1.1 – Produção de gás das diferentes silagens e seu correspondente material de origem, onde 20, 26 e 28 = % de MS, FF = Forragem Fresca, BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

O volume final de gás observado nas silagens (Figura 4.4.1.1), foi inferior aqueles obtidos por Brown et al. (2002), (255 ml em silagem de milho com 23 % de MS), e também aos de Deaville & Givens (2001), (210 a 229 ml em silagens com 23 a 33 % de MS).

Na Tabela 4.4.1.1 são descritos os volumes totais de gás produzidos, além da estimativa dos parâmetros obtidos pelo modelo bicompartimental de Schofield et al. (1994) para as diferentes frações de carboidratos dos materiais ensilados, e respectiva forragem fresca. A análise da variância aplicada aos parâmetros obtidos após o ajuste, encontra-se descrita no apêndice 12.

TABELA 4.4.1.1 - Volume total de gás obtido e parâmetros<sup>1</sup> estimados pelo modelo bicompartimental para as silagens e respectiva forragem fresca.

	Tratamentos <sup>2</sup>									CV <sup>3</sup>
	20 %			26 %			28 %			
	FF	BC	MC	FF	BC	MC	FF	BC	MC	
Vol. total de gás	188.2	190.5 <sup>ab</sup>	183.2 <sup>b</sup>	201.8	185.3 <sup>ab</sup>	182.6 <sup>b</sup>	251.1	203.6 <sup>a</sup>	202.6 <sup>ab</sup>	5.88
A	73.5	60.9 <sup>ab</sup>	68.8 <sup>a</sup>	85.3	52.7 <sup>b</sup>	63.2 <sup>ab</sup>	85.8	61.4 <sup>ab</sup>	57.8 <sup>ab</sup>	11.3
B (h <sup>-1</sup> )	7.3	7.0 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.6	12.7 <sup>ab</sup>	8.2 <sup>b</sup>	11.3	13.1 <sup>ab</sup>	19.1 <sup>a</sup>	51.2
C	10.6	9.4 <sup>bc</sup>	11.8 <sup>a</sup>	9.7	9.7 <sup>bc</sup>	10.7 <sup>ab</sup>	7.0	8.1 <sup>c</sup>	8.9 <sup>c</sup>	10.2
D	110.5	123.5 <sup>ab</sup>	108.5 <sup>b</sup>	111.7	125.0 <sup>ab</sup>	112.7 <sup>b</sup>	157.0	133.7 <sup>a</sup>	135.6 <sup>a</sup>	7.9
E (h <sup>-1</sup> )	1.9	2.1 <sup>d</sup>	2.1 <sup>d</sup>	2.0	2.3 <sup>bc</sup>	2.2 <sup>cd</sup>	2.6	2.4 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>	5.4
A + D	184.0	184.4	177.3	197.0	177.7	175.9	242.8	195.1	193.4	

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> A = Volume de gás oriundo da fração de rápida digestão (CNF), B = Taxa de degradação da fração de rápida digestão, C = Tempo de colonização (horas), D = Volume de gás oriundo da fração de lenta degradação (B2) e E = Taxa de degradação da fração de lenta degradação.

<sup>2</sup> 20, 26 e 28 (% de MS), FF = Forragem Fresca, BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

<sup>3</sup> CV = Coeficiente de Variação (%), onde n=6 por tratamento.

O volume final de gás observado, foi superior ( $P < 0,05$ ) na silagem mais seca e bem compactada em relação às silagens mais úmidas e mal compactadas, refletindo com boa precisão as características químicas destes materiais descritas anteriormente. Nas forragens frescas observou-se um aumento contínuo no volume final de gás das forragens mais úmidas para as mais secas.

A estimativa do volume da fração A foi superior ( $P < 0,05$ ) no tratamento 20 MC apenas em relação ao 26 BC. Doane et al. (1998), dividiram a fração CSDN em fração A e B<sub>1</sub>, conduziram o processo de fermentação destas duas frações separadamente e constataram que as mudanças na taxa de digestão do material ensilado em relação à forragem fresca, estavam associadas à fração A, enquanto que as mudanças no volume de gás eram

conseqüência da redução da fração B<sub>1</sub> do material ensilado. Este fato poderia ser associado aos valores dos parâmetros A e B da Tabela 4.4.1.1, em relação às silagens com 20 e 26 % de MS, no entanto não explicaria os valores estimados para as silagens com 28 % de MS. A taxa de degradação estimada para a fração A, mostrou-se influenciada ( $P < 0,05$ ) pelos tratamentos impostos às silagens (Tabela 4.4.1.1). Nas forragens frescas, foi observado um aumento gradativo na estimativa da taxa de degradação da fração A dos materiais com menor teor para os de maior teor de MS, refletindo com precisão as variações bromatológicas observadas que demonstraram aumento gradual na composição das frações de rápida degradação.

Van Soest (1994), destaca que silagens de baixa qualidade são normalmente menos consumidas quando comparadas com fenos ou forragens de digestibilidade comparável, sendo que para isto três hipóteses tem sido propostas: presença de substâncias tóxicas, talvez aminas produzidas pela fermentação; o alto conteúdo de ácidos em silagens extensivamente fermentadas reduzindo a palatabilidade e, a ausência de substâncias prontamente fermentáveis privando os microorganismos ruminais de substratos energéticos necessários para o seu crescimento.

Esta última poderia, portanto, justificar a diminuição dos volumes de gás estimados para a fração de rápida digestão.

Neste experimento, as estimativas do volume de gás produzido pela fração A, de rápida degradação, das forragens frescas, foram sempre superiores aos volumes estimados para as silagens, nos diferentes tratamentos (Tabela 4.4.1.1). Situação diferente, entretanto, foi observada para as

estimativas das taxas de degradação da fração A, que foram em geral inferiores nas forragens frescas.

A taxa fracional pode ser considerada uma característica intrínseca do alimento, dependendo de fatores tais como, a composição química da forragem, a proporção dos diferentes tecidos da planta afetados pelo estágio de maturação, bem como a estrutura da parede celular, (López et al., 2000). Neste sentido pode-se depreender das taxas estimadas para a fração A (Tabela 4.4.1.1), que elas refletem com certa precisão a composição química destes alimentos no que se refere aos teores de CNF e fração B1, o que pode ser confirmado pelas correlações positivas ( $P < 0,01$ ) (Tabela 4.4.1.2) entre este parâmetro e os níveis de CNF e fração glicídica B1.

Por outro lado, é provável que as taxas de degradação da fração A tenham influenciado a eficiência da síntese microbiana, como afirma López et al. (2000), já que as maiores taxas de degradação observadas (tratamentos 26 BC e 28 BC e MC) foram acompanhadas por uma diminuição nas estimativas do volume de gás produzido pela fração A nestes mesmos tratamentos.

As estimativas de tempo de colonização (horas) obtidas pelo modelo, variaram entre 8,1 e 11,8 para as silagens e ficaram entre 7,0 e 10,6 nas forragens frescas. Nestas o tempo de colonização diminuiu com a elevação do nível de MS. Nas silagens, os maiores valores ( $P < 0,05$ ) foram observados no tratamento 20 MC, o qual não diferiu do 26 MC ( $P > 0,05$ ), refletindo, à semelhança das taxas de degradação da fração A, a inferior qualidade bromatológica dos materiais mais úmidos e mal compactados.

Os valores de tempo de colonização encontrados neste trabalho foram consideravelmente superiores àqueles obtidos por Deaville & Givens (2001), que descrevem valores de tempo de colonização entre 1,1 e 1,5 horas em silagens de milho que variavam entre 23 e 38 % de MS, ajustados ao modelo de France et al., (1993).

Dryhurst & Wood (1998) entretanto, observaram que este modelo apresentou uma tendência para subestimar o tempo de colonização, uma vez que os valores observados na degradação de palha de cevada ficaram em torno de 12 horas, enquanto que os valores estimados pelo modelo variaram entre 2,0 e 4,0 horas.

Por outro lado, Valentin et al. (1999), relataram ausência de tempo de colonização na produção de gás de amostras liofilizadas de silagem de milho. Entretanto, para o ajuste da curva foi usado o modelo exponencial, sendo relatado pelos autores que as curvas não apresentaram formato sigmoidal. Sistemas 'in vitro' e 'in situ' podem induzir a um tempo de colonização artificial (López et al., 2000). O parâmetro 'D', que estima o volume de gás da fração de lenta degradação, composta principalmente pela fração B2 dos carboidratos, variou nas silagens entre 108,5 e 135,6 ml e apresentou valores superiores ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos 28 BC e MC, os quais não diferiram ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos 20 e 26 BC. Os menores valores foram novamente obtidos nos tratamentos mais úmidos e mal compactados. Embora tenha sido observada uma diminuição da fração B2 com o aumento do teor de MS das silagens, isto não foi acompanhado pela estimativa do parâmetro 'D' que mostrou situação inversa, acompanhando a diminuição da fração 'C' dos



carboidratos, o que possivelmente tenha contribuído para aumentar o volume de gás desta fração nos níveis mais altos de MS. O material de origem das silagens mostrou uma situação similar, com os valores variando entre 110,5 e 157,0 ml.

A estimativa da taxa de degradação da fração lenta 'E', variou entre 2,1 e 2,5 para as silagens, e entre 1,9 e 2,6 para as forragens frescas (Tabela 4.4.1.1). Tanto nestas, quanto nas silagens, as taxas aumentaram ( $P < 0,05$ ) com o aumento dos níveis de MS.

Haddad & Grant (2000), observaram diminuição ( $P < 0,05$ ) de 5,8 para 3,0 %  $h^{-1}$  na taxa da digestão 'in vitro' da FDN, quando o percentual de CNF das dietas à base de silagem de milho passou de 30 para 45 %. As taxas da fração E obtidas neste trabalho, analisadas em conjunto com os resultados de Haddad & Grant (2000), sugerem uma resposta quadrática do efeito dos níveis de CNF na degradação da fibra de silagens de milho. Nas silagens, os menores valores da taxa E, foram observados nos tratamentos 20 BC e MC e 26 MC.

Jessop & Herrero (1997), observaram que variações na atividade microbiana podem invalidar a premissa de que a taxa de produção de gás seja limitada pelas características do alimento, uma vez que em seu trabalho foi observado que quando a atividade microbiana foi baixa, isto se tornou um fator limitante e os carboidratos degradados poderiam ser desviados para crescimento microbiano e não para produção de gás, recomendando uma taxa de diluição máxima de 3 vezes para o inoculo.

Uma das críticas que tem sido feitas à esta técnica é justamente a ausência de uniformidade na sua metodologia, o que torna difícil comparar os resultados de diferentes grupos, sendo sugerida a utilização de substratos padrão, a fim de superar as inevitáveis diferenças entre inóculos, não somente entre grupos de pesquisa, mas também entre corridas.

No presente trabalho foi usada uma concentração de inoculo diluído 10 vezes, o que pode ter causado uma diminuição no volume de gás produzido, bem como um aumento do tempo de colonização, quando comparado com resultados de outros trabalhos.

Rymer et al. (1999), por sua vez, testaram diferentes concentrações de inoculo (5, 15 e 30%) e observaram aumentos significativos ( $P < 0.01$ ) no volume total de gás com o aumento da concentração do inoculo. Foram observados ainda aumentos na assíntota ( $P < 0.05$ ) e reduções lineares no tempo de colonização ( $P < 0.001$ ) e no  $T_{1/2}$  (tempo para atingir a metade do máximo volume de gás) ( $P < 0.05$ ), com o aumento da concentração do inoculo.

Entretanto, a estimativa da MO aparentemente degradada não foi influenciada pelo aumento da concentração do inoculo, tendo sido observado ao contrário, uma tendência de diminuição desta fração com o aumento do inoculo. Os autores sugerem, à semelhança do que foi observado por Jessop & Herrero (1997), que o aumento linear no volume de gás produzido por unidade de MO aparentemente degradada, significa que quando a concentração de fluido ruminal é baixa, uma quantidade maior de MO degradada é desviada da produção de gás, provavelmente para crescimento microbiano.

Estes trabalhos reforçam a premissa de que, se o perfil de produção de gás de um alimento é uma função do alimento em si, da natureza do inoculo no qual ele é fermentado e das condições nas quais o experimento é conduzido então, quando se comparam alimentos através desta técnica, tanto dentro quanto entre laboratórios, os perfis que são produzidos devem ser uma característica principalmente do alimento e não das condições sob as quais um experimento foi conduzido.

Rymer et al. (1999), sugerem que alguma medida de atividade bacteriana do inoculo seja tomada, caso os resultados entre experimentos estejam sendo comparados, o que pode ser alcançado incluindo-se um substrato padrão em cada experimento, medindo-se a sua taxa de produção de gás. Uma outra medida poderia ser a determinação da absorvância do inoculo, com o objetivo de se chegar à concentração microbiana através da aplicação da seguinte equação, obtida por Nagadi et al. (2000a):

MS microbiana (mg/10 ml de fluido ruminal filtrado) = 863 x absorvância ( $R^2=0.99$ ,  $P<0.001$ ).

As Figuras 4.4.1.2 e 4.4.1.3 mostram o volume cumulativo de gás das silagens e das forragens frescas, respectivamente.

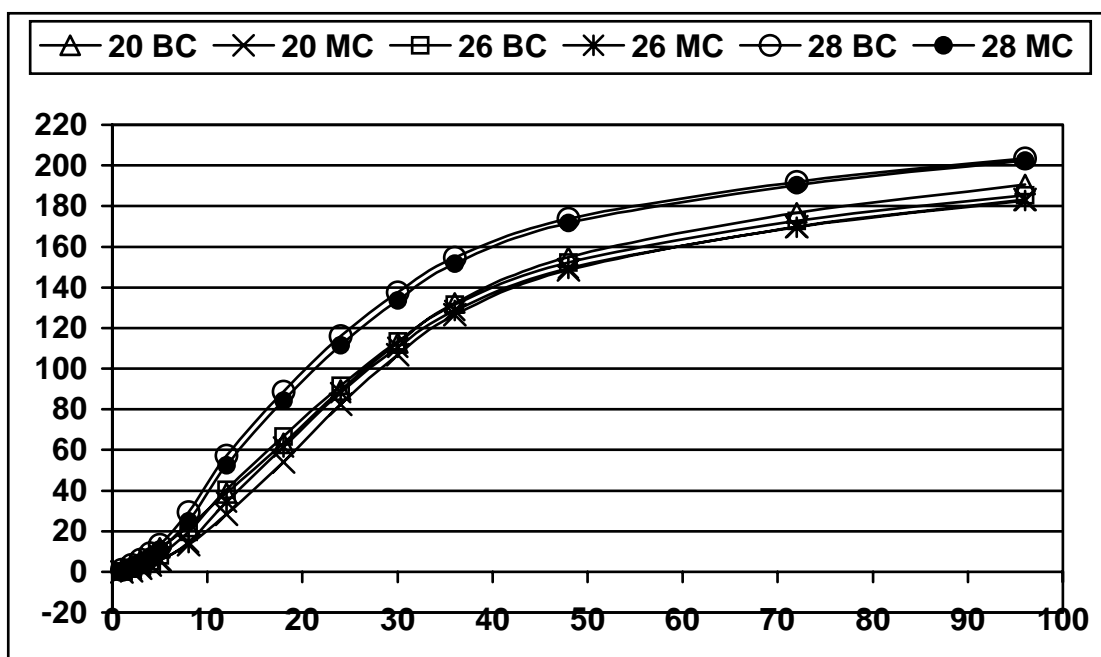


FIGURA 4.4.1.2 – Produção cumulativa de gás das silagens.

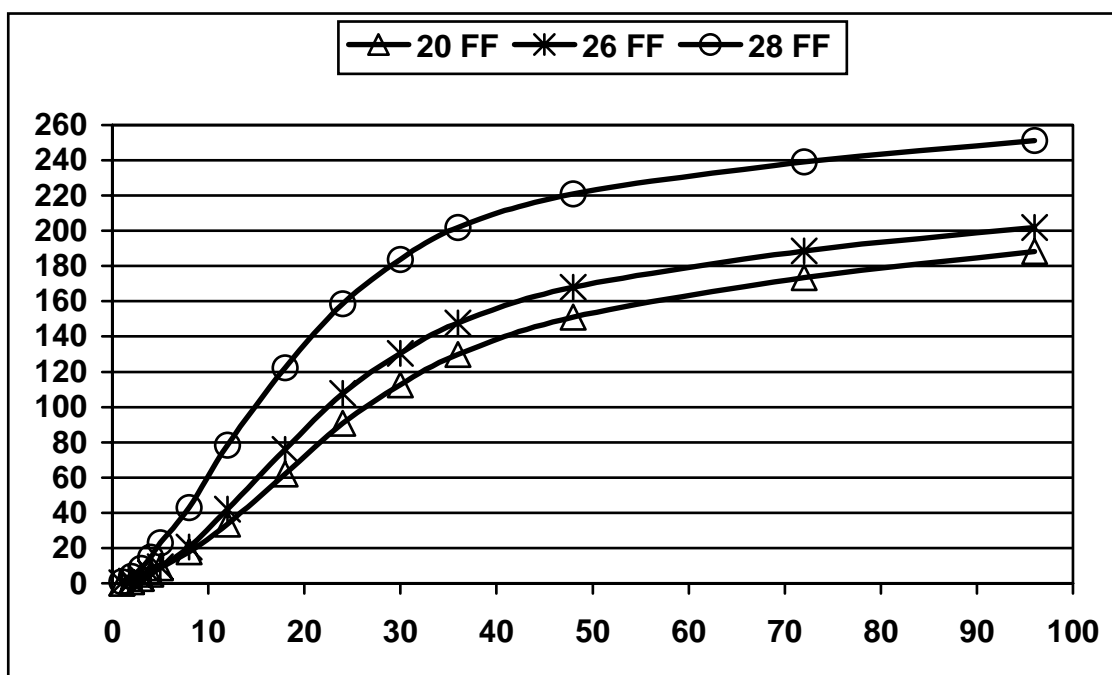


FIGURA 4.4.1.3 – Produção cumulativa de gás das forragens frescas.

Observa-se uma superioridade dos materiais mais secos em relação aos demais, especialmente na Figura 4.4.1.3, referente às forragens frescas.

A Tabela 4.4.1.2 mostra as correlações entre os glicídios, os volumes de gás em diferentes tempos de incubação e os parâmetros obtidos.

TABELA 4.4.1.2 - Matriz de correlações (r) entre as frações glicídicas obtidas por análises químicas e os parâmetros ajustados de produção de gás das silagens e seus respectivos graus de significância.

	Volume Gás / Períodos				Parâmetros Ajustados <sup>1</sup>				
	Gás 8h	Gás 24h	Gás 48h	Gás 96h	A	B	C	D	E
Açúcares	0,65	0,76	0,67	0,61	-0,13	0,42	-0,66	0,63	0,70
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,43	0,01	<.0001	<.0001	<.0001
Ácidos Org.	0,23	0,09	0,10	0,10	0,05	-0,08	-0,24	0,08	-0,04
	0,17	0,58	0,55	0,55	0,77	0,63	0,16	0,64	0,79
Fração B1	0,41	0,62	0,51	0,44	-0,25	0,47	-0,46	0,51	0,71
	0,01	<.0001	0,002	0,008	0,14	0,003	0,005	0,001	<.0001
CNF	0,57	0,72	0,6	0,53	-0,23	0,46	-0,62	0,59	0,73
	0,0003	<.0001	0,0001	0,001	0,17	0,004	<.0001	0,0001	<.0001
Fração B2	-0,48	-0,65	-0,52	-0,45	0,29	-0,48	0,54	-0,56	-0,73
	0,003	<.0001	0,001	0,006	0,008	0,003	0,0007	0,0004	<.0001
FDN	-0,47	-0,64	-0,49	-0,41	0,33	-0,48	0,55	-0,54	-0,73
	0,004	<.0001	0,002	0,01	0,05	0,03	0,0005	0,0007	<.0001
FDA	-0,48	-0,67	-0,51	-0,42	0,33	-0,45	0,58	-0,54	-0,76
	0,002	<.0001	0,001	0,01	0,05	0,006	0,0002	0,0006	<.0001
Lignina	-0,35	-0,47	-0,31	-0,21	0,40	-0,47	-0,48	-0,39	-0,63
	0,04	0,004	0,07	0,21	0,02	0,003	0,004	0,02	<.0001

<sup>1</sup>A = Volume de gás oriundo da fração de rápida digestão (CNF), B = Taxa de degradação da fração de rápida digestão, C = Tempo de colonização (h), D = Volume de gás oriundo da fração de lenta degradação (B2) e E = Taxa de degradação da fração de lenta degradação.

Observam-se correlações negativas ( $P < 0,01$ ) entre o tempo de colonização e todas as frações glicídicas não estruturais, e positivas ( $P < 0,001$ ) com todas as frações glicídicas estruturais. As correlações positivas e significativas ( $P < 0,01$ ) entre os açúcares, fração B1, CNF e os volumes de gás produzidos nos diversos tempos, reforçam a grande importância assumida pela fração de carboidratos prontamente disponíveis em relação à melhoria da qualidade do processo fermentativo.

Ambos os parâmetros 'D' e 'E', apresentaram correlações positivas ( $P < 0,001$ ) com as frações glicídicas não estruturais, e negativas ( $P < 0,001$ ) com as frações glicídicas estruturais.

#### **4.4.2 Modelo Unicompartimental**

Os volumes de gás obtidos neste experimento foram também ajustados ao modelo logístico unicompartimental descrito por Schofield et al. (1994), com o objetivo de correlacioná-los com aqueles obtidos pelo modelo exponencial de Mc Donald (1981), na degradabilidade 'in situ', sendo que os resultados podem ser vistos na Tabela 4.4.2.1.

Os valores de produção de gás ajustados ao modelo permitiram destacar a superioridade no volume final de gás do tratamento 28 BC ( $P < 0,05$ ), em relação ao tratamento 26 MC. Entretanto, o volume total de gás observado, mostrou superioridade ( $P < 0,05$ ) do tratamento 28 BC em relação aos tratamentos 20 e 26 MC, o que pode ter sido causado por uma subestimação média de 7,7 % nos volumes finais de gás estimados pelo modelo.

TABELA 4.4.2.1 - Volume total de gás obtido e parâmetros<sup>1</sup> estimados pelo modelo unicompartmental para as silagens e respectiva forragem fresca

	Tratamentos <sup>2</sup>									CV <sup>3</sup>
	20 %			26 %			28 %			
	FF	BC	MC	FF	BC	MC	FF	BC	MC	
Vol. total de gás	188,2	190,5 <sup>ab</sup>	183,2 <sup>b</sup>	201,8	185,3 <sup>ab</sup>	182,6 <sup>b</sup>	251,1	203,6 <sup>a</sup>	202,6 <sup>ab</sup>	5,88
Vf (ml)	173,9	177,0 <sup>ab</sup>	169,3 <sup>ab</sup>	186,3	170,9 <sup>ab</sup>	168,1 <sup>b</sup>	232,8	187,2 <sup>a</sup>	186,0 <sup>ab</sup>	5,94
S (h <sup>-1</sup> )	3,05	2,85 <sup>d</sup>	3,13 <sup>c</sup>	3,33	3,05 <sup>c</sup>	3,16 <sup>bc</sup>	3,69	3,32 <sup>a</sup>	3,30 <sup>ab</sup>	2,95
L (h)	8,5	7,6 <sup>bcd</sup>	10,0 <sup>a</sup>	7,8	7,8 <sup>bc</sup>	8,8 <sup>ab</sup>	5,2	6,1 <sup>d</sup>	6,7 <sup>cd</sup>	12,04

Médias na mesma linha seguidas de letras iguais não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Vf = Volume final de gás, S = Taxa de degradação e L = Tempo de colonização.

<sup>2</sup> 20, 26 e 28 = % de MS, FF = Forragem Fresca, BC = Bem Compactado e MC = Mal Compactado.

<sup>3</sup> CV = Coeficiente de Variação (%), onde n=6 por tratamento.

No parâmetro taxa de degradação, a silagem mais seca e bem compactada foi superior ( $P < 0,05$ ) a todos os tratamentos com menor MS, o mesmo acontecendo em relação ao tempo de colonização, com exceção do tratamento 20 BC que apresentou valor semelhante. O maior valor de tempo de colonização foi observado no tratamento 20 MC, enquanto que a menor taxa de degradação foi obtida no tratamento 20 BC. Os valores de tempo de colonização estimados pelo modelo unicompartmental foram em média 1,9 horas inferiores àqueles obtidos pelo modelo bicompartimental, mostrando entretanto a mesma variação em relação às diferenças estatísticas. Quando alteraram o nível de CNF em dietas à base de silagens de milho, Haddad & Grant (2000) observaram que o tempo de colonização da degradação da FDN 'in vitro' variou entre 2,1 e 6,1 horas naquelas contendo 45 e 30 % de CNF, respectivamente. O 'lag' de 6,1 horas é semelhante àquele estimado pelo modelo unicompartmental neste trabalho para as silagens 28 BC e MC com 33 % de CNF, que foram de 6,1 e 6,7 horas, respectivamente.

O modelo refletiu com precisão as características bromatológicas da forragem fresca, mostrando um aumento no volume final de gás e na taxa de degradação, paralelamente a uma diminuição do tempo de colonização, com o aumento dos níveis de MS.

A Figura 4.4.2.1 apresenta as taxas de produção de gás observadas (ml/hora) para as diferentes silagens.

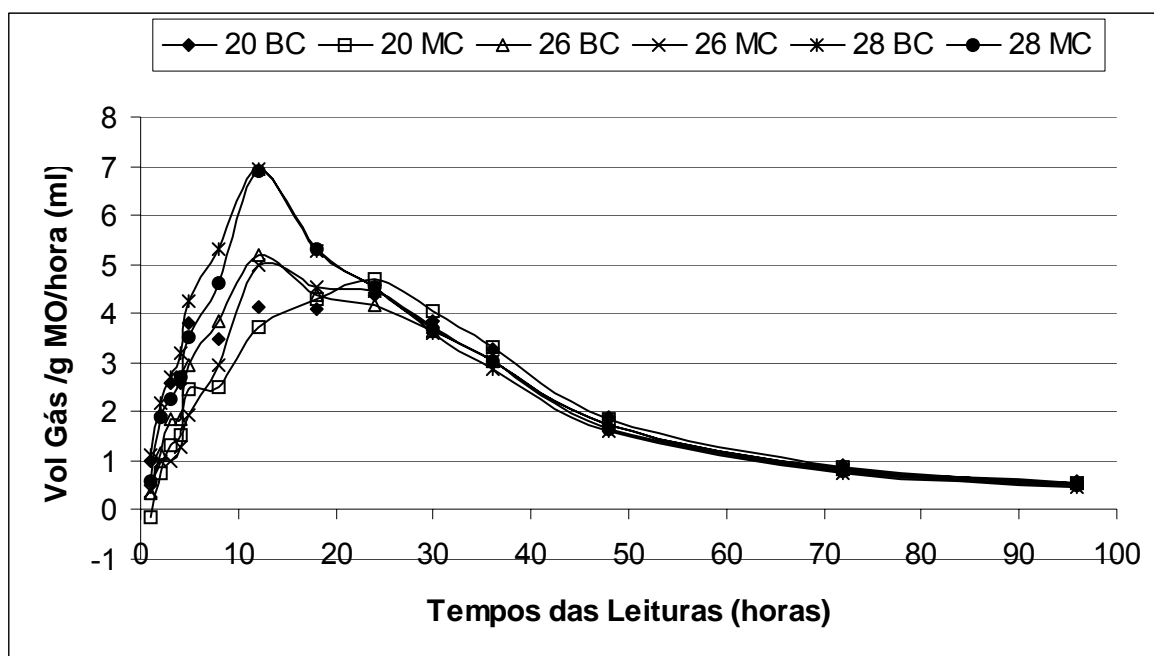


FIGURA 4.4.2.1 – Taxas observadas de produção de gás/hora para as diferentes silagens.

Observa-se nesta Figura, uma nítida distinção nas taxas máximas produzidas entre as silagens com diferentes níveis de umidade, corroborando as diferenças ( $P < 0,05$ ) observadas entre as taxas de degradação estimadas pelo modelo (Tabela 4.4.2.1).

Além disso, a taxa máxima das silagens mais úmidas, só foi alcançada no tempo 24 horas, indicando que estes materiais são fermentados



de forma mais lenta em função dos seus altos níveis de carboidratos estruturais, enquanto que nos demais tratamentos este valor foi atingido após 12 horas de fermentação. Alimentos que fermentam mais rápido apresentam menor tempo de permanência no rúmen, e esta é uma característica de grande importância quando se busca aumentar os níveis de consumo de alimento, uma vez que este fator está diretamente associado com a elevação dos níveis de produção.

A concentração de N pode afetar a taxa de degradação dos carboidratos e o tempo de colonização (Dryhurst & Wood, (1998), Nagadi et al. (2000b)). Tanto o tempo de colonização quanto a taxa de degradação de diferentes volumosos foram significativamente afetados ( $P < 0,05$ ) até o nível de  $100 \text{ mg N l}^{-1}$  no trabalho de Nagadi et al. (2000b), os quais testaram níveis que variaram de 0 a  $200 \text{ mg N l}^{-1}$ . Os autores utilizaram inoculo livre de N, obtido por meio de centrifugação. Dryhurst & Wood (1998), avaliaram o efeito da concentração de N na dinâmica da produção de gás de palha de cevada, e constataram que uma concentração mínima de  $80 \text{ mg N l}^{-1}$  seria necessária para a obtenção de uma taxa máxima de degradação dos carboidratos pelos microorganismos ruminais.

Entretanto, esta concentração pode ter subestimado a verdadeira disponibilidade de N aos microorganismos, uma vez que o inoculo forneceu em torno de  $28 \text{ mg N l}^{-1}$ . Somando-se este valor à concentração mínima recomendada de  $80 \text{ mg N l}^{-1}$ , chega-se a  $108 \text{ mg N l}^{-1}$ , valor bastante similar ao limite mínimo de  $100 \text{ mg N l}^{-1}$  encontrado por Nagadi et al. (2000b), acima do qual não houve resposta à adição de N.

Por outro lado, tanto a produção total de gás quanto a digestibilidade da MS e da FDN nos dois trabalhos, só foi significativamente influenciada ( $P < 0,05$ ) em relação à concentração zero de N, não havendo efeito ( $P > 0,05$ ) nas demais concentrações sobre estes parâmetros.

Entretanto, o valor de  $100 \text{ mg de N l}^{-1}$ , freqüentemente referenciado como nível ótimo de amônia no rúmen, não pode ser considerado como um número fixo porque a capacidade das bactérias para síntese protéica e captação de amônia depende da taxa de fermentação dos carboidratos, sendo que taxas mais rápidas permitem maior eficiência e uma maior tolerância à níveis mais altos de amônia (Van Soest, 1994). Para este autor, a eficiência da fermentação ruminal na produção de proteína microbiana, é direcionada por duas forças principais: a) a taxa de fermentação, a qual determina a quantidade de alimento por unidade de tempo e é o plano funcional de nutrição dos microorganismos e b) a taxa de passagem a qual favorece a saída do rúmen dos substratos de lenta fermentação e remove os organismos mais maduros, reduzindo a idade média da população microbiana.

Com base nestes estudos, pode-se presumir que a concentração de N não chegou a influenciar de forma significativa o tempo de colonização e as taxas de degradação observadas para as silagens neste trabalho, visto que a menor concentração de N fornecida pelo substrato foi observada no tratamento 20 BC ( $89 \text{ mg N l}^{-1}$ ). Este valor foi obtido após o desconto do N contido na PIDA. Considerando-se que o inoculo pode ter fornecido entre 20 a  $30 \text{ mg N l}^{-1}$ , pode-se estimar que a concentração mínima alcançada neste trabalho esteve por volta de 110 a  $120 \text{ mg N l}^{-1}$ , portanto acima dos limites mínimos

recomendados nos trabalhos anteriores. O trabalho de Nagadi et al. (2000b) mostrou, entretanto, outro importante aspecto das características da fermentação em relação à disponibilidade das frações glicídicas e nitrogenadas sobre o crescimento dos microorganismos ruminais. A interpolação dos dados obtidos naquele trabalho, mostra a interação entre as concentrações de N e as amostras de alimento sobre a taxa de produção de gás, indicando claramente que esta taxa foi dependente da disponibilidade tanto de N quanto de carboidratos fermentáveis, ou seja, na medida em que a digestibilidade da FDN aumentou, uma maior disponibilidade de N fermentável foi requerida.

#### **4.5 – Classificação Qualitativa dos Alimentos através da Estimativa da Eficiência da Síntese Microbiana**

Foram realizadas análises das correlações das variáveis entre corridas, que na maioria, foram significativamente positivas, como demonstra a Tabela 4.5.1. Portanto, para as demais análises foram considerados os valores médios das duas corridas.

TABELA 4.5.1 – Coeficientes de correlação das variáveis estudadas nas silagens obtidos entre as duas corridas.

	Variáveis				
	Vol Gás	MO degr	FP	Prod Micr	Efic Síntese
Correlação ( $r^2$ )	0,84	0,91	0,74	0,44	0,70
Significância	0.004	0.0005	0.02	0.24	0.03

Os volumes de gás, matéria orgânica degradada, FP, estimativa da produção microbiana e eficiência da síntese microbiana obtidos, são apresentados na Tabela 4.5.2.

TABELA 4.5.2 – Volumes de gás, matéria orgânica degradada, fator de partição (FP), estimativa da produção microbiana e eficiência da síntese microbiana encontrados para os diferentes alimentos<sup>1</sup>.

	Vol gás (ml)	MO degr (mg)	FP	Prod microb (mg)	Eficiência da síntese (%)
1 <sup>a</sup> .Corrida					
SM 20 BC	60,1	437,77	7,28	305,5	69,8
SM 20 MC	108,6	496,93	4,57	257,9	51,9
SM 26 BC	129,3	537,26	4,15	252,7	47,0
SM 26 MC	143,7	535,12	3,72	219,0	40,9
SM 28 BC	138,2	604,87	4,38	300,7	49,7
SM 28 MC	137,8	610,25	4,43	307,1	50,3
FF 20	131,2	565,71	4,31	277,2	49,0
FF 26	146,7	593,14	4,04	270,4	45,6
FF 28	152,3	636,81	4,18	301,8	47,4
2 <sup>a</sup> . Corrida					
SM 20 BC	64,4	426,23	6,62	284,5	66,8
SM 20 MC	72,9	433,26	5,94	272,9	63,0
SM 26 BC	107,6	527,33	4,90	290,6	55,1
SM 26 MC	102,7	519,48	5,06	293,6	56,5
SM 28 BC	118,0	580,66	4,92	321,0	55,3
SM 28 MC	88,1	540,08	6,13	346,1	64,1
FF 20	102,1	500,21	4,90	275,6	55,1
FF 26	122,8	538,88	4,39	268,6	49,8
FF 28	129,1	578,75	4,48	294,8	50,9

<sup>1</sup> SM = Silagem de Milho, 20, 26 e 28 = % de MS das silagens e da Forragem Fresca, BC = Bem Compactado, MC = Mal Compactado, FF = Forragem Fresca.

O fator de partição (FP) encontrado neste trabalho variou entre 3,72 e 7,32, com média de 4,91. Estes valores são superiores àqueles obtidos por Blümmel & Lebzien (2001) (faixa de 2,83 – 3,22), com dietas a base de silagens de gramíneas e de milho, por Blümmel et al. (1999), (3,1 e 3,3) com folhas de duas variedades de milho, e também por Nherera et al. (1999), que avaliaram espécies de leguminosas arbustivas em mistura com palha de milho e obtiveram valores entre 2,28 e 2,91, com diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre alimentos. Os últimos autores observaram ainda correlações significativas ( $P < 0,001$ ) entre o suprimento de nitrogênio microbiano 'in vivo' com caprinos, e o FP obtido após incubação de 24 horas.

Por outro lado, López et al. (1998), encontraram valores médios para o FP de 11,0; 4,5; 3,9 e 3,7 para fenos nos tempos de incubação 6, 24, 48 e 72 horas, respectivamente, indicando que o FP diminui com o tempo de incubação.

Uma provável hipótese para os elevados valores do FP observados nos materiais analisados neste trabalho, é de que a diferente qualidade dos mesmos imponha a necessidade de estabelecer outro horário para interrupção da fermentação e conseqüente determinação do FP, como pode ser observado na Figura 4.5.1, que mostra que as taxas máximas de produção de gás ocorreram em diferentes tempos de incubação.

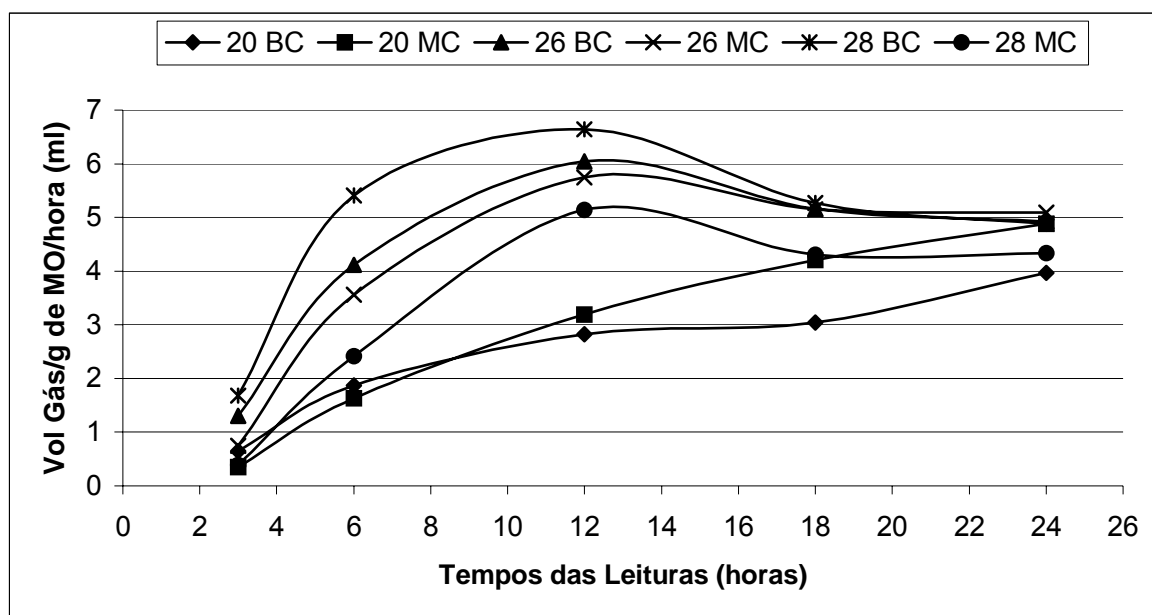


FIGURA 4.5.1 – Taxas observadas de produção de gás para as diferentes silagens.

Nas silagens com 26 e 28 % de MS, a taxa máxima observada ocorreu no tempo 12 horas, enquanto que naquelas com 20 % de MS a taxa

ainda estava em ascensão no tempo 24 horas. Nas forragens frescas o resultado foi semelhante como pode ser observado na Figura 4.5.2.

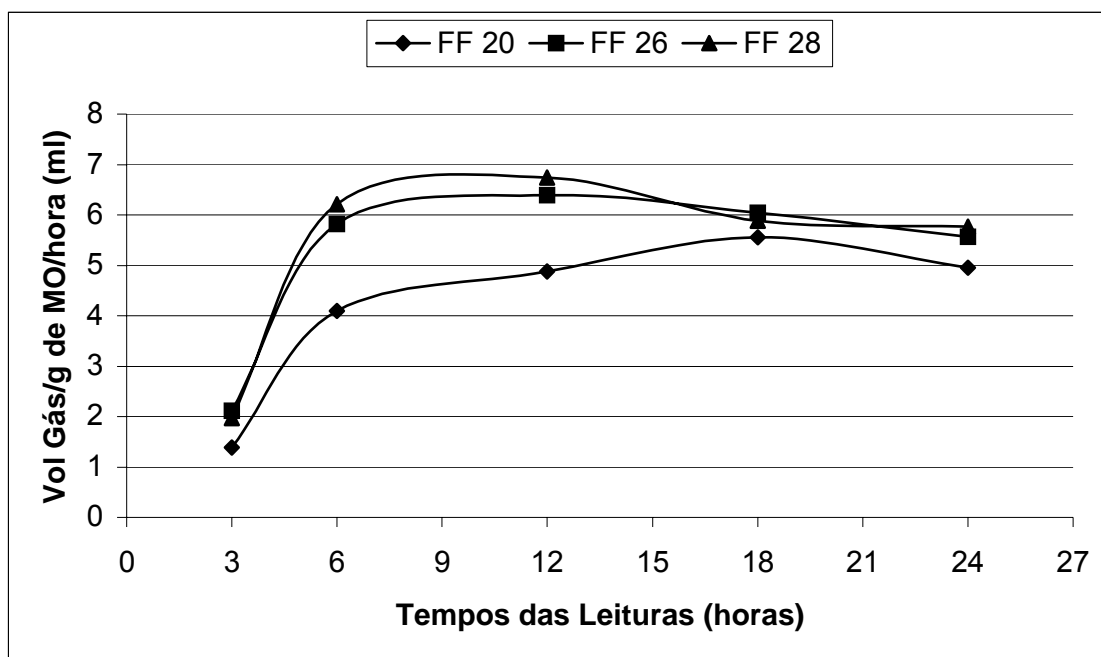


FIGURA 4.5.2 - Taxas observadas de produção de gás para as respectivas forragens frescas das silagens.

A diferença, neste caso, refere-se ao material com 20 % de MS, que atingiu o pico máximo de produção de gás no tempo 18 horas, enquanto que as demais produziram seu pico no tempo 12 horas, à semelhança das silagens correspondentes.

Al-Masri (2003), trabalhando com sub-produtos agrícolas, folhas e ramos de arbustos tolerantes à seca, encontraram uma grande faixa de valores para o FP, o qual variou entre 4,1 e 20,2. O trabalho mostrou ainda uma ampla faixa de produção de biomassa microbiana (8-34 mg/100 mg de MO verdadeiramente fermentada), indicando que estes valores dependem do tipo de material fermentado. Makkar (2004), chama atenção para o fato de que a

presença de substâncias como o tanino, que são solubilizadas porém não contribuem para a produção de gás, podem levar a subestimação do resíduo indegradado.

Lopez et al. (2000), por sua vez, afirmam que o fracionamento do substrato ruminalmente disponível entre produtos da fermentação (gás), e incorporação direta na biomassa microbiana pode variar, dependendo entre outras coisas, do tamanho do inoculo microbiano, o que é confirmado por Jessop & Herrero (1997), que testaram diferentes concentrações de inoculo em sistemas de produção de gás 'in vitro', recomendando uma taxa de diluição máxima de 3 vezes.

De forma semelhante, Rymer et al. (1999) testaram concentrações de inoculo de 5, 15 e 30 %, verificando um acréscimo linear ( $P < 0,01$ ) no volume total de gás. Entretanto, a estimativa da degradabilidade da matéria orgânica não foi afetada, tendo sido observada inclusive uma tendência de diminuição da degradabilidade com o aumento do inoculo, o que levou a um significativo acréscimo ( $P < 0,01$ ) no volume de gás produzido por unidade de matéria orgânica degradada com o aumento da concentração do inoculo. Neste trabalho foi usada uma concentração de inoculo diluído 10 vezes, o que pode ter influenciado no volume de gás produzido, resultando em valores maiores para o FP.

Por outro lado, a ESPM observada nos diferentes alimentos estudados variou entre 40,9 e 69,9 g de N microbiano/kg de MO verdadeiramente degradada. Pode-se estimar do trabalho de Al-Masri (2003), que a ESPM calculada à partir do FP, apresentou uma faixa de magnitude

bastante ampla, com valores, por exemplo, de 58 % para palha de trigo cuja composição química apresentava 2,6 % de PB e 79,5 % de FDN, até 89,7 % para torta de oliveira com 4,7 % de PB, 8,5 % de gordura e 84 % de FDN.

Givens & Rulquin, (2004), afirmam que a ESPM em animais pastejando gramíneas de alta qualidade gira em torno de 30-45 g de N microbiano/kg MO aparentemente degradada no rúmen. Nas forragens frescas de gramíneas entre 75 e 90 % do N está presente na forma de proteínas e o restante é composto por peptídeos, aminoácidos livres, amidas, nucleotídeos e outros compostos contendo N. Após a ensilagem o N na forma de proteínas cai para algo em torno de 20-30 %, ocorrendo um aumento significativo do N na forma de aminoácidos, peptídeos e N amoniacal. Em silagens de gramíneas, de maior teor protéico, este processo parece ser mais pronunciado. As altas taxas de degradação dos compostos nitrogenados não protéicos e do N protéico solúvel, provoca uma liberação não sincronizada do N em relação aos carboidratos, tendo sido freqüentemente associado à baixa ESPM nestas espécies, as quais apresentam baixos níveis de carboidratos solúveis.

Entretanto, para dietas à base de silagens de milho, estes autores apresentam valores médios de 48,4 g de N microbiano/kg de MO aparentemente degradada no rúmen, valores estes dentro da faixa encontrada neste trabalho.

Leng (1993), aponta dois fatores que afetam a eficiência do crescimento microbiano ruminal, quais sejam: 1) uma deficiência de qualquer fator de crescimento microbiano (N-NH<sub>3</sub>, enxofre, fósforo, aa's, etc.) no alimento; 2) as quantidades relativas de carboidratos e proteínas que são



fermentados (degradação fermentativa da proteína associada à uma lenta geração de ATP, pela degradação mais lenta dos carboidratos. O segundo fator parece reforçar a hipótese de Givens e Rulquin (2004), de que dietas baseadas em silagem de milho garantem maior ESPM do que silagens de gramíneas, exatamente pela sua maior concentração de glicídios solúveis, o que está de acordo com os valores descritos neste trabalho.

Não foi possível estabelecer neste trabalho um 'ranking' de acordo com os valores esperados, uma vez que as silagens de um modo geral apresentaram um FP superior à respectiva forragem fresca, o que pode ter sido influenciado por problemas de metodologia, tais como, diluição do inoculo, relação de solução em detergente neutro/solução da amostra, entre outros.

Blümmel & Lebzien (2001) afirmam que técnicas 'in vitro' mais complicadas para estimar o N microbiano e produção de purinas, falharam ao tentar estabelecer uma relação significativa com a eficiência da produção microbiana 'in vivo' como um todo. Portanto pela facilidade de sua aplicação, o método merece maiores estudos com o objetivo de estabelecer uma padronização do mesmo.

#### **4.6 – Análise das Relações entre os métodos 'in vitro', 'in situ' e 'in vitro gás'**

A Tabela 4.6.1, apresenta as correlações entre as taxas de degradação e tempo de colonização obtidos 'in situ', neste trabalho, e aquelas obtidas pelo método 'in vitro' gás.

TABELA 4.6.1 - Correlações entre os parâmetros<sup>1</sup> taxa de degradação e tempo de colonização da MO obtidos 'in situ' e aqueles obtidos pelo método 'in vitro' gás

	c MO is	L MO is	S	L gás
c MO is	1	0,2401	0,1083	-0,10449
		0.1584	0.5295	0.5442
L MO is		1	-0,16237	0,07641
			0.3441	0.6578
S			1	-0,33674
				0.0446
L gás				1

<sup>1</sup>c = taxa de degradação, MO = Matéria Orgânica, is = 'In Situ', L = Tempo de Colonização e S = taxa de produção de gás.

Não foram observadas correlações significativas ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos parâmetros analisados.

As taxas de degradação das silagens obtidas neste trabalho pelo método 'in vitro' gás, foram em média 20 % superiores àquelas estimadas pelo método 'in situ'. Taxas de produção de gás 53,84 % mais altas que as estimadas pelo método 'in situ', foram observadas por Noguera (2002), trabalhando com genótipos de sorgo. Estes resultados contrariam os valores observados por López et al., (1998), os quais trabalhando com fenos de gramíneas, obtiveram taxas 14 % superiores no método 'in situ' em relação ao 'in vitro' gás, embora as correlações nos dois trabalhos tenham sido significativas.

Sileshi et al., (1996), avaliando diferentes forragens, encontraram correlações significativas entre as taxas de degradação por ambos os métodos. Entretanto, Blümmel & Orskov (1993) trabalhando com palhas, Khazaal et al., (1993) com fenos de leguminosas, e Khazaal et al., (1995) com fenos de

gramíneas, não encontraram qualquer relação significativa entre as taxas de produção de gás 'in vitro' e o desaparecimento 'in situ' da MS.

A cinética ruminal de diferentes alimentos foram investigados por Malafaia et al (1998), utilizando as técnicas "in situ" e produção de gás. Os autores obtiveram coeficientes de variação (CV %) dos dados obtidos para os resíduos de incubação 'in situ', sempre maiores que os verificados para as leituras de produção de gás. Concluem ainda que a incubação 'in situ' resultou em parâmetros cinéticos comparáveis à literatura, apresentando-se, porém sempre como técnica mais cara e menos precisa, enquanto que a determinação manométrica e volumétrica da produção de gás constitui método barato, mais simples, menos laborioso e apresentando menor variação entre mensurações.

As baixas correlações observadas entre os parâmetros 'in situ' e 'in vitro gás' neste trabalho, podem estar relacionadas aos diferentes modelos empregados para o ajuste das curvas (exponencial e logístico, respectivamente).

Por sua vez, os valores de tempo de colonização observados neste trabalho, foram em média, substancialmente superiores (61,5 %), no método de produção de gás 'in vitro', em relação àqueles estimados pela técnica 'in situ'. Este fato deve-se, possivelmente, à baixa relação inóculo/meio utilizada neste trabalho (diluição de 10 vezes), uma vez que Rymer et al., (1999) observaram reduções lineares significativas no tempo de colonização com o aumento da concentração de inóculo, assim como Jessop & Herrero (1997), que recomendam uma taxa de diluição máxima de 3 vezes.

A Tabela 4.6.2, apresenta as correlações entre os valores obtidos de digestibilidade 'in vitro', degradabilidade 'in situ' e volumes de gás das silagens.

TABELA 4.6.2 - Correlações entre as variáveis<sup>1</sup> obtidas nos ensaios de digestibilidade 'in vitro', degradabilidade 'in situ' e produção de gás, para as silagens.

	DIVMO	Deg IS MO	Deg IS FDN	PG 48	PG 96
DIVMO	1	0,48482	0,28872	0,37877	0,3087
		0.0027	0.0877	0.0227	0.067
Deg IS MO		1	0,91061	0,52415	0,45781
			<.0001	0.001	0.005
Deg IS FDN			1	0,41796	0,37512
				0.0112	0.0242
PG 48				1	0,98786
					<.0001
PG 96					1

<sup>1</sup> DIVMO = Digestibilidade 'In Vitro' da MO, Deg = Degradabilidade, IS = 'In Situ', PG = Produção de Gás e 48, 96 = horas de incubação.

As correlações encontradas entre estas variáveis foram em geral elevadas, indicando que a avaliação qualitativa das silagens obtidas pelos diferentes métodos foi semelhante. As melhores correlações entre produção de gás e digestibilidade 'in vitro' e 'in situ', foram observadas no tempo PG 48 horas.

Tomando-se a DIVMO como valor de referência, foram calculadas as estimativas de NDT e DE pela técnica de produção de gás conforme o item 3.7, a fim de efetuar uma comparação das diferentes técnicas empregadas.

As correlações obtidas entre estes valores podem ser vistas na Tabela 4.6.3.

TABELA 4.6.3 – Correlações entre as estimativas de NDT, DE obtida pela produção de gás, DE pelo método 'in situ' e a DIVMO 'in vitro'.

	DIVMO
NDTcalc	0.55415 0.0005
DEgás	0.55054 0.0005
DEis	0.48051 0.0030

Observa-se que as diferentes metodologias produziram correlações significativas ( $P < 0,01$ ), com os resultados obtidos pelo método convencional de digestibilidade 'in vitro', sendo que NDTcalc e DEgás apresentaram correlações semelhantes e um pouco superiores que a DEis.

A Tabela 4.6.4 apresenta a comparação das diferenças obtidas entre métodos, através de dados pareados comparados pelo teste t .

TABELA 4.6.4 – Comparações entre as estimativas de degradabilidade da MO obtidas pelos diferentes métodos, através do teste t

Comparações	Médias (EP)	Diferença média	EP (diferença)	Prob.
DIVMO - DEis	49,6(0,96) – 48,5(1,08)	1,2	1,04	< 0,2631
DIVMO - DEgás	49,6(0,96) – 64,8(0,87)	- 15,2	0,87	< 0,0001
DIVMO - NDTcalc	49,6(0,96) – 62,2(0,66)	-12,5	0,81	< 0,0001
DEgás - NDTcalc	64,8(0,87) – 62,2(0,66)	2,6	0,87	< 0,0044

EP = Erro Padrão

Apenas a diferença entre a DIVMO e DEis não foi significativa ( $P > 0,05$ ). A estimativa da DE pela técnica de produção de gás e o NDTcalc,

superestimaram a DIVMO em 15,2 e 12,5 unidades, o que representa aproximadamente 23,5 e 20,2 %, respectivamente.

A DIVMO entretanto, tem se mostrado como método inadequado, principalmente quando se avaliam volumosos de baixa qualidade (Chifflet & Rosso, 1993 e Antonio, 1995), subestimando a digestibilidade real desse tipo de alimento.

Por outro lado, a degradabilidade da MO na técnica de produção de gás deve ser obtida após 48 horas de incubação, uma vez que a extrapolação pode levar a erros, já que no tempo 24 horas parte do amido pode ainda não ter sido degradado.

Chai et al. 2004 avaliando a degradação do amido em diferentes alimentos através da produção de gás, observaram que após 24 horas de incubação aproximadamente de 13 a 18 % do amido de silagens de milho ainda não havia sido degradado.

Este amido remanescente poderia ser então solubilizado pelo detergente neutro (na determinação da degradabilidade verdadeira), induzindo à uma superestimação da degradabilidade da MO.

Levando-se em conta as considerações anteriores, o NDTcalc parece ter estimado com uma precisão um pouco superior o valor da degradabilidade dos alimentos testados, em relação a DEgás.

Entretanto, quando se observa o volume de informações sobre a cinética e as características de degradação dos alimentos, a técnica de produção de gás, uma vez corrigida para a questão levantada nos parágrafos

anteriores, fornece uma gama de detalhes capaz de conduzir à uma percepção técnica mais completa sobre o potencial do alimento em estudo.

## 5 – CONCLUSÃO

Utilizado complementarmente à análise químico-bromatológica, o método de produção de gases 'in vitro' demonstrou ser uma boa ferramenta para avaliação da qualidade dos alimentos para ruminantes. Quando comparadas ao método tradicional 'in vitro', possui as vantagens do método 'in situ' por estimar também a cinética da degradação ruminal do alimento. Contudo, é mais prático e, por possibilitar conhecer as características de degradação de diferentes frações dos alimentos, foi também mais sensível. Além disso, permitiu estimar, embora ainda sem adequada validação, a eficiência da síntese microbiana ruminal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MASRI, M.R. An *in vitro* evaluation of some unconventional ruminant feeds in terms of the organic matter digestibility, energy and microbial biomass. **Tropical Animal Health and Production**, **35**: 155-167. 2003.
- ANTONIO, S. de D. **Modificações na técnica de digestibilidade 'in vitro' para avaliar forragens de baixa qualidade**. 1995. 88 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria.
- BEUVINK, J.M.W.; KOGUT, J. Modelling gas production kinetics of grass silages incubated with buffered rumen fluid. **Journal of Animal Science**, **71**: 1041-1046. 1993.
- BLÜMMEL, M.; LEBZIEN, P. Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by *in vitro* techniques. **Livestock Production Science**, **68**: 107-117. 2001.
- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, **77**: 24-34. 1997a.
- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; CHISANGA, G.; MTIMUNI, J.; BECKER, K. The prediction of dry matter intake of temperate and tropical roughages from *in vitro* digestibility/gas-production data, and the dry matter intake and *in vitro* digestibility of African roughages in relation to ruminant liveweight gain. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam**, **69**: 131-141. 1997b.
- BLÜMMEL, M.; MGOMEZULU, R.; CHEN, X.B.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; ORSKOV, E.R. The modification of an *in vitro* gas production test to detect roughage related differences in *in vivo* microbial protein synthesis as estimated by the excretion of purine derivatives. **Journal of Agricultural Science Cambridge**, **133**: 335-340. 1999.
- BLÜMMEL, M.; ORSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon-bag degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, **40**: 109-119. 1993.
- BROWN, V.E.; RYMER, C.; AGNEW, R.E.; GIVENS, D.I. Relationship between *in vitro* gas production profiles of forages and *in vivo* rumen fermentation patterns in beef steers fed those forages. **Animal Feed Science and Technology**, **98**: 13-24. 2002.
- CHAI, W.Z.; van GELDER, A.H.; CONE, J.W. Relationships between gas production and starch degradation in feed samples. **Animal Feed Science and Technology**, **114**: 195-204. 2004.

- CHIFFLET, S.; ROSSO, O. Evaluación de pastures con animales de carne en la región templada de la República Argentina. In: PUIGNAU, J.P. **Metodología de Evaluación de Pasturas**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1993. cap. 3. p. 65-94.
- DEAVILLE, D. R.; GIVENS, D. I. Use of the automated gas production technique to determine the fermentation kinetics of carbohydrate fractions in maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, **93**: 205-215. 2001.
- DEWHURST, R.J.; DAVIES, D.R.; MERRY, R.J. Microbial protein supply from the rumen. Review article. **Animal Feed Science and Technology**, **85**: 1-21. 2000.
- DOANE, P.H.; PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Ensiling effects on the ethanol fractionation of forages using gas production. **Journal of Animal Science**, **76**: 888-895. 1998.
- DRYHURST, N.; WOOD, C.D. The effect of nitrogen source and concentration on *in vitro* gas production using rumen micro-organisms. **Animal Feed Science and Technology**, **71**: 131-143. 1998.
- FILYA, I. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. **Animal Feed Science and Technology**, **116**: 141-150. 2004.
- FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O.; Van AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R.; RUSSEL, J.B. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion, Model Documentation**. CNCPS. Version 5.0, Department of Animal Science, Cornell University, 2003.
- FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M.K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D. R. & ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, **163**: 99-111. 1993.
- FRANCE, J.; THEODOROU, M.K.; LOWHMAN, R.S.; BEEVER, D.E. Feed Evaluation for Animal Production. In: M.K.THEODOROU and J. FRANCE (eds) **Feeding Systems and Feed Evaluation Models**. Cab International. 1999. 1-9.
- GETATCHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam**, **72**: 261-281. 1998.
- GIVENS, D.I.; OWEN, E.; ADESOGAN, A.T. Current Procedures, Future Requirements and the Need for Standardization. In: D.I. Givens; E. Owen;

- R.F.E. Axford and H.M. Omed (eds), **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. CABI Publishing, CAB International, London, UK. 2000. 449-474.
- GIVENS, D.I.; RULQUIN, H. Utilization by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. Review. **Animal Feed Science and Technology**, **114**: 1-18. 2004.
- HADDAD, S.G.; GRANT, R.J. Influence of nonfiber carbohydrate concentration on forage fiber digestion 'in vitro'. **Animal Feed Science and Technology**, **86**: 107-115. Short Communication. 2000.
- HALL, M. B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual. University of Florida. **Extension Bulletin 339**, 42 p. 2000.
- HUNGATE, R. **The Rumen and Its Microbes**. Academic Press, New York. 1966.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, **65**: n. 2. 63-93, 1995.
- JESSOP, N. S.; HERRERO, M. Modelling fermentation in an in vitro gas production system: effects of microbial activity. In: Deaville, E.R.; Owen, E.; Adesogan, A.T.; Rymer, C.; Huntington, J.A. (Eds), *In Vitro Techniques For Measuring Nutrient Supply To Ruminants*. **Proceedings of an International Symposium**, Br. Soc. Anim. Sci. 1997. Occ. Pub. No. 22.
- JOHNSON, R.R. *In vitro* rumen fermentation techniques. **Journal of Animal Science**, **22**: 792-800. 1963.
- KHAZAAL, K.; DENTINHO, M.T; RIBEIRO, J.M.; ORSKOV, E.R. A comparison of gas production during incubation with rumen contents in vitro and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility in vivo and the voluntary intake of hays. **Animal Production**, **57**: 105-112. 1993.
- KHAZZAL, K., DENTINHO, M.T., RIBEIRO, J.M. & ORSKOV, E.R. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays feed to sheep: comparison between using fiber components, in vitro digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal Science**, **61**: 527-538. 1995.
- KIBON, A.; ORSKOV, E.R. The use of degradation characteristics of browse plants to predict intake and digestibility by goats. **Animal Production**, **57**: 247-251. 1993.
- KIM, K.H.; CHOUNG, J.J.; CHAMBERLAIN, D.G. Effects of varying degrees of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in cattle consuming a diet of grass silage and cereal-based

- concentrate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **79**: 1441-1447. 1999a.
- KIM, K.H.; OH, Y.J.; CHOUNG, J.J.; CHAMBERLAIN, D.G. Effects of varying degrees of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in cattle consuming grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **79**: 833-838. 1999b.
- KOHN, R.A.; BOSTON, R.C. The Role of Thermodynamics in Controlling Rumen Metabolism. In: McNamara, J.P.; France, J.; Beever, D.E. (Eds), **Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals**. CABI Publishing. 2000.11-24.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. Santa Maria, Ed. UFSM, 2002. 140 p.
- KRISHNAMOORTHY, U.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, **65**: 217-225. 1980.
- LENG, R.A. Quantitative ruminant nutrition – A green science. **Australian Journal of Agricultural Research**, **44**: 363-380. 1993.
- LICITRA,G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, **57**: 347-358, 1996.
- LÓPEZ, S.; CARRO, M.D.; GONZÁLEZ, J.S.; OVEJERO, F.J. Comparison of different in vitro and in situ methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, **73**: 99-113. 1998.
- LÓPEZ, S.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. Prediction of Energy Supply in Ruminants, with Emphasis on Forages. In: D.I. Givens; E. Owen; R.F.E. Axford and H.M. Omed (eds), **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. CABI Publishing, CAB International, London, UK. 63-94. 2000.
- LOURES, D. R. S.; NUSSIO, L. G. **Produção de efluente em silagens úmidas**. Capturado em 20 ago. 2002. On-line. Disponível na Internet [http://www.beefpoint.com.br/radares técnicos/conservação de forragens](http://www.beefpoint.com.br/radares_técnicos/conservação_de_forragens).
- MAKKAR, H.P.S. **Recent advances in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources**. Capturado em 05 nov. 2004. On-line. Disponível na Internet [http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570\\_en\\_toc.htm#TopOfPage](http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570_en_toc.htm#TopOfPage).

- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. de C.; VIEIRA, R.A.M. COELHO da SILVA, J.F.; PEREIRA, J.C. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. **27**, n. **2**, 370-380. 1998.
- MAURÍCIO, R.M. ; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, **79**: 321-330.1999.
- McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, **96**: 251-256. 1981.
- MENKE, K.H. ; RAAB, L. ; SALENSKI, A.; STEINGASS, H. ; FRITZ, D.; SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agricultural Science**, **93**: 217-222. 1979.
- MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development**, **28**: 7-55. 1988.
- MERCHEN N.R.; BOURQUIN, L.D. Processes of Digestion and Factors Influencing Digestion of Forage-Based Diets by Ruminants. In: G.C. Fahey Jr.; M. Collins; D.R. Mertens; L.E. Moser (eds) **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. University of Nebraska, Lincoln, 1994. 564-612.
- MERTENS, D.R. Inoculum Preparation Affects In Vitro Gas Production During Early Fermentation. US Dairy Forage Research Center. **Research Summaries**, 58-59. 1998.
- MÜHLBACH, P.R.F. Produção de leite com vacas de alta produtividade. In: 40<sup>a</sup>. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Simpósio Internacional de Ruminantes, Sessão Bovinocultura de Leite. **Palestras**. 2003. 20 p.
- MULLIGAN, F.J.; QUIRKE, J.; RATH, M.; CAFFREY, P.J.; O'MARA, F.P. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. **Livestock Production Science**, **74**: 113-124. 2002.
- NAGADI, S.; HERRERO, M.; JESSOP, N.S. The effect of fermentable nitrogen availability on in vitro gas production and degradability of NDF. **Animal Feed Science and Technology**, **87**: 241-251. 2000b.
- NAGADI, S.; HERRERO, M.; JESSOP, N.S. The influence of diet of the donor animal on the initial bacterial concentration of ruminal fluid and in vitro gas

- production degradability parameters. **Animal Feed Science and Technology**, **87**: 231-239. 2000a.
- NHERERA, F.V.; NDLOVU, L.R.; DZOWELA, B.H. Relationships between in vitro gas production characteristics, chemical composition and in vitro quality measures in goats fed tree fodder supplements. **Small Ruminant Research**, **31**: 117-126. 1999.
- NOGUERA, J.R.R. Estudo químico *in situ*, *in vitro* e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte. **Tese de Doutorado**. UFMG – Belo Horizonte. 177 p. 2002.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, DC: National Academy of Science, 7<sup>th</sup> rev. Ed., 1996, 359 p.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, DC: National Academy of Science, 7<sup>th</sup> rev. Ed., 2001, 408 p.
- ORSKOV, E.R. The *In Situ* Technique for the Estimation of Forage Degradability in Ruminants. In: D.I. Givens; E. Owen; R.F.E. Axford and H.M. Omed (eds), **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. CABI Publishing, CAB International, London, UK. 2000. 175-188.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein , in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science, (Cambridge)**, **92**: 499-503. 1979.
- PELL, A.N., DOANE, P.H.; SCHOFIELD, P. In vitro digestibility and gas production. Department of Animal Science. Cornell University. Junho de 2000. Palestra – 14 p.
- PIRES, M.B.G; FREITAS, E.A.G; TRINDADE, D.S., QUADROS, A.T.F. Estabelecimento de um sistema de digestibilidade *in vitro* no laboratório da equipe de pesquisa em nutrição animal da Secretaria da Agricultura. **Anuário Técnico do IPZFO**, Porto Alegre, v. 6, p. 345-385, 1979.
- RYMER, C.; HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. Effects of inoculum preparation method and concentration, method of inoculation and pre-soaking the substrate on the gas production profile of high temperature dried grass. **Animal Feed Science and Technology**, **78**: 199-213. 1999.
- SAS Institute. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Institute, INC., Cary. North Carolina, 1985.
- SCHOFIELD, P.; PELL, A.N. Validity of using accumulated gas pressure readings to measure forage digestion in vitro: A comparison involving three forages. **Journal of Animal Science**, **78**: 2230-2238. 1995.

- SHOFIELD, P. Gas Production Methods. In: D'Mello, J.P.F. (ed.), **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. Cab International. 2000. p. 209-232.
- SILESHI, Z.; OWEN, E.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. Prediction of in situ rumen dry matter disappearance of Ethiopian forages from an in vitro gas production technique using a pressure transducer, chemical analyses or in vitro digestibility. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, 61**: 73-87. 1996.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.J.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science, 70**: 3562-3577, 1992.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; McALLEN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, 48**: 185-197. 1994.
- THOMAS, P.C.; BEEVER, D.E.; BUTTERY, P.J.; MACRAE, J.C.; OLDHAM, J.D.; THOMAS, C. Responses in the yield of milk constituents to the intake of nutrients by dairy cows. **Nutrition Abstracts and Reviews, Series B, v. 68**: n. 11. CABI Publishing. 1998. 92 p.
- TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society, 18**: 104-111, 1963.
- VALENTIN, S.F., WILLIAMS, P.E.V., FORBES, J.M., SAUVANT, D. Comparison of the in vitro gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short- and long-term processes of degradation of maize silage in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, 78**: 81-99. 1999.
- VAN SOEST P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharide in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science, 74**: 3583-3597. 1991.
- VOIGT, J., STEGER, H. Zur quantitativen bestimmung von ammoniak, harnstoff and ketokoerpern in biologischen material. **Archiv für Tierernährung, Berlin, 17**: 289-293. 1967.
- WEISS, W.P., CONRAD, H.R.; St. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology, 39**: 95-110. 1992.

WILLIAMS, B.A. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation.  
In: D. I. GIVENS, E. OWEN, R.F.E. AXFORD and H.M.OMED, (eds) **Forage  
Evaluation in Ruminant Nutrition**. CAB International. 2000. p. 189-213.



Apêndice 1 – Resultados individuais das análises bromatológicas nos diferentes tratamentos e repetições.

<b>SILAGENS</b>	<b>MS (Convencional)</b>	<b>MS (Tolueno)</b>	<b>N-NH<sub>3</sub></b>	<b>PB Total (Obtida na ACO)</b>	<b>pH</b>
T1 R1	20.15	19.96	83.3	6.00	3.58
T1 R2	20.18	17.89	84.2	6.43	3.57
T1 R3	19.86	14.62	92.6	6.96	3.57
T1 R4	20.21	15.29	80.5	7.67	3.59
T1 R5	19.46	15.98	80.4	8.40	3.67
T1 R6	19.21	18.32	95.9	8.62	3.66
T2 R1	19.63	15.34	138.1	8.18	3.80
T2 R2	19.26	16.26	111.6	8.18	3.78
T2 R3	19.78	19.21	79.5	7.89	3.78
T2 R4	18.74	16.34	121.5	7.67	3.96
T2 R5	19.18	12.80	90.1	7.65	3.73
T2 R6	18.73	17.55	137.0	10.49	3.82
T3 R1	26.15	20.06	79.3	6.74	3.66
T3 R2	26.17	20.02	79.5	8.07	3.67
T3 R3	25.99	24.53	74.0	7.11	3.68
T3 R4	25.75	19.30	77.8	6.69	3.66
T3 R5	25.34	21.38	69.7	6.69	3.66
T3 R6	25.47	22.29	82.4	10.15	3.64
T4 R1	27.66	21.34	77.2	7.45	3.83
T4 R2	25.67	22.68	86.7	7.98	3.74
T4 R3	25.56	22.70	90.2	8.29	3.75
T4 R4	25.59	22.34	96.1	8.08	3.84
T4 R5	25.29	18.35	84.4	9.54	3.76
T4 R6	27.20	20.50	86.7	7.84	3.80
T5 R1	28.32	27.76	66.4	6.59	3.80
T5 R2	27.10	27.15	65.0	8.43	3.80
T5 R3	27.20	28.10	58.8	7.46	3.80
T5 R4	28.06	27.67	65.2	7.72	3.81
T5 R5	28.13	27.51	66.3	8.19	3.80
T5 R6	28.01	29.12	63.6	7.72	3.83
T6 R1	27.33	23.30	63.7	8.33	3.72
T6 R2	27.39	23.38	69.2	8.31	3.84
T6 R3	27.63	25.18	64.1	8.76	3.75
T6 R4	30.92	22.70	51.6	7.2	3.75
T6 R5	27.31	23.55	55.2	8.26	3.84
T6 R6	28.52	24.47	52.4	7.8	3.77
<b>MATERIAL ORIGINAL</b>	<b>MS (Convencional)</b>	<b>MS (Tolueno)</b>	<b>N-NH<sub>3</sub></b>	<b>PB Total (Obtida na ACO)</b>	<b>pH</b>
Tr. 20 % A	19.29	15.70	1.96	7.76	5.61
Tr. 25 % A	25.93	18.20	1.51	7.91	5.61
Tr. 30 % A	30.02	26.61	1.68	7.76	5.64

... Continuação do apêndice 1.

<b>SILAGENS</b>	<b>PB Total(na APS)</b>	<b>Fração A</b>	<b>Fração B1</b>	<b>Fração B2</b>	<b>Fração B3</b>	<b>Fração C</b>	<b>FDN</b>
T1 R1	6.65	2.52	0.69	1.98	0.35	1.11	63.26
T1 R2	6.65	2.47	0.71	1.95	0.64	0.88	57.50
T1 R3	6.53	1.75	0.90	2.39	0.63	0.86	62.44
T1 R4	6.42	2.36	0.88	2.18	0.27	0.73	62.38
T1 R5	5.89	1.46	1.20	2.34	0.23	0.66	64.60
T1 R6	6.35	1.22	1.12	2.96	0.34	0.71	63.42
T2 R1	7.14	2.24	1.26	1.89	0.98	0.77	64.00
T2 R2	7.60	2.74	0.88	2.11	1.00	0.87	62.83
T2 R3	7.39	2.41	1.94	1.24	1.00	0.80	61.60
T2 R4	8.23	3.41	0.72	2.02	1.21	0.87	65.73
T2 R5	7.46	3.43	0.21	1.93	1.05	0.84	64.31
T2 R6	7.72	3.27	0.33	2.08	1.08	0.96	65.07
T3 R1	5.84	2.65	0.22	1.69	0.70	0.58	53.99
T3 R2	6.82	3.62	0.55	1.26	0.90	0.49	54.48
T3 R3	6.68	3.30	0.28	1.78	0.68	0.64	53.12
T3 R4	6.66	3.16	0.46	1.68	0.63	0.73	53.43
T3 R5	6.18	3.11	0.25	1.85	0.48	0.49	58.21
T3 R6	6.75	3.13	0.44	1.83	0.69	0.66	53.66
T4 R1	7.48	3.46	0.56	1.38	1.45	0.63	53.60
T4 R2	6.29	3.37	0.14	1.18	1.05	0.55	54.91
T4 R3	7.09	3.59	0.20	1.45	1.12	0.73	51.01
T4 R4	7.20	3.42	0.37	1.67	1.09	0.65	55.52
T4 R5	8.64	4.14	0.69	1.81	1.16	0.84	50.46
T4 R6	7.36	3.43	0.23	1.67	1.28	0.75	60.57
T5 R1	7.73	3.40	0.74	1.74	1.37	0.48	50.78
T5 R2	8.67	4.06	0.62	1.91	1.48	0.60	54.05
T5 R3	7.23	2.80	0.46	2.16	1.23	0.58	53.36
T5 R4	6.98	2.77	0.65	1.91	1.07	0.58	48.50
T5 R5	7.66	3.17	0.46	2.22	1.16	0.65	49.29
T5 R6	6.72	2.30	0.80	1.92	1.07	0.63	53.85
T6 R1	7.15	2.33	0.38	2.69	1.24	0.51	51.13
T6 R2	7.55	3.19	0.58	1.56	1.71	0.51	52.02
T6 R3	7.50	2.73	0.85	1.76	1.71	0.45	50.76
T6 R4	7.92	2.97	0.56	2.19	1.73	0.47	51.70
T6 R5	7.62	2.89	0.55	2.13	1.67	0.38	49.51
T6 R6	7.64	2.47	0.91	1.72	1.82	0.72	48.71
<b>MAT. ORIGINAL</b>	<b>PB Total(na APS)</b>	<b>Fração A</b>	<b>Fração B1</b>	<b>Fração B2</b>	<b>Fração B3</b>	<b>Fração C</b>	<b>FDN</b>
Tr. 20 % A	7.53	2.29	0.12	2.61	2.12	0.38	60.57
Tr. 25 % A	7.63	1.91	0.41	2.74	2.16	0.41	58.58
Tr. 30 % A	7.70	2.15	0.45	1.82	2.94	0.34	58.30

... Continuação do apêndice 1.

<b>SILAGENS</b>	<b>FDA</b>	<b>HEMICELLIGNINA</b>	<b>EE</b>	<b>PB na FDN</b>	<b>CZ</b>	<b>CNF (%)</b>	<b>MO</b>	<b>MO no RIE</b>
T1 R1	41.04	22.22	4.55	4.25	1.35	5.74 21.44	94.26	74.78
T1 R2	36.44	21.06	4.47	3.91	1.41	5.52 27.84	94.48	75.07
T1 R3	37.19	25.25	4.14	4.77	1.41	5.81 22.72	94.19	78.12
T1 R4	38.15	24.23	5.11	5.41	1.62	5.52 22.53	94.48	78.28
T1 R5	38.08	26.52	4.83	4.28	1.37	5.30 20.16	94.70	79.26
T1 R6	37.99	25.43	4.94	3.17	1.66	6.16 22.55	93.84	84.21
T2 R1	40.02	23.98	4.98	4.00	1.64	6.47 20.03	93.53	81.90
T2 R2	37.94	24.89	4.70	3.43	1.75	5.86 22.02	94.14	81.62
T2 R3	37.83	23.77	5.16	3.63	1.68	6.30 22.75	93.70	80.37
T2 R4	39.90	25.83	4.96	2.62	1.94	6.55 17.80	93.45	80.17
T2 R5	39.30	25.01	4.73	2.99	1.77	5.99 21.03	94.01	77.10
T2 R6	40.72	24.35	5.15	2.91	1.91	6.53 19.97	93.47	75.70
T3 R1	31.41	22.58	3.98	8.22	1.21	4.73 28.43	95.27	76.27
T3 R2	32.69	21.79	3.89	8.21	1.30	4.37 27.42	95.63	75.19
T3 R3	31.19	21.93	3.60	7.89	1.39	4.84 28.86	95.16	77.31
T3 R4	32.65	20.78	3.90	8.06	1.27	5.01 28.11	94.99	75.03
T3 R5	34.13	24.08	3.86	7.51	1.27	4.31 25.06	95.69	78.76
T3 R6	30.89	22.77	4.32	7.92	1.27	5.32 27.62	94.68	79.30
T4 R1	30.50	23.10	3.92	4.86	1.31	5.92 29.44	94.08	81.57
T4 R2	33.24	21.67	3.92	4.21	0.98	4.98 30.59	95.02	80.21
T4 R3	31.24	19.77	4.02	5.07	1.04	5.81 32.93	94.19	76.62
T4 R4	32.12	23.40	3.93	6.92	1.00	6.26 25.10	93.74	78.51
T4 R5	33.72	16.74	3.83	5.23	1.06	6.44 30.45	93.56	79.00
T4 R6	34.16	26.41	4.68	4.26	1.13	5.95 22.03	94.05	83.19
T5 R1	25.77	25.01	3.33	5.03	1.30	5.01 32.76	94.99	74.06
T5 R2	28.39	25.66	4.09	4.62	1.41	5.39 28.67	94.61	75.05
T5 R3	27.37	25.99	3.98	4.33	1.17	4.98 31.28	95.02	77.07
T5 R4	28.21	20.29	3.52	4.44	1.02	4.90 36.20	95.10	78.45
T5 R5	28.77	20.52	4.23	4.86	1.10	5.05 34.24	94.95	77.74
T5 R6	29.59	24.26	4.21	4.71	1.01	4.68 31.05	95.32	79.07
T6 R1	26.27	24.86	3.61	3.92	1.19	4.82 34.17	95.18	77.78
T6 R2	28.23	23.79	3.48	3.74	1.63	4.60 33.72	95.40	79.23
T6 R3	28.21	22.55	3.65	4.52	1.63	5.24 34.40	94.76	77.89
T6 R4	31.35	20.35	3.60	4.61	1.66	5.47 32.05	94.53	77.88
T6 R5	26.70	22.81	3.79	4.84	1.59	5.32 34.53	94.68	79.38
T6 R6	27.95	20.76	3.92	5.55	1.72	5.48 34.34	94.52	80.01
<b>MAT. ORIGINAL</b>	<b>FDA</b>	<b>HEMICELLIGNINA</b>	<b>EE</b>	<b>PB na FDN</b>	<b>CZ</b>	<b>CNF (%)</b>	<b>MO</b>	<b>MO no RIE</b>
Tr. 20 % A	35.01	25.57	4.55	2.28	2.37	4.65 27.34	95.35	76.80
Tr. 25 % A	28.58	30.00	3.83	2.83	2.43	4.40 28.99	95.60	79.77
Tr. 30 % A	25.20	33.09	3.05	2.82	3.10	3.83 30.45	96.17	80.14

... Continuação do apêndice 1.

<b>SILAGENS</b>	<b>PB no RIE</b>		<b>GTSE</b>	<b>Ác. Orgânicos</b>	<b>Fração A</b>	<b>Fração B1</b>	<b>Fração B2</b>	<b>Fração C</b>
T1 R1	4.28	1.38	11.48	12.86	8.58	51.00	10.91	
T1 R2	3.93	1.00	11.78	12.78	15.05	45.37	10.72	
T1 R3	4.44	0.84	9.24	10.08	12.64	51.09	9.94	
T1 R4	3.69	0.87	7.83	8.71	13.82	48.51	12.26	
T1 R5	4.63	0.92	7.85	8.77	11.39	51.65	11.59	
T1 R6	4.85	0.97	3.98	4.95	17.60	49.91	11.85	
T2 R1	4.46	0.77	4.18	4.95	15.08	50.40	11.96	
T2 R2	4.48	0.86	5.10	5.96	16.06	49.79	11.29	
T2 R3	4.71	0.92	6.09	7.01	15.74	47.55	12.38	
T2 R4	4.06	0.65	4.83	5.48	12.32	51.88	11.91	
T2 R5	3.62	0.64	9.45	10.09	10.94	51.17	11.36	
T2 R6	4.25	0.83	10.85	11.68	8.29	50.80	12.35	
T3 R1	3.62	0.77	7.79	8.57	19.86	43.22	9.56	
T3 R2	3.59	0.87	8.13	9.00	18.42	43.85	9.33	
T3 R3	3.29	0.98	5.59	6.58	22.28	43.08	8.65	
T3 R4	2.84	0.99	7.09	8.08	20.03	42.79	9.37	
T3 R5	3.71	1.41	5.53	6.94	18.11	47.69	9.25	
T3 R6	3.42	1.01	3.13	4.13	23.49	42.02	10.37	
T4 R1	4.15	1.07	3.25	4.31	25.13	42.88	9.41	
T4 R2	3.89	0.79	7.41	8.20	22.39	44.53	9.40	
T4 R3	3.74	0.79	9.23	10.02	22.91	40.31	9.65	
T4 R4	3.47	0.98	3.59	4.57	20.53	45.10	9.43	
T4 R5	3.48	1.08	3.26	4.33	26.12	40.19	9.20	
T4 R6	3.00	1.11	0.16	1.28	20.75	48.20	11.24	
T5 R1	3.85	1.62	10.40	12.02	20.73	41.49	7.99	
T5 R2	4.05	1.91	8.40	10.31	18.37	42.83	9.81	
T5 R3	3.75	1.58	8.56	10.14	21.13	42.63	9.56	
T5 R4	3.69	1.63	7.29	8.93	27.27	39.03	8.45	
T5 R5	3.74	1.97	6.45	8.42	25.81	38.04	10.15	
T5 R6	3.78	2.04	6.56	8.59	22.46	42.74	10.09	
T6 R1	3.80	1.59	8.52	10.12	24.05	41.27	8.67	
T6 R2	3.42	1.60	6.70	8.30	25.42	42.04	8.35	
T6 R3	3.68	1.52	7.79	9.31	25.09	40.36	8.77	
T6 R4	3.73	1.56	6.38	7.94	24.11	41.39	8.65	
T6 R5	3.73	1.61	5.19	6.80	27.73	38.82	9.10	
T6 R6	4.63	1.89	4.06	5.95	28.39	37.58	9.40	

<b>MATERIAL ORIGINAL</b>	<b>PB no RIE</b>		<b>GTSE</b>	<b>Ác. Orgânicos</b>	<b>Fração A</b>	<b>Fração B1</b>	<b>Fração B2</b>	<b>Fração C</b>
Tr. 20 % A	5.12	7.26	6.60	13.86	13.49	47.29	10.91	
Tr. 25 % A	5.79	6.43	4.73	11.16	17.83	46.96	9.19	
Tr. 30 % A	5.70	7.11	4.09	11.21	19.25	47.88	7.32	

GTSE = Glicídios Totais Solúveis em Etanol.

## Apêndice 2 – Análise de variância dos componentes bromatológicos das silagens.

Procedimento de Análise de Variância		
Classes	Níveis	Valores
UMI	3	1 2 3
COMP	2	1 2
Número de observações		36

### Variável Dependente: Matéria Seca (MS)

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	471.0472917	94.2094583	149.96	<.0001
Erro	30	18.8467833	0.6282261		
Total Corrigido	35	489.8940750			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média MS
0.961529	3.234581	0.792607	24.50417

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	469.0747167	234.5373583	373.33	<.0001
COMP	1	0.0110250	0.0110250	0.02	0.8955
UMI*COMP	2	1.9615500	0.9807750	1.56	0.2265

... Continuação do apêndice 2.

### Variável Dependente: Proteína Bruta na amostra 'In natura' (PBAIN)

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	4.69955556	0.93991111	1.05	0.4075
Erro	30	26.87370000	0.89579000		
Total Corrigido	35	31.57325556			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média PBAIN
0.148846	12.01687	0.946462	7.876111

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
-------	----	----------	----------------	---	--------

UMI	2	0.01823889	0.00911944	0.01	0.9899
COMP	1	4.17521111	4.17521111	4.66	0.0390
UMI *COMP	2	0.50610556	0.25305278	0.28	0.7559

**Variável Dependente: Fibra em Detergente Neutro (FDN)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	927.525022	185.505004	33.75	<.0001
Erro	30	164.907867	5.496929		
Total Corrigido	35	1092.432889			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FDN
0.849045	4.170648	2.344553	56.21556

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	916.2353556	458.1176778	83.34	<.0001
COMP	1	0.2704000	0.2704000	0.05	0.8260
UMI *COMP	2	11.0192667	5.5096333	1.00	0.3790

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Fibra em Detergente Ácido (FDA)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	693.7280917	138.7456183	67.37	<.0001
Erro	30	61.7801833	2.0593394		
Total Corrigido	35	755.5082750			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FDA
0.918227	4.343670	1.435040	33.03750

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	689.4810167	344.7405083	167.40	<.0001
COMP	1	2.4806250	2.4806250	1.20	0.2811
UMI *COMP	2	1.7664500	0.8832250	0.43	0.6552

**Variável Dependente: Extrato Etéreo (EE)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	12.16400000	2.43280000	5.84	0.0007
Erro	30	12.49020000	0.41634000		
Total Corrigido	35	24.65420000			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média EE
0.493384	14.99405	0.645244	4.303333

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	7.49061667	3.74530833	9.00	0.0009
COMP	1	1.29201111	1.29201111	3.10	0.0883
UMI*COMP	2	3.38137222	1.69068611	4.06	0.0275

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Carbol dratos Não Fibrosos (CNF)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	831.2256969	166.2451394	29.83	<.0001
Erro	30	167.1836357	5.5727879		
Total Corrigido	35	998.4093326			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média CNF
0.832550	8.348279	2.360675	28.27739

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	804.3964931	402.1982465	72.17	<.0001
COMP	1	8.0277778	8.0277778	1.44	0.2394
UMI*COMP	2	18.8014261	9.4007130	1.69	0.2022

**Variável Dependente: Glicídios Totais Solúveis em Etanol (GTSE)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	5.08620914	1.01724183	34.22	<.0001
Erro	30	0.89190183	0.02973006		
Total Corrigido	35	5.97811097			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média GTSE
0.850805	14.42242	0.172424	1.195528

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	4.85185356	2.42592678	81.60	<.0001
COMP	1	0.17991736	0.17991736	6.05	0.0199
UMI*COMP	2	0.05443822	0.02721911	0.92	0.4112

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Ácidos Orgânicos (AORG)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	98.1923149	19.6384630	6.25	0.0004
Erro	30	94.1895138	3.1396505		
Total Corrigido	35	192.3818288			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média AORG
0.510403	28.36979	1.771906	6.245750

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	20.97913550	10.48956775	3.34	0.0490
COMP	1	61.09246136	61.09246136	19.46	0.0001
UMI*COMP	2	16.12071806	8.06035903	2.57	0.0935

**Variável Dependente: Fração Glicídica A (FrA)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	102.6354877	20.5270975	7.12	0.0002
Erro	30	86.4736303	2.8824543		
Total Corrigido	35	189.1091180			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FrA
0.542732	22.81552	1.697779	7.441333

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	17.82119517	8.91059758	3.09	0.0602
COMP	1	67.94704900	67.94704900	23.57	<.0001
UMI*COMP	2	16.86724350	8.43362175	2.93	0.0691

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Fração Glicídica B1 (FrB1)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	859.821255	171.964251	23.75	<.0001
Erro	30	217.196493	7.239883		
Total Corrigido	35	1077.017748			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FrB1
0.798335	13.67926	2.690703	19.66994



Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	809.3316677	404.6658339	55.89	<.0001
COMP	1	32.0695690	32.0695690	4.43	0.0438
UMI*COMP	2	18.4200182	9.2100091	1.27	0.2949

**Variável Dependente: Fração Glicídica B2 (FrB2)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	538.1206169	107.6241234	22.62	<.0001
Erro	30	142.7070958	4.7569032		
Total Corrigido	35	680.8277128			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FrB2
0.790392	4.873190	2.181033	44.75575

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	534.2244752	267.1122376	56.15	<.0001
COMP	1	0.1958063	0.1958063	0.04	0.8406
UMI*COMP	2	3.7003355	1.8501677	0.39	0.6811

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Fração Glicídica C (FrC)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	43.11501047	8.62300209	18.56	<.0001
Erro	30	13.93700250	0.46456675		
Total Corrigido	35	57.05201297			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FrC
0.755714	6.771242	0.681591	10.06597

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	40.72191356	20.36095678	43.83	<.0001
COMP	1	0.19580625	0.19580625	0.42	0.5211
UMI*COMP	2	2.19729067	1.09864533	2.36	0.1112

**Variável Dependente: Proteína Bruta Solúvel (PBSOL)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	492.3754472	98.4750894	6.09	0.0005
Erro	30	484.8359167	16.1611972		
Total Corrigido	35	977.2113639			

	R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Médi a PBSOL		
	0.503858	8.122734	4.020099	49.49194		
Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médi o	F	Pr > F	
UMI	2	349.3005556	174.6502778	10.81	0.0003	
COMP	1	0.1431361	0.1431361	0.01	0.9256	
UMI *COMP	2	142.9317556	71.4658778	4.42	0.0207	

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Nitrogênio Não Proteico (NNP)**

Fonte de Vari ação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médi o	F	Pr > F
Model o	5	2501.842781	500.368556	6.84	0.0002
Erro	30	2194.817517	73.160584		
Total Corri gi do	35	4696.660297			

	R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Médi a NNP		
	0.532685	10.33827	8.553396	82.73528		
Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médi o	F	Pr > F	
UMI	2	2187.726839	1093.863419	14.95	<.0001	
COMP	1	106.743336	106.743336	1.46	0.2365	
UMI *COMP	2	207.372606	103.686303	1.42	0.2581	

**Variável Dependente: Proteína Insolúvel em Detergente Neutro (PIDN)**

Fonte de Vari ação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médi o	F	Pr > F
Model o	5	432.8762139	86.5752428	29.93	<.0001
Erro	30	86.7808833	2.8926961		
Total Corri gi do	35	519.6570972			

	R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Médi a PIDN		
	0.833004	8.165003	1.700793	20.83028		
Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médi o	F	Pr > F	
UMI	2	274.3458389	137.1729194	47.42	<.0001	
COMP	1	1.6426694	1.6426694	0.57	0.4570	
UMI *COMP	2	156.8877056	78.4438528	27.12	<.0001	

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Proteína Insolúvel em Detergente Ácido (PIDA)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	146.9916889	29.3983378	16.14	<.0001
Erro	30	54.6313667	1.8210456		
Total Corrigido	35	201.6230556			

R<sup>2</sup>                      Coef Var                      Raíz QME                      Média PIDA  
0.729042                      14.13953                      1.349461                      9.543889

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	135.2531722	67.6265861	37.14	<.0001
COMP	1	6.6736111	6.6736111	3.66	0.0652
UMI*COMP	2	5.0649056	2.5324528	1.39	0.2645

**Variável Dependente: Hemicelulose (HEMI)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	36.8875472	7.3775094	1.65	0.1764
Erro	30	133.8316167	4.4610539		
Total Corrigido	35	170.7191639			

R<sup>2</sup>                      Coef Var                      Raíz QME                      Média HEMI  
0.216072                      9.112588                      2.112121                      23.17806

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	31.76320556	15.88160278	3.56	0.0410
COMP	1	1.11302500	1.11302500	0.25	0.6211
UMI*COMP	2	4.01131667	2.00565833	0.45	0.6421

**... Continuação do apêndice 2.****Variável Dependente: pH**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	4.4975658E-8	8.9951316E-9	27.27	<.0001
Erro	30	9.895998E-9	3.298666E-10		
Total Corrigido	35	5.4871656E-8			

R<sup>2</sup>                      Coef Var                      Raíz QME                      Média pH  
0.819652                      9.742613                      0.000018                      0.000186

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	1.0403615E-8	5.2018073E-9	15.77	<.0001

COMP	1	1.810895E-8	1.810895E-8	54.90	<.0001
UMI*COMP	2	1.6463093E-8	8.2315464E-9	24.95	<.0001

**Variável Dependente: Nitrogênio Amoniacal (NNH3)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	117.5603420	23.5120684	12.78	<.0001
Erro	30	55.2016270	1.8400542		
Total Corrigido	35	172.7619690			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média NNH3
0.680476	14.95584	1.356486	9.069942

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	106.6836583	53.3418291	28.99	<.0001
COMP	1	0.7979553	0.7979553	0.43	0.5152
UMI*COMP	2	10.0787284	5.0393642	2.74	0.0808

... Continuação do apêndice 2.

**Variável Dependente: Relação FDN/CNF**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	12.64100612	2.52820122	28.16	<.0001
Erro	30	2.69304851	0.08976828		
Total Corrigido	35	15.33405463			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média FDN/CNF
0.824375	13.89527	0.299614	2.156228

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	12.19312033	6.09656016	67.91	<.0001
COMP	1	0.05690405	0.05690405	0.63	0.4322
UMI*COMP	2	0.39098175	0.19549088	2.18	0.1309

Apêndice 3- Valores de pressão e volume utilizados para a obtenção da equação de regressão.

No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido
1	0.1	0.4	46	0.43	1.9	91	0.74	3.2
2	0.1	0.4	47	0.45	2.4	92	0.74	3.5
3	0.13	1	48	0.45	1.8	93	0.76	3.2
4	0.13	0.5	49	0.45	1.8	94	0.76	3.4
5	0.13	0.6	50	0.45	2.2	95	0.76	3.4
6	0.15	1	51	0.45	2.2	96	0.77	2.6
7	0.15	1.1	52	0.46	1.9	97	0.77	3.5
8	0.15	0.6	53	0.49	2.1	98	0.77	3.4
9	0.16	1	54	0.5	2	99	0.77	3.4
10	0.16	0.8	55	0.5	2	100	0.78	3.2
11	0.18	1	56	0.5	1.9	101	0.78	3.2
12	0.19	1	57	0.51	2	102	0.8	3.2
13	0.21	1.1	58	0.51	2.1	103	0.8	2.8
14	0.21	0.6	59	0.51	2.4	104	0.81	3.5
15	0.21	0.6	60	0.51	2	105	0.81	3.1
16	0.23	1.1	61	0.51	1.9	106	0.81	3.8
17	0.24	1.1	62	0.53	2.4	107	0.84	4.2
18	0.24	1	63	0.54	2.2	108	0.84	3.8
19	0.3	1.1	64	0.54	2.1	109	0.85	3.4
20	0.3	1.2	65	0.58	2.2	110	0.85	3.5
21	0.31	1	66	0.58	2.2	111	0.85	3.6
22	0.32	1.5	67	0.58	2.2	112	0.85	3.5
23	0.34	1.4	68	0.58	2.6	113	0.85	3.2
24	0.34	1.6	69	0.59	3	114	0.85	4.6
25	0.34	1.4	70	0.61	2.4	115	0.85	3.9
26	0.34	1.6	71	0.61	4.1	116	0.87	3.4
27	0.35	1.4	72	0.62	2.8	117	0.87	4

28	0.35	1.4	73	0.62	3	118	0.87	3.5
29	0.35	1.4	74	0.65	2.6	119	0.88	3.7
30	0.35	1.9	75	0.65	2.6	120	0.88	3.9
31	0.35	1.6	76	0.65	2.9	121	0.89	3.5
32	0.37	1.6	77	0.66	3	122	0.89	3.8
33	0.37	1.4	78	0.66	2.9	123	0.89	4
34	0.37	1.9	79	0.66	3.4	124	0.9	3.6
35	0.39	1.4	80	0.68	2.9	125	0.92	3.9
36	0.39	1.4	81	0.68	3.2	126	0.92	4.2
37	0.39	1.7	82	0.69	3	127	0.93	4.2
38	0.4	2.2	83	0.69	3	128	0.93	4
39	0.4	1.9	84	0.7	3.1	129	0.93	4.2
40	0.4	2	85	0.7	3	130	0.95	4.7
41	0.4	2.9	86	0.7	2.9	131	0.96	3.9
42	0.42	1.8	87	0.7	3	132	0.96	3.6
43	0.42	1.5	88	0.7	3.4	133	0.96	4
44	0.43	2.1	89	0.72	3.1	134	0.96	4.4
45	0.43	1.9	90	0.72	3	135	0.96	4.4

...continuação Apêndice 3.

No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido
136	0.97	4.2	181	1.27	5.2	226	1.5	5.8
137	0.97	4.8	182	1.27	5.1	227	1.5	6.2
138	0.97	4.6	183	1.27	5	228	1.53	8
139	1	4.2	184	1.27	5.4	229	1.53	7
140	1	4.6	185	1.27	6	230	1.53	6.9
141	1	4.1	186	1.27	5.5	231	1.53	7.1
142	1	4.5	187	1.28	5.4	232	1.54	6.1
143	1.01	4.5	188	1.28	5.4	233	1.54	6.2
144	1.01	4.6	189	1.28	5.2	234	1.54	7.2
145	1.03	4.2	190	1.3	5.2	235	1.54	6.8
146	1.03	4.2	191	1.3	5.8	236	1.55	6.2
147	1.04	4.1	192	1.31	5.9	237	1.57	6.9
148	1.04	4.4	193	1.31	5.9	238	1.58	6.9
149	1.04	4.8	194	1.31	6.4	239	1.58	7.9
150	1.04	4.9	195	1.31	5.8	240	1.58	7.2
151	1.06	4.2	196	1.33	5.4	241	1.58	7
152	1.06	5	197	1.33	5.4	242	1.61	6.9
153	1.06	4.5	198	1.33	6.5	243	1.61	6.9
154	1.07	4	199	1.35	6.2	244	1.61	7.4
155	1.07	4.9	200	1.36	6.2	245	1.61	7.9
156	1.07	4.8	201	1.38	5.9	246	1.62	7.2
157	1.09	4.9	202	1.39	6.1	247	1.62	7.5
158	1.09	4.9	203	1.39	6.6	248	1.63	8
159	1.11	4.6	204	1.41	6.6	249	1.63	7.4
160	1.12	5.4	205	1.41	6	250	1.63	7.6
161	1.14	5	206	1.44	6.7	251	1.65	7.6
162	1.14	4.8	207	1.44	6.7	252	1.65	7.5
163	1.14	4.8	208	1.44	6.4	253	1.65	7.6

164	1.14	5.2	209	1.46	6.2	254	1.68	7.1
165	1.14	5.4	210	1.46	6.1	255	1.68	8.2
166	1.14	5.4	211	1.46	6.4	256	1.68	7.9
167	1.15	4.6	212	1.46	6.2	257	1.7	7.3
168	1.15	5.2	213	1.47	6.6	258	1.7	7.1
169	1.15	5.4	214	1.47	5.8	259	1.72	7.9
170	1.16	4.9	215	1.47	6.4	260	1.73	8
171	1.19	5	216	1.47	6.8	261	1.77	8.3
172	1.19	5.2	217	1.47	7	262	1.77	8.2
173	1.23	5	218	1.47	7.1	263	1.8	8
174	1.23	5	219	1.49	6.6	264	1.8	7.5
175	1.23	5.4	220	1.49	6.5	265	1.8	8.3
176	1.23	5.5	221	1.49	6.1	266	1.8	8.4
177	1.26	5	222	1.49	6.2	267	1.81	10
178	1.26	5.4	223	1.49	6.4	268	1.81	8.4
179	1.26	5.9	224	1.49	7	269	1.84	8.1
180	1.26	6	225	1.49	6.5	270	1.88	7

...continuação Apêndice 3.

No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido
271	1.91	8.4	316	2.23	10.9	361	2.59	12.1
272	1.91	7.8	317	2.24	8.8	362	2.62	12.4
273	1.91	9	318	2.24	11.2	363	2.64	12.5
274	1.92	8.4	319	2.29	10.1	364	2.64	12.5
275	1.92	7.9	320	2.32	9.6	365	2.64	13
276	1.92	8.3	321	2.32	10.7	366	2.66	13
277	1.92	8.6	322	2.34	10	367	2.68	12.4
278	1.93	8.9	323	2.34	10	368	2.68	13
279	1.93	8.6	324	2.35	11	369	2.68	13.8
280	1.96	7.8	325	2.35	11	370	2.68	13
281	1.96	8.3	326	2.35	11	371	2.69	13
282	1.99	8.7	327	2.37	11	372	2.69	12.9
283	1.99	8.5	328	2.37	11.7	373	2.69	14
284	1.99	9	329	2.38	11	374	2.7	13
285	2	9	330	2.4	11	375	2.7	13.2
286	2.01	9	331	2.4	11	376	2.7	13.5
287	2.01	9	332	2.4	10.4	377	2.7	13
288	2.01	10.1	333	2.4	12	378	2.72	13
289	2.01	10	334	2.4	12	379	2.73	13.1
290	2.03	8.6	335	2.42	11.8	380	2.73	13.1
291	2.03	8.9	336	2.43	11.2	381	2.76	13.1
292	2.03	9.9	337	2.43	12	382	2.76	11.2
293	2.03	9.4	338	2.45	11	383	2.76	12.9
294	2.05	9.4	339	2.45	11	384	2.76	12.9
295	2.07	9.4	340	2.46	11	385	2.77	13.4
296	2.07	9.8	341	2.46	11.9	386	2.77	14
297	2.08	9.8	342	2.46	13	387	2.77	13.5
298	2.08	9.6	343	2.49	11	388	2.8	13.1

299	2.08	10.3	344	2.49	11.7	389	2.8	13.1
300	2.1	8.5	345	2.49	11.5	390	2.8	13.9
301	2.1	10	346	2.5	11	391	2.81	12.6
302	2.11	10.5	347	2.5	12	392	2.81	14
303	2.12	10.2	348	2.51	11.5	393	2.84	13
304	2.15	10.7	349	2.51	11.6	394	2.84	15
305	2.15	11	350	2.51	12.3	395	2.85	14.8
306	2.16	11	351	2.53	12	396	2.87	13
307	2.16	9.2	352	2.54	11.1	397	2.87	13.5
308	2.16	10.5	353	2.54	11.8	398	2.88	13.4
309	2.18	11	354	2.54	13	399	2.89	13
310	2.18	10	355	2.57	12	400	2.89	13
311	2.19	9.6	356	2.57	12.2	401	2.92	13.9
312	2.19	10.4	357	2.58	12	402	2.92	13.2
313	2.2	10.5	358	2.58	10.5	403	2.92	13
314	2.2	10.8	359	2.58	11.8	404	2.92	13.8
315	2.23	10.2	360	2.58	12	405	2.95	13

...continuação Apêndice 3.

No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido
406	2.96	13.2	451	3.39	14.9	496	4.01	20.6
407	2.97	12.8	452	3.39	16	497	4.03	19.2
408	2.97	14.2	453	3.41	15.5	498	4.04	18.5
409	2.97	14	454	3.42	16	499	4.08	19.3
410	2.99	14	455	3.42	16.9	500	4.11	18
411	2.99	14.2	456	3.43	16	501	4.11	19.9
412	2.99	13.9	457	3.46	17	502	4.11	18.5
413	3.01	14	458	3.49	16.2	503	4.12	21.5
414	3.01	13.1	459	3.5	16	504	4.16	19.5
415	3.01	14.2	460	3.55	16.1	505	4.18	21
416	3.04	14	461	3.57	17	506	4.19	18.5
417	3.06	14	462	3.6	17	507	4.22	21.1
418	3.07	14.2	463	3.6	17	508	4.24	20
419	3.08	14	464	3.62	16.9	509	4.24	20
420	3.08	14.3	465	3.63	17	510	4.24	19
421	3.11	14	466	3.65	17	511	4.24	19
422	3.11	13	467	3.66	17.8	512	4.24	19.8
423	3.11	14.4	468	3.66	16	513	4.24	21
424	3.12	15.9	469	3.66	18.5	514	4.26	19
425	3.14	14.6	470	3.69	16.8	515	4.26	19.1
426	3.14	14.5	471	3.73	18.6	516	4.27	19.2
427	3.14	15.3	472	3.76	18	517	4.27	20
428	3.15	14.9	473	3.76	18	518	4.29	19.2
429	3.16	15.4	474	3.77	17.8	519	4.29	21.2
430	3.19	14.4	475	3.77	16.9	520	4.3	19.5
431	3.2	15	476	3.82	18.2	521	4.3	20.5
432	3.2	15	477	3.84	18.2	522	4.3	20.5
433	3.2	14.9	478	3.84	19	523	4.32	19.6



434	3.23	14.5	479	3.85	19	524	4.32	20
435	3.25	15.3	480	3.87	17.5	525	4.32	21
436	3.25	15	481	3.87	17.8	526	4.32	21.2
437	3.27	15.1	482	3.89	18.1	527	4.35	21.4
438	3.27	15	483	3.91	18.4	528	4.37	19.6
439	3.28	16.8	484	3.91	18.9	529	4.38	22
440	3.28	14.5	485	3.91	18.5	530	4.38	19.8
441	3.28	16	486	3.95	18.5	531	4.39	19.7
442	3.3	16.8	487	3.97	18.9	532	4.39	20.8
443	3.3	15.8	488	3.97	20.06	533	4.42	20.6
444	3.31	15.3	489	3.97	18.2	534	4.43	21
445	3.31	15.7	490	3.99	19	535	4.43	21.5
446	3.33	15.2	491	4	19.1	536	4.45	21.6
447	3.33	15.1	492	4	19	537	4.46	21
448	3.34	15.4	493	4	18.8	538	4.46	20
449	3.39	15	494	4	19	539	4.48	20
450	3.39	16.6	495	4	19	540	4.48	21

...continuação Apêndice 3.

No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido
541	4.48	20.4	586	4.89	23	631	5.39	25.1
542	4.48	21	587	4.89	21.5	632	5.42	23.8
543	4.48	21.4	588	4.91	22.6	633	5.42	25.5
544	4.51	21.2	589	4.92	22.6	634	5.42	24.4
545	4.51	22.1	590	4.92	22.4	635	5.42	25.6
546	4.51	21.6	591	4.92	22.8	636	5.43	25.3
547	4.52	21.5	592	4.95	22.6	637	5.43	23.8
548	4.53	21.5	593	4.96	22.8	638	5.47	24.6
549	4.53	21.8	594	4.97	22.8	639	5.47	24.4
550	4.54	21.5	595	4.97	24	640	5.47	25.4
551	4.54	22.6	596	4.97	23.8	641	5.47	25.4
552	4.56	20.2	597	4.99	22.8	642	5.49	25.8
553	4.59	22	598	5	22.8	643	5.49	24
554	4.61	23.4	599	5	23	644	5.5	22.6
555	4.62	22.4	600	5.04	22.6	645	5.52	25.2
556	4.64	21.5	601	5.04	22.6	646	5.53	24.6
557	4.64	23	602	5.08	24.2	647	5.55	25.2
558	4.65	22.2	603	5.08	23.4	648	5.57	24.3
559	4.65	22.6	604	5.11	24.2	649	5.58	24.6
560	4.68	24	605	5.11	24.2	650	5.58	24.9
561	4.69	21.5	606	5.12	23.5	651	5.58	27.2
562	4.69	22.6	607	5.16	23	652	5.61	25
563	4.69	22	608	5.16	23.6	653	5.61	26.6
564	4.69	22.2	609	5.16	22.6	654	5.62	25.7
565	4.72	22	610	5.16	23	655	5.65	24.2
566	4.72	21.2	611	5.18	24	656	5.65	26.4
567	4.73	22	612	5.22	23.4	657	5.65	27.6

568	4.73	22.1	613	5.23	23.8	658	5.68	26.3
569	4.76	22.2	614	5.23	24.4	659	5.68	24.7
570	4.76	21.6	615	5.25	24.8	660	5.69	26.5
571	4.77	23	616	5.26	22	661	5.69	26.8
572	4.8	23	617	5.27	23.4	662	5.72	27.7
573	4.8	22.4	618	5.3	23.8	663	5.72	26.4
574	4.8	22.2	619	5.3	23.4	664	5.73	27
575	4.8	22.8	620	5.31	24.9	665	5.73	24.5
576	4.81	22.5	621	5.31	23.9	666	5.73	25.6
577	4.81	22.5	622	5.33	24.2	667	5.74	25
578	4.83	21.8	623	5.34	24.8	668	5.76	26
579	4.85	21.6	624	5.34	25.8	669	5.76	25
580	4.85	21.3	625	5.35	25	670	5.76	26.9
581	4.85	22.1	626	5.38	25	671	5.77	26.2
582	4.87	22.2	627	5.38	24	672	5.8	26
583	4.87	21	628	5.38	25.2	673	5.82	25.5
584	4.88	21.8	629	5.39	25	674	5.82	27.2
585	4.89	22.4	630	5.39	23.8	675	5.84	27

...continuação Apêndice 3.

No.da Leitura	PSI	Vol Medido	No.da Leitura	PSI	Vol Medido
676	5.85	26	721	6.43	31
677	5.87	26	722	6.46	28.5
678	5.87	27.2	723	6.46	30.1
679	5.87	28.3	724	6.48	30.8
680	5.88	27.6	725	6.49	29.5
681	5.92	27.8	726	6.51	29.7
682	5.92	25.5	727	6.53	31
683	5.92	28.4	728	6.53	30
684	5.92	28.5	729	6.53	30
685	5.96	27.1	730	6.53	28.5
686	5.96	26.2	731	6.53	28.6
687	5.99	24.8	732	6.54	30
688	6	27	733	6.54	29
689	6.01	29	734	6.61	28
690	6.03	28.8	735	6.61	29
691	6.03	27.5	736	6.62	31
692	6.03	28.4	737	6.62	31.5
693	6.04	25.8	738	6.62	31.1
694	6.07	28.5	739	6.64	30.3
695	6.07	25.5	740	6.64	29.1
696	6.11	27.4	741	6.64	29.5
697	6.12	27.5	742	6.64	31.5
698	6.14	27.6	743	6.67	30.5
699	6.14	27.2	744	6.69	31
700	6.14	27.4	745	6.69	31
701	6.18	28.2	746	6.73	30
702	6.18	28	747	6.78	31

703	6.2	26	748	6.78	29
704	6.2	28	749	6.8	31.5
705	6.2	27.5	750	6.8	31
706	6.22	30	751	6.87	30.5
707	6.22	29	752	6.88	32
708	6.22	28.5	753	6.89	32.4
709	6.23	28.8	754	6.92	30.4
710	6.26	27.6	755	6.99	32.5
711	6.27	27	756	6.99	33
712	6.27	30.6	757	6.99	32
713	6.3	29.8			
714	6.31	28			
715	6.34	27.5			
716	6.35	31			
717	6.37	28			
718	6.37	29			
719	6.42	30			
720	6.42	30			

Apêndice 4 – Valores individuais de DIVMS e DIVMO das silagens e respectivas forragens frescas.

<b>No. Am.</b>	<b>% DIVMS</b>	<b>% DIVMO</b>	<b>No. Am.</b>	<b>% DIVMS</b>	<b>% DIVMO</b>
T1R1 A	46.5	44.63	T4R1 A	50.68	48.91
T1R1 B	48.84	46.21	T4R1 B	51.48	50.56
T1R2 A	49.38	45.7	T4R2 A	49.6	47.32
T1R2 B	48.09	45.63	T4R2 B	54.27	58.55
T1R3 A	50.39	49.09	T4R3 A		
T1R3 B	49.56	47.73	T4R3 B	50.66	46.89
T1R4 A	47.17	43.76	T4R4 A	53.56	
T1R4 B	45.17	42.74	T4R4 B	54.25	52.1
T1R5 A	45.14	41.98	T4R5 A	50.62	50.74
T1R5 B	46.68	43.54	T4R5 B	53.5	51.79
T1R6 A	43	39.72	T4R6 A	52.3	49.5
T1R6 B	46.41	43.5	T4R6 B	52.4	53.17
T2R1 A	45.36	44.56	T5R1 A	59.84	55.16
T2R1 B	47.32	44.84	T5R1 B	56.69	57.42
T2R2 A	45.23	42.35	T5R2 A	56.32	54.47
T2R2 B	46.59	44.31	T5R2 B	55.68	54
T2R3 A	47	45.1	T5R3 A	50.76	51.32
T2R3 B	45.98	44.19	T5R3 B	49.38	51.94
T2R4 A	45.86	43.54	T5R4 A	57.9	55.7
T2R4 B	47.32	44.1	T5R4 B	54.7	52.73
T2R5 A	46.77	45.76	T5R5 A	57.63	53.79
T2R5 B	46.03	50.73	T5R5 B	57.35	58.82
T2R6 A	41.84	40.71	T5R6 A	55.26	52.13
T2R6 B	49.27	44.3	T5R6 B	55.67	52.88

T3R1 A	52.51	50.3	T6R1 A	58.32	56.78
T3R1 B	57.39	51.11	T6R1 B	60.28	59.12
T3R2 A	52.87	51.76	T6R2 A	55.32	53.22
T3R2 B		53.47	T6R2 B	57.79	58.59
T3R3 A	48.22	46.79	T6R3 A	60.59	58.49
T3R3 B	49.17	47.79	T6R3 B	59.98	64.97
T3R4 A	54.62	54.05	T6R4 A	57.3	6.22
T3R4 B	49.81	48.75	T6R4 B	59.6	60.86
T3R5 A	54.04	52.16	T6R5 A	59.45	59.98
T3R5 B	51.19	49.38	T6R5 B	57.99	56.37
T3R6 A	52.4	50.99	T6R6 A	55.56	53.97
T3R6 B	50.94	48.1	T6R6 B	52.65	54.04
			MO20 % A	41.66	
			MO20 % B	47.74	47.87
			MO26 % A	51.49	48.69
			MO26 % B	48.79	46.78
			MO28 % A	52.83	51.09
			MO28 % B		

## Apêndice 5 – Análise da Variância dos valores de DIVMS e DIVMO.

### Variável Dependente: Digestibilidade 'In Vitro' da MS (DIVMS)

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	625.4756389	125.0951278	32.94	<.0001
Erro	30	113.9252667	3.7975089		
Total Corrigido	35	739.4009056			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média DIVMS
0.845922	3.758661	1.948720	51.84611

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	606.5793347	303.2896674	79.87	<.0001
COMP	1	1.3301778	1.3301778	0.35	0.5584
UMI*COMP	2	17.5661264	8.7830632	2.31	0.1164

### Variável Dependente: Digestibilidade 'In Vitro' da MO (DIVMO)

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	539.911292	107.982258	5.21	0.0015
Erro	30	622.076433	20.735881		
Total Corrigido	35	1161.987725			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média DIVMO
0.464645	9.171380	4.553667	49.65083

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
-------	----	----------	----------------	---	--------

UMI	2	538.3465625	269.1732812	12.98	<.0001
COMP	1	0.0910028	0.0910028	0.00	0.9476
UMI *COMP	2	1.4737264	0.7368632	0.04	0.9651

Apêndice 6 – Valores médios de degradabilidade da MO por tratamento.

DEGRADABILIDADE MÉDIA IN SITU DA MO POR REPETIÇÃO									
	0	3	6	9	12	24	36	72	96
T1R1	28.101	23.158	25.777	27.722	37.990	46.961	50.526	62.278	63.392
T1R2	22.125	21.360	22.565	20.072	20.592	43.683	46.484	61.677	61.707
T1R3	28.993	29.447	29.047	33.638	33.348	47.289	55.230	63.540	67.829
T1R4	22.974	20.641	21.582	22.116	23.591	44.922	50.512	61.827	70.407
T1R5	31.229	25.940	28.190	31.457	37.298	50.069	54.491	63.193	66.925
T1R6	27.201	24.349	23.915	27.500	30.489	42.446	52.624	58.803	60.680
<b>Médias</b>	<b>26.770</b>	<b>24.149</b>	<b>25.179</b>	<b>27.084</b>	<b>30.551</b>	<b>45.895</b>	<b>51.644</b>	<b>61.886</b>	<b>65.157</b>
T2R1	21.988	19.288	20.834	23.651	25.417	49.137	48.777	62.609	61.622
T2R2	17.922	18.053	17.729	17.355	17.242	42.931	38.264	60.174	63.998
T2R3	25.204	24.862	29.413	34.200	32.382	46.015	56.163	65.218	70.866
T2R4	6.701	4.956	5.880	5.245	9.446	30.582	46.352	59.510	61.885
T2R5	27.058	24.770	23.005	27.969	31.641	43.590	51.860	63.369	67.724
T2R6	22.125	20.543	18.393	21.641	27.998	36.997	39.710	57.993	59.103
<b>Médias</b>	<b>20.166</b>	<b>18.745</b>	<b>19.209</b>	<b>21.677</b>	<b>24.021</b>	<b>41.542</b>	<b>46.854</b>	<b>61.479</b>	<b>64.200</b>
T3R1	25.948	24.916	25.040	27.636	30.537	48.625	61.349	70.437	69.154
T3R2	22.182	21.236	26.600	25.818	31.513	48.728	49.901	64.177	61.222
T3R3	30.759	38.938	34.839	39.129	35.291	44.993	59.069	67.206	71.957
T3R4	20.897	20.861	22.141	23.301	24.570	38.797	55.523	66.977	76.100
T3R5	35.764	23.871	25.415	34.190	36.012	49.682	57.104	64.175	69.498
T3R6	28.892	25.999	24.955	28.701	28.889	38.636	46.014	61.629	68.285
<b>Médias</b>	<b>27.407</b>	<b>25.970</b>	<b>26.498</b>	<b>29.796</b>	<b>31.135</b>	<b>44.910</b>	<b>54.827</b>	<b>65.767</b>	<b>69.369</b>
T4R1	28.016	25.549	25.623	25.227	36.686	52.959	54.364	45.097	64.179
T4R2	24.112	23.166	22.670	25.154	30.387	42.496	40.325	66.745	66.112
T4R3	33.516	36.564	33.225	35.083	35.216	46.441	62.875	66.375	71.332
T4R4	30.015	31.406	29.052	32.177	33.885	42.554	54.018	74.358	74.491
T4R5	34.010	27.958	29.819	34.748	34.848	48.881	56.547	68.139	72.608
T4R6	26.207	24.204	20.893	27.149	30.085	41.342	51.339	62.700	67.708
<b>Médias</b>	<b>29.313</b>	<b>28.141</b>	<b>26.880</b>	<b>29.923</b>	<b>33.518</b>	<b>45.779</b>	<b>53.245</b>	<b>63.902</b>	<b>69.405</b>
T5R1	34.811	29.798	34.833	31.178	46.312	60.752	63.517	71.032	72.426
T5R2	27.967	29.249	26.635	31.330	36.401	51.026	48.372	71.347	70.177
T5R3	35.804	35.786	36.943	40.164	38.674	52.153	62.779	72.659	77.903
T5R4	39.587	35.805	35.808	37.634	39.268	58.915	62.052	71.746	79.389
T5R5	43.542	30.556	36.077	42.221	50.045	60.363	68.650	74.988	76.765
T5R6	37.269	35.596	33.188	37.108	40.811	53.906	51.932	70.604	70.419
<b>Médias</b>	<b>36.496</b>	<b>32.798</b>	<b>33.914</b>	<b>36.606</b>	<b>41.918</b>	<b>56.186</b>	<b>59.550</b>	<b>72.063</b>	<b>74.513</b>
T6R1	30.554	31.002	37.806	33.645	47.255	57.601	61.128	72.419	73.739
T6R2	23.684	24.728	32.010	30.290	47.503	48.678	47.948	64.613	74.663
T6R3	38.561	39.932	38.361	45.104	42.872	63.211	66.286	73.661	81.652

T6R4	34.792	34.497	39.460	40.184	43.257	58.916	67.898	78.657	78.577
T6R5	37.627	28.437	34.700	41.652	43.889	59.611	66.934	71.344	73.956
T6R6	35.306	29.338	40.054	38.751	40.241	50.818	61.722	72.196	74.655
<b>Médias</b>	<b>33.421</b>	<b>31.322</b>	<b>37.065</b>	<b>38.271</b>	<b>44.169</b>	<b>56.472</b>	<b>61.986</b>	<b>72.148</b>	<b>76.207</b>

## Apêndice 7 - Análise da Variância da Degradabilidade 'In Situ' da MO.

### Variável Dependente: Degradabilidade da MO (degMO)

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	147	99009.9696	673.5372	55.46	<.0001
Erro	176	2137.3881	12.1443		
Total Corrigido	323	101147.3578			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raiz QME	Média degMO
0.978869	8.086560	3.484860	43.09447

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	8184.32505	4092.16253	336.96	<.0001
COMP	1	93.31529	93.31529	7.68	0.0062
UMI *COMP	2	474.31448	237.15724	19.53	<.0001
per	2	777.10737	388.55368	31.99	<.0001
UMI *per	4	290.37382	72.59346	5.98	0.0002
COMP *per	2	36.61286	18.30643	1.51	0.2243
UMI *COMP *per	4	178.07628	44.51907	3.67	0.0068
an(UMI *COMP *per)	18	3066.29731	170.34985	14.03	<.0001
tempo	8	84075.30584	10509.41323	865.38	<.0001
UMI *tempo	16	280.63130	17.53946	1.44	0.1260
COMP *tempo	8	42.99769	5.37471	0.44	0.8941
per *tempo	16	778.11426	48.63214	4.00	<.0001
UMI *COMP *tempo	16	236.99053	14.81191	1.22	0.2569
UMI *per *tempo	32	349.57135	10.92410	0.90	0.6258
COMP *per *tempo	16	145.93619	9.12101	0.75	0.7384

Teste de hipótese usando o Quadrado Médio da ANOVA para (UMI \*COMP \*per) como fonte de erro.

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	8184.325054	4092.162527	24.02	<.0001
COMP	1	93.315294	93.315294	0.55	0.4688
UMI *COMP	2	474.314483	237.157241	1.39	0.2740
per	2	777.107370	388.553685	2.28	0.1309
UMI *per	4	290.373821	72.593455	0.43	0.7878
COMP *per	2	36.612855	18.306428	0.11	0.8987
UMI *COMP *per	4	178.076277	44.519069	0.26	0.8989

## Apêndice 8 – Valores médios de degradabilidade da FDN das silagens. Degradabilidade da FDN

TEMPOS	0	3	6	9	12	24	36	72	96
T1R1	0	0.000	1.000	5.904	22.445	26.646	33.312	48.693	48.902
T1R2	0	0.000	0.000	0.000	1.828	23.014	28.698	48.476	47.155
T1R3	0	3.187	5.439	14.762	17.740	28.080	40.446	51.071	55.692
T1R4	0	0.000	0.000	2.851	5.080	24.346	33.752	48.418	58.979
T1R5	0	0.000	4.298	11.957	22.595	31.877	39.478	50.600	54.437
T1R6	0	0.000	0.000	6.854	14.197	21.448	36.975	44.684	45.851
<b>Médias</b>	<b>0</b>	<b>0.531</b>	<b>1.789</b>	<b>7.055</b>	<b>13.981</b>	<b>25.902</b>	<b>35.444</b>	<b>48.657</b>	<b>51.836</b>
T2R1	0	0.477	5.129	7.293	11.544	38.575	39.179	55.625	54.194
T2R2	0	3.126	3.163	1.464	3.599	32.289	27.975	53.606	57.848
T2R3	0	8.847	16.780	21.421	21.102	35.813	48.782	59.415	65.796
T2R4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	17.699	37.490	52.813	55.365
T2R5	0	8.418	8.899	13.674	19.951	32.735	43.558	57.128	61.987
T2R6	0	2.580	2.755	5.407	15.071	24.352	28.787	50.498	51.495
<b>Médias</b>	<b>0</b>	<b>3.908</b>	<b>6.121</b>	<b>8.210</b>	<b>11.878</b>	<b>30.244</b>	<b>37.628</b>	<b>54.847</b>	<b>57.781</b>
T3R1	0	0.000	1.477	4.895	7.090	26.037	43.315	58.287	56.410
T3R2	0	0.000	1.217	2.141	8.054	25.920	26.246	49.266	57.264
T3R3	0	17.152	11.906	19.371	12.774	20.183	39.485	53.362	60.062
T3R4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	10.204	33.506	52.509	65.570
T3R5	0	0.000	0.000	13.171	14.069	27.276	36.828	49.247	56.721
T3R6	0	1.323	3.687	5.732	4.316	11.137	20.351	45.530	54.934
<b>Médias</b>	<b>0</b>	<b>3.079</b>	<b>3.048</b>	<b>7.552</b>	<b>7.717</b>	<b>20.126</b>	<b>33.288</b>	<b>51.367</b>	<b>58.493</b>
T4R1	0	0.959	1.256	1.922	15.342	33.842	32.500	46.982	50.191
T4R2	0	0.000	0.000	4.206	6.859	11.646	19.088	53.255	52.837
T4R3	0	15.606	11.197	13.102	13.253	24.577	44.986	52.751	60.181
T4R4	0	9.009	6.019	9.374	11.841	19.324	32.086	64.117	64.642
T4R5	0	4.321	7.029	12.759	13.018	28.249	35.808	55.345	62.090
T4R6	0	2.756	2.756	2.756	6.279	17.186	27.906	47.556	55.025
<b>Médias</b>	<b>0</b>	<b>5.442</b>	<b>4.710</b>	<b>7.353</b>	<b>11.099</b>	<b>22.470</b>	<b>32.062</b>	<b>53.334</b>	<b>57.494</b>
T5R1	0	0.000	0.000	4.768	15.067	32.278	38.980	51.509	54.022
T5R2	0	0.000	0.000	0.000	0.000	12.906	14.681	49.826	51.595
T5R3	0	5.260	7.374	10.335	2.557	16.995	37.440	53.990	62.960
T5R4	0	4.991	5.368	6.279	3.186	28.474	36.022	52.336	65.338
T5R5	0	0.000	5.848	13.223	20.404	31.044	47.167	57.804	60.947
T5R6	0	4.869	1.744	5.657	5.811	19.968	19.126	50.464	50.351
<b>Médias</b>	<b>0</b>	<b>2.520</b>	<b>3.389</b>	<b>6.710</b>	<b>7.838</b>	<b>23.611</b>	<b>32.236</b>	<b>52.655</b>	<b>57.536</b>
T6R1	0	5.174	5.299	7.209	23.493	28.039	34.961	55.656	55.637
T6R2	0	0.000	0.442	4.766	25.846	12.883	12.538	43.019	57.105
T6R3	0	17.606	9.810	23.423	17.286	37.609	43.548	57.728	69.023
T6R4	0	9.685	10.972	16.137	17.431	30.116	46.023	65.600	63.670
T6R5	0	1.901	5.561	18.644	18.830	31.714	44.727	54.032	56.125
T6R6	0	2.583	11.874	14.115	13.099	16.361	35.649	55.195	57.052
<b>Médias</b>	<b>0</b>	<b>6.158</b>	<b>7.326</b>	<b>14.049</b>	<b>19.331</b>	<b>26.120</b>	<b>36.241</b>	<b>55.205</b>	<b>59.769</b>

Apêndice 9 – Análise da variância da degradabilidade da FDN das silagens.

**Variável Dependente: Degradabilidade da FDN (degFDN)**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Model	147	143391.6311	975.4533	47.31	<.0001
Error	176	3628.7074	20.6177		
Corrected Total	323	147020.3385			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média degFDN
0.975318	20.74017	4.540667	21.89310

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	184.8346	92.4173	4.48	0.0126
COMP	1	570.0657	570.0657	27.65	<.0001
UMI *COMP	2	121.8664	60.9332	2.96	0.0546
per	2	1175.5218	587.7609	28.51	<.0001
UMI *per	4	203.3839	50.8460	2.47	0.0467
COMP *per	2	152.0474	76.0237	3.69	0.0270
UMI *COMP *per	4	132.3751	33.0938	1.61	0.1750
an(UMI *COMP *per)	18	2930.3125	162.7951	7.90	<.0001
tempo	8	134874.2597	16859.2825	817.71	<.0001
UMI *tempo	16	534.4566	33.4035	1.62	0.0677
COMP *tempo	8	103.0917	12.8865	0.63	0.7561
per *tempo	16	1249.3373	78.0836	3.79	<.0001
UMI *COMP *tempo	16	433.7410	27.1088	1.31	0.1924
UMI *per *tempo	32	535.0075	16.7190	0.81	0.7541
COMP *per *tempo	16	191.3299	11.9581	0.58	0.8961

Teste de hipótese usando o Quadrado Médio da ANOVA para (UMI \*COMP \*per) como fonte de erro.

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	184.834601	92.417300	0.57	0.5767
COMP	1	570.065672	570.065672	3.50	0.0776
UMI *COMP	2	121.866418	60.933209	0.37	0.6930
per	2	1175.521837	587.760919	3.61	0.0480
UMI *per	4	203.383877	50.845969	0.31	0.8660
COMP *per	2	152.047433	76.023717	0.47	0.6343
UMI *COMP *per	4	132.375079	33.093770	0.20	0.9333

**Apêndice 10 – Valores médios de gás produzidos pelas repetições das silagens nos diferentes tempos de leitura.**

Tempos	T1 R1	T1 R2	T1 R3	T1 R4	T1 R5	T1 R6	T2 R1	T2 R2
1	1.860874	1.079755	0.939137	1.451754	0.424646	0.117331	0.118166	0.192044
2	4.481999	2.68786	2.728979	3.774742	2.313771	1.374311	0.81655	1.778613
3	7.494063	4.987741	5.360135	6.926071	4.774581	3.26526	2.19415	3.866461
4	10.27032	7.19048	7.808993	10.08902	7.284562	5.562335	3.708674	6.436349
5	14.57039	10.52389	11.58847	14.58203	10.73768	8.767526	6.031285	10.3011
8	25.83831	20.09711	21.66125	26.55265	20.53206	18.07876	12.52992	21.26973
12	41.86237	36.42428	38.10906	43.40473	37.69174	33.44694	27.46165	39.87373
18	66.65465	57.88682	63.27469	66.59768	62.64003	59.37745	52.50888	68.51779
24	92.99605	82.10029	89.13469	91.75333	88.65921	87.60997	79.50705	96.27913
30	116.1157	104.8906	111.8918	114.7799	111.7424	110.7767	103.9725	119.3598
36	135.558	124.4015	131.0557	134.7763	131.3139	129.793	124.7536	138.129



48	157.5833	148.5244	152.5645	158.1288	153.9391	151.2623	148.3407	158.6337
72	177.5087	172.31	172.9243	180.4093	175.6758	172.4946	171.0779	178.1731
96	190.4178	187.57	185.7114	194.4052	189.4091	185.9911	185.0275	190.9656

Tempos	T2 R3	T2 R4	T2 R5	T2 R6	T3 R1	T3 R2	T3 R3	T3 R4
1	-0.39263	-0.44219	-0.27924	-0.1307	0.413332	-0.08166	0.190152	0.824434
2	0.589271	-0.45606	0.440038	0.303966	1.942163	1.231266	1.557355	1.470515
3	1.949461	0.370742	1.599622	1.278397	3.833567	2.884663	3.546777	3.631653
4	3.770086	1.271726	2.684347	2.488032	5.983871	4.599969	5.75747	5.16337
5	6.507265	2.979391	4.648473	4.489398	9.252783	7.575448	9.145124	7.722757
8	14.76936	7.919011	11.56715	11.76935	20.57381	18.4923	22.20069	18.44144
12	32.19942	19.80929	22.45755	26.98709	42.94603	41.10396	43.07766	38.48697
18	60.04454	44.29641	43.67101	53.0444	71.68517	69.28132	67.9632	64.21549
24	89.50047	73.44162	69.75219	81.98219	98.90996	95.4803	91.54597	89.40648
30	113.9725	98.41528	92.60135	106.8086	121.5879	117.8908	112.2897	111.4622
36	133.9422	118.7152	111.4287	126.5381	140.5042	136.64	129.5676	129.8704
48	155.9896	141.1785	131.9472	148.6017	162.0266	158.2731	149.4344	150.7486
72	177.0436	163.4985	151.9636	169.0419	182.5866	178.6889	168.3629	171.7943
96	190.4446	177.6799	164.6808	181.7221	195.0386	190.9195	180.2712	184.9546

Tempos	T3 R5	T3 R6	T4 R1	T4 R2	T4 R3	T4 R4	T4 R5	T4 R6
1	0.328004	0.365458	0.367147	0.529181	0.43068	0.222905	0.336798	0.295007
2	1.282195	1.519794	1.153435	1.362571	1.231564	1.963796	1.150527	1.317935
3	2.750399	3.262173	2.126251	2.476227	2.275352	3.077234	2.033812	2.112025
4	4.280781	5.140414	3.343563	4.01247	3.556053	4.317902	3.069336	3.340477
5	6.540231	8.304074	5.665781	6.131702	5.061537	6.383958	4.409891	5.368361
8	15.16153	22.20986	15.44065	15.41135	13.15694	16.80365	10.97194	13.58341
12	33.28257	41.82739	37.17856	33.96806	31.81839	37.01634	31.44648	32.47849
18	56.51004	66.9533	65.48325	59.78572	57.8951	64.60073	59.09495	59.25791
24	79.41111	90.95969	92.47033	85.31338	83.91829	90.7606	86.16835	86.14341
30	99.89541	111.9322	114.9347	106.6108	105.759	113.0743	108.334	109.1626
36	117.1344	128.9761	133.3108	123.6298	123.043	130.8708	126.7646	128.4479
48	137.7964	148.1176	154.8377	142.8454	142.9232	150.6179	147.409	150.3977
72	158.8501	166.9454	175.3717	162.2188	162.8185	170.2295	167.6249	171.4619
96	172.301	179.2346	188.2562	174.7668	175.9693	182.5863	180.6301	184.4766

... continuação do apêndice 10.

Tempos	T5 R1	T5 R2	T5 R3	T5 R4	T5 R5	T5 R6	T6 R1	T6 R2
1	0.799876	0.336073	1.826787	1.808104	1.142024	0.679132	0.272093	0.698148
2	2.264165	1.410934	3.973211	4.822698	3.922645	3.145478	1.541188	2.735241
3	3.83175	2.369848	6.804792	8.560056	7.499858	6.48252	3.298803	5.091993
4	5.898508	3.596877	10.25138	13.0471	11.51445	10.25722	5.393585	8.198412
5	8.573284	5.262876	14.71173	18.93411	17.12783	15.22103	8.030355	12.42626
8	23.70079	13.79255	30.4197	38.32871	36.38164	32.31253	17.61861	31.00327
12	47.36493	33.82434	57.78629	67.6804	68.89475	64.38712	43.08722	61.43187
18	75.464	59.10852	89.51613	101.4673	103.1983	99.69539	75.9739	93.27421
24	99.68369	83.53652	116.9292	129.5655	131.0066	129.261	104.7226	119.6426
30	118.6792	103.3742	139.3019	151.8364	152.8275	152.2421	127.7654	141.6422
36	134.0711	120.1675	157.3905	168.9388	169.9125	170.2597	146.4259	159.3059

48	151.5607	139.3621	177.738	187.5202	188.726	189.5106	166.9574	177.7858
72	168.4356	158.2739	196.7492	205.019	206.1231	208.017	186.7661	194.9739
96	179.3717	171.0488	208.7683	215.946	216.9072	219.4924	198.986	206.3301

Tempos	T6 R3	T6 R4	T6 R5	T6 R6
1	0.480645	0.636672	0.847117	0.655467
2	2.545241	2.211794	2.843694	3.055175
3	5.015593	4.034834	4.870684	6.109724
4	7.933195	5.942513	7.225363	9.907898
5	11.73357	8.515324	10.33282	14.62918
8	24.42865	18.79376	23.74756	32.44174
12	53.15486	44.14815	46.67445	63.79764
18	85.25529	73.9891	76.73997	96.78613
24	112.5427	99.50778	103.1207	124.2182
30	134.5425	120.6898	124.0004	146.6142
36	152.6111	139.1034	140.6431	165.0335
48	172.5268	159.8595	159.1664	184.8666
72	191.6564	178.5949	177.3388	203.4092
96	203.7087	190.9277	188.7076	215.2215

### Apêndice 11 – Análise de variância do volume final de gás das silagens dos diferentes tratamentos.

#### Procedimento de Análise de Variância

Classes	Níveis	Valores
UMI	3	1 2 3
COMP	2	1 2

Número de observações 36

#### Variável Dependente: Volume Final de Gás (VFGas)

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	2691.645565	538.329113	4.25	0.0049

Erro	30	3800.416564	126.680552			
Total Corrigido	35	6492.062128				
	R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Médi a VFGas		
	0.414606	5.885200	11.25525	191.2466		
Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médi o	F	Pr > F	
UMI	2	2508.774564	1254.387282	9.90	0.0005	
COMP	1	125.249560	125.249560	0.99	0.3280	
UMI *COMP	2	57.621440	28.810720	0.23	0.7979	

## Apêndice 12 – Análise da variância dos parâmetros obtidos pelo ajuste das curvas de produção de gás para o modelo bicompartimental.

### Procedimento de Análise de Variância

Classes	Níveis	Valores
UMI	3	1 2 3
COMP	2	1 2

Número de observações 36

### Variável Dependente: A

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médi o	F	Pr > F
Modelo	5	866.339481	173.267896	3.64	0.0108
Erro	30	1428.097350	47.603245		
Total Corrigido	35	2294.436831			
	R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Médi a A	
	0.377583	11.34575	6.899510	60.81139	
Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médi o	F	Pr > F
UMI	2	313.7166722	156.8583361	3.30	0.0509
COMP	1	218.3991361	218.3991361	4.59	0.0404
UMI *COMP	2	334.2236722	167.1118361	3.51	0.0427

... continuação do apêndice 12.

**Variável Dependente: B**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	0.06645009	0.01329002	4.04	0.0063
Erro	30	0.09860440	0.00328681		
Total Corrigido	35	0.16505448			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raiz QME	Média B
0.402595	51.22373	0.057331	0.111922

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	0.04973402	0.02486701	7.57	0.0022
COMP	1	0.00028224	0.00028224	0.09	0.7715
UMI*COMP	2	0.01643382	0.00821691	2.50	0.0990

**Variável Dependente: C**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	51.21028836	10.24205767	10.31	<.0001
Erro	30	29.78871165	0.99295706		
Total Corrigido	35	80.99900002			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raiz QME	Média C
0.632234	10.19089	0.996472	9.778069

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	28.41504420	14.20752210	14.31	<.0001
COMP	1	18.10828731	18.10828731	18.24	0.0002
UMI*COMP	2	4.68695684	2.34347842	2.36	0.1117

... continuação do apêndice 12.

**Variável Dependente: D**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	3548.123125	709.624625	7.56	0.0001
Erro	30	2814.794750	93.826492		
Total Corrigido	35	6362.917875			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média D
0.557625	7.863886	9.686408	123.1758

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	2412.445050	1206.222525	12.86	<.0001
COMP	1	640.680469	640.680469	6.83	0.0139
UMI*COMP	2	494.997606	247.498803	2.64	0.0880

**Variável Dependente: E**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Modelo	5	0.00011388	0.00002278	14.99	<.0001
Erro	30	0.00004557	0.00000152		
Total Corrigido	35	0.00015945			

R <sup>2</sup>	Coef Var	Raíz QME	Média E
0.714215	5.452669	0.001232	0.022603

Fonte	GL	Anova SQ	Quadrado Médio	F	Pr > F
UMI	2	0.00010829	0.00005415	35.65	<.0001
COMP	1	0.00000030	0.00000030	0.20	0.6586
UMI*COMP	2	0.00000528	0.00000264	1.74	0.1928

‘VITA’

CLÓVIS CLENIO DIESEL SENGER, filho de Osmar Senger e Elly Diesel Senger, nasceu em 06 de fevereiro de 1957, em São Pedro do Sul, RS.

Em 1977, concluiu o 2<sup>o</sup>. Grau estudando em escolas públicas do Rio Grande do Sul.

Em dezembro de 1982, graduou-se em Engenharia Agrônômica, pelas Faculdades Unidas de Bagé (FunBa), atual Universidade da Região da Campanha (URCAMP).

Entre outubro de 1984 e dezembro de 1987, atuou na EMBRAPA/Boa Vista (RR), como pesquisador em Nutrição Animal.

Transferiu-se em janeiro de 1990 para o Departamento de Zootecnia da UFSM, onde trabalha até a presente data.

Concluiu o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria, em janeiro de 1992.

Em março de 2001, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia, pela UFRGS, concentrando estudos em Produção Animal, e em 04 de fevereiro de 2005, defendeu a presente tese.