EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR
AUTO-HIDROLISADO POR SORGO NA FERMENTAÇÃO RUMINAL EM BOVINOS,
DIGESTIBILIDADE *IN VIVO* EM OVINOS E DESEMPENHO ANIMAL EM
BOVINOS EM ACABAMENTO

SERGIO RAPOSO DE MEDEIROS

Engenheiro Agrônomo

Dr. Paulo Fernando Machado

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de
concentração: Ciência Animal &
Pastagens.

Piracicaba

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

M488e

Medeiros, Sergio Raposo de

Efeito da substituição do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado por sorgo na fermentação rumi-
nal em bovinos, digestibilidade *in vivo* em ovinos e
desempenho animal em bovinos em acabamento. Piraci-
caba, 1992.

104p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Bagaço de cana-de-açúcar para bovino - Substi-
tuição - Efeito 2. Bovino - Rúmen - Fermentação 3.
Rúmen - Fisiologia 4. Sorgo para ovino - Digestibili-
dade I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Quei-
roz, Piracicaba

CDD 636.2084

A Marcos e Mariza, meus pais,

que fizeram a caminhada possível,

DEDICO.

A Eda, minha namorada,

que fez o caminho mais fácil,

OFEREÇO.

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR
AUTO-HIDROLISADO POR SORGO NA FERMENTAÇÃO RUMINAL EM BOVINOS,
DIGESTIBILIDADE *IN VIVO* EM OVINOS E DESEMPENHO ANIMAL EM
BOVINOS EM ACABAMENTO

SERGIO RAPOSO DE MEDEIROS

Aprovado em: 03.12.1992

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Paulo Fernando Machado

ESALQ/USP

Prof. Dr. Celso Boin

ESALQ/USP

Prof. Dr. Henrique Vianna de Amorim

ESALQ/USP

Prof. Dr. PAULO FERNANDO MACHADO

Orientador

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Paulo Fernando Machado, pela orientação segura e pelo grande apoio para a realização desse trabalho.

- A todos os professores do curso de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, pelos valorosos ensinamentos.

- Aos amigos Humberto Maciel França Madeira e José Carlos Francisco Jr., pelas valiosas sugestões, grande ajuda e pelo companheirismo que sempre demonstraram.

- Aos demais colegas de pós-graduação e estagiários que auxiliaram nas várias fases desse trabalho: Alexandre Mendonça Pedroso, Luis Fernando Laranja da Fonseca, Paulo Ribeiro Paccelo e tantos outros que, apesar de não citados, têm o meu reconhecimento.

- A laboratorista Elaine Edna Carboni, pelo grande auxílio nas análises bromatológicas e também pela sua amizade.

- Aos professores Irineu Humberto Packer e Maria Cristina Stolf Nogueira, pelo auxílio nas análises estatísticas.

- A Usina São Martinho, por ter concedido e financiado todo material necessário para a realização desse trabalho.

- Ao departamento de Zoologia, ESALQ/USP, pela utilização das instalações para a condução do experimento

- Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiv
1 - INTRODUÇÃO.....	01
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1 - Bagaço <i>in natura</i> , características.....	05
2.2 - O tratamento sob pressão e vapor.....	08
2.3 - Os efeitos do tratamento sob pressão e va- por.....	10
2.3.1 - Alterações nos constituintes da pa- rede celular.....	12
2.3.2 - Alterações na digestibilidade.....	13
2.3.3 - Efeitos do tratamento na velocidade de passagem.....	17
2.3.4 - Efeitos do tratamento na fisiologia do rúmen.....	19
2.3.4.1 - Efeito no pH.....	19
2.3.4.2 - Efeito na concentração de nitrogênio amoniacal....	20
2.3.4.3 - Efeito na concentração de ácidos graxos voláteis..	22
2.4 - Desempenho Animal: comparação do BAH com o BIN.....	24

3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 - Ensaio de avaliação de fermentação ruminal e degradabilidade <i>in situ</i>	29
3.1.1 - Descrição dos tratamentos.....	29
3.1.2 - Descrição dos períodos experimentais	30
3.1.3 - Descrição das coletas.....	31
3.1.4 - Determinação das variáveis.....	31
3.1.5 - Avaliação da degradabilidade <i>in situ</i>	34
3.1.6 - Análise estatística.....	35
3.2 - Ensaio de digestibilidade <i>in vivo</i> e balanço de nitrogênio.....	36
3.2.1 - Descrição dos tratamentos.....	36
3.2.2 - Descrição do período experimental	36
3.2.3 - Descrição das coletas.....	37
3.2.4 - Variáveis determinadas.....	38
3.2.5 - Análise estatística.....	39
3.3 - Ensaio de desempenho animal.....	40
3.3.1 - Descrição dos tratamentos.....	40
3.3.2 - Descrição dos períodos pré-experi- mental e experimental.....	41
3.3.3 - Variáveis determinadas.....	43
3.3.4 - Análise estatística.....	43
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 - Composição químico-bromatológica das dietas experimentais.....	44
4.2 - Variáveis ruminais.....	45
4.2.1 - Consumo dos animais durante a coleta	45

4.2.2 - pH ruminal.....	47
4.2.3 - Concentração de nitrogênio amoniacal.....	51
4.2.4 - Concentração dos ácidos graxos voláteis.....	55
4.3 - Degradabilidade <i>in situ</i> do insolúvel.....	63
4.4 - Digestibilidade <i>in vivo</i> e balanço de nitrogênio.....	67
4.5 - Ensaio de desempenho animal com bovinos em acabamento.....	73
4.5.1 - Composição Bromatológica das dietas	73
4.5.2 - Resultados do ensaio de desempenho animal.....	74
5 - CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
APÊNDICE.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito dos diferentes tratamentos na variação do pH ao longo do dia, entre a primeira e a última coleta.....	48
Figura 2 - Efeito dos diferentes tratamentos na variação da concentração de nitrogênio entre a primeira e a última coleta.....	54
Figura 3 - Efeito dos diferentes tratamentos na variação da concentração total de AGV ruminal entre as coletas.....	58
Figura 4 - Efeito dos diferentes tratamentos nos resultados médios das concentrações de AGV....	60
Figura 5 - Efeito dos diferentes tratamentos nos resultados médios da porcentagem molar dos AGV	62
Figura 6 - Efeito dos diferentes tratamentos na DISI da casca de soja incubada em cada um deles por 24 e 48 horas.....	65
Figura 7 - Efeito dos diferentes tratamentos no GDP e consumo (kg MS) de bovinos em acabamento	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica do bagaço de cana-de-açúcar.....	05
Tabela 2 - Composição químico-bromatológica do bagaço <i>in natura</i> (BIN) e do bagaço auto-hidrolisado (BAH).....	11
Tabela 3 - Composição percentual das dietas (base seca)	29
Tabela 4 - Composição percentual das dietas utilizadas no ensaio de desempenho animal (base seca)	41
Tabela 5 - Composição bromatológica média percentual das rações fornecidas aos animais nos ensaios de digestibilidade e de avaliação de fermentação ruminal.....	44
Tabela 6 - Resultados médios das porcentagens de alimento ingerido em relação ao oferecido, encontrados nos diferentes tratamentos.....	46
Tabela 7 - Resultados médios de pH encontrados nos diferentes tratamentos.....	47
Tabela 8 - Resultados médios de nitrogênio amoniacal encontrados nos diferentes tratamentos...	51
Tabela 9 - Resultados médios das concentrações de ácidos graxos voláteis encontrados nos diferentes tratamentos (mmoles/100ml).....	56
Tabela 10 - Resultados médios das porcentagens e relação molar dos ácidos graxos voláteis encontrados nos diferentes tratamentos	59

Tabela 11 - Resultados médios das estimativas de produção de gases e hexose fermentada no rúmen a partir da proporção de C ₂ , C ₃ e C ₄	61
Tabela 12 - Resultados médios da degradação <i>in situ</i> do insolúvel da matéria seca (DISIMS) da casca de soja nos dois tempos de incubação dos diferentes tratamentos.....	64
Tabela 13 - Resultados médios do coeficiente de digestibilidade <i>in vivo</i> das diferentes frações da dieta e porcentagem do consumo da matéria seca oferecida.....	68
Tabela 14 - Resultados médios do consumo das diferentes frações brutas e digestíveis das dietas	71
Tabela 15 - Resultados médios do balanço de nitrogênio	72
Tabela 16 - Composição bromatológica média percentual das rações fornecidas para os animais no ensaio de desempenho animal.....	73
Tabela 17 - Resultados médios do ensaio de desempenho animal.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV - Ácidos graxos voláteis

ATP - Trifosfato de Adenosina

BAH- Bagaço auto-hidrolisado

BIN - Bagaço *in natura*

DISI - Digestibilidade *in situ* do insolúvel

DVIVMS - Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca

EE - Extrato etéreo

FDA - Fibra detergente ácido

FB - Fibra Bruta

FDN - Fibra detergente neutro

GDP - Ganho de peso

mg - Miligrama

MM - Matéria mineral

MS - Matéria seca

NDT - Nutrientes digestíveis totais

N-NH₃ - Nitrogênio amoniacal

PB - Proteína Bruta

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR
AUTO-HIDROLISADO POR SORGO NA FERMENTAÇÃO RUMINAL EM BOVINOS,
DIGESTIBILIDADE *IN VIVO* EM OVINOS E DESEMPENHO ANIMAL EM
BOVINOS EM ACABAMENTO

Autor: Sergio Raposo de Medeiros

Orientador: Paulo Fernando Machado

RESUMO

Este trabalho visou determinar os efeitos da substituição do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado (BAH) pelo sorgo na fisiologia do rúmen, na digestibilidade *in vivo* e no desempenho de animais em acabamento, comparando esses resultados com resultados de dietas semelhantes nas quais o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* (BIN) substitui o BAH.

Foram fornecidas, em três horários (7:00, 13:00 e 19:00), a 4 vacas fistuladas, 4 dietas que possuíam na MS: 26% de BIN e 47% de sorgo, 26% de BAH e 47% de sorgo, 38% de BAH e 34% de sorgo e 52% de BAH e 20% de sorgo. Estas dietas constituíam-se, respectivamente, nos tratamentos: BC26, BH26, BH38 e BH52 e todas elas eram completadas com 15% de levedura úmida, 6% de melaço, 3% de farelo de algodão, 0,8% de bicarbonato de sódio e 1,7% de minerais. O

delineamento experimental foi em quadrado latino. Foram determinados, no rúmen: pH, concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e a degradação *in situ* do insolúvel (DISI) de casca de soja incubada em cada tratamento, por 24 e por 48 horas. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para pH, sendo que a dieta BH26 determinou os menores valores, em contraste com a dieta BC26 que teve a maior média. A concentração de N-NH_3 também não diferiu significativamente entre os tratamentos. Para a concentração de AGV, apenas a concentração de ácido acético (C_2) da dieta BC26 foi inferior ($p < 0,05$) as determinadas para as demais dietas. A produção total de AGV dos tratamentos com BAH tenderam ($p = 0,10$) a ser maiores do que a da dieta BC26. A dieta BC26 apresentou os melhores valores de DISI, sendo significativamente superior ($p < 0,05$) às dietas BH26 e BH38 para a incubação por 24 horas e, por 48 horas, superior a BH26. Os mesmos tratamentos foram fornecidos a 8 carneiros, agrupados em 2 quadrados latinos, para determinação dos coeficientes de digestibilidade de MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) e fibra em detergente ácido (FDA). As dietas com maiores proporções de sorgo apresentaram coeficientes de digestibilidade de MS e MO superiores as dietas com menores porcentagens. A dieta BC26 apresentou coeficiente de digestibilidade de FDA superior ($p < 0,05$) aos das dietas BH26 e BH38. Entretanto, o consumo da dieta BC26 foi significativamente menor ($p < 0,05$) ao das dietas com BAH. Para a avaliação de desempenho animal foram

utilizados mais 2 tratamentos: a dieta BC38, que continha 38% BIN e 34% de sorgo, e o tratamento BH52/38 que se constituiu no fornecimento, na primeira metade do ensaio da dieta BH52 e no restante do tempo a dieta BH38. Cada um desses tratamentos foi fornecido 3 vezes ao dia para um lote de 10 animais em um delineamento experimental inteiramente casualizado. As dietas BH38 e BH26 proporcionaram ganho de peso (GDP) significativamente superior ($p < 0,05$) em relação a dieta BC38. O maior valor para consumo foi o da dieta BC26, significativamente ($p < 0,05$) superior ao consumo das dietas BH52, BH38, BH26 e BC38 e semelhante apenas a do tratamento BH52/38 que, por sua vez, foi maior do que a BH26. A substituição do BAH pelo sorgo faz com que exista a tendência de aumento de GDP, não ocorrendo aumento significativo por causa da limitação de consumo das dietas mais energéticas. A comparação entre as dietas com BIN e BAH, mostra que efetivamente houve efeito do tratamento.

EFFECT OF THE REPLACEMENT OF STEAM TREATED SUGAR CANE BAGASSE BY MILO UPON RUMINAL FERMENTATION IN BOVINES, *IN VIVO* DIGESTIBILITY IN OVINES AND UPON PERFORMANCE OF FINISHING CATTLE.

Author: Sergio Raposo de Medeiros

Adviser: Paulo Fernando Machado

SUMMARY

Experiments were conducted to determine the effects of substituting milo for steam-treated sugarcane bagasse (STB) on ruminal fermentation, *in vivo* digestibility and performance of finishing cattle as well as to compare these results with results obtained from similar diets, in which STB was replaced by raw sugarcane bagasse (RSB).

The following basal diets were fed to 4 fistulated cows, 3 times a day (7 am, 13 pm & 19 pm), : 26% RSB & 47% milo, 26% STB & 47% milo, 38% STB & 34% milo and 52% STB e 20% milo (dry matter basis). These diets represented the treatments BC26, BH26, BH38 and BH52, in the same order. They were completed with: yeast (15%), molasses (6%), cottonseed meal (3%), sodium bicarbonate (0.8%) (0.8%) and minerals (1.7%).

Values from pH were not significantly different among treatments, and diet BH26 was responsible

for the lowest pH value, while BC26 was responsible for the highest one.

The acetic acid level was significantly lower ($P < 0.05$) in treatment BC26 than in treatments with STB. Although total volatile fatty acids production in treatment BC26 was remarkably lower than in STB treatments, there was no significant difference ($p > 0.10$) among them.

Treatment BC26 resulted in the best results concerning *in situ* insoluble degradation, significantly higher ($p < 0.05$) than in treatments BH26 and BH38 for the 24-hour period of incubation and higher than BH26 for the 48-hour period.

The same treatments were given to eight rams, disposed in two latin squares, in order to determine diets digestibility. The highest values for dry matter digestibility and organic matter digestibility were obtained in treatments that had greater proportions of milo. The value for ADF digestibility was higher ($p < 0.05$) in treatment BC26 than in treatments BH26 and BH38. Dry matter intake was significantly lower in treatment BC26.

The same diets, along with 38% RSB & 34% milo, that represented treatment BC38 and another treatment, which half the experimental period was given diet BH52 and the other half, diet BH38, called BH52/38, were given to feedlot cattle. Each treatment was given to each of six groups of 10 animals. Treatments BH38 and BH26 resulted in higher daily gain ($p < 0.05$) than treatment BC38. Dry matter

intake was higher ($p < 0.05$) in treatment BC26 than in treatments BH52, BH38, BH26 and BC38.

By replacing STB with milo, the daily gain tended to increase, but since dry matter consumption was limited by energy intake, those increase was not significant.

Comparisson data among diets provide clear evidence that the steam treatment improved the sugarcane bagasse utilization.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos no mundo, é, atualmente, uma das graves preocupações da humanidade. O crescimento da população mundial ocorre de maneira explosiva, e os recursos alimentares tendem a se tornar escassos. Ao mesmo tempo, a enorme produção de resíduos pela agro-indústria faz com que o acúmulo destes produtos, muitas vezes, se torne um problema. A utilização desses resíduos na alimentação animal, então, aparece como uma solução extremamente interessante, pois, ao mesmo tempo que amplia a disponibilidade de alimentos para o homem, contribui para evitar o acúmulo desses materiais.

Os resíduos agro-industriais que existem em maiores quantidades no mundo são os resíduos ligno-celulósicos. Estes são representados principalmente pelos restos de cultura, como a palha dos cereais, e subprodutos da agro-indústria.

O ruminante ocupa lugar de destaque nesse cenário, devido a sua capacidade de utilização de resíduos ligno-celulósicos, impróprios para o consumo pelo homem e outros animais. Dessa forma, o ruminante, quando alimentado

com esses resíduos, pode deixar de consumir alimentos passíveis de uso pelo homem, como os cereais, aumentando a disponibilidade destes. Além disso, esses animais são responsáveis pela transformação desses resíduos em produtos de alto valor alimentar e econômico, como a carne e o leite.

No Brasil, o resíduo da agro-indústria mais abundante é o bagaço de cana-de-açúcar. Segundo CASTRO (1989), a indústria sucro-alcooleira nacional produz anualmente cerca de 50 milhões de toneladas desse resíduo, mas a maior parte dele, cerca de 80%, é utilizada nas próprias usinas e destilarias para a geração de energia. As 10 milhões de toneladas excedentes do bagaço de cana-de-açúcar vem tendo diversas destinações, das quais se destacam: geração de energia elétrica a partir da combustão, produção de papel, papelão, celulose, chapas aglomeradas, furfural e alimentação animal. Em função disso, o bagaço, que era considerado um resíduo problemático, hoje é mais uma fonte de renda para as usinas, chegando seu valor, nas regiões mais industrializadas, até mesmo ultrapassar o valor da própria cana-de-açúcar (BURGI, 1987).

No caso da alimentação animal, o uso do bagaço de cana-de-açúcar tem recebido muita atenção principalmente por parte das próprias usinas e destilarias. Apesar do principal motivo por esse interesse ser sua grande disponibilidade, existem outros fatores que tornam vantajoso seu uso. Entre estes fatores, destaca-se a produção deste

subproduto ocorrer coincidentemente com o período de baixa produção das pastagens e de entressafra de produção de carne. Existe, também, a tendência à diversificação das atividades econômicas nas usinas e destilarias, face as incertezas quanto ao futuro do Proálcool. Por fim, estas empresas possuem a capacidade de assumir os custos do desenvolvimento e implantação de novas tecnologias.

O fato do bagaço *in natura* (BIN) ser um alimento com muitas limitações, principalmente por apresentar baixa digestibilidade, levou à busca de processamentos que fossem capazes de ampliar sua utilização pelos ruminantes. O tipo de tratamento escolhido, dentre várias alternativas, foi o tratamento do bagaço sob pressão e vapor, processamento conhecido como auto-hidrólise. Esse tipo de tratamento foi escolhido em função do tratamento químico, a principal alternativa, apesar de efetivamente aumentar a digestibilidade, apresentar desvantagens como o alto custo dos produtos utilizados e os riscos que estes representam à saúde de homens e animais. Inversamente, nas usinas e destilarias, existe toda a estrutura de geração de vapor, que é produzido em excesso, bastando a instalação do equipamento necessário para a realização do processo de auto-hidrólise.

O bagaço após ser tratado sob pressão e vapor é chamado de bagaço auto-hidrolisado (BAH). Seu uso tem se restringido aos pecuaristas próximos às usinas, e às próprias usinas, principalmente em confinamentos. Em 1987, a indústria

sucro-alcooleira tinha capacidade de produzir BAH suficiente para confinar 200 mil bois, entretanto foram confinados com rações a base desse volumoso, cerca de 40 mil animais (BURGI, 1987). Mais recentemente, SANTOS (1990) contabilizou, em aproximadamente 10% do total de animais confinados no Brasil, a quantidade de animais que recebem dietas à base de BAH em confinamentos.

A utilização desse volumoso não convencional têm apresentado resultados satisfatórios, principalmente devido ao desenvolvimento obtido através de anos de pesquisas que procuraram caracterizar o BAH, descobrir suas limitações e propor as melhores alternativas para seu uso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bagaço *in natura*, características

O bagaço *in natura* (BIN) é o resíduo dos colmos da cana-de-açúcar após a máxima extração de seu conteúdo celular. Em função disso, a principal característica do BIN é a elevada presença de constituintes da parede celular em sua composição. Na tabela 1 pode-se observar a composição média do BIN.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica do bagaço de cana-de-açúcar.

Composição	% Matéria Seca
Proteína Bruta (N x 6,25)	1,0 - 2,0
Extrato Etéreo	0,1 - 0,3
Fibra Detergente Neutro (FDND)	84,0 - 88,0
Fibra Detergente Ácido (FDA)	58,0 - 62,0
Celulose	44,0 - 48,0
Hemicelulose	24,0 - 28,0
Lignina	10,0 - 14,0
Cinzas	2,0 - 4,0
Silica	1,0 - 2,0

FONTE: MATTOS (1985).

Pode-se observar que a celulose e a hemicelulose são seus principais componentes, sugerindo um elevado potencial de utilização para os ruminantes. Entretanto, a porção fibrosa da cana-de-açúcar é altamente lignificada, o que faz com que a maior parte dela esteja indisponível. A presença de sílica, em elevada porcentagem, também colabora para este fato. A lignina, um heteropolímero amorfo de fenilpropano, é o principal fator limitante na digestibilidade de volumosos (VAN SOEST, 1982). Este composto, além de difícil hidrólise, promove complexas ligações com os componentes da parede celular, principalmente hemicelulose, tornando a última resistente ao ataque das enzimas do ecossistema ruminal (LAU & VAN SOEST, 1981). Pode-se notar ainda, através da tabela 1, que o BIN é pobre em minerais e apresenta baixíssimo teor de proteínas. DONEFER (1977), estudando a digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) de amostras de BIN oriundas de 14 países, reporta um valor médio de $24,6\% \pm 10,6$. HARRIS et al. (1983) encontraram valores variando entre 20,0 e 35,0%. MELLO Jr (1987) obteve DVIVMS de 35,8%, mas determinou que a taxa de degradação do BIN é elevada ($8,46\%/h$), mostrando que a pequena porção disponível é rapidamente utilizada. CASTRO (1989), comparando 4 bateladas de BIN, obteve média de 38,66% para a DVIVMS.

Todas essas características do BIN fazem com que sua utilização como alimento seja limitada. O baixo

consumo observado é apontado como o fator mais importante para explicar o baixo desempenho de animais alimentados com dietas à base de BIN. Essa diminuição seria causada pela baixa digestibilidade e também por sua baixa densidade (150kg/m^3) conforme afirma SILVA (1990). Por causa de sua baixa densidade, pequena quantidade de MS de BIN ocupa um grande volume e, assim, ele determina um enchimento mais rápido do rúmen que provoca a sensação de saciedade no animal que para de se alimentar (VAN SOEST, 1982).

Com o intuito de contornar essa situação, tem-se procurado um tratamento que seja capaz de aumentar a disponibilidade da fração fibrosa. Das diversas formas de tratamento disponíveis no Brasil, químico, biológico e físico, a escolha tem recaído sobre este último. O principal motivo para essa escolha é o fato de existir, no próprio local de produção do resíduo, as melhores condições para o tratamento por pressão e vapor. A infra-estrutura existente nas usinas sucro-alcooleiras faz com que a instalação do equipamento necessário ao tratamento seja facilitada, além de se utilizar do vapor que é produzido em excesso, e, dessa forma, otimizar o uso desse recurso. O tratamento químico, apesar de apresentar bons resultados de aumento de digestibilidade, esbarra nos maiores custos com os produtos normalmente utilizados e o inconveniente de se trabalhar com materiais, em geral, de manipulação perigosa. O tratamento biológico, apesar de ter grande potencial, não tem

apresentado resultados muito animadores, sendo seu maior inconveniente, o tempo necessário para a ação do agente biológico e a dependência, por parte deste, de muitos fatores do meio.

2.2. O tratamento sob pressão e vapor

O tratamento sob pressão e vapor visa romper as ligações entre a lignina e os constituintes da parede celular, para que estes fiquem mais suscetíveis ao ataque das enzimas celulolíticas do ecossistema ruminal. As paredes celulares lignificadas aparentemente restringem o acesso dos microrganismos ruminais e suas enzimas aos polissacarídeos estruturais dos volumosos (DEHORITY, 1991). FUKUSHIMA et al. (1991), utilizando culturas mistas de microrganismos ruminais *in vitro*, obtiveram resultados que sugerem que os efeitos inibitórios da lignina na digestão da fibra provavelmente são resultado, ou de ligação química, ou de incrustação física. A lignina, os compostos fenólicos e os resíduos de ácido acético se ligam quimicamente a matriz formada por hemicelulose através de ligações éter, éster e, possivelmente, ligações glicosídicas. Entretanto, a lignina não parece se ligar diretamente a própria celulose (CHESSON & FORSBERG, 1988). A matriz formada por hemicelulose na parede celular envolveria as fibrilas de celulose (AKIN, 1986). Dessa forma, uma vez havendo o rompimento do tecido

resistente, como a matriz de hemicelulose lignificada, seriam mais expostas as partes do alimento que apresentam menor lignificação e portanto maior degradabilidade.

O processo de tratamento de volumosos com pressão e vapor, conhecido como auto-hidrólise, segundo TAYLOR & ELSDALE (1980), é resultado da permanência de material ligno-celulósico a elevadas temperatura e pressão, fazendo com que haja a liberação de ácido acético a partir da hemicelulose, que degrada a própria hemicelulose e o complexo lignocelulósico. Além da produção de ácido acético, existe também a produção de outros ácidos, furfural, compostos fenólicos e perda de matéria seca, que pode variar de 1 a 20% (WALKER, 1984). RANGNEKAR et al. (1982) afirmam que as perdas ocorrem devido à volatilização de aldeídos produzidos a partir da hidrólise ácida de pentoses e hexoses da hemicelulose (furfural e hidroximetilfurfural, respectivamente) e pela lixiviação de compostos solúveis durante o tratamento. Os mesmos autores determinaram que as perdas estão diretamente relacionadas com a temperatura na qual se efetua o tratamento.

Outra alteração importante determinada pelo tratamento ocorre devido à repentina descompressão ao final do processo. A água contida nos fragmentos do bagaço auto-hidrolisado (BAH) vaporiza-se e sofre violenta expansão, aumentando sua friabilidade (BURGI, 1987). O resultado disto é a diminuição da granulometria do BAH, um fato que afeta

drasticamente o trânsito deste através do trato digestivo, e tem importantes consequências no seu aproveitamento e de outros componentes da dieta. Uma das implicações dessa alteração física do BAH é que não se forma no rúmen o emaranhado de fibras que constitui uma espécie de colchão na parte dorsal do rúmen, característico das dietas que apresentam fibra longa. Esse emaranhado de fibras promove a retenção de partículas pequenas de baixa digestibilidade. Esta é uma função ruminal que tende a ser perdida nessa condição e, então, essas partículas podem deixar o rúmen mais rapidamente, sendo menos digeridas (VAN SOEST, 1982).

2.3. Os efeitos do tratamento sob pressão e vapor

Na tabela 2 pode-se observar a constituição de duas amostras de BIN e das respectivas amostras de BAH que cada uma deu origem. Como é possível observar, o tratamento por pressão e vapor provoca muitas alterações. A seguir, elas são discutidas nos seus aspectos mais importantes.

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica do bagaço *in natura* (BIN) e do bagaço auto-hidrolisado (BAH).

Determinação	BIN ^a	BIN ^b	BAH ^a	BAH ^b
MS %	48,31	-	40,32	-
pH	5,5	4,98	3,00	3,40
Densidade (kg/m ³)	100-150	-	300-400	-
Friabilidade	(-)		(+)	
Composição em %:				
PB	1,86	-	1,67	-
FB	45,09	-	34,45	-
EE	2,26	2,42	4,86	5,93
MM	2,73	-	4,77	-
ENN	48,06	-	54,25	-
FDN	85,24	88,06	58,16	57,58
FDA	62,33	57,50	62,65	53,58
Celulose	44,69	43,65	43,99	41,72
Hemicelulose	22,91	30,60	0,00	4,26
Lignina	14,89	11,81	15,06	10,29
DIVMS	33,31	38,66	64,82	59,91

FONTES: BURGI (1985)^a e CASTRO (1989)^b

Tratamento: 13 kgf/cm² / 8 min^a e 17 kgf/cm² / 6 min^b

MS=Matéria Seca; PB=Proteína Bruta; FB = Fibra Bruta;
 FDA=Fibra Detergente Ácido; MM = Matéria Mineral;
 ENN=Extrato Não Nitrogenado, DIVMS = digestibilidade "in vitro" da matéria seca.

2.3.1. Alterações nos constituintes da parede celular

A hemicelulose é o componente mais afetado pela auto-hidrólise. RANGNEKAR et al., 1982, usando uma pressão de 9kgf/cm^2 por 30 e 60 segundos relataram o desaparecimento da hemicelulose, mas pequenas alterações na lignina e na celulose.

Já CASTRO (1989), estudando várias combinações de temperatura e pressão, que variavam desde 13kgf/cm^2 por 6 minutos até 19kgf/cm^2 por 6 minutos, portanto bem mais severas, observou tendência de diminuição do teor de lignina com o aumento no tempo do tratamento. Isto, segundo CASTRO, pode ter ocorrido devido à hidrólise desta fração produzindo outros componentes solúveis, provavelmente compostos fenólicos. Entretanto a fração extrato etéreo (EE), na qual esses compostos deveriam ser incluídos, não mostrou efeito do tratamento, indicando uma possível falta de sensibilidade desse método. MARCOS et al. (1984), por outro lado, observaram efeito significativo entre a intensidade de tratamento e o teor de EE quando, utilizando uma pressão de 9kgf/cm^2 , variaram o tempo entre zero e 20 minutos, atribuindo esse aumento aos monômeros fenólicos formados pela hidrólise da lignina. De fato, vários trabalhos mostram que, no processo de auto-hidrólise de alimentos fibrosos, existe produção de monômeros fenólicos (DONEFER, 1977; HART et al., 1981; VITTI et al., 1985 e MELLO Jr, 1987). Esses monômeros

fenólicos geralmente deprimem o crescimento e a atividade de microrganismos anaeróbicos ruminais, atividade de enzimas digestivas e o consumo de alimento pelos animais (JUNG & FAHEY, 1983).

A degradação da hemicelulose dá origem a carboidratos solúveis, que são basicamente as pentoses que constituíam aquele polímero. Essas pentoses são responsáveis pelo aumento da porção de extrativo não nitrogenado (tabela 2).

2.3.2. Alterações na digestibilidade

De forma geral, o tratamento do BIN pela auto-hidrólise tem efeito positivo na digestibilidade. Cheong et al. (1980), citado por PATE (1982), afirmaram que a elevada digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) do BAH seria devido a formação de compostos solúveis em água, sem alterar a digestibilidade da fração fibrosa. MELLO Jr (1987) determinou a digestibilidade *in vitro* da celulose do BIN como sendo igual a 35,86% e a do BAH igual a 52,03%, mostrando que o tratamento, efetivamente, provoca uma melhoria na utilização dos carboidratos estruturais da parede celular.

Muitos pesquisadores, utilizando a técnica *in vitro*, defendem que a máxima digestibilidade é alcançada com uma combinação ótima de pressão e vapor e que, a partir desse

ponto, um aumento na intensidade do tratamento faria com que a digestibilidade diminuísse (RANGNEKAR, 1982; MARCOS et al., 1984; BURGI, 1985). CASTRO (1989) chama a atenção para a existência de poucos trabalhos *in vivo*, e que estes sempre apresentam digestibilidade inferior aos trabalhos *in vitro*, sugerindo que este não seria um método adequado para avaliar o BAH. Esse mesmo autor testando 4 pressões (13, 15, 17 e 19 kgf/cm²) associadas a vários tempos (de 2 a 10 minutos) não encontrou diferença significativa para a DVIVMS dos diversos tratamentos. Entretanto, com o mesmo material, foi determinada a degradabilidade *in situ* do insolúvel (DISI) que apresentou correlação com o aumento no tempo do tratamento. Isso vem reforçar a idéia que a DVIVMS não é o método mais indicado para estudar o BAH.

O método *in situ* é o que oferece resultados mais estreitamente relacionados com o ambiente ruminal e conseqüentemente com as condições *in vivo* (ORSKOV et al., 1980). VON KEYERSELINGK & MATHISON (1989) encontraram elevadas correlações entre a DISI e a digestibilidade aparente *in vivo* da matéria seca de forragens utilizando tempos fixos de incubação.

Broun citado por PRESTON (1975) variando o tempo desde zero até 60 minutos e utilizando duas temperaturas (130 e 198°C) com a pressão igual a 10,5 kgf/cm², observou que para tempos superiores a 15 minutos, não existe alteração na DISI e que houve grande alteração no BAH

tratado durante 15 minutos entre as duas temperaturas, o que mostra a importância desta no processo de auto-hidrólise.

CASTRO (1989) incubou amostras de BAH em um animal recebendo feno. Nessas circunstâncias as condições ruminais foram consideradas ideais para a degradação da fibra. O autor comparou a DISI alcançada nessas condições pelo BAH, a qual se referiu como DISI potencial, com a condição efetiva, ou seja, a amostra de BAH incubada em um animal cuja dieta continha 66% de BAH. Enquanto a DISI potencial foi igual a 69,55%, a DISI efetiva foi de apenas 47,80%, mostrando que altas porcentagens de BAH na dieta determinam condições ruminais inadequadas para a degradação da fibra. Já para o BIN não houve diferença entre a DISI potencial e a DISI efetiva que foram 36,27% e 35,70%, respectivamente. Entretanto, a DISI do BIN na dieta de BAH foi de apenas 17,29%, o que comprova as condições ruminais inadequadas determinadas por essa dieta.

Não existem muitos trabalhos de digestibilidade *in vivo* da matéria seca (DIVMS) que utilizem o BAH como volumoso. Em um deles PATE (1982) observou DIVMS de 60,7% para o BIN e de 65,8% para o BAH, em dietas nas quais esses volumosos participavam com 56% da MS da dieta. Esse mesmo autor notou uma diminuição na digestibilidade *in vivo* da proteína, sugerindo que algum composto formado na auto-hidrólise estaria inibindo a proteólise. A diminuição da DIV da proteína também foi observado por KLOPFESTEIN & BOLSEN

(1971), GARRET et al. (1981) e CASTRO (1989). LANNA & BOIN (1990), entretanto, lembram que a alta taxa de passagem, aumenta a disponibilidade de substrato para a produção de proteína microbiana no intestino grosso, que poderia ser responsável, em parte, por essa diminuição na digestibilidade aparente da PB.

No trabalho de CASTRO (1989), a digestibilidade da matéria seca da dieta a base de BIN tendeu a ser superior ao da dieta a base de BAH, mas o autor chama a atenção que provavelmente isso não se deveu ao volumoso, mas à maior proporção de concentrado e a um menor consumo de matéria seca na dieta de BIN. De fato, o consumo de material digestível da dieta de BAH foi significativamente superior ao de BIN, com exceção do extrativo não nitrogenado (ENN), o que, segundo o autor, pode ser explicado por uma maior proporção de milho na dieta de BIN e o efeito da fração EE do BAH ter sido transferido para o ENN das fezes. CONCEIÇÃO et al. (1986) utilizando o BAH com 90% da MS da dieta, obtiveram como coeficientes de digestibilidade para FB, FDA e FDN os seguintes valores: 61,4%, 43,1% e 49,0%, respectivamente, em carneiros. BEM (1991), utilizando-se também de carneiros, estudou o efeito de fonte de fibra integral, de lasalocida sódica e de bicarbonato de sódio na digestibilidade *in vivo* em dietas com 55% de BAH, não encontrando diferenças significativas entre os tratamentos e obtendo 54% como valor médio para a digestibilidade aparente da MS, 60% para a da

proteína bruta e 41% para a digestibilidade aparente de FDA.

2.3.3. Efeitos do tratamento na velocidade de passagem

O BAH é um alimento volumoso que, devido a desestruturação física das fibras e diminuição da granulometria, decorrentes do tratamento, apresenta elevada velocidade de passagem. CASTRO (1989) determinou o tempo de retenção do BIN no rúmen como sendo igual a 47,32 h e o do BAH, 33,46 h. Entretanto, o tempo de retenção no trato digestivo foi semelhante. Isso mostra que o BAH permanece mais tempo no trato digestivo inferior do que o BIN provavelmente devido a um menor estímulo físico que determinaria uma menor velocidade de passagem no intestino delgado (ARGENSIO, 1985). Essa característica, apesar de determinar uma menor degradação da porção fibrosa, tem a vantagem de fazer com que os concentrados sejam menos degradados no rúmen e permaneçam mais tempo no intestino delgado onde são aproveitados com maior eficiência.

A extensão de degradação de um alimento é função de sua taxa de degradação combinada com sua taxa de passagem. No caso do BAH, as condições ruminiais inadequadas determinam baixa taxa de degradação e a taxa de passagem é alta, resultando em uma baixa degradação desse alimento no rúmen. CASTRO (1989), através de estimativas baseadas nessas

variáveis, concluiu que a taxa de degradação apresenta potencial bem maior para manipulação do que o tempo de retenção.

A maior taxa de passagem também é responsável pelo maior consumo apresentado por dietas de BAH quando comparadas com dietas de BIN. O maior consumo leva a uma maior taxa de diluição e, por causa disso, existiria uma diminuição nos requerimentos da manutenção das células microbianas e a maior parte dos ATP gerados iria para a síntese celular, existindo um aumento na eficiência da produção de proteína microbiana (BERGEN & YOKOYAMA, 1977). Apesar disso estar muito bem demonstrado *in vitro*, poucos trabalhos *in vivo* confirmam essa teoria. Um dos problemas é que ela se aplica principalmente aos microrganismos da fase líquida, enquanto que no rúmen, especialmente em dietas com bastante material fibroso, a maior parte deles se encontra na fase sólida (OWENS & GOETSCH, 1984). Dessa forma não é de se esperar necessariamente um aumento de produção de proteína microbiana em dietas com BAH, mesmo porque, ainda que a maior taxa de passagem tivesse efeito na população microbiana como um todo, outras características desse alimento como a presença de compostos fenólicos e disponibilidade de determinados AGV, podem ser limitantes para o crescimento de microrganismos, como será melhor discutido adiante.

2.3.4. Efeitos do tratamento na fisiologia do rúmen

2.3.4.1. Efeito no pH

O pH é um dos fatores mais importantes relacionados com a alteração das populações microbianas do rúmen, o que determina drásticas mudanças nos padrões de fermentação, bem como na degradação de fibra. No caso de dietas com BAH, onde é fundamental a máxima degradação da fibra, o pH se constitui em um fator chave para o aproveitamento satisfatório desse alimento.

A faixa considerada ideal para o crescimento e atividade das bactérias celulolíticas fica compreendida entre 6,2 e 6,8 (KAUFFMAN et al., 1980 e CLARK & DAVIS, 1984). SLYTER (1986) afirma que a degradação de matéria fibrosa quando o pH é menor que 6,0 é significativamente deprimida, bem como a produção de AGV. Vários autores que utilizaram grandes proporções de BAH obtiveram valores de pH menores do que 6,0 (RANGNEKAR et al., 1982; COSTA, 1987; CASTRO, 1989 e FIGUEIREDO, 1990). Muitos fatores contribuem para este fato: o BAH, devido a suas condições físicas, não estimula a ruminação (LANNA & BOIN, 1988) e portanto a produção de saliva, que tem importante papel tamponante para o ambiente ruminal. Além disso, a presença de carboidratos solúveis prontamente fermentescíveis (20 a 25% da MS), que são rapidamente degradados no rúmen, produzem grandes quantidades

de ácidos graxos voláteis (AGV) que fazem com que o pH decresça (CASTRO, 1989). Por fim, o BAH apresenta um pH extremamente baixo, em virtude da presença de ácidos orgânicos, com valores na faixa de 2,8 a 3,5 (BURGI, 1987).

2.3.4.2. Efeito na concentração de nitrogênio amoniacal

As bactérias do rúmen responsáveis pela degradação da fibra têm como principal fonte de nitrogênio a amônia (CHUNGATE, 1966). Por este motivo, a concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) é muito importante. Existem muitas controvérsias a respeito de qual seria o valor ideal dessa variável. MEHREZ et al. (1977) utilizando da metodologia da degradação *in situ* com sacolas de DACRON determinou a máxima taxa de fermentação com uma concentração de $N-NH_3$ igual a 23,5mg/100ml. SATTER & SLYTER (1974) usando cultura mista de microrganismos do rúmen atingiram a máxima produção microbiana com concentrações de $N-NH_3$ de apenas 2 a 5mg/100ml numa cultura contínua. Já ORSKOV (1982) obteve aumento na produção microbiana utilizando valores maiores que 5mg/100ml. Esses trabalhos demonstram que o valor para atingir a máxima taxa de fermentação não necessariamente corresponde a máxima produção de proteína microbiana. Uma das explicações para isso seria que a concentração medida no fluido precisaria ser maior para haver a penetração em nichos

isolados, e garantir níveis ideais de $N-NH_3$ onde efetivamente ele seria utilizado pelos microrganismos celulolíticos. As diversas metodologias para a determinação de proteína microbiana utilizadas nestes experimentos, por sua vez, apresentam muitas limitações que fazem com que as produções máximas sejam questionáveis.

Outra crítica a esses valores é de SMITH (1979), que sugere que as variações na população e sua permeabilidade a $N-NH_3$ faz com que seja improvável que uma determinada concentração maximize a produção microbiana ou a taxa de fermentação em qualquer tipo de dieta. NOCEK & RUSSEL (1987) defendem que a concentração de $N-NH_3$ simplesmente não é tão importante quanto se considerar o balanço entre as disponibilidades de nitrogênio e carboidratos, em função da elevada interdependência desses fatores.

No caso das dietas com BAH encontrou-se uma tendência para valores mais baixos em dietas com maiores proporções de BAH ou quando comparado com o BIN (CASTRO, 1989; FIGUEIREDO, 1990; SILVA, 1990). CASTRO (1989) obteve concentrações menores de $N-NH_3$ apesar do consumo de proteína bruta ter sido maior nessa dieta em relação a dieta com BIN, atribuindo a isso a provável ação anti-proteolítica dos compostos fenólicos presentes no BAH. A maior concentração de açúcares solúveis presentes no BAH também pode ajudar a ocorrência dessas menores concentrações pois, na existência de maior quantidade de energia, as bactérias utilizam mais

N-NH₃ retirando-o do meio (STERN et al., 1978, PETIT & FLIPOT, 1992).

Em um trabalho com dieta a base de BAH (65%), FRANCISCO Jr & MACHADO (1990), tendo como tratamentos diferentes níveis de uréia (100g, 180 e 280g), obtiveram significativo aumento da DISI em amostras de BAH incubadas nas dietas que apresentavam os maiores níveis de N-NH₃: 33,0% para 3,43 mg/100ml ; 41,3% para 12,72 mg/100ml e 52,6% para 15,30 mg/100ml, respectivamente.

2.3.4.3. Efeito na concentração dos ácidos graxos voláteis

A produção total de AGV nas dietas com BAH é maior quando comparadas com as de BIN (RANGNEKAR et al., 1982; CASTRO, 1989). CHURCH (1975) afirma que a quantidade de AGV produzida é reflexo da atividade microbiana e da taxa de absorção destes pela mucosa ruminal. Além da velocidade de absorção, PRINS & CLARKE (1980) citam também a taxa de diluição como outra possível fonte de variação para a concentração de AGV. Mas, segundo SUTTON (1985) as proporções molares mensuradas no fluido ruminal refletem as proporções molares nas quais são produzidos. Portanto a produção mais elevada de AGV pelo BAH provavelmente é resultado de uma maior atividade dos microrganismos em função do aumento na disponibilidade de carboidratos solúveis determinado pelo

tratamento.

CASTRO (1989) observou, além do aumento na produção de AGV, uma mudança nas proporções molares com maiores proporções de ácido propiônico (C₃) na dieta de BAH, apesar da maior relação volumoso:concentrado desta dieta em relação à de BIN. Isto seria mais um indicativo que os carboidratos solúveis derivados da hidrólise da hemicelulose estariam sendo ativamente usados pelos microrganismos.

Os valores de AGV também podem servir para avaliar a eficiência do processo fermentativo. Através de cálculos (WOLIN, 1980) pode-se estimar, por exemplo, a produção de gás metano (CH₄), que apesar de necessária para servir como dreno metabólico dos íons H⁺, é uma das principais formas de perda energética do ruminante. CASTRO (1989) estimou elevadas produções de CH₄ (54,26 moles) em uma dieta com 66% de BAH, enquanto que SILVA (1990) com uma dieta com 55% de BAH e 5% de BIN, com a qual testou a presença ou ausência de bicarbonato de sódio e/ou lasalocida sódica, estimou uma produção média de 27,22 moles, sendo que a quantidade de hexose fermentada para produzir 100 moles de AGV em ambos os experimentos foi semelhante. A grande variação entre esses experimentos se deve ao efeito da lasalocida, que diminui a proporção de bactérias metanogênicas e aumenta a retenção de carbono com uma maior produção de C₃, e também ao pH bem mais elevado obtido por SILVA (1990). CASTRO (1989) observou que, apesar do BIN

oferecer menor quantidade de energia para o rúmen, a transformação desta energia foi mais eficiente. Assim a dieta de BAH precisou de 54,95 moles de hexose fermentada para produzir 100 moles de AGV, enquanto que apenas 53,81 moles de hexose fermentada produziram a mesma quantidade no caso da dieta de BIN.

CASTRO (1989) determinou menores concentrações de isoácidos nas dietas com BAH em relação as do BIN e especula que isto poderia estar limitando a atividade das bactérias celulolíticas. RUSSEL & SNIFFEN (1984) demonstraram haver aumento de crescimento e atividade microbiana com a adição de isoácidos em uma cultura mista de bactérias *in vitro*. Para as bactérias do gênero *Ruminococos*, por exemplo, os isoácidos são essências para seu crescimento (TEATHER et al., 1980).

2.4. Desempenho animal: comparação do BAH com o BIN

Em um dos trabalhos que estudaram o BIN na engorda de bovinos em acabamento, RANDER (1966) obteve bom desempenho alcançando ganhos de peso de 1,11 e 1,15 kg/dia quanto o BIN perfazia 20 e 30% da matéria da dieta. Nesse experimento o consumo de MS de BIN foi de 1,75 e 2,79 kg/dia e a conversão alimentar de 7,84 e 8,07, para a maior e menor proporção de BIN, respectivamente. PACCOLA et al. (1977) utilizando BIN em proporção bem mais elevada, 57% da MS,

enquanto estudavam o efeito de diferentes tipos de volumosos e concentrados protéicos na engorda de bovinos, obtiveram ganho de peso de 685 g/dia , consumo de MS de BIN de 3,96 kg/dia e conversão alimentar de 10,15. BURGI (1985) também obteve baixo desempenho usando o BIN na proporção de 60% da MS da dieta: 699 g/dia, conversão alimentar de 9,60 e apenas 1,91% do peso vivo de consumo.

Os resultados destes trabalhos mostram como é limitado o uso do BIN para que se obtenha ganhos de peso satisfatórios, sendo restrita sua utilização a proporções menores que 40% da MS da dieta. O tratamento com pressão e vapor visa diminuir a resistência à degradação da porção fibrosa do BIN para que ela possa ser melhor utilizada pelo animal, e dessa maneira ampliar a utilização desse subproduto.

PRESTON (1975) forneceu dietas com elevada proporção de BAH (85%) e obteve elevado consumo, chegando até a 3,33% do peso vivo, entretanto esse autor concluiu que essa dieta podia suprir os requerimentos nutricionais para manutenção e gestação, mas para crescimento, engorda e lactação seria necessário uma maior quantidade de suplementos energéticos.

PATE (1982) forneceu dietas com porcentagens de BAH iguais a 0, 14, 30 e 46% para animais em acabamento e obteve ganho de peso (g/dia), consumo de MS (kg/dia) e conversão alimentar (kg MS/kg GDP) de: 1100 g/dia, 10,21

kg/dia e 9,28 kg MS/kg GDP; 1230 g/dia, 10,93 kg/dia e 8,89 kg MS/kg GDP ; 1400 g/dia, 11,45 kg/dia e 8,18 kg MS/kg GDP e 800 g/dia, 10,42 kg/dia e 11,84 kg MS/kg GDP, respectivamente para cada tratamento. Observa-se que para o nível mais elevado houve queda no ganho de peso e elevação no índice de conversão alimentar. BURGI (1985) utilizou três níveis de BAH na dieta de bovinos em acabamento: 40, 50 e 60% na MS. Para esses três níveis, respectivamente, foram obtidos os seguintes resultados para ganho de peso (g/dia), consumo de MS (kg/dia) e conversão alimentar (kg MS/kg GDP): 960 g/dia, 9,82 kg/dia e 10,23 kg MS/kg GDP; 816 g/dia, 10,00 kg/dia e 12,25 kg MS/kg GDP e 872 g/dia, 10,13 kg/dia e 11,62 kg MS/kg GDP.

LACORTE (1987) determinou 804 g/dia de ganho de peso, 2,63% do peso vivo de consumo e conversão alimentar de 12,30, fornecendo dieta com 50% de BAH na MS para bovinos em confinamento. Resultados bem melhores foram obtidos por LANNA & BOIN (1988) que demonstraram efeito positivo significativo da adição de bicarbonato de sódio em uma dieta na qual o BAH constituía 55% da MS: 932 g/dia de ganho de peso , consumo de 2,79% do P.V. e conversão alimentar igual a 7,21. LIMA & ZANETTI (1989) obtiveram ganho de peso elevado utilizando 50% de BAH na MS da dieta, 1190 g/dia, com consumo de 2,56% P.V. e conversão alimentar de 10,19.

NUSSIO et al. (1990) testando os níveis de 0, 0,5 e 1,0% de bicarbonato na MS de dietas com 55% de BAH e 5%

de BIN não detectaram diferenças entre os tratamentos, e obtiveram GDP variando de 890 a 950 g/dia, consumo médio de 111,6 g/kg de peso metabólico e a conversão alimentar média variando de 8,47 a 8,80 kg de MS. GUTMANIS (1990) estudando a substituição de cana-de-açúcar, em uma dieta com 50% de concentrado, pelo BAH nos níveis de 10, 20, 30 e 40% obteve os seguintes resultados para ganho de peso (g/dia), consumo (% PV) e conversão alimentar (kg MS/ kg GDP): 1130 g/dia, 2,89% PV e 9,59 kg MS/ kg GDP; 1127 g/dia, 3,10% PV e 10,47 kg MS/ kg GDP; 1075 g/dia, 3,24% PV e 11,32 kg MS/ kg GDP e 967 g/dia, 3,25% PV e 12,58 kg MS/ kg GDP. A dieta com 50% de cana apresentou o pior resultado: 845 g/dia, 2,59% PV e 11,29, para as mesmas variáveis. SANTOS (1990) obteve com uma dieta com 40% de concentrado na MS e entre 50 e 60% de BAH ganho de peso médio de 1,21 kg/dia.

Os resultados desses experimentos confirmam os altos níveis de consumo proporcionados pelo BAH. A maioria dos pesquisadores defendem que os desempenhos satisfatórios atingidos com o uso do BAH, principalmente quando comparado com o BIN, seriam função do maior consumo de concentrados determinado pelo maior consumo da dieta com BAH. Pode-se observar, ainda, que a conversão alimentar tem a tendência a apresentar valores mais elevados com o aumento do nível de BAH na dieta, indicando uma menor eficiência na utilização dos alimentos.

É interessante observar também, através dos

resultados dos experimentos com o BAH, que desde os primeiros trabalhos até os mais recentes, houve uma evolução considerável na utilização desse alimento. Contribuíram para esse fato: a melhoria do tratamento do BIN a pressão e vapor, bem como a escolha da melhor combinação de tempo e pressão, o uso de tamponantes, fornecimento de fonte de fibra longa, fornecimento mais adequado de N amoniacal e energia e uso de modificadores da fermentação ruminal, como a lasalocida sódica.

Uma das dúvidas que ainda persistem, é qual seria a relação volumoso:concentrado a partir da qual seria vantajoso o uso do BAH. As dietas para determinarem elevado ganho diário de peso (GDP), precisam possuir grande densidade energética, o que é conseguido com a inclusão de grandes quantidades de concentrado. Nessas condições, a importância do volumoso na determinação do GDP é diminuída, não só em função da menor quantidade, mas também devido às baixas taxas de degradação da fibra, prevaescentes nesse tipo de dieta. Assim, em função disso, deve haver uma proporção máxima abaixo da qual o tratamento do BIN não traga qualquer benefício.

O objetivo desse trabalho é determinar o efeito da substituição do BAH pelo sorgo e comparar isso com a substituição do BIN pelo sorgo, com a finalidade de determinar se há vantagem na auto-hidrólise do BIN com os níveis de volumosos estudados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Ensaio de avaliação da fermentação ruminal e degradabilidade "in situ"

3.1.1. Descrição dos tratamentos

As dietas que compunham os tratamentos utilizados no ensaio de avaliação da fermentação ruminal podem ser observados no quadro abaixo:

Tabela 3 - Composição percentual das dietas (Base Seca)

Ingredientes	Tratamentos			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
Bagaço Hidrolisado	-	26,3	38,9	52,5
Bagaço Cru	26,3	-	-	-
Sorgo	47,0	47,0	34,0	20,0
Uréia	0,2	0,2	0,6	1,0
Melaço	6,0	6,0	6,0	6,0
Levedura Umida	15,0	15,0	15,0	15,0
Farelo de Algodão	3,0	3,0	3,0	3,0
Bicarbonato de Sódio	0,8	0,8	0,8	0,8
Minerais	1,7	1,7	1,7	1,7

TRATAMENTO DO BAH: 13kgf/cm² durante 8 minutos

Cada animal recebeu cerca de 210 mg de Lasalocida sódica/dia

3.1.2. Descrição dos períodos experimentais

Foram utilizadas quatro vacas, fistuladas ruminalmente, mantidas em baias individuais, onde foi possível controlar o consumo de alimentos e de água. Os animais foram designados por números de 1 a 4. O peso desses animais foi determinado imediatamente antes do início do experimento: 425 kg para vaca 1, 330 kg para a vaca 2, 274 kg para a vaca 3 e 305 kg para a vaca 4.

Os animais recebiam o equivalente a 2,1 % de seu peso vivo (PV) em MS. Os horários de alimentação foram: 7, 13 e 19h. Os animais recebiam 25% da dieta em cada um dos dois primeiros horários e os 50% restantes, no último horário.

Cada período experimental teve a duração de 4 semanas, sendo que as três primeiras foram consideradas como de adaptação dos animais a dieta. A última semana era dedicada as coletas de fluido ruminal e determinação da degradabilidade *in situ* (DISI).

Na semana de coleta foram coletadas amostras das dietas no cocho, bem como das sobras, para determinação da composição bromatológica. Nos dias de coleta foram monitorados o consumo de alimento e de água entre as coletas.

3.1.3. Descrição das coletas

A coleta de fluido ruminal foi feita com auxílio de uma bomba de vácuo ligada a uma mangueira cuja extremidade era recoberta por uma sacola de DACRON. A extremidade com a sacola de DACRON era introduzida no rúmen através da cânula ruminal, e atuava como um filtro deixando passar apenas o fluido ruminal, que, através da mangueira, era recolhido em um vidro no qual a bomba de vácuo provocava a pressão negativa. Com o cuidado de explorar as várias regiões do rúmen, eram extraídos cerca de 200ml de fluido ruminal. A partir dessa amostra foram determinadas as seguintes variáveis: ácidos graxos voláteis (AGV), concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e pH.

As coletas foram realizadas imediatamente antes do fornecimento das refeições e duas horas depois. Dessa forma os horários de coleta foram os seguintes: 7h, 9h, 13h, 15h, 19h e 21h.

3.1.4. Determinação das variáveis

O pH foi determinado tomando-se uma alíquota de 50ml de fluido ruminal e procedendo a leitura diretamente em um potenciômetro.

O mesmo volume de amostra foi utilizado para a determinação de AGV. Essa alíquota foi centrifugada por 20

minutos, sendo em seguida retirado 1ml do sobrenadante, que foi transferido para um frasco de vidro, tipo snap-cap, contendo já 0,2ml de ácido fórmico. As amostras, assim preparadas, foram mantidas em congelador a -14°C até sua determinação por cromatografia em fase gasosa. A coluna utilizada era de vidro empacotada com CARBOPACK e a leitura foi realizada em um detector de ionização de chamas. O N_2 foi o gás de arraste utilizado, o O_2 foi o comburente e o H_2 o combustível, com vazões de 30, 400 e 40ml/min., respectivamente. Trabalhou-se com o vaporizador à temperatura de 135°C , a coluna de separação a 120°C e o detector a 205°C . A quantidade de amostra injetada era igual a $1\mu\text{l}$. Para cada amostra foram feitas 3 injeções e a cada 30 injeções, ou menos, era injetado o padrão no qual se basearam os cálculos, realizados com o auxílio do programa de computador INTEGRA, especialmente desenvolvido para esse fim.

Com os resultados das concentrações molares individuais dos AGV de cada dieta, foi possível o cálculo das seguintes variáveis: concentração total de AGV (mM/100ml), porcentagem molar de cada AGV, relação molar acético/propiónico (C_2/C_3), estimativa de hexose fermentada a nível de rúmem e produção de CO_2 e CH_4 , segundo o método de WOLIN (1960).

O N-NH_3 foi determinado a partir da amostra do fluido ruminal que permaneceu em frascos de vidro, semelhantes aos usados para as amostras de AGV, no congelador

até posterior determinação. As amostras, centrifugadas no dia da coleta, foram processadas conforme metodologia descrita por CHANEY & MARBACH (1962). As leituras foram realizadas em um espectrofotômetro COLLEMAN Jr regulado para leitura com comprimento de onda igual a 630nm e os cálculos foram feitos com base em uma curva padrão.

3.1.5. Avaliação da degradabilidade *in situ*

As análises de degradabilidade *in situ* foram determinadas conforme o método de MEHREZ & ORSKOV (1977) com algumas adaptações.

Em cada período experimental, foram realizadas 5 rodadas de DISI. Cada uma delas tinha a duração de 48h, e os tempos de incubação determinados foram os de 24h e 48h.

O material incubado foi a casca de soja, previamente seca em estufa com ventilação forçada, a 55°C, durante 48h e moídas em moinho tipo WILLEY-MILL provido de peneira de 2mm.

As dimensões das sacolas eram: 6 cm por 12 cm e poros de 50µm. Em cada uma delas foram colocadas 3,00g de amostra. As 3 sacolas correspondentes a triplicata de cada horário foram colocadas juntas, dentro de uma saco telado preso a uma corda de náilon cuja extremidade inferior apresentava um peso para que as amostras permanecessem no saco ventral do rúmen. A outra extremidade dessa corda de

náilon ficava fora do rúmen presa pela pressão exercida pela tampa da cânula e tinha como acabamento uma peça plástica para facilitar a retirada do conjunto.

Ao fim do tempo de incubação cada grupo de sacolas era retirado e imediatamente submerso em um recipiente com gelo, a fim de cessar o processo fermentativo. Em seguida eram colocadas em sacos de náilon e ficavam 45 minutos em um tanque de lavar roupas doméstico de fibra de vidro dotado de motor, sob forte agitação. Por fim eram mantidas durante 24h em estufa com ventilação forçada e , então, pesadas em uma balança eletrônica digital com precisão de centigramas.

Durante o processo de lavagem das sacolas com a casca de soja, há perdas de frações solúveis e de não solúveis que tenham dimensões menores que os poros das sacolas. Para eliminar esse erro do método, foi feita a lavagem da casca de soja não incubada a fim de se determinar as perdas por lavagem. O cálculo das variáveis, então, foi feito conforme a seguinte equação:

$$DISI\% = [1 - (\frac{\text{resíduo incubado(g)}}{\text{peso amostra(g)}} \times \frac{\text{resíduo lavagem(g)}}{\text{peso amostra(g)}})] \times 100$$

3.1.6. Análise estatística

O período experimental foi repetido 4 vezes, conforme esquema abaixo, de forma a constituir um delineamento em quadrado latino 4X4.

Tratamento	Período			
	I	II	III	IV
BC26	V4	V1	V2	V3
BH26	V3	V4	V1	V2
BH38	V1	V2	V3	V4
BH52	V2	V3	V4	V1

V1= vaca 1, V2= vaca 2, V3= vaca 3 e V4= vaca 4

As variáveis determinadas para a avaliação da fermentação ruminal foram medidas no tempo, e analisadas como parcelas sub-divididas, através de um modelo proposto por GILL (1986).

Todas as análises foram efetuadas através do programa estatístico SAS (1986). A análise de variância foi realizada levando em consideração o efeito de tratamento, através do procedimento ANOVA.

Para a análise estatística dos dados de DISI, o delineamento utilizado foi o mesmo para análise da fermentação ruminal. Os dois tempos de incubação, entretanto foram analisados independentemente.

Todas as análises para a DISI foram efetuadas através do programa estatístico SAS (1986). A análise de variância foi realizada, através do procedimento ANOVA, levando em consideração o efeito de tratamento

As diferenças entre as médias foram analisadas, tanto para a avaliação de fermentação ruminal como para a DISI, através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.2. Ensaio da digestibilidade *in vivo* e balanço de nitrogênio

3.2.1. Descrição dos tratamentos

Os tratamentos utilizados para o ensaio de digestibilidade *in vivo* e balanço de nitrogênio são os mesmos usados no ensaio de avaliação de fermentação ruminal e podem ser observados na tabela 3 do item 3.1.1.

3.2.2. Descrição do período experimental

No ensaio de digestibilidade *in vivo* e balanço de nitrogênio (ND) foram utilizados oito carneiros machos castrados. Esses animais foram previamente tratados contra ectoparasitas e endoparasitas.

No primeiro dos quatro períodos os animais, na

primeira semana, receberam a dieta BH52 soltos em piquetes, com a finalidade de adaptação. Na segunda semana, foram colocados nas gaiolas metabólicas, e passaram a receber as mesmas dietas do ensaio de avaliação ruminal. Estas eram fornecidas em duas refeições diárias nos seguintes horários: 6 e 18h, e foram gradativamente aumentadas para se determinar o consumo máximo. Na terceira semana os animais receberam 80% do consumo máximo determinado anteriormente, para evitar sobras. A quarta semana, foi a semana da coleta, quando foram coletadas amostras de alimento, sobras, fezes e urina. Os outros 3 períodos foram semelhantes, sendo que os animais permaneciam poucos dias no piquete entre um período e outro, e então retornavam as gaiolas. Na semana anterior à coleta passavam a receber 80% do consumo máximo.

3.2.3. Descrição das coletas

O material analisado foi coletado durante 8 dias. No primeiro dia não foram coletadas as fezes e, no último dia, não foram coletadas amostras de alimento. Nos demais dias coletou-se alimentos e fezes duas vezes ao dia, coincidentemente com os horários de alimentação. Assim, em cada um dos horários de alimentação, era retirada uma amostra de 10% do total fornecido a cada carneiro, sendo que quantidade equivalente era preparada em excesso, de forma que o animal recebesse exatamente a quantidade estipulada. As

fezes eram coletadas na totalidade e dela, após homogenização, era retirada uma alíquota de 20%. Na primeira coleta do dia eram coletadas as sobras de alimento e a urina. Das sobras se coletava usualmente 20%, mas quando havia quantidade muito reduzida coletava-se integralmente. A urina era coletada em recipiente contendo 50ml de solução de HCl 1:1. Em todas as coletas foram coletadas 10% de urina. Após as coletas essas amostras eram armazenadas em congelador a menos 14°C.

3.2.4. Variáveis determinadas

Do material coletado, alimento, fezes e urina, de cada período, foi feita uma amostra composta. As seguintes determinações foram efetuadas nas amostras de alimento, sobras e fezes: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM) e fibra detergente ácido (FDA). Nas amostras de urina foi determinada a porcentagem de nitrogênio. As análises de FDA foram feitas segundo a metodologia de GOERING & VAN SOEST (1970). As demais foram efetuadas segundo a A.O.A.C. (1965).

3.2.5. Análise estatística

Os oito carneiros utilizados foram dispostos em dois quadrados latinos 4x4, conforme esquema abaixo.

Tratamento	Período			
	I	II	III	IV
BC26	C1/C2	C7/C8	C3/4	C5/C6
BH26	C3/C4	C5/C6	C7/C8	C1/C2
BH38	C7/C8	C1/C2	C5/C6	C3/C4
BH52	C5/C6	C3/C4	C1/C2	C7/C8

C1= carneiro 1, C2= carneiro 2, C3= carneiro 3, C4= carneiro 4, C5= carneiro 5, C6= carneiro 6, C7= carneiro 7 e C8= carneiro 8.

Esse dois quadrados latinos foram agrupados em um retângulo latino conforme MEAD & CURNOW (1986). A análise de variância foi realizada levando em consideração o efeito de tratamento. Como houve a morte dos carneiros de número 3 e 7 durante o experimento, após o segundo período, os dados deixaram de ser balanceados, razão pela qual se utilizou do procedimento Modelos Lineares Gerais do programa estatístico SAS (PROC GLM).

O carneiro 3 morreu em decorrência de complicações após ter uma perna fraturada por causa de uma queda da gaiola metabólica. O carneiro 7 morreu por razões

desconhecidas, mas a dissecação de seu cadáver revelou alterações no fígado e impedimento do trânsito fecal no intestino grosso. Nenhum outro carneiro apresentou até o fim do ensaio problemas que pudessem ser associados ao que ocorreu com o carneiro 7, o que sugere ter sido um fato isolado e não um problema de intoxicação por causa do BAH, como se chegou a suspeitar.

A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3. Ensaio de desempenho animal

3.3.1. Descrição dos tratamentos

As dietas que compunham os tratamentos utilizados para o ensaio de desempenho animal podem ser visualizados na tabela número 4.

Além das dietas da tabela 4, ainda houve um outro tratamento, no qual foi fornecida a dieta BH52 na primeira metade do período experimental e no restante do tempo, a dieta BH38. Esse tratamento foi designado BH52/38.

Tabela 4 - Composição percentual das dietas utilizadas no ensaio de desempenho animal (Base Seca)

Ingredientes	Tratamentos				
	BC 26	BH 26	BC 38	BH 38	BH52
Bagaço Hidrolisado	-	26,3	-	38,9	52,5
Bagaço Cru	26,3	-	38,9	-	-
Sorgo	47,0	47,0	34,0	34,0	20,0
Uréia	0,2	0,2	0,6	0,6	1,0
Melaço	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Levedura Úmida	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Farelo de Algodão	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Bicarbonato de Sódio	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Minerais	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

TRATAMENTO DO BAH: 19kgf/cm² durante 8 minutos.

Cada animal recebeu cerca de 210 mg de Lasalocida sódica/dia

3.3.2. Descrição dos períodos pré-experimental e experimental

O ensaio de desempenho animal foi realizado nas instalações de confinamentos experimentais da Usina São Martinho em Pradópolis-SP no período de 9 de julho a 10 de outubro de 1990.

Em uma fase pré-experimental, foram apartados, vermifugados e vacinados 72 animais, fêmeas, da raça nelore. Eles foram colocados em baias coletivas recebendo a dieta

BH52, fornecida em 3 horários: 10,16 e 22h. Em seguida foram todos pesados por 3 dias consecutivos. Após 3 semanas, repetiu-se essa operação. Foi possível então calcular o ganho de peso de cada animal nessa fase pré-experimental. Com esse dado e o peso inicial foram alocados 10 animais em cada um dos seis lotes, cada um referente a um tratamento, num total de 60 animais, de forma que a média do peso inicial e o ganho de peso dos diferentes lotes fossem semelhantes.

Os animais de cada lote foram encaminhados para suas baias definitivas onde passaram a receber as dietas de seus respectivos tratamentos. O alimento foi fornecido de maneira que houvesse sobra de pelo menos 20% da quantidade oferecida. As sobras foram pesadas uma vez ao dia para que fosse possível determinar o consumo médio dos lotes.

Foram realizadas análises laboratoriais a cada 2 semanas. Foram analisadas as dietas e as sobras para: MS, PB, EE, FB, MM, Ca, P, K, Mg, S, Cu, Fe, Mn, I e Zn. A cada 15 dias foram examinados os dados de consumo de MS e nutrientes. A concentração de nutrientes das dietas atendem perfeitamente as exigências do NRC (1984). A porcentagem de PB está acima das recomendações do NRC porque não se sabe o valor biológico da levedura.

No final do período experimental, que durou 90 dias, foram novamente realizadas as 3 pesagens, como no início do experimento.

3.3.3. Variáveis determinadas

As pesagens no início e fim do experimento possibilitaram o cálculo do ganho diário de peso (GDP). O controle das sobras de cada lote permitiram determinar o consumo médio de cada lote. Com o consumo em kg de MS e o GDP diário foi determinada a conversão alimentar (CA), ou seja, quantos quilos de MS são necessários para o animal ganhar um quilo de peso vivo.

3.3.4. Análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado.

Todas as análises foram realizadas através do programa estatístico SAS (1986). A análise de variância para a variável GDP foi realizada levando em consideração o efeito de tratamento, tendo sido utilizado procedimento ANOVA do SAS. No caso da variável consumo, foram utilizadas as médias semanais de cada lote, e a análise de variância também considerou o efeito tratamento.

As diferenças entre as médias foram analisadas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição químico-bromatológica das dietas experimentais

A tabela 5 contém os valores das análises bromatológicas das dietas utilizadas nos ensaios de digestibilidade e avaliação da fermentação ruminal.

Tabela 5 - Composição bromatológica média percentual das rações fornecidas aos animais nos ensaios de digestibilidade e de avaliação da fermentação ruminal

Parâmetros	Tratamentos			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
MS	51,5±2,2	48,7±0,8	45,4±1,0	42,8±0,8
PB	11,7±1,1	12,3±1,7	12,4±1,1	11,4±1,1
FB	19,0±1,3	14,6±1,0	19,1±0,4	24,3±0,8
FDA	28,4±2,6	25,3±1,4	32,5±1,5	38,0±2,1
MM	5,3±0,8	5,1±0,2	5,2±0,2	5,3±0,1
NDT	64,4	68,4	63,6	58,5

MS=Matéria Seca; PB=Proteína Bruta; FB = Fibra Bruta;
 FDA=Fibra Detergente Ácido; MM = Matéria Mineral;
 Valores base usados no cálculo de NDT (Nutrientes Digestíveis Totais): BAH = 45%, BIN = 30%, Sorgo = 80%, Melão = 88%,
 Levedura = 76% e Farelo de Algodão = 75%.

O teor de MS da dieta BH26 é menor que o da BC26 pois o BAH apresenta maior umidade que o BIN. As dietas de BAH têm sua MS diminuída conforme se aumenta a quantidade desse volumoso, uma vez que este substitui o grão de sorgo moído que tem teor de MS muito mais elevado. Outra alteração provocada por essa substituição são os diferentes níveis de fibra apresentados pelas dietas experimentais. Pode-se observar ainda que as dietas são isonitrogenadas, o que foi conseguido pela inclusão de maiores teores de uréia nas dietas com maiores proporções de BAH. Os valores de NDT que constam dessa tabela são uma estimativa feita a partir dos valores de NDT dos ingredientes das dietas encontrados em tabelas, e mostram que as dietas com maiores quantidades de BAH são menos energéticas.

4.2. Variáveis ruminais

4.2.1. Consumo dos animais durante as coletas

Os animais utilizados na avaliação dos parâmetros ruminais receberam o equivalente a 2,1% do peso vivo (%PV). Como o peso dos animais variava muito, a quantidade fornecida de alimento foi oferecida individualmente, conforme o peso do animal. Os valores médios para o consumo de cada tratamento podem ser visualizados na tabela 6, como porcentagem do peso vivo.

Apesar do valor da dieta BC26 ser bem mais baixo em relação as dietas com BAH, isto se deve mais ao comportamento particular de um animal, do que a dieta em si. Esse animal apresentou consumo inferior também recebendo outras dietas, mas, no caso da BC26, ele consumiu menos que a metade do alimento oferecido. O elevado desvio padrão apresentado pelo tratamento BC26 pode ser atribuído a esse fato.

Tabela 6 - Resultados médios da porcentagem de alimento ingerido em relação ao oferecido encontrados nos diferentes tratamentos.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
Consumo(C%PV)	1,78±0,56 ¹	2,04±0,13	2,10±0,00	1,96±0,17

1 = Desvio padrão

Esses valores de consumo são importantes pois foram determinados nos dias de coleta e as variáveis analisadas são afetadas pelo nível de consumo. Dessa forma, os resultados mais provavelmente afetados foram os da dieta BC26. Assim, deve-se analisá-los com cuidado. Uma análise mais detalhada dos resultados dessas variáveis, entretanto, indica que as diferenças causadas pelo menor consumo, foram

mais no sentido de reforçar tendências, do que propriamente alterar conclusões.

4.2.2. pH ruminal

Os dados médios diários do pH ruminal são mostrados na tabela 7 e sua variação entre os horários de coleta pode ser observada na figura 1.

Tabela 7 - Resultados médios de pH encontrados nos diferentes tratamentos.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
pH	6,62±0,28 ¹	6,08±0,53	6,26±0,39	6,30±0,41

1 = Desvio padrão

Apesar de todas as dietas de BAH possuírem mais de 21% de FDA na MS, valor que DE FARIA & HUBER (1984) apregoam ser suficiente para garantir que o pH não seja inferior a 6, isso não se verifica no caso do BAH (fig. 1). A razão disso é que, além do aspecto quantitativo, existe o fator qualitativo da fibra, no sentido que esta exerça suficiente estímulo para a ruminação, decorrente produção de saliva e, conseqüentemente, valores de pH mais adequados à

Figura 1 - Efeito dos diferentes tratamentos na variação de pH ao longo do dia entre a primeira e última coleta

degradação da fibra (WOODFORD et al., 1986). As características físicas do BAH são insuficientes para o adequado estímulo, tendo sido bem evidente a baixa atividade de ruminação de animais recebendo dietas baseadas nesse alimento. Além disso, o BAH apresenta alto teor de açúcares rapidamente fermentescíveis, prontamente transformados em AGV, e elevada acidez, que também contribuem para níveis de pH inadequados.

O valor médio de pH das dietas BH52 e BH38 foram semelhantes aos de trabalhos com elevada proporção de BAH na dieta e alguma fonte de fibra integral (COSTA, 1987 e FIGUEIREDO, 1990), mas bem superior a média de 5,89 obtida por CASTRO (1989). Isto se deve a inclusão de 0,8% de bicarbonato de sódio na dieta e ao fato de se fornecer o alimento em três refeições, contra apenas duas de CASTRO.

No caso dos dados de COSTA (1987), apesar da média 6,34, o pH permaneceu por mais de 6 horas abaixo de 6,0. As dietas BH38 e BH52 só apresentaram valores inferiores a 6,0, na coleta após a última alimentação, na qual os animais recebiam o dobro da quantidade de alimento recebido nas outras duas alimentações. Isto nos indica que, provavelmente, o tempo de permanência de valores nessa faixa seja menor do que o relatado por COSTA (1987). HOOVER (1986) ressalta a importância do tempo de permanência em níveis abaixo da faixa ideal para a ação das bactérias celulolíticas, afirmando que reduções cíclicas moderadas e de

curta duração causam pequena depressão na digestão da fibra, enquanto que reduções maiores, por períodos mais longos causam grandes diminuições.

Podemos observar através da figura 1 que o pH ruminal determinado pela dieta BH26 permaneceu a maior parte do tempo na faixa de valores menores que 6,2, valor considerado limite para a atividade das bactérias celulolíticas (KAUFFMANN et al., 1980).

A comparação da dieta BC26 com a BH26, que apresentaram o maior e o menor valor médio de pH, respectivamente, tendeu a ser significativa ($p=0,17$). Isto mostra o grande efeito causado, nessa variável, pela substituição do BIN pelo BAH, o que concorda com resultados obtidos por CASTRO (1989). Caso fosse principalmente a inclusão do BAH responsável por esse efeito, era de se esperar que com o aumento da proporção de BAH o pH caísse ainda mais. Entretanto, observa-se uma tendência de elevação de pH conforme se aumenta a proporção de BAH na dieta. Estes resultados nos indicam que o efeito responsável pelo menor pH na dieta BH26 é associativo entre a elevada quantidade de amido e a baixa estimulação física do BAH, e que maiores quantidades desse volumoso devem aumentar o estímulo para salivação, se não propriamente pela ruminação, talvez por um maior tempo de mastigação.

4.2.3. Concentração de nitrogênio amoniacal

Os valores das concentrações médias de N-NH₃ ruminal dos diferentes tratamentos podem ser observados na tabela 8 e a variação ao longo do dia através da figura 2.

Tabela 8 - Resultados médios de nitrogênio amoniacal encontrados nos diferentes tratamentos.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
N-NH ₃ (mg/100ml)	4,34±1,90 ¹	3,57±1,87	4,76±3,22	6,35±4,53

1 = Desvio padrão

Existe grande diversidade de recomendações quanto ao nível de N-NH₃ ideal para a máxima digestão ou máxima produção microbiana, com valores variando desde 0,35 até 29mg/100ml. As médias encontradas estão entre os valores mais modestos recomendados e isto pode levantar a suspeita que este tenha sido um fator limitante na degradação ruminal das dietas. Entretanto, a própria faixa de valores, bastante ampla, não permite uma análise conclusiva a respeito. ERDMAM et al. (1986) procuraram associar o nível de N-NH₃ para a máxima degradação com a fermentabilidade da dieta, obtendo correlação positiva entre essas variáveis ($r^2 = 0,50$).

Aplicando a equação proposta por esses autores aos valores estimados de fermentabilidade das dietas experimentais, temos que os níveis de $N-NH_3$ observados ficaram aquém dos resultados preconizados por essa equação. Ainda assim, não é nada conclusivo pois a equação explica apenas 50% dos resultados. Em outro trabalho, SONG & KENNELLY (1989), infundindo quantidades crescentes de bicarbonato de amônia e obtendo concentrações médias de $N-NH_3$ desde 4,4 até 14,0 mg/100 ml, observaram estimulação do crescimento bacteriano e fermentação, mas pouca alteração na extensão de degradação dos alimentos estudados, que foram: farelo de soja, grão de cevada e farinha de peixe.

Entre os tratamentos BH26 e BH52, apesar da grande diferença numérica, foi detectada apenas tendência ($p < 0,13$) a serem estatisticamente diferentes. Isso é consequência da grande variação observada nessa variável, fato esse que se repete em outros trabalhos nos quais ela foi determinada (CASTRO, 1989; SILVA, 1990 e FIGUEIREDO, 1990).

Conforme se observa na figura 2, as curvas das concentrações de $N-NH_3$ das dietas com BAH são semelhantes e a tendência de valores mais elevados está de acordo com o maior teor de uréia presente nas dietas com maior proporção de BAH: 1,00% na MS da BH52 contra 0,60% na BH38 e 0,20% na dieta BH26. As curvas se mantêm com pequenas variações entre os horários de alimentação, mas após o último deles existe um grande aumento, principalmente para as dietas com mais uréia.

Isto se deve ao fato de nesse horário ser fornecido 50% do total da dieta no dia. PRESTON & LENG (1987) chamam a atenção para o fato que não existe a necessidade de se manter o nível de $N-NH_3$ elevado durante todo o tempo, mas apenas no momento de maior atividade fermentativa, quando é requerido em maior quantidade. Na verdade, é preciso que exista um sincronismo entre a disponibilidade de $N-NH_3$ e energia para que o crescimento dos microrganismos seja eficiente proporcionando maior quantidade de proteína microbiana e maior degradação dos alimentos fibrosos (NOCEK & RUSSEL, 1988). No caso da ocorrência de picos mais elevados, como o da dieta BH52, é possível que esteja havendo excesso de $N-NH_3$ naquele momento. Este excesso então pode ser absorvido através das paredes do rúmen para o plasma sanguíneo, tendo duas destinações principais: a excreção, que representa, além da perda de $N-NH_3$, elevado custo energético, e a reciclagem para o rúmen. A reciclagem pode ajudar a compensar deficiências de $N-NH_3$, em uma segunda etapa após o pico, mas só se a atividade fermentativa ainda exigir maiores concentrações.

Se por um lado é possível que a diferença entre os tratamentos não seja tão grande devido a ação anti-proteolítica dos compostos fenólicos (JUNG & FAHEY, 1980) presentes no BAH, por outro lado, as dietas com menor proporção de BAH, apresentam maior quantidade de amido, que também podem contribuir para menores valores de $N-NH_3$, uma vez que na presença dele existe mais energia disponível para

Figura 2 - Efeito dos diferentes tratamentos na variação da concentração de N-NH₃ entre a primeira e última coleta

que as bactérias utilizem o N-NH₃, retirando-o do meio (STERN et al., 1978, PETIT & FLIPOT, 1992). Além disso, com maior quantidade de material fermentescível, o pH é menor, o que diminui a solubilidade da proteína e a proteólise microbiana (LOERSCH et al., 1983). É exatamente esse fato, associado com a possível ação anti-proteolítica do BAH, que pode explicar o valor numericamente inferior da concentração de N-NH₃ para a dieta BH26 quando comparada com a BC26.

4.2.4. Concentração de AGV

Os dados referentes a produção de AGV estão resumidos nas tabelas 9 e 10 e podem ser visualizados graficamente nas figuras 4 e 5. A variação da concentração de AGV total ao longo do dia, entre as coletas, pode ser visualizada na figura 3.

A produção de AGV total tende a ser maior para as dietas de BAH ($p < 0,10$). Esta tendência fica bem demonstrada na comparação das dietas BC26 e BH26, tendo esta última uma produção total de AGV cerca de 29% superior. Essa diferença pode ser atribuída a maior quantidade de material fermentescível posto em disponibilidade para os microrganismos do rúmem pelo tratamento do BIN.

Tabela 9 - Resultados médios das concentrações de ácidos graxos voláteis encontrados nos diferentes tratamentos (mmoles/100ml).

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
C ₂	4,88±0,60 ^{b 2}	5,34±0,69 ^{ab}	5,36±0,92 ^{ab}	5,71±0,89 ^a
C ₃	1,82±0,51 ¹	3,51±1,53	2,68±0,70	2,72±0,62
C ₄	0,90±0,44	1,14±0,45	1,21±0,37	1,11±0,38
AGV total	7,61±1,31	9,99±1,68	9,25±1,63	9,55±1,59

1 = Desvio padrão

2 = Letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

C₂ = Ácido acético, C₃ = Ácido propiônico, C₄ = Ácido butírico

A dieta BC26 apresentou valores menores para todos AGV analisados, entretanto apenas o C₂ foi significativamente inferior ($p < 0,05$) ao valor encontrado para a dieta BH52. A concentração de C₃ da dieta BC26, apesar de equivaler a pouco mais que a metade do valor para a dieta BH26, não difere estatisticamente desta ($p = 0,17$) em razão da grande variação observada para esta variável. Esse aumento de C₃ é resultado do aumento de carboidratos solúveis, provenientes da degradação da hemicelulose pelo tratamento do BIN (CASTRO, 1989).

A baixa porcentagem de C₃ encontrada na dieta BC26 não era esperada em virtude da alta porcentagem de

concentrados (74%) que geralmente está associada a uma maior produção desse ácido. DE FARIA & HUBER (1984) observaram comportamento semelhante quando comparavam dietas com crescentes quantidades de milho grão, sugerindo que o aumento de C2 e C4, em vez do esperado aumento de C3, foi devido a manutenção do pH superior a 6,0. Estes autores comentam que a maioria dos trabalhos onde altas quantidades de grão determinaram aumento de C3, apresentavam pH inferiores a 5,5. No caso da dieta com BIN, o pH se manteve em todas as coletas maior que 6,0. Colaboraram para que isso ocorresse, além do maior estímulo à ruminação causado pelo BIN: a ingestão mais lenta e o menor consumo observados na dieta desse volumoso e, também, por causa do amido do sorgo que, possuindo elevada quantidade de amilose, apresenta difração em raio X do tipo β , o que explica sua menor degradabilidade (CHESSON & FORSBERG, 1988). Inversamente, a dieta BH26 apresentou a maior proporção de C3. O BAH determina condições ruminais antagônicas aquelas propícias ao desenvolvimento das bactérias metanogênicas, ou seja: maior atividade fermentativa, baixo pH e elevada taxa de passagem ruminal (VAN SOEST, 1982). A diminuição na população causada por causa dessas condições faz com que exista uma mudança no padrão de fermentação, que consiste exatamente no aumento de produção de C3, para que se mantenha o balanço fermentativo.

Figura 3 - Efeito dos diferentes tratamentos na variação da concentração total de AGV ruminal entre as coletas

Tabela 10 - Resultados médios da porcentagem molar dos ácidos graxos voláteis encontrados nos diferentes tratamentos.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
% C ₂	64,80±5,96 ¹	54,09±6,31	59,08±3,03	59,97±2,69
% C ₃	23,75±4,03	34,01±10,76	28,91±5,33	28,38±3,66
% C ₄	11,45±3,70	11,90±5,37	13,01±3,13	11,65±3,70
C ₂ /C ₃ ²	2,85±0,79	1,82±0,77	2,10±0,51	2,16±0,36

1 = Desvio padrão

2 = Relação molar entre os ácidos acético e propiônico.

A relação molar C₂:C₃ é numericamente bem superior para a dieta BC26, contudo pelas mesmas razões do resultado da concentração de C₃, da qual é derivada, não existe diferença estatística. O menor valor para essa variável é o da dieta BH26. As demais dietas com BAH apresentam valores bem semelhantes. O valor intermediário das dietas BH38 e BH52 se deve principalmente ao declínio na produção de C₃ e, em menor grau, a um aumento de C₂ em função da diminuição do amido e aumento de material fibroso, respectivamente. A fermentação ruminal mais eficiente para o ganho de peso (GDP) é aquela que apresente a maior proporção de C₃. Uma das razões é que, desde que ocorra um fluxo de carbono e hidrogênio, que seriam perdidos como metano, para a produção de C₃, existe um aumento na energia metabolizável

Figura 4 - Efeito dos diferentes tratamentos nos resultados médios das concentrações de AGV

disponível. Outra razão é que o C₃ é usado mais eficientemente pelo animal do que o acético, isto é, seu metabolismo origina mais ATP por mol. Por fim, existe mais energia glucogênica que aumenta a eficiência de utilização da energia obtida da fermentação ruminal (PRESTON & LENG, 1987).

A tabela 11 contém os valores médios das produções dos gases CO₂ e CH₄ e quantidade de hexose fermentada por 100 moles de AGV produzidos, em moles, estimados a partir da equação proposta por WOLIN (1960).

Não há nenhuma diferença significativa entre essas variáveis. A produção de CH₄ da dieta BC26 foi cerca de 31% superior a da dieta BH26, havendo uma tendência a ser significativa (p=0,24).

Tabela 11 - Resultados médios das estimativas de produção de gases e hexose fermentada no rúmen a partir da proporção de C₂, C₃ e C₄.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
Moles/100 Moles de AGV produzidos				
CO ₂	55,52±3,64 ¹	53,40±7,90	55,78±4,33	54,55±4,42
CH ₄	32,19±3,02	24,49±8,07	28,31±3,99	28,72±2,75
Hexose	55,73±1,85	55,95±2,68	56,50±1,56	55,82±1,85

1 = Desvio padrão

Figura 5 - Efeito dos diferentes tratamentos nos resultados médios das porcentagens molares dos AGV

Esse resultado era esperado pois a dieta BC26 tem proporção menor de C₃ e maior de C₂, o que aumenta a quantidade de CH₄ estimada, ocorrendo o inverso com a dieta BH26. Como consequência desse resultado para os animais que recebem essas dietas existe uma menor disponibilidade de energia metabólica para a dieta BC26, pois a cada 100 moles de AGV produzidos, esta dieta perde, na forma de CH₄, cerca de 1,6 Kcal a mais de energia do que a dieta BH26.

Quanto a quantidade de hexose fermentada no rúmen para produzir 100 moles de AGV, todas as dietas apresentaram valores muito semelhantes entre si, indicando a mesma eficiência de fermentação para todas.

4.3. Degradabilidade *in situ* do insolúvel

Os resultados das incubações das sacolas de náilon podem ser visualizados na tabela 12 e na figura 6. Esses resultados permitem indicar qual dieta proporciona condições ruminais mais adequadas à degradação da fibra.

Tabela 12 - Resultados médios da degradação *in situ* do insolúvel da matéria seca (DISIMS) da casca de soja nos dois tempos de incubação dos diferentes tratamentos em porcentagem.

Tempo de Incubação	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
24h	38,6±3,7 ^a ¹	26,8±3,0 ^b	30,4±3,8 ^b	33,1±1,0 ^{ab}
48h	55,2±9,4 ^a ²	38,1±3,1 ^b	42,5±4,8 ^{ab}	43,9±2,8 ^{ab}

1 = Desvio padrão

2 = Letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A taxa de degradação, juntamente com o potencial de degradação, é um importante fator relacionado com a digestibilidade e a ingestão de alimentos volumosos (CORSKOV, 1991). O tratamento do BIN com pressão e vapor aumenta o potencial de degradação, mas determina condições ruminais inadequadas à degradação. Têm sido, portanto, observadas baixas taxas de degradação em dietas a base de BAH, que fazem com que o benefício do tratamento, em termos de aumento de material potencialmente degradável, seja praticamente inútil.

Apesar da alta taxa de passagem ruminal ser também responsável pelo baixo aproveitamento do alimento, CASTRO (1989) concluiu que o aumento da taxa de degradação teria impacto bem maior na melhoria de sua utilização.

Figura 6 - Efeito dos diferentes tratamentos na DISI da casca de soja incubada em cada um deles por 24 e 48h

O valor de DISI da incubação das sacolinhas de náilon com casca de soja por 24 horas para a dieta BC26 foi significativamente maior ($p < 0,05$) que os valores para as dietas BH26 e BH38. Para o tempo de incubação de 48 horas, o valor de DISI para a dieta BC26 foi significativamente superior apenas ao valor da dieta BH26 ($p < 0,05$).

A análise dos dados evidencia a importância do pH na determinação da atividade fibrolítica. Os valores de pH ruminal determinados pela dieta BH26 permaneceram a maioria do tempo na faixa de valores inadequados para a degradação da fibra e, conseqüentemente, esta dieta apresentou os menores valores de DISI. De maneira oposta, a dieta BC26 apresentou valores de pH mais elevados, e sempre dentro da faixa ideal para a atividade das bactérias celulolíticas, apresentando os maiores valores de DISI. Entre as dietas de BAH, observa-se uma tendência de maiores degradações conforme se aumenta a quantidade do volumoso.

Além do menor pH, poderia se especular que a menor degradação estaria relacionada também com a elevada quantidade de carboidratos não estruturais. Acredita-se que os microrganismos celulolíticos tenham preferência pelos carboidratos não estruturais, em detrimento da digestão dos carboidratos estruturais, e que, além disso, exista uma competição por nutrientes essenciais entre os microrganismos celulolíticos e os microrganismos digestores de carboidratos prontamente fermentescíveis que proliferam neste tipo de

dieta (HOOVER, 1986). Os resultados com a dieta BC26 que, opostamente, apresentou os maiores valores de pH e DISI, tendo a mesma quantidade de amido na dieta, nos indica que o pH é mesmo o fator decisivo nas diferenças encontradas nestas variáveis. Ainda que consideremos o aumento de carboidratos não estruturais pelo tratamento do BIN, no caso da dieta BH26, a principal alteração que este aumento determina, em conjunto com outras características do BAH, é um maior abaixamento do pH, pela maior e mais rápida fermentação resultante.

As dietas BH38 e BH52 apresentaram resultados bem semelhantes também para essa variável. Como a única variável que apresentou diferença considerável, apesar de não significativa, foi a concentração de N-NH₃ (4,76 e 6,35, respectivamente), isso parece indicar que não haveria benefícios maiores para a degradação com o aumento da concentração de N-NH₃. Deve-se, todavia, considerar que essas dietas, apesar de terem apresentado atividade fermentativa semelhante, possuem níveis de energia diferentes que podem inclusive afetar a própria concentração e a necessidade de N-NH₃.

4.4. Digestibilidade *in vivo* e balanço de nitrogênio (N)

A seguir são apresentados os valores obtidos no ensaio de digestibilidade e balanço de N. Os coeficientes

de digestibilidade e a porcentagem do alimento consumido em relação ao fornecido se encontram na tabela 13. Os valores do consumo das frações brutas e digestíveis de MS, matéria orgânica (MO), FB e FDA de cada dieta podem ser visualizadas na tabela 14.

Tabela 13 - Resultados médios do coeficiente de digestibilidade *in vivo* das diferentes frações da dieta e porcentagem do consumo de matéria seca oferecida.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
MS	73,1±8,3 ^a ¹	70,4±1,7 ^{ab}	66,5±3,0 ^{bc}	63,7±5,4 ^c
MO	75,1±8,1 ^a ²	72,2±1,9 ^{ab}	68,3±2,8 ^{bc}	65,4±5,1 ^c
PB	69,8±5,0	64,4±7,1	66,0±5,2	65,5±5,3
FB	60,7±13,8	53,3±6,0	54,8±5,6	59,1±6,3
FDA	60,7±13,5 ^a	49,2±4,4 ^b	51,2±5,2 ^b	51,1±8,7 ^{ab}
CONS. (%)	70,6±21,7 ^b	91,4±9,9 ^a	94,2±6,1 ^a	96,2±6,3 ^a

1 = Desvio padrão

2 = Letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

MS = MATÉRIA SECA; MO = MATÉRIA ORGÂNICA; PB = PROTEÍNA BRUTA; FB = FIBRA BRUTA; FDA = FIBRA DETERGENTE ÁCIDO; CONS. (%) = CONSUMO EM PORCENTAGEM DA QUANTIDADE OFERECIDA.

As dietas compostas por BAH apresentaram consumos semelhantes, todos acima de 90%, o que faz com que a comparação entre os coeficientes de digestibilidade entre

elas seja consistente. Entretanto, o consumo da dieta com BIN foi significativamente inferior ($p < 0,01$), principalmente, por causa do consumo anormalmente baixo apresentado no último período por um dos animais (30%). Assim, nas comparações entre as dietas com BIN e as dietas com BAH, deve se levar em consideração essa diferença, em virtude do grande efeito do aumento do consumo na diminuição da digestibilidade (TYRREL & MOE, 1975).

Como pode-se observar pela tabela 13, os valores da dieta BC26 são significativamente superiores ($p < 0,05$) aos das dietas BH38 e BH52, para os coeficientes de digestibilidade de MS e MO. Para essas mesmas variáveis a dieta BH26 foi superior a dieta BH52. Estas diferenças já eram esperadas, uma vez que as dietas que apresentaram maiores digestibilidades são aquelas que apresentam maiores quantidades de concentrado.

Os dados de digestibilidade para a fração fibrosa das dietas com BAH, demonstram tendência contrária ao da MS e MO, com maiores valores para as dietas com maior quantidade do volumoso. Como descrevem WOODFORD et al. (1986), o aumento de material fibroso da dieta, em geral, diminui a digestibilidade da maioria dos componentes, exceto a da própria fibra, que aumenta. O valor mais elevado, tanto para FB como FDA, é da dieta BC26, o que está de acordo com os resultados obtidos no ensaio de DISI e com o menor consumo apresentado por esta dieta. No caso da FDA, houve diferença

significativa ($p < 0,05$) entre a dieta BC26 e as dietas BH38 e BH26.

A comparação dos coeficientes de digestibilidade entre a dieta com BIN e a dieta BH26, nos indica que a porção fibrosa está sendo melhor utilizada no bagaço sem o tratamento. Entretanto, o consumo significativamente menor apresentado pela dieta BC26, precisa ser levado em consideração. Caso o consumo tivesse sido semelhante, essa diferença, certamente, diminuiria. Além do efeito do maior consumo aumentando a velocidade de trânsito do alimento, existiria também um aumento na atividade fermentativa por causa de uma maior quantidade de material fermentescível posto em disponibilidade no rúmen. O resultado disso seria uma menor taxa de degradação, por causa do abaixamento do pH, e uma menor extensão de degradação causada pela maior taxa de passagem.

Como pode-se observar pela análise dos dados da tabela 14, a dieta BC26 apresentou consumo significativamente inferior para todas as frações. Entre as dietas com BAH podemos observar que os valores para MS e MO são muito semelhantes, havendo diferença significativa para as frações brutas e digestíveis de PB, FB e FDA. Os resultados encontrados para FB e FDA estão de acordo com a constituição das dietas, ou seja, a dieta BH26 que continha menos volumoso é significativamente menor que as duas outras dietas de BAH para FB e FDA, tanto a fração bruta como a

digestível. No caso da fração digestível, a diferença tende a aumentar conforme se aumenta a quantidade de volumoso e existe melhores condições para a degradação da fibra.

Tabela 14 - Resultados médios do consumo das diferentes frações brutas e digestíveis das dietas.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
MS	1314±402 ^{1 b}	1700±197 ^a	1792±205 ^a	1755±106 ^a
MS dig.	934±225 ^{b 2}	1196±123 ^a	1196±112 ^a	1118±125 ^a
MO	1246±384 ^b	1611±185 ^a	1699±185 ^a	1661±100 ^a
MO dig.	911±223 ^b	1159±116 ^a	1163±162 ^a	1087±114 ^a
PB	158±66 ^{1 c}	208±49 ^{ab}	227±41 ^a	204±21 ^b
PB dig.	108±43 ^{c 2}	136±43 ^{ab}	151±39 ^a	133±15 ^b
FB	237±75 ^b	255±39 ^b	345±43 ^a	429±32 ^a
FB dig.	137±33 ^b	135±25 ^b	190±38 ^a	254±40 ^a
FDA	350±139 ^b	440±65 ^b	593±75 ^a	668±58 ^a
FDA dig	206±81 ^b	216±38 ^b	306±67 ^a	344±82 ^a

1 = Desvio padrão

2 = Letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

MS = MATÉRIA SECA; MS dig. = MATÉRIA SECA DIGESTÍVEL; MO = MATÉRIA ORGÂNICA; MO dig. = MATÉRIA ORGÂNICA DIGESTÍVEL; PB = PROTEÍNA BRUTA; PB dig. = PROTEÍNA BRUTA DIGESTÍVEL; FB = FIBRA BRUTA; FB dig. = FIBRA BRUTA DIGESTÍVEL; FDA = FIBRA DETERGENTE ÁCIDO; FDA dig. = FIBRA DETERGENTE ÁCIDO DIGESTÍVEL

No caso da PB a diferença estatística encontrada entre a dieta BH38 e BH52 não era esperada, uma

vez que as dietas eram isonitrogenadas e o consumo de MS e MO foram semelhantes. O que ocorreu foi um consumo ligeiramente inferior de MS e valor determinado para PB também pouco mais baixo para a dieta BH52 que, associados, acabaram resultando numa diferença significativa.

Os resultados do balanço de nitrogênio podem ser visualizados na tabela 15. Não existe diferença significativa entre as dietas. Devido a perda de volumes não conhecidos de urina, que caíram na parte anterior das gaiolas metabólicas e deixaram de ser coletadas, os resultados apresentam um coeficiente de variação muito grande, que compromete a análise.

Tabela 15 - Resultados médios do balanço de nitrogênio.

	Tratamento			
	BC 26	BH 26	BH 38	BH 52
Bal. N (g)	9,2±6,8 ¹	11,3±6,2	11,1±5,1	8,8±7,7
Nur. /Ndig.	62,5±39,1	63,9±16,6	61,0±7,9	67,5±28,6
Nur. /N. ing.	44,4±30,6	40,7±9,6	40,0±5,1	43,4±16,2

1 = Desvio padrão

BAL. N = BALANÇO DE NITROGÊNIO; N ur. /N dig. = RELAÇÃO NITROGÊNIO NA URINA E NITROGÊNIO DIGERIDO; N ur /N cons = RELAÇÃO NITROGÊNIO NA URINA E NITROGÊNIO CONSUMIDO.

4.5. Ensaio de desempenho animal com bovinos em acabamento

4.5.1. Composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas no confinamento experimental

A tabela 16 mostra a composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas no ensaio de ganho de peso com bovinos em confinamento. As análises foram realizadas através de amostras coletadas no cocho dos animais pelo Laboratório de Tratamento de Água da Usina São Martinho.

Tabela 16 - Composição bromatológica média percentual das rações fornecidas para os animais no ensaio de desempenho animal.

	Tratamentos					
	BC 26	BC38	BH 26	BH 38	BH 52	BH 52/38
MS	58,73	57,58	52,87	49,54	46,66	49,95
PB	12,73	11,89	13,55	13,07	11,83	12,67
FB	14,72	18,38	12,29	14,21	17,37	15,72
FDA	25,05	30,93	23,17	28,36	34,14	32,48
MM	5,46	5,58	5,29	5,51	5,73	5,60

MS=Matéria Seca; PB=Proteína Bruta; FB = Fibra Bruta;
 FDA=Fibra Detergente Ácido; MM = Matéria Mineral;
 NDT=Nutrientes Digestíveis Totais.

Os resultados não seguem rigorosamente àqueles

obtidos para as dietas fornecidas aos animais dos ensaios de avaliação de fermentação ruminal e digestibilidade. Contudo, não existem graves distorções, mantendo-se as características que distinguem cada tratamento. As diferenças se devem: a diferentes partidas dos alimentos constituintes, tempo de armazenagem (no caso do BIN e do BAH) e, principalmente, a terem sido realizadas em laboratórios diferentes.

4.5.2. Resultados do ensaio de desempenho animal

Os resultados do ensaio de desempenho de bovinos em acabamento estão sumarizados na tabela 17.

Tabela 17 - Resultados médios do confinamento.

	GDP(kg/dia)	Cons.(kg)	Cons.(%PV)	CA
BC 26	0,917±0,119 ^{1 ab}	11,13±0,75 ^a	2,91±0,02 ^a	12,14
BH 26	0,985±0,175 ^{a 2}	9,33±0,29 ^c	2,46±0,14 ^c	9,47
BH 38	1,012±0,216 ^a	9,84±0,38 ^{bc}	2,59±0,02 ^{bc}	9,72
BH 52	0,866±0,214 ^{ab}	10,01±0,75 ^{bc}	2,68±0,05 ^{abc}	11,56
BH 52/38	0,927±0,119 ^{ab}	10,42±0,36 ^{ab}	2,79±0,09 ^{ab}	11,24
BC 38	0,740±0,174 ^b	9,99±1,08 ^{bc}	2,71±0,15 ^{abc}	13,50

1 = Desvio padrão

2 = Letras diferentes em uma mesma coluna diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

GDP = GANHO DE PESO; CONS.(kg) = CONSUMO DE MATÉRIA SECA EM QUILOGRAMAS; CONS.(%PV) = CONSUMO DE MATÉRIA SECA EXPRESSO COMO PORCENTAGEM DO PESO VIVO; C.A. = CONVERSÃO ALIMENTAR EM QUILOGRAMAS DE MATÉRIA SECA POR QUILOGRAMA DE GANHO DE PESO.

Além do GDP, pode ser observado a média do consumo do lote durante o experimento, tanto em quilogramas de MS, como em porcentagem de peso vivo (PV), e a conversão alimentar (CA). O consumo em kg de MS e o GDP, podem ser visualizados na figura 7.

Os valores de GDP de maneira geral foram bem satisfatórios, e são semelhantes aos valores encontrados na literatura (LACORTE, 1987; LANNA & BOIN, 1988 ; SANTOS, 1990), principalmente considerando que foram usados animais fêmeas que têm menores consumo e GDP. O consumo de alimentos foi igualmente elevado e a conversão alimentar, derivada dessas duas variáveis, consequentemente, também apresenta valores concordantes com a literatura. O peso vivo inicial médio, para todos os lotes, foi igual a 329 kg.

As dietas BH38 e BH26 proporcionaram GDP significativamente superiores em relação a dieta BC38 ($p < 0,05$). Esta última, entretanto, apresenta resultados semelhantes as dietas BH52 e BH52/38, apesar de numericamente inferior. O que se observa é que com o aumento da proporção de sorgo na dieta, existe uma tendência a aumentar o GDP. No caso das dietas com BAH, a dieta BH38 apresentou valores ligeiramente superiores a BH26. Com o aumento do sorgo, existe, também, tendência a diminuir o consumo, portanto a CA melhora nas dietas com menos BAH.

A dieta que levou ao maior consumo foi a BC26, significativamente superior ao consumo das dietas BH52, BH38,

BH26 e BC38 ($p < 0,05$). O consumo desta dieta foi semelhante apenas a dieta BH52/38, que por sua vez, foi superior a BH26 ($p < 0,05$).

Os resultados encontrados nos ensaios de digestibilidade com carneiros e avaliação da fermentação ruminal apontam como a dieta mais promissora para GDP a dieta BH26. No entanto, a dieta BH38 apresentou valor de GDP numericamente superior a dieta BH26. A dieta BH26 apresentou maiores coeficientes de digestibilidade de MS e MO, e também maior proporção de Cs do que a dieta BH38, apesar de não serem significativas essas diferenças. Entretanto, a dieta BH38 apresentou consumo numericamente maior no ensaio de digestibilidade, o que fez com que ele apresentasse consumo de MS e MO digestíveis semelhantes a dieta BH26. O maior consumo para a dieta BH38 em relação a dieta BH26 se repetiu no ensaio de desempenho, sendo a diferença ainda maior que no ensaio de digestibilidade. Assumindo que a relação entre os coeficientes de digestibilidade dessas dietas tenha sido a mesma que a do ensaio de digestibilidade, estaria explicado o maior desempenho da dieta BH38 pela maior quantidade de energia digestível consumida. Apesar do GDP pouco maior da dieta BH38, a eficiência de transformação dessa energia, como pode ser observado pela análise dos dados de CA, é menor do que a da dieta BH26. Provavelmente isso se deva a maior proporção de Cs determinado para essa dieta no ensaio de avaliação de fermentação ruminal que, como já discutido

anteriormente, aumenta a quantidade de energia metabolizável. Além disso, a maior quantidade de concentrado faz com que exista um menor incremento calórico, o que aumenta a energia líquida da dieta BH26 em relação a dieta BH38, cuja maior proporção de volumoso determina exatamente o contrário.

Com relação as dietas com BIN, à medida que se aumentou a proporção do sorgo, aumentou também o consumo. Isto indica que para a dieta BC38 o que devia estar limitando o consumo era o espaço físico pois a diminuição da porcentagem do volumoso aumentou o consumo, ou seja, a dieta BC26 apresentou consumo significativamente maior. No caso das dietas com BAH ocorreu o inverso, pois, à medida que se aumentou a proporção do sorgo, existiu a tendência a diminuir o consumo. Como o aumento da energia da dieta fez com que se diminuísse o consumo, o que devia estar restringindo-o era o controle quimiostático da ingestão. Quanto à dieta BH52, apesar da atividade de fermentação ruminal desta ter sido semelhante as das dietas BH26 e BH38, é difícil que a regulação da ingestão tenha se dado através do mesmo controle que as outras duas pois ela é bem menos energética. Talvez a dieta BH38 esteja numa situação limite, na qual o controle quimiostático da ingestão permita um consumo energético maior do que no caso da dieta BH26, que estaria numa faixa mais definida desse controle. Isso explicaria o maior valor numérico para o consumo e, conseqüentemente, o GDP ligeiramente superior para a dieta BH38.

Figura 7 - Efeito dos diferentes tratamentos no GDP e consumo de bovinos em acabamento

Todas essas considerações demonstram que houve uma falta de potencial genético dos animais para as dietas mais calóricas, em função da limitação do consumo. Assim a dieta BH26 foi prejudicada na comparação com a dieta BH38, pois a resposta dos animais à dieta mais energética não foi o esperado maior GDP, mas a diminuição do consumo.

Comparando-se os resultados das dietas BH38 e BC38, observa-se claramente o efeito do tratamento sob pressão e vapor. O consumo em quilogramas destas dietas foram bem semelhantes, e o ganho de peso superior para a dieta com BAH. Assim, a eficiência no uso do alimento, representada pela CA, têm seu melhor resultado com a dieta BH38, e o pior para a BC38. A comparação das dietas BH26 e BC26 nos mostra que apesar dos valores de GDP semelhantes entre elas, o consumo foi, contra todas expectativas, superior para a dieta com BIN. A vantagem do tratamento, então, mais uma vez se reflete numa melhor CA para a dieta com BAH. A comparação dessas dietas quanto a CA sorgo (kg de MS de sorgo/ kg ganho) mostra superioridade da dieta BH26 em relação a dieta BC26 (4,45 x 5,70, respectivamente). Em relação a comparação dessa mesma variável entre as dietas BH38 e BC38, a superioridade do BAH se repete (3,50 X 4,59, respectivamente).

Os dados de literatura a respeito do efeito do tratamento do BIN sob pressão e vapor sobre o consumo, mostram que uma das principais vantagens é o aumento do consumo do BAH em relação ao BIN. Os próprios resultados dos

ensaios de digestibilidade e fermentação ruminal, integrantes deste trabalho, apresentam consumos menores para as dietas com BIN. Uma das explicações para esse fato, seria que o BIN fornecido aos animais no confinamento era retirado da esteira na usina logo após a sua produção, e assim, o açúcar residual tem menos chance de sofrer fermentação. Já o BIN fornecido para os animais dos ensaios de digestibilidade e fermentação ruminal, eram fornecidos aos animais até uma semana após sua produção, e, portanto, na maioria das vezes apresentavam odor característico de açúcar fermentado. Os ácidos orgânicos decorrentes dessa fermentação podem ser responsáveis pela diminuição do consumo.

5. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, é possível concluir que, nas condições em que foram realizados os ensaios que compõe este trabalho:

- Com a substituição do BAH pelo sorgo, existe uma tendência de elevação do GDP, em função da aumento de energia digestiva proporcionado por essa substituição.

- O tratamento do BIN sob pressão e vapor efetivamente aumenta a disponibilidade de energia para o animal. Isso fica bem demonstrado pelo desempenho das dietas BH38 e BC38, que apresentaram mesmo consumo, porém com a dieta BH38 proporcionando GDP significativamente superior.

- As dietas BH26 e BC26, têm resultados de GDP semelhantes, o que mostra que, em dietas com elevadas proporções de concentrado, o tratamento do BIN é questionável. Entretanto, o consumo da dieta BH26 foi significativamente inferior, mostrando maior eficiência da dieta com BAH, o que pode justificar o tratamento mesmo

nessas situações.

- O consumo do BIN deve ser afetado por algum fator relacionado com o seu armazenamento. Isso poderia explicar a grande diferença entre os resultados obtidos com o ensaio de desempenho animal e o dos ensaios de digestibilidade e avaliação de fermentação ruminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Tenth edition. Washington, D.C. 1965.

ARGENSIO, R.A. Gastrointestinal motility. In: *Duke's Physiology of Domestic Animals*. SWENSON, M.J., ed. Ithaca, USA, p. 278-89, 1985.

BEM, C.H.W. Efeito do bicarbonato de sódio e/ou lasalocida sobre digestibilidade de dietas com bagaço de cana-de-açúcar. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BERGEN, W.G. & YOKOYAMA, M.T. Productive limits to rumen fermentation. *Journal of Dairy Science*, 46(3):573-84. 1977.

BURGI, R. Produção do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado e avaliação de seu valor

nutritivo. Piracicaba, 1985. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BURGI, R. O bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp L.) no confinamento de bovinos de corte. In: 6^o Congresso Paulista de Agronomia, Piracicaba, 1987. Apostila 6p.

CASTRO, F.B. Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp L.) auto-hidrolisado em bovinos. Piracicaba, 1989. 123 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CHANEY, A.L. & MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonea. *Journal of Clinical Chemistry*, 8:130-2, 1962.

CHESSON, A. & FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: *The rumen microbial ecosystem*. ed. P.N. HOBSON. Elsevier Sci. Publ. 527 p. 1988.

CHURCH, D.C. Anatomy of the ruminant stomach. O.S.V Book Stores, Oregon, 1971, v.1, cap. 2.

CLARK, J.H. & DAVIS, C.L. Forage and buffers. *Animal Health and Nutrition*, 39(5):1113-15. 1984.

CONCEIÇÃO, M.N.; LACORTE, M.C.F.; BURGI, R.; BOSE, M.L.V.
Determinação da digestibilidade do bagaço de
cana-de-açúcar auto-hidrolisado com carneiros. In:
REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23^o, Campo
Grande, 1986. Anais p.119.

COSTA, L.R.O. Suplementação de uréia em dietas de bagaço de
cana-de-açúcar (*Saccharum sp* L.) auto-hidrolisado para
ruminantes. Piracicaba, 1987. 102 p. (Mestrado -
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz/USP).

DEHORITY, B.A. Fibre digestion in farm livestock. In:
Proceedings of the Nutrition Society, 50:149-59. 1991.

DONEFER, E. *Physical treatment of poor-quality roughages at
commercial and farm levels.* Dep. Animal Science, McGill
University. Quebec, Canada. 1977.

ERDMAN, R.A.; PROCTOR, G.H. & VANDERSAL, J.H. Effect of
rumen ammonia concentration on *in situ* rate and extent of
digestion of feedstuff. *Journal of Dairy Science*,
69:2312-20. 1986.

FARIA, V.P. de & HUBER, J.T. Effect of dietary protein and

energy levels of rumen fermentation in Holstein steers.

Journal of Dairy Science, 58: 452-60. 1984

FIGUEIREDO, M.P. de Cana-de-açúcar e bagaço de cana tratado à pressão de vapor na dieta de ruminantes: efeitos sobre a fisiologia e microbiologia do rúmen. Piracicaba, 1990. 103 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

FIRKINS, J.L.; BOWMAN, J.G.P.; WEISS, W.P.; NADERER, J. Effects of protein, carbohydrate and fat sources in bacterial colonization and degradation of fiber *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 74:4273-83. 1991.

FRANCISCO Jr, J.C. & MACHADO, P.F. Efeito da uréia sobre a atividade fermentativa do rúmen e degradação de bagaço auto-hidrolisado. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 27a, Campinas, 1990. Anais, Campinas, SBZ, 1990.

FUKUSHIMA, R.S.; DEHORITY, B.A.; LOERSCH, S.C. Modification of a colorimetric analysis for lignin and its use in studying the inhibitory effects of lignin in forage digestion by ruminal microorganisms. *Journal of Animal Science*, 69:295-304, 1991.

GARRET, W.N.; WALKER, H.G.; OHLER, G.O.; HART, M.R.; GRAHAM, R.P. Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. II. Lamb feeding studies. *Journal of Animal Science.*, 51:409-13, 1981.

GILL, J.L. Design and analysis of experiments - in the animal and medical sciences. Volume 2. The Iowa State University Press, 1986. 304 p.

GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, D.C. Agricultural Research Service, USDA. 19 p. Agriculture Handbook, 379. 1970

GUTMANIS, D. Níveis de bagaço auto-hidrolisado e cana-de-açúcar na alimentação de bovinos confinados. 1990. 110p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

HARRIS, B; VAN HORN, H.H.; MANOODIAN, K.E.; MARSHALL, S.P.; TAYLOR, M.J.; WILCOX, C.J. Sugarcane silage, sodium hydroxide and steam pressure-treated sugarcane bagasse, corn silage, cottonseed hulls, sodium bicarbonate and

Aspergillus oryzae product in complete rations for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 66:1474-85, 1983.

HART, M.R.; WALKER Jr., H.G.; GRAHAM, R.P.; HANNI, P.J.; BROWN, A.H.; KOHLER, G.O. Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. I. Effects of process parameters. *Journal of Animal Science*, 51:402-8, 1981.

HOOVER, W.H. Chemical factor involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, 69:2755-66, 1986.

HUNGATE, R.E. The rumen and its microbes. New York Academic Press, inc. cap. 4. 1966.

JOHNSON, R.R. Influence of carbohydrate solubility on non-protein nitrogen utilization in the ruminant. *Journal of Animal Science*, 43(1):184-91. 1976.

JUNG, H.G. & FAHEY Jr., G.C. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: a review. *Journal of Animal Science*, 57(1):206-19. 1983.

KAUFMANN, W.; HAGEMEISTER, H.; DIRKSEN, G. Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. In: RUCKEBUSH, Y. THIVEND, P., *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Connecticut, Avi Publishing Company, Inc., 1980. p. 587-602.

KINSER, A.R.; FAHEY Jr, G.C.; BERGER, L.L.; MERCHEN, N.R. Low-quality roughages in high-concentrate pelleted diets for sheep: digestion and metabolism of nitrogen and energy as affected by dietary fiber concentration. *Journal of Animal Science*, 66:487-500. 1988.

KLOPFENSTEIN, T.J. & BOLSEN, K.K. High temperature pressure treated crop residues. *Journal of Animal Science*, 33:290, 1971.

LACORTE, M.C.F. Desempenho de bovinos confinados à base de bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado, levedura e vinhaça, subprodutos da indústria do Açúcar e Alcool. 71 p.(Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

LANNA, D. & BOIN, C. Efeito do bicarbonato de sódio, feno e bagaço in natura sobre a digestibilidade e o desempenho de zebuínos em crescimento alimentados com bagaço de cana

auto-hidrolisado. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. 47(2):417-34.1990.

LAU, M.M. & VAN SOEST, P.J. Titratable groups and soluble phenolic compounds as indicators of the digestibility of chemically treated roughages. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 6:123-31, 1981

LIMA, M.L.P. & ZANETTI, M.A. Utilização do bagaço hidrolisado como alimento volumoso para bovinos confinados. In: SBZ. Anais da XXVI REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Porto Alegre, R.S., 1989. p. 156

LOERSCH, S.C., BERGER, L.L.; GIANOLA, D. ; FAHEY Jr, G.C. Effects of dietary protein source and energy level in situ nitrogen disappearance of various protein sources. *Journal of Animal Science*, 56:206. 1983.

MARCOS, A.C.M.; LEME, P.R.; BOIN, C. Efeito do tempo de tratamento a pressão e vapor na composição química e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar. *Zootecnia*, 22:383-95, 1984.

MATTOS, W.R.S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na

alimentação de ruminantes. In: Utilização de resíduos agro-industriais da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Piracicaba, FEALQ, 1985. p. 53-72.

MEAD, R. & CURNOW, R.N. Statistical methods in Agriculture and biology. Chapman & Hall. London, 335 p. 1986.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. & McDONALD, I. Rates fermentation in relation to ammonia concentration. *The British Journal of Nutrition*. 38(3):437-43. 1977.

MELLO Jr., C.A. Efeitos do tratamento com pressão e vapor sobre a composição e a cinética da fermentação *in vitro* do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp* L.) Piracicaba, 1987. 96 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

NOCEK, J.E. & RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Dairy Science*, 71:2070-107, 1988.

N.R.C. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth Revised Edition, Washington, D.C., 1984.

NUSSIO, L.G.; SILVA, S.C.; BOIN, C.; SANTOS, F.A.P.
Avaliação do uso de bicarbonato de sódio em dietas com
bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado no desempenho de
bovinos confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27a, Campinas, 1990. Anais,
Campinas, SBZ, 1990.

ORSKOV, E.R.; DEB HOVELL, F.D.; MOULD, F. Uso de la técnica
de la bolsa de nylon para la avaliación de los alimentos.
Prod. Animal Trop., 5:213-33, 1980.

ORSKOV, E.R. Protein nutrition in ruminants. London
Academic Press Inc., 160 p. 1982.

ORSKOV, E.R. Manipulation of fibre digestion in the rumen.
In: *Proceedings of the Nutrition Society*, 50:187-96,
1991.

OWENS, F.N. & GOETSCH, A.L. Digesta passage and microbial
protein synthesis. In: MILLIGAN, L.P.; GROVUN, W.L. &
DOBSON, A. *Control of digestion and metabolism in
ruminants*. 6th Int. Symp. on Ruminant Physiology.
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.

PACCOLLA, L. J.; RAZOOK, A. G.; LIMA, F.P. Aproveitamento do

bagago de cana-de-açúcar na engorda de bovinos confinados.
B. Industr. Anim., 34:25-28, 1977.

PATE, F.M. Value of treating bagasse with steam under pressure for cattle feed. *Tropical Agriculture*, Trinidad, 59 (4):293-7, 1982.

PETIT, H.V. & FILIPOT, P.M. Feed utilization of beef steers fed grass as hay on silage with or without nitrogen supplementation. *Journal of Animal Science*, 70:876-83, 1992.

PRESTON, T.R. Sugar cane as the basis for intensive animal production in the tropics. In: CONFERENCE ON ANIMAL FEEDS OF TROPICAL AND SUBTROPICAL ORIGIN, London, 1974. *Proceedings*, London, Trop. Prod. Inst., 1975. p. 69-95.

PRESTON, T.R. & LENG, R.A. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. Australia, 1987. 245 p.

PRINS, R.A. & CLARKE, R.T.J. Microbial ecology of the rumen. In: RUCKEBUSH, Y & THIVEND, P., ed. *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Connecticut, Avi Publishing Company, Inc., 1980. p. 179-204

RANDELL, P.F. Dairy beef production from mixtures of sugar cane bagasse and concentrates. *Journal of Agriculture of Puerto Rico*, 50:237-46, 1966.

RANGNEKAR, D.V.; BADVE, V.C.; KHARAT, S.T.; SOBALE, B.N.; JOSHI, A.L. Effect of high pressure steam treatment on chemical composition and digestibility in vitro of roughages. *Animal Feed Science Tech.* 7:61-70, 1982.

RUSSEL, J.B. & SNIFFEN, C.J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on growth of mixed rumen bacteria in vitro. *Journal of Dairy Science*, 67 (5): 978-94, 1984.

SANTOS, F.A.P. O bagaço de cana-de-açúcar tratado sob pressão de vapor como alternativa para alimentação de bovinos na entressafra das pastagens. In: *Pastagens*. SBZ, Campinas, FEALQ, 1990.

SANTOS, F.A.P. Efeito do bicarbonato de sódio, lasalocida e cana-de-açúcar sobre o desempenho de bovinos alimentados com bagaço de cana tratado sob pressão e vapor. Piracicaba, 1991. 127 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SAS. Institute Inc. SAS/STAT USER'S GUIDE. ed. Cary, NC, 1988.

SATTER, L.D. & SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition*, 32 :199-208, 1974.

SILVA, S.C. Efeito do bicarbonato de sódio e ou lasalocida sobre os parâmetros ruminiais de bovinos alimentados com bagaço de cana-de-açúcar tratados à pressão e vapor. Piracicaba, 1990. 130 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SLYTER, L.L. Ability of pH - selected mixed ruminal microbial populations to digest fiber at various pHs. *Appl. Environm. Microb.*, 52(2):390-1. 1986.

SMITH, R.H. Synthesis of microb. N. compounds in the rumen and their subsequent digestion. *Journal of Animal Science*, 49(6): 1257-64, 1979.

SONG, M.K. & KENNELY, J.J. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation as influenced by rumen ammonia concentration. *Journal of Animal*

Science, 68:1110-20. 1990.

STERN, M.D.; HOOVER, H.; SNIFFEN, C.J.; CROOKER, B.A.; KNOWLTON, P.H. Effects of nonstructural carbohydrate, urea and soluble protein levels on microbial protein synthesis in continuous culture of rumen contents. *Journal of Animal Science*, 47(4):944-50. 1978.

SUTTON, J.D. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. *Journal of Dairy Science*, 68 (12):3376-93, 1985.

SUTTON, J.D. Rumen function and the utilization of readily fermentable carbohydrates by dairy cows. *Tropical Animal Production*, 4:1-12. 1979.

TAYLOR, J.D. & ESDALE, W.J. *Increased utilization of crop residues as animal feed through autohydrolysis*. Stake Technology Ltd., Ottawa, Canada. 1980.

TEATHER et al. Factors that affect ruminal bacteria growth. *Journal of Applied Biochemistry*, 49:231-8, 1980.

TYRREL, H.F. & MOE, P.W. Effect of intake on digestive efficiency, *Journal of Dairy Science*, 58 (8): 1151-63

1975

VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the ruminant. Oregon. O&B Books, Inc., 1983. cap. 10.

VAREL, V.H. & JUNG, H.J.G. Infulence of forage phenolics on ruminal fibrolytic bacteria and in vitro fiber degradation. *Appl. Environm. Microb.*, 52(1):275-80, 1986.

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; LOBAO, A.O.; SILVA F^o, J.C. Tratamento químico, físico e biológico de bagaço de cana-de-açúcar. Comunicado Científico da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, USP, São Paulo, 9(2):139-42. 1985.

VON KEYSERLINGK, M.A.G. & MATHISON, G.W. Use of the *in situ* techniqe and passage rate constants in predicting voluntary intake and apparent digestibility of forages by steers. *Can. Journal of Animal Science*, 69:937-87. 1989.

WALKER, H.G. Physical treatment. In: SUNDSTOL, F. & OWEN, E., ed. *Straw and other fibrous by-products as feed*. Amsterdam, Elsevier Sci. Publ., 1984. p. 79-105.

WOODFORD, J.A.; JORGENSEN, N.A.; BARRINGTON, G.P. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 69:1035-47. 1986.

WOLIN, M.J. A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, 43:1452-9, 1960.

APÊNDICE 1 - Valores médios de pH obtidos dos
4 tratamentos, em cada horário de coleta

TRAT	HORA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
T1	7	6,84	0,26
T1	9	6,72	0,20
T1	13	6,74	0,24
T1	15	6,49	0,19
T1	19	6,68	0,14
T1	21	6,24	0,26
T2	7	6,45	0,54
T2	9	5,93	0,47
T2	13	6,35	0,53
T2	15	5,84	0,49
T2	19	6,27	0,37
T2	21	5,62	0,44
T3	7	6,62	0,27
T3	9	6,08	0,21
T3	13	6,54	0,25
T3	15	6,04	0,29
T3	19	6,53	0,23
T3	21	5,75	0,10
T4	7	6,66	0,43
T4	9	6,18	0,30
T4	13	6,52	0,42
T4	15	6,08	0,22
T4	19	6,51	0,32
T4	21	5,87	0,31

APÊNDICE 2 - Valores médios de N-NH₃ obtidos dos 4 tratamentos, em cada horário de coleta.

TRAT	HORA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
T1	7	5,19	2,52
T1	9	4,64	0,84
T1	13	3,64	2,00
T1	15	3,16	1,01
T1	19	3,60	1,26
T1	21	5,79	2,63
T2	7	3,16	0,91
T2	9	3,61	1,08
T2	13	2,76	0,93
T2	15	2,99	1,12
T2	19	2,64	1,25
T2	21	6,26	2,97
T3	7	2,35	0,78
T3	9	5,58	1,68
T3	13	2,76	1,09
T3	15	5,36	2,58
T3	19	2,79	1,30
T3	21	9,71	3,78
T4	7	2,72	0,91
T4	9	7,68	2,57
T4	13	3,52	1,71
T4	15	6,30	1,58
T4	19	3,58	1,20
T4	21	14,53	4,19

APÊNDICE 3 - Valores médios de ácido acético obtidos dos
4 tratamentos, em cada horário de coleta

TRAT	HORA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
T1	7	4,84	0,57
T1	9	4,94	0,27
T1	13	4,60	0,38
T1	15	5,08	0,38
T1	19	5,05	0,39
T1	21	4,72	1,28
T2	7	5,24	0,49
T2	9	5,86	0,78
T2	13	4,57	0,07
T2	15	5,58	0,25
T2	19	4,68	0,33
T2	21	6,11	0,21
T3	7	4,68	0,78
T3	9	5,74	0,46
T3	13	4,66	0,54
T3	15	5,75	0,11
T3	19	4,58	0,52
T3	21	6,75	0,18
T4	7	5,29	0,82
T4	9	5,82	0,34
T4	13	5,03	0,56
T4	15	6,04	0,16
T4	19	5,03	0,49
T4	21	7,06	0,79

APÊNDICE 4 - Valores médios de ácido propiônico
obtidos dos 4 tratamentos, em cada
horário de coleta

TRAT	HORA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
T1	7	1,66	0,71
T1	9	1,69	0,52
T1	13	1,87	0,53
T1	15	1,97	0,53
T1	19	1,87	0,47
T1	21	1,89	0,50
T2	7	3,44	1,54
T2	9	3,61	1,75
T2	13	3,09	1,59
T2	15	3,66	1,78
T2	19	3,08	1,33
T2	21	4,18	1,98
T3	7	2,33	0,66
T3	9	3,11	0,46
T3	13	2,43	0,87
T3	15	2,76	0,67
T3	19	2,27	0,67
T3	21	3,20	0,61
T4	7	2,54	0,69
T4	9	2,84	0,54
T4	13	2,32	0,65
T4	15	2,84	0,49
T4	19	2,40	0,45
T4	21	3,40	0,53

APÊNDICE 5 - Valores médios de ácido butírico
obtidos dos 4 tratamentos, em cada
horário de coleta

TRAT	HORA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
T1	7	0,78	0,41
T1	9	0,94	0,24
T1	13	0,71	0,28
T1	15	0,91	0,45
T1	19	1,00	0,54
T1	21	1,08	0,75
T2	7	0,96	0,42
T2	9	1,32	0,51
T2	13	0,95	0,45
T2	15	1,20	0,53
T2	19	1,12	0,52
T2	21	1,31	0,43
T3	7	1,03	0,31
T3	9	1,17	0,18
T3	13	0,95	0,20
T3	15	1,29	0,41
T3	19	1,10	0,31
T3	21	1,70	0,39
T4	7	1,13	0,31
T4	9	1,09	0,36
T4	13	0,85	0,21
T4	15	1,06	0,19
T4	19	1,05	0,63
T4	21	1,52	0,33

APÊNDICE 6 - Valores médios dos ácidos graxos
voláteis totais dos 4 tratamentos, em
cada horário de coleta

TRAT	HORA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
T1	7	7,28	1,59
T1	9	7,61	0,85
T1	13	7,18	1,13
T1	15	7,97	1,10
T1	19	7,93	1,23
T1	21	7,68	2,24
T2	7	9,65	1,16
T2	9	10,79	2,05
T2	13	8,61	1,22
T2	15	10,44	1,51
T2	19	8,87	0,72
T2	21	11,61	1,71
T3	7	8,03	1,15
T3	9	10,02	0,55
T3	13	8,04	1,29
T3	15	9,80	0,61
T3	19	7,95	1,25
T3	21	11,65	0,19
T4	7	8,96	1,54
T4	9	9,75	0,82
T4	13	8,20	1,27
T4	15	9,94	0,55
T4	19	8,47	0,85
T4	21	11,98	1,06