VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CONTENDO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*) SUBMETIDO
A DIFERENTES TRATAMENTOS ALCALINOS

LUIZ ROBERTO FURLAN

Zootecnista

Orientador Prof. Dr. ANTONIO CARLOS SILVEIRA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz
de Queiróz" da Universidade de
São Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia,
Área de Concentração: Nutrição
Animal e Pastagens.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1988

F985v

Furlan, Luiz Roberto
Valor de dietas contendo
bagaco de cana-de-acucar (*Saccharum* spp)
submetido a diferentes tratamentos
alcalinos Piracicaba, 1989.
73p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Búfalo - Nutrição 2. Bagaco de cana
na nutrição animal - Tratamento 3. Dieta
animal - Valor nutritivo 4. Ruminante
Nutrição I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 636-2085

VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CONTENDO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*) SUBMETIDO
A DIFERENTES TRATAMENTOS ALCALINOS

LUIZ ROBERTO FURLAN

Zootecnista

Aprovado em: 12 de maio de 1989

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Antonio Carlos Silveira	- FMVZ/UNESP
Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos	- ESALQ/USP
Prof. Dr. Raul Machado Neto	- ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Carlos Silveira
Orientador

Aos meus pais

José e Lourdes

pelo exemplo de honestidade,

perseverança e amor

pela vida e pelo

trabalho.

DEDI CO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Antonio Carlos Silveira pela grande amizade, que se traduziu em incentivo, orientação, ensinamento, lição de vida e colaboração, desde o início de minha carreira universitária.

Ao amigo e companheiro Professor Mário De Beni Arrigoni, pela colaboração constante na condução e elaboração deste trabalho.

Aos amigos Claudinei Parré, Luiz Edivaldo Pezzato e Nabor Veiga pelo incentivo e colaboração.

Aos Professores Wilson Roberto Soares Mattos e Irineu Umberto Packer, pelas sugestões apresentadas.

A Professora Otávia Elisa Nogueira Mendes Lavezzo e a Zootecnista Margarida Maria Barros pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Ao grande amigo e incentivador Dino Potiens Filho, pelas sugestões e serviços datilográficos.

Aos funcionários Celso Paulo Martin e Pedro Pereira, pela grande colaboração na condução do ensaio de digestibilidade.

Ao Eng^o Agr^o Angelo Cataneo, Ozana Maria Herrera José Luiz Barbosa de Souza pelas análises estatísticas.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Consumo de matéria seca e água.....	04
2.2. Digestibilidade.....	12
2.3. Tratamentos químicos na melhoria do valor nutritivo dos resíduos fibrosos.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Características geográficas e climáticas.....	26
3.2. Animais utilizados.....	27
3.3. Descrição das baias de digestibilidade.....	28
3.4. Tratamento químico do bagaço de cana.....	28
3.5. Dietas experimentais.....	29
3.6. Períodos experimentais.....	31
3.6.1. Período pré-experimental.....	31
3.6.2. Períodos de adaptação.....	32
3.6.3. Períodos de coleta.....	32
3.7. Análises laboratoriais.....	33
3.8. Delineamento experimental e análise estatística.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÊNDICE.....	64

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
1. Peso e peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) dos animais experimentais.....	27
2. Composição centesimal das dietas experimentais...	30
3. Composição centesimal média das dietas experimentais (100% MS) pelo método convencional (Weende)...	30
4. Composição centesimal média das dietas experimentais (100% MS) obtida pelo método da fibra em detergente.....	31
5. Resultados médios do consumo de matéria seca e consumo de água para as dietas experimentais.....	36
6. Resultados médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) calculados para os parâmetros determinados pela análise convencional, e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas experimentais.....	38
7. Resultados médios da energia digestível (ED) e e dos coeficientes de digestibilidade (CD) de alguns constituintes da parede celular.....	43
8. Resultados médios da energia digestível (ED) e e dos coeficientes de digestibilidade (CD) de alguns constituintes da parede celular.....	43

RESUMO

A avaliação nutritiva de dietas contendo bagaço de cana submetido a diferentes tratamentos alcalinos foi realizada através de um ensaio de digestibilidade "in vivo", pelo método da coleta total de fezes, utilizando-se como unidades experimentais, oito bubalinos machos, com idade média de 18 meses, distribuídas em dois quadrados latinos de 4 x 4.

As dietas continham na matéria original 40% de rolão de milho, 30% de farelo de algodão e 30% de bagaço de cana submetido aos seguintes tratamentos: "in natura", tratado com 4% de NaOH, 4% Ca(OH)_2 e 2% NaOH + 2% Ca(OH)_2 , respectivamente para dietas A, B, C e D.

Os consumos de matéria seca (6,58 e 7,80 kg/animal/dia) e consumo de matéria seca por unidade de peso metabólico (101,60 e 118,6 g/kg^{0,75}), respectivamente para a dieta contendo bagaço "in natura" e para a média das dietas bagaço alcalinizado, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Com relação ao consumo de água, não se observou efeito estatisticamente significativo das dietas sobre este parâmetro, estando o mesmo intimamente relacionado ao consumo de matéria seca, apresentando um valor médio de 5,83 l/kg de matéria seca consumida.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e extrativos não nitrogenados, cujos valores médios foram respectivamente 56,72; 61,63; 71,34; 47,01 e 60,94%, assim como os nutrientes digestíveis totais, com valor médio de 57,37%, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para as dietas experimentais.

No tocante aos constituintes da parede celular, observaram-se maiores coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro e hemicelulose ($P < 0,05$) para as dietas contendo bagaço tratado com NaOH e mistura de NaOH + Ca(OH)_2 , dietas B e D, as quais apresentaram valores de 56,52 e 56,71%; 73,08 e 74,62; em comparação a dieta contendo bagaço "in natura", dieta A, com valores de 51,12 e 68,35%, respectivamente para fibra em detergente neutro e hemicelulose. Observou-se também um maior coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido (FDA) ($P < 0,05$), da dieta B (bagaço tratado com NaOH) em relação a dieta A (bagaço "in natura"), cujos valores observados foram respectivamente de 45,72 e 40,61%. No tocante a digestibilidade da celulose, não se observaram diferenças significativas entre as dietas, que apresentaram um valor médio de coeficiente de digestibilidade da ordem de 49,79%.

Os valores de energia digestível (kcal/kg) determinados, evidenciaram uma superioridade ($P < 0,05$) da

dieta D (bagaço tratado com NaOH + Ca(OH)_2) em relação a dieta C (bagaço tratado com Ca(OH)_2).

Concluiu-se que os tratamentos alcalinos com 4% NaOH e 2% NaOH + 2% Ca(OH)_2 foram mais eficazes na melhoria do valor nutritivo do bagaço de cana, pelo aumento que estes promoveram na digestibilidade da FDN e hemicelulose e que o método convencional de análise (Weende) não foi suficientemente preciso para determinar estas melhorias

Concluiu-se também que o nível de 30% de bagaço de cana na dieta foi excessivo, pois o consumo e a digestibilidade da matéria seca das dietas estiveram abaixo dos níveis desejáveis.

NUTRITION VALUE OF DIETS CONTAINING ALKALI TREATED
SUGARCANE BAGASSE (*Saccharum spp*)

Author: LUIZ ROBERTO FURLAN

Adviser: Prof. Dr. ANTONIO CARLOS SILVEIRA

SUMMARY

Nutritive evaluation of diets containing alkali treated sugarcane bagasse, was realized through a "in vivo" digestibility trial, with buffaloes, by the total feces collection method.

The diets were formulated to contain 40% ground ear corn with husks, 30% cottonseed meal, and 30% treated sugarcane bagasse: "in natura", treated with NaOH, 4% Ca(OH)_2 and 2% NaOH plus 2% Ca(OH)_2 , respectively to diets A, B, C and D.

Dry matter intake (6.58 and 7.80 kg/animal/day) and dry matter intake per metabolic body size (101.60 and 118.60 $\text{g/kg}^{0.75}$ /day), respectively for the diet with sugarcane bagasse "in natura" and for the average of diets with treated sugarcane bagasse, were not statistically different.

Water intake was not statistically different any the diets and averaged 5,8 l/kg DM.

The apparent digestibility of dry matter, crude protein, ether extract, crude fiber, nitrogen free extract and the calculated values for the total digestible nutrients (TDN) were not statistically different for the experimental diets (56.72; 61.63; 71.34; 47.01; 60.94 and 57.37%, respectively).

Digestibility of NDF and hemicellulose were higher ($P < .05$) for the diets with bagasse plus NaOH and mixture of NaOH plus Ca(OH)_2 (56.52 and 56.71%; 73.08 and 74.62%, respectively).

It was observed a higher digestibility of ADF ($P < .05$) for the diet B (bagasse plus NaOH), as compared to the diet A, bagasse "in natura" (45.72 and 40.61%, respectively). Cellulose digestibility was not different any the diets and averaged 49.79%.

The digestible energy (DE) was higher ($P < .05$) for diet B, as compared to diet C.

It was concluded that the alkali treatments with 4% NaOH and 2% NaOH + 2% Ca(OH)_2 , were more efficient in improving the nutritive value of sugarcane bagasse, reflected mostly by the increase in the NDF and hemicellulose digestibility fractions. The proximate system (Weende) was not sufficiently accurated to determine this improvement. It was also concluded that the level of 30% of sugarcane bagasse in the diets, was harmful to the animals, since the intake and dry matter digestibility were below expected levels.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos e subprodutos agroindustriais na alimentação dos ruminantes, tem motivado o interesse de técnicos e pecuaristas nos últimos anos. Este fato se deve a conjunção de algumas características peculiares da exploração pecuária no Brasil, que permitem a opção pelo uso de alimentos grosseiros no arração de ruminantes.

A primeira característica refere-se a estacionalidade da produção forrageira, decorrente das condições climáticas brasileiras, nas quais observa-se um período de baixa precipitação pluviométrica, redução da intensidade luminosa do período de luz, e a ocorrência de baixas temperaturas, fatores estes que associados as características fisiológicas das plantas forrageiras tropicais, limitam o seu crescimento e depreciam a sua qualidade.

A falta de conscientização, tradição e mesmo conhecimento do pecuarista brasileiro em produzir reservas forrageiras por intermédio dos processos de conservação, associados a falta de garantia de uma remuneração satisfatória aos produtos pecuários, constituem-se em fatores determinantes da opção pelos resíduos e subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes. Além disso, o baixo potencial genético dos rebanhos brasileiros, contribui sobremaneira para o interesse na utilização destes resíduos e subprodutos agroindustriais, uma vez que o fornecimento de dietas de baixa qualidade, não afetam os índices produtivos atuais.

Desta forma, a partir de 1979, com a implantação do PROÁLCOOL, verificou-se uma grande concentração de resíduos e subprodutos em regiões específicas, notadamente o bagaço de cana, material este que se constitui em uma grande reserva de matéria orgânica, com um certo potencial de utilização na alimentação dos ruminantes.

Entretanto, em função de suas características físico-químicas, o bagaço de cana como alimento para ruminantes, tem sua utilização limitada, mesmo para sistemas de baixos níveis de produção, uma vez que é deficiente em nutrientes essenciais como proteínas, minerais, bem como em energia, devido a reduzida taxa de digestão dos carboidratos estruturais que constituem a parede celular dos seus tecidos.

Em função da grande disponibilidade e época de produção, que caracterizam um grande potencial de utilização na alimentação de ruminantes, várias tentativas tem sido feitas, visando melhorar o seu valor nutritivo através de processos físicos, químicos e microbiológicos que possibilitem a solubilização dos carboidratos estruturais, potencialmente fermentecíveis.

Entretanto, nem sempre a metodologia utilizada para avaliar as melhorias obtidas com estes tratamentos, tem sensibilidade suficiente para detectá-las.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho, foi avaliar o valor nutritivo de dietas contendo bagaço de cana, submetido a diferentes tratamentos alcalinos, através de um ensaio de digestibilidade com bubalinos pelo método de coleta total de fezes, analisando-se os parâmetros determinados pela análise convencional (Weende) e os nutrientes digestíveis totais (NDT), e os parâmetros obtidos pela análise fibra em detergente (VAN SOEST, 1963), associados a determinação da energia digestível (ED).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Consumo de matéria seca e água

O consumo de alimento é um aspecto fundamental da nutrição, pois determina a resposta produtiva dos animais.

Os mecanismos que regulam o consumo de alimentos parecem ser os mesmos que regulam as trocas de energia no organismo animal, ou simplesmente, os animais consomem alimentos para atender a sua demanda energética.

Raymond (1969), citado por VAN SOEST (1982), considera o valor nutritivo dos alimentos, como sendo a interação entre o consumo de matéria seca, digestibilidade e eficiência energética, de forma que as alterações no valor nutritivo dos alimentos, são devidas as variações que ocorrem nestes três parâmetros.

CRAMPTON *et alii* (1960), verificaram que 70%

das variações ocorridas no índice de valor nutritivo, eram devidos as diferenças existentes no consumo de matéria seca. No mesmo sentido, VAN SOEST (1982), relatou que as variações ocorridas na digestibilidade foram devidos em 30% à dieta e 3% ao animal, enquanto que 50% das variações no consumo e na eficiência energética foram atribuídos à dieta, e 30% das variações no consumo e 20% das variações na eficiência energética foram atribuídos ao animal.

A ingestão de alimentos é regulada e limitada pelas exigências fisiológicas e metabólicas dos animais. O controle fisiológico da ingestão de alimentos envolve áreas quimiosensitivas, respostas à vários reflexos e uma função integrada do sistema nervoso. Além desse aspecto fisiológico, o consumo de alimentos pelos ruminantes é, em essência, a consequência da quantidade de resíduos indigestíveis que passam através do trato gastrointestinal e da absorção de nutrientes digestíveis e metabolizáveis.

CONRAD *et alii* (1964), mostraram que a quantidade de alimentos ingerida por uma vaca em 24 horas é limitada pelo resíduo indigestível no trato digestivo, quando a digestibilidade da ração é menor que 67%. Acima desse valor, outros fatores estão associados com o consumo voluntário, tais como tamanho metabólico, digestibilidade da ração e o nível de produção.

Embora, no ruminante, a taxa de utilização da energia, a temperatura ambiente, as características da dieta

e os efeitos físicos do bolo alimentar do trato digestivo, sejam fatores que influenciam o consumo de alimento, existe um limite para a quantidade de alimento consumido "ad libitum", o qual é regulado pela qualidade do alimento e pelas necessidades metabólicas do animal. Para alimentos de alta qualidade, como o são os concentrados, as necessidades metabólicas tendem a ser o fator limitante do consumo, enquanto que para as forragens, notadamente aquelas de baixo valor nutritivo, as necessidades metabólicas não são atingidas, pelo baixo consumo do alimento.

Experimentações científicas demonstraram que existe um centro de controle da saciedade no hipotálamo (BAILE *et alii*, 1968), e que este induz a ruminação, condiciona o início e o término da ingestão de alimentos, como resposta a determinados estímulos (LARSSON, 1954). Entretanto não está definido se os mesmos são de origem nervosa, hormonal, dos metabólitos plasmáticos ou da interação entre os mesmos (LEPLOUSKY, 1973).

A quantidade de tecido adiposo no organismo também exerce influência na regulação do consumo de alimentos (BALCH & CAMPLING, 1962). Desta forma, animais magros consomem mais alimentos que animais gordos, principalmente quando em crescimento, quer pelas limitações físicas, devido ao acúmulo de tecido adiposo no abdômen, quer pelo efeito inibitório deste nos metabólitos do sangue (BINES *et alii*, 1969).

Embora o nível de glucose sanguínea esteja inversamente correlacionada com o consumo de alimentos nos monogástricos, nos ruminantes os níveis glicêmicos não exercem nenhum efeito na ingestão (SIMKINS *et alii*, 1965; BAILE & MAYER, 1968). Nestes animais entretanto, atribui-se esse efeito a produção de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen. DOWDEN & JACOBSON (1960), observaram que o ácido acético e o propiônico, reduziram o consumo, enquanto que os ácidos butírico, valérico e láctico, não mostraram efeito inibidor quando da administração parenteral destes ácidos. Vários outros trabalhos (MONTGOMERY & BAUNGARDT, 1963 e BHATTACHARYA & WARNER, 1968), demonstraram que o ácido acético é um depressor do apetite nos ruminantes, quando administrado via rúmen. O ácido propiônico parece ser menos eficaz, seguido do butírico.

A esta teoria, associa-se o efeito termogênico do processo digestivo. O incremento calórico, segundo FORBES *et alii* (1978), compreende não apenas a preensão, mastigação, deglutição, fermentação, ruminação, peristalse, digestão, transporte, anabolismo, estímulos dinâmicos e excreção, mas também qualquer aumento na produção de calor através de atividade voluntária ou involuntária resultante do consumo de alimentos. O incremento calórico, maior nas rações volumosas, que provocam um aumento do ácido acético, pode ser devido a formação deste ácido, ou a sua utilização posterior, ou ambos.

Um outro fator que influi no consumo de alimentos, é a taxa de ingestão, que traduz o tempo necessário para a execução dos mecanismos de preensão, mastigação e deglutição dos alimentos e é expressa em gramas/minuto. Este parâmetro é influenciado pelo apetite do animal, densidade, palatabilidade e forma física da dieta (VAN SOEST, 1982).

Se considerarmos a lignina como parâmetro medidor da ingestão, teríamos uma diminuição de 2,5% da quantidade ingerida para cada 1,0% de aumento da lignina na ração (STROZINSKI & CHANDLER, 1971). Outro índice utilizado para medir a ingestão é através da fibra em detergente neutro (FDN). Assim, um bovino de 400 kg de peso vivo (PV), terá a capacidade ruminal máxima de 8,0 kg de FDN, ou seja, 2% do peso vivo em FDN (PONTES, 1981).

Entretanto, alguns autores como RANDEL (1970) e PACOLLA *et alii* (1977), demonstraram que dietas contendo níveis acima de 15% de bagaço de cana "in natura", limitam o consumo de alimentos e que rações com níveis acima de 25 a 30% podem prejudicar consideravelmente a performance dos bovinos.

Teoricamente, rações com baixos teores de volumosos, seriam mais indicados para as regiões tropicais, visando-se um menor incremento calórico (IC). O IC, auxiliar da homeotermia em baixas temperaturas, seria um fator negativo em regiões tropicais (GARRET, 1965).

Com relação a temperatura ambiente, existe uma relação inversa entre altas temperaturas e o consumo de alimentos. O consumo de energia decresce lentamente até atingir a temperatura crítica, a partir da qual não se mantém mais os níveis normais de produção.

RAGSDALE *et alii* (1950), observaram consideráveis decréscimos no consumo de NDT das raças Jersey e Holstein entre 24 e 27°C ao passo que nos zebuínos o decréscimo ocorreu somente entre 32 e 35° C.

Outro fator limitante no consumo de alimentos, seria o baixo conteúdo de nitrogênio das dietas, que retardariam a digestão ruminal, pela limitação do crescimento da população microbiana do rúmen, como demonstraram MILFORD & MINSON (1965), quando observaram decréscimos no consumo quando o nível de proteína da dieta atingiu valores inferiores a 7,0%.

CONRAD *et alii* (1966), observaram que o consumo voluntário de alimentos está intimamente ligado ao valor energético da dieta. Em rações cuja digestibilidade de matéria seca aumentou proporcionalmente, os fatores que limitaram o consumo foram: a capacidade ruminal, velocidade de passagem do alimento e digestibilidade da matéria seca. Ao contrário, quando a digestibilidade for superior a 67%, a ingestão dos alimentos cessa, quando o animal atinge seus requerimentos energéticos.

O consumo de matéria seca digestível da

forragem, ou a energia digestível que o animal consome em 24 horas por unidade de peso metabólico ($PV \text{ kg}^{0,75}$), tem sido apontado como um importante parâmetro para avaliação da qualidade de uma forragem, pois leva em consideração a digestibilidade, taxa de ingestão, tamanho do animal e quaisquer influências da palatabilidade no consumo voluntário.

Da mesma forma que os demais nutrientes, a água é um componente de fundamental importância na nutrição dos ruminantes, pois participa ativamente do metabolismo nutricional e dos mecanismos de termorregulação. Segundo CHURCH & POND (1974), os principais fatores que interferem no consumo de água são os dietéticos e os ambientais.

Quando a temperatura ambiente encontra-se dentro de uma faixa que não altera a homeotermia do animal, uma boa forma de mensuração do consumo de água dos bovídeos, é correlacioná-la com a ingestão de matéria seca. Entretanto, sob condições de stress térmico, pela elevação da temperatura acima da zona de conforto, ocorre uma drástica diminuição do consumo de matéria seca e um considerável aumento do consumo de água (CHURCH & POND, 1974).

Os mesmos autores, admitem ainda, que o consumo de água pode ser expresso em relação ao peso vivo ou ao tamanho metabólico ($\text{kg}^{0,75}$); em relação à ingestão de proteína e energia, e em relação à temperatura ambiente.

Segundo o ARC (1965), em temperaturas variando de 15 a 25° C, o consumo de água por bovinos é da ordem de 4,1 a 4,7 l/kg de matéria seca ingerida. Porém, esta relação torna-se maior quando há restrição do nível de matéria seca ingerida (COELHO DA SILVA & LEAO, 1979), ou ainda, quando ocorre restrição no fornecimento de água (PHILLIPS, 1964).

LEDGER *et alii* (1970) fornecendo dietas constituídas de concentrado "*ad libitum*" e dois níveis de volumosos (baixo e médio), constataram que o consumo de água esteve intimamente relacionado ao consumo de matéria seca. Dentre os fatores dietéticos, o nível de cloreto de sódio da dieta, pode alterar o consumo de água pelos animais.

HORROCKS & PHILLIPS (1961) arraçando animais com feno de gramínea tropical (6% de PB), com ou sem suplementação de sódio, observaram aumentos no consumo de água para a dieta contendo suplementação de sódio. BERGER (1980), observou que o consumo de água aumentava à medida que o nível de hidróxido de sódio, utilizado no tratamento de resíduos fibrosos, elevava-se de 2 para 8%.

Altos níveis de eletrólitos, tais como sódio, cálcio e potássio, aumentavam a absorção ruminal com consequente aumento no tempo de ruminação e ingestão de alimentos, que por sua vez estimulam a ingestão de água (PONTES, 1981).

Com relação ao consumo de água pelos bubalinos, RAZDAN *et alii* (1971), observaram um consumo de água da ordem de 375,0 ml/kg^{0,75} quando a dieta era

constituída de palha de trigo suplementada com concentrado e uréia. SEBASTIAN *et alii* (1970), observaram que para uma dieta constituída de milho verde, alfafa e concentrados, os bubalinos consumiam 5,5 litros de água/kg de matéria seca consumida.

2.2. Digestibilidade

Os glicídeos dos vegetais podem ser estruturais e não estruturais ou citoplasmáticos. Os estruturais são todos polissacarídeos desde moléculas homogêneas, lineares ou ramificadas, até amorfas e cristalinas. Os glicídeos estruturais são agrupados em três classes: substâncias pécticas, que funcionam como cimento intercelular; hemicelulose (polímeros não celulósicos) que são compostos de hexoses e pentoses, e celulose que é um polímero linear composto de hexoses. As duas últimas classes são muito insolúveis e resistentes à digestão. A hemicelulose está presente em grandes quantidades nos vegetais, e é solúvel em água quente, principalmente alcalinizada ou acidificada. Sua base química mais frequente encontrada nas forragens verdes é a xilose. A hemicelulose degrada-se geralmente em pentoses. Da mesma forma, a celulose aparece em grande quantidade nos vegetais, inclusive em maior quantidade que a hemicelulose; sua base

química é a celobiose, portanto, degrada-se a glicose. Insolúvel em ácidos diluídos, devido a grande estabilidade da ligação 1,4 β glucano, mas se dissolve rapidamente em ácidos concentrados, mesmo a frio (PONTES, 1981).

Além destes glicídeos estruturais, encontram-se na parede celular dos vegetais quantidades variáveis de lignina, um material amorfo, que parece ser um fator crítico, no que diz respeito a digestibilidade dos glicídeos estruturais. A lignina tende a formar complexos lignina-celulose-hemicelulose, que bloqueiam a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, ligando-se ainda à proteína dos vegetais, reduzindo grandemente a digestibilidade dos tecidos das plantas. Há assim uma correlação altamente negativa entre o conteúdo de lignina e a digestibilidade das frações fibrosas (CORREIA, 1986).

A maior parte da matéria orgânica dos vegetais está constituída destes polissacarídeos estruturais, que são tanto mais insolúveis quanto mais avançado seu estágio vegetativo. Desta forma, em certas circunstâncias, os herbívoros passam a dispor em sua dieta de alimentos em estágio vegetativo avançado, como o são as forragens maduras, os resíduos de cultura (palhas) e os subprodutos da agroindústria, como o bagaço de cana, em sua maior parte secas e lenhosas, isto é, ricas em fibras de baixa qualidade.

Segundo CORREIA (1986), o aumento da fibra, que determina a rigidez dos vegetais, se produz de um modo gradativo, em consequência da infiltração da matriz amorfa das paredes celulares e, também, dos tecidos vasculares de suporte e proteção pelas microfibrilas de celulose, hemicelulose, xilanas e lignina. No mesmo sentido, ocorre a incrustação pela sílica em função da espécie vegetal e do conteúdo desta no solo, enquanto as pectinas, que asseguram as ligações entre as paredes celulares vizinhas pela sua ação cimentante, tem a sua quantidade aumentada com o crescimento dos vegetais.

De maneira geral, as gramíneas tropicais possuem maior teor de fibra do que as de origem temperada, provavelmente devido a maior temperatura, intensidade luminosa e tipo de forrageira, uma vez que nos trópicos, predominam as plantas de ciclo C₄ (maior eficiência fotossintética) ao invés das de ciclo C₃ das regiões temperadas. Desta forma, as plantas C₄ exibem maiores quantidades de tecidos vasculares e esclerosados, com maior teor de fibra enquanto que as C₃ acumulam maiores quantidades de tecidos mesófilos e floema, ambos de baixa fibra (VAN SOEST, 1982).

Baseado na digestibilidade dos vegetais, VAN SOEST (1968), dividiu a matéria seca em dois grande grupos: os constituintes da parede celular e os constituintes intracelulares, sendo os primeiros representados pela

celulose, hemicelulose, lignina e sílica, compostos menos digestíveis, e os segundos, representados pelas gorduras, amido, carboidratos solúveis, proteínas, ácidos orgânicos e outros, quase totalmente digestíveis. O mesmo autor ponderou que os constituintes da parede celular assumem grande importância na limitação do valor nutritivo das forragens, uma vez que esta porção da planta recebe influência da lignina e também por reduzir o espaço dos constituintes intracelulares. Desse modo, forrageiras de alto conteúdo de parede celular terão sua digestibilidade reduzida por duas razões: a) a lignina protege os carboidratos estruturais da ação dos microrganismos e b) o espessamento da parede celular reduz o volume do conteúdo celular, altamente digestível.

As quantidades de constituintes da parede celular e de conteúdo celular são variáveis em função da espécie vegetal e do estágio de maturidade da planta. Neste sentido, VAN SOEST & WINE (1967) encontraram para o feno de alfafa de boa qualidade, os valores de 60% de conteúdo celular e 40% de FDN, enquanto que ANDRADE (1973), verificou para os capins gordura (*Melinis minutiflora*) e colônia (*Panicum maximum*) aos 63 dias de vegetação, os valores de 74,4 e 71,2% para FDN e 25,6 e 26,6% para o conteúdo celular. Já SILVEIRA *et alii* (1974), trabalhando com capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) com 45 e 75 dias de vegetação, encontraram valores de 51,0 e 60,7% para FDN e,

49,0 e 39,3% para conteúdo celular (CC).

Segundo VAN SOEST (1963) a FDN pode ser fracionada em hemicelulose e fibra em detergente ácido (FDA) e essa última, por sua vez, pode ser desdobrada em lignina, celulose e sílica, partindo de uma mesma amostra. FONNESBECK (1968) verificou que o resíduo fibroso da forragem pode ser estimado pela FDA, que inclui a celulose e lignina, aproximando-se mais do conteúdo de fibra bruta, obtida pelo processo convencional, do que a FDN, que inclui também a hemicelulose. A propósito, o mesmo pesquisador determinou, para gramíneas de clima temperado, os teores de 39,0; 42,0 e 75,0% respectivamente para fibra bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro.

FARIA *et alii* (1970), estudando alguns componentes da parede celular de três gramíneas tropicais, constatarem diferenças de 4,0 e 7,0 unidades percentuais entre fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro.

SILVEIRA *et alii* (1974), trabalhando com capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) em sete estádios de maturidade, desde 45 até 225 dias de vegetação, verificaram que a percentagem de FB, determinado pelo processo convencional foi menor em 5,0 e 7,0 unidades, do que a obtida pelo método do FDA, e em 30 unidades de percentagem, quando em confronto com a FDN. SILVEIRA (1971) observou que o teor de fibra bruta nos primeiros estádios de maturidade

do capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) era praticamente igual aos de celulose., sendo a lignina, portanto, completamente excluída no processo. Entretanto, o mesmo autor verificou que, com a progressiva maturidade da planta, a lignina vai sendo retida e, possivelmente, em estádios bem avançados de envelhecimento a fibra bruta poderia representar melhor a lignocelulose. VAN SOEST (1964) evidenciou que, durante a digestão da fibra no processo convencional, quantidades substanciais de lignina, celulose e hemicelulose são dissolvidas, sendo então incluídas na fração dos extrativos não nitrogenados (ENND).

Sharma (1974), citado por JACKSON (1977), estudando a composição dos carboidratos estruturais do bagaço de cana, constatou os valores de 82,0% de FDN, sendo 29,0% de hemicelulose, 40,0% de celulose, 13,0% de lignina e 2,0% de sílica.

KEYS & VAN SOEST (1970) notaram que nos ruminantes a digestibilidade da hemicelulose é sempre superior a da celulose para as gramíneas, ocorrendo o inverso para as leguminosas. A digestibilidade da hemicelulose é muito variável, pois sua composição também é variável. Assim, a hemicelulose das gramíneas, cujo monômero principal é a xilose, é menos digestível do que a hemicelulose constituída por galactose ou manose. Além desse fato, também o grau de lignificação afeta a digestibilidade da hemicelulose, tornando-se fácil portanto, entender as

razões pela qual, ora sua digestibilidade é maior, ora menor que o da celulose (PONTES, 1981).

Inúmeros pesquisadores tem observado altas correlações entre os constituintes fibrosos e os coeficientes de digestibilidade das forragens, apresentando equações de regressão linear para a estimativa da digestibilidade. SULLIVAN (1955) obteve correlações $r = -0,92$ e $r = -0,94$ entre teor de lignina e digestibilidade da matéria seca e da celulose, respectivamente. GAILLARD (1966) utilizou valores de celulose, lignina e hemicelulose numa equação para avaliar a digestibilidade da matéria seca de forragens e obteve coeficientes de correlação de $r = -0,95$.

SILVEIRA (1971) mostrou que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e celulose são negativamente correlacionados com os teores de FB ($r = -0,98$ e $-0,98$), FDA ($r = -0,94$ e $-0,93$) e lignina ($r = -0,98$ e $-0,99$).

Estes entraves à digestibilidade, trazem como reflexo uma diminuição no aproveitamento da energia.

Dentre as maneiras utilizadas para se expressar o valor energético dos alimentos, o sistema dos nutrientes digestíveis totais (NDT) é o de mais fácil entendimento e, por isso, muito difundido apesar de suas falhas, pois não considera as perdas subsequentes do metabolismo (Mc DONALD et alii, 1969). A energia digestível aparente (ED) também não é uma maneira muito eficaz de expressar a energia dos alimentos, uma vez que a energia

fecal é um reflexo dos alimentos não digeridos, dos resíduos de células bacterianas e da energia metabólica fecal, sendo portanto, uma medida similar ao NDT (CHURCH, 1974).

2.3. Tratamentos químicos na melhoria do valor nutritivo dos resíduos fibrosos

A estrutura molecular da parede celular é constituída por fibrilas altamente cristalinas de celulose anidra, envoltas por uma camada de hemicelulose, que possui característica hidrófila. Envolvendo esta hidrofílica, encontra-se fortemente ligada através de pontes covalentes de hidrogênio, a lignina, que possui característica hidrófoba.

Desta forma, o sistema enzimático transportado pela água, fica impedido pela ação hidrofóbica da lignina, de manter contato físico com as fibrilas de celulose. Por outro lado, o espaço hidrofílico (hemicelulose) existente entre a celulose e a lignina, por apresentar-se reduzido (10 a 20Å^o), faz com que a digestão da celulose seja limitada, devido a dificuldade de penetração de complexos enzimáticos.

Uma vez que os resíduos fibrosos apresentam uma parede celular de estrutura altamente cristalina, com abundante cobertura hidrofóbica (lignina), portanto de difícil digestão (CORREIA, 1986), a elevação de seu valor

nutritivo pode ser lograda mediante a destruição e fragmentação da estrutura cristalina da celulose associada a lignina, com conseqüente aumento da superfície de contato com agentes químicos e enzimáticos.

Os fatores limitantes para uma melhoria nutritiva dos produtos fibrosos são a sua elevada proporção de glicídeos estruturais e de lignina, a natureza e a quantidade de ligações físicas e químicas entre os compostos da parede celular, sobretudo a lignina, os reduzidos teores de nitrogênio, minerais e vitaminas e seu alto teor em sílica.

A conversão dos produtos fibrosos em fontes nutritivas implica na remoção pelo menos parcial de alguns dos fatores limitantes atrás enumerados. Neste sentido, tem sido bastante utilizado pelos pesquisadores métodos físicos, químicos e microbiológicos.

Nos tratamentos químicos com esta finalidade, vários agentes oxidantes tem sido utilizados, como o NaOH, Ca(OH)_2 , NH_4OH e outros. Estes parecem levar à saponificação dos ésteres dos ácidos urônicos associados com as cadeias de xilanas na parede celular, além de introduzir um acentuado aumento da capacidade de embebição pela água, facilitando a posterior atuação das enzimas ao nível de tubo digestivo.

Nos tratamentos de resíduos agroindustriais pelos álcalis, ocorre a hidrólise das ligações éster lignina-hemicelulose e lignina-celulose, o que torna a

fração hemicelulose mais solúvel e os glicídeos da parede celular mais fermentecíveis. Da mesma forma, a hidrólise das ligações lignina-celulose, torna disponível maior quantidade de celulose à degradação enzimática.

Contudo, nem todas as ligações lignina-glicídeos são lábeis aos álcalis, variando as proporções das ligações álcali-lábeis com o tipo e diversidade do resíduo fibroso, como é o caso das palhas das leguminosas, que revelam uma resposta limitada ao tratamento alcalino, provavelmente por apresentarem apenas algumas ligações álcali-lábeis (CORREIA, 1986). O hidróxido de sódio reage ainda com os grupamentos ácidos dos glicídeos e dos ácidos fenólicos.

A celulose, que existe nas fases amorfa e cristalina, quando absorve os álcalis tem suas microfibrilas dilatadas, originando uma desorganização da estrutura cristalina, com conseqüente formação de maior quantidade de fase amorfa, aumentando assim a susceptibilidade ao ataque enzimático e a fermentação.

A hidrólise química não destrói, no entanto, completamente a parede celular, simplesmente a modifica. Assim, a celulose dos subprodutos fibrosos após o tratamento, existe na mesma quantidade, apenas sua forma física modificou-se.

PONTES (1981), estudando a fisiologia ruminal, observou que os tratamentos alcalinos das forragens fibrosas

podem estimular a absorção ruminal (osmolaridade), como consequência dos eletrólitos adicionados e, com isto, estimular a ruminação e a ingestão de alimentos. A velocidade de trânsito é aumentada em aproximadamente 24%, como consequência do aumento da osmolaridade, da ruminação e da quantidade de água ingerida.

BERGUER *et alii* (1980) observaram aumentos lineares na velocidade de passagem da ingesta pelo rúmen, quando utilizaram tratamentos com hidróxido de sódio em dietas de alta fibrosidade e, como consequência, observaram aumentos nos coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa.

Dentre os resíduos agroindustriais disponíveis para alimentação animal, o bagaço de cana-de-açúcar tem despontado por sua alta disponibilidade. Entretanto, quando "in natura", constitui-se num alimento de baixo valor nutritivo, em consequência de sua baixa digestibilidade (PACCOLA *et alii*, 1977). Uma possível explicação para a resistência do bagaço "in natura" aos processos digestivos dos ruminantes seria a natureza cristalina da celulose contida na sua fibra e, segundo VAN SOEST (1973), as características internas da molécula da celulose podem determinar o seu grau de disponibilidade.

A eficácia do método de tratamento condiciona diferentes graus de melhoria no valor nutritivo dos resíduos fibrosos e, segundo CHANDRA & JACKSON (1971) e THIAGO

(1979), os benefícios obtidos pelo tratamento com hidróxido de sódio, é maior naqueles resíduos de pior qualidade.

Mc DOWEL (1972), afirmou que o tratamento alcalino é um método eficaz para aumentar o valor energético de resíduos e subprodutos que apresentam elevados teores de fibra, fato constatado por JACKSON (1977, 1978) e THIAGO (1979), que observaram aumentos no consumo de energia digestível, quando promoviam o tratamento alcalino em palhas de cereais.

No mesmo sentido, FURLAN *et alii* (1983), num trabalho com bubalinos, onde compararam dietas que continham 34% de bagaço de cana, submetido ou não a um tratamento com 4% de NaOH, observaram consumos de 6,3 e 7,3 kg de MS, respectivamente para o bagaço "in natura" e tratado, quando a exigência para um ganho de peso de 1,0 kg/dia, calculada de acordo com PRESTON (1972), era de 7,7 kg de MS/cabeça/dia.

SIEBERT (1974) observou um aumento de 34% no consumo de palhadas após o tratamento com 5% de KOH, e que a digestibilidade da matéria orgânica passou de 47 a 52% nas palhadas tratadas. Respostas relativamente maiores foram observadas para o capim bermuda (*Cynodon dactylum*) com valores para a digestibilidade da matéria orgânica de 45 e 55%, antes e após o tratamento com 4% de hidróxido de sódio (SUMMER & SHERRAD, 1975). BOSE (1980) reportou aumentos nos coeficientes de digestibilidade da palha de trigo de 59 para

67%, quando tratada com 9% de hidróxido de sódio. PACHAURI & NEGI (1980), suplementando a palha de trigo, alcalinizada ou não, com torta de amendoim, observaram maiores consumos de matéria seca e NDT e melhores coeficientes de digestibilidade da fibra bruta e extrativos não nitrogenados para a palha tratada, quando comparada à não tratada.

HOGAN & WESTON (1971), trabalhando com dieta semi-purificada, com palha de trigo alcalinizada (8% de hidróxido de sódio) e suplementada com minerais, ácidos graxos de cadeia ramificada e uréia, oferecidas a ovelhas em três níveis: 1,0; 0,7 e 0,4 kg/dia, não observaram diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca; porém, a digestibilidade da FDN aumentou significativamente com a diminuição do nível de alimentação.

Determinando o valor de resíduos de cultura, PRATES & LEBOUTE (1976) mediram o consumo voluntário e a digestibilidade em ovinos dos seguintes volumosos: palha de arroz, trigo e bagaço de cana-de-açúcar. Quanto à composição química, o bagaço de cana-de-açúcar apresentou os menores teores de proteína bruta (1,24%) e os mais altos de parede celular (88,20%). A digestibilidade da matéria orgânica, o consumo voluntário da matéria seca ($\text{g/W}^{0,75}$) e de energia digestível ($\text{kcal/kg W}^{0,75}$) da palha de arroz foram os mais altos e do bagaço de cana-de-açúcar os mais baixos (56,9 e 30,9%; 43,1 e 8,5 $\text{g/kg W}^{0,75}$; 87,8 e 8,5 $\text{kcal/kg W}^{0,75}$).

STONE & FONTENOT (1965), trabalhando com três níveis energéticos 64, 66 e 70% de NDT em rações que continham diferente níveis de fibra bruta 23, 17 e 12%, respectivamente, para as dietas de baixo, médio e alto nível energético, determinaram os valores de 2763, 2842 e 2995 kcal/kg para E.D.e 2282; 2389 e 2529 kcal/kg para E.M. Observaram, também, os efeitos do nível de energia na digestibilidade da FB (55,8; 48,0 e 36,5%), da MS (63,6; 65,8 e 69,5%) e da energia (62,1; 64,2 e 68,0%).

As perdas metabólicas de energia nos ruminantes estão distribuídas em 15% na mastigação, ruminação e digestão, e os restantes 85%, nos processos metabólicos decorrentes da utilização dos AGV. Desta maneira, as perdas calóricas associadas a utilização do ácido acético são da ordem de 40% e as correspondentes aos ácidos propiônico e butírico de 18% (PONTES, 1981). Portanto, conclui-se que em dietas fibrosas a eficiência da utilização da energia é bem menor do que em dietas concentradas, que produzem menores quantidades de ácido acético e maiores de propiônico. Segundo Mc DOWEL (1972), existem evidências de que altos níveis de bagaço (maiores que 25% na composição das rações) sejam indesejáveis em clima quente, uma vez que a energia dispendida para digerí-lo é maior que aquela por ele fornecida.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características geográficas e climáticas

O trabalho foi conduzido nas dependências das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção - FEPP, Fazenda Lageado, pertencente a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu.

A Fazenda Lageado apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude $22^{\circ} 52' S$ e longitude $48^{\circ} 27' W$ Gr, com altitude máxima de 810m e mínima de 435 m.

A classificação climática da região é a de clima tropical de altitude (BLAIR, 1942) ou Cfa, de acordo com a classificação de KÖEPEN. A temperatura média anual é de $19,5^{\circ} C$ e a pluviosidade de 1.240 mm/ano.

3.2. Animais utilizados

Foram utilizados oito bubalinos machos, inteiros, da raça Mediterrâneo, com idade média de 18 meses.

Todos os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas, vacinados contra febre aftosa e identificados com brincos plástico na orelha esquerda, obedecendo a numeração de 1 a 8.

Na Tabela 1 encontram-se tabulados os pesos médios dos animais durante o período experimental expressos em quilo de peso vivo e quilo de peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$).

Tabela 1. Peso vivo e metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) dos animais experimentais.

Número do Animal	Peso Vivo kg	Peso Metabólico $\text{kg}^{0,75}$
01	246,58	62,22
02	295,17	71,21
03	239,72	60,90
04	296,82	71,49
05	229,00	58,85
06	269,95	66,59
07	283,25	69,02
08	249,97	62,82

3.3. Descrição das baias de digestibilidade

Os animais foram alojados individualmente em baias de cano galvanizado, providas de comedouros e bebedouros automáticos individuais. Estas baias possuíam as dimensões de 1,20 m de largura por 2,00 de comprimento, com piso de concreto provido de dispositivos de escoamento de água e urina.

Durante a fase de coleta de fezes, os animais eram contidos em argolas e as caixas coletoras de excrementos eram fixadas nas guardas laterais das baias, de maneira que os animais defecassem no seu interior.

Os bebedouros eram providos de hidrômetros individuais, cujas leituras eram realizadas no início e ao término de cada uma das fases de coleta.

3.4. Tratamento químico do bagaço de cana

O bagaço de cana foi obtido na Usina Açucareira São Manuel S/A, no Município de São Manoel, SP.

Após o transporte, o bagaço de cana era dessecado ao sol, e em seguida triturado em moinho de facas com peneira de 8 mm. A moagem do bagaço, teve por finalidade padronizar o tamanho da partícula em relação ao milho desintegrado tipo A, visando a redução da seletividade pelos animais.

Após a moagem, o bagaço era submetido aos tratamentos com 4% de NaOH, 4% de Ca(OH)_2 e uma mistura de 2% de NaOH + 2% de Ca(OH)_2 , sendo estas porcentagens em relação a matéria original. Os agentes alcalinos utilizados eram produtos comerciais.

Tomava-se 4 kg do produto alcalino, que diluídos em 130 litros de água eram então aspergidos sobre 100 kg de bagaço seco e moido, por intermédio de um regador, homogeneizando-se o bagaço à medida em que a solução era aplicada. Após a aplicação o bagaço era enleirado, permanecendo assim por 24 horas. Findo este período, era novamente dessecado ao sol e só então utilizado como ingrediente da ração.

3.5. Dietas experimentais

Foram utilizadas quatro dietas experimentais, constituídas de milho desintegrado tipo A (rolao de milho), farelo de algodão e bagaço de cana, variando o tratamento químico deste último.

Na Tabela 2 encontra-se a composição centesimal, enquanto que na Tabela 3 e 4 encontra-se a composição químico-bromatológica das dietas experimentais.

Tabela 2. Composição centesimal das dietas experimentais.

Matéria Prima	A	B	C	D
Milho Desintegrado (%)	40	40	40	40
Farelo de Algodão (%)	30	30	30	30
Bagaço de Cana (%)	30 [*]	30 ^{**}	30 ^{***}	30 ^{****}

* "in natura"; ** 4% NaOH; *** 4% CaOH; **** 2% NaOH+2% Ca(OH)₂.

Tabela 3. Composição químico-bromatológica das dietas experimentais (100% MS).

Tratamentos	% MS	% PB	% EE	% FB	% ENN	% MM
A	88,82	14,27	2,67	27,22	52,36	3,08
B	87,89	14,65	2,43	25,82	52,55	3,92
C	88,02	14,33	2,10	26,40	52,80	3,83
D	89,12	15,11	2,32	25,04	52,97	4,06

Tabela 4. Composição químico bromatológica das dietas experimentais (100% MS).

Tratamentos	% FDN	% FDA	% Cel.	% Hem.	% Lig.	% Sil.	Energ. Kcal/kg
A	62,63	36,68	29,50	23,65	8,43	0,63	4677
B	63,59	38,49	29,05	25,10	8,74	0,73	4631
C	63,32	37,67	27,98	25,65	8,233	0,98	4480
D	63,92	36,47	27,84	27,29	7,82	0,89	4660

Durante toda a fase experimental os animais tiveram a sua disposição sal mineralizado "ad libitum".

3.6. Períodos experimentais

3.6.1. Período pré-experimental

O período pré-experimental teve a duração de 15 dias, de 20/05/85 a 05/06/85, e objetivou a adaptação dos animais às baias de digestibilidade, bem como às dietas experimentais.

Ao início deste período a dieta dos animais eram exclusivamente de volumosos, constituída de cana-de-açúcar triturada (*Saccharum officinarum*, L.). A partir do quinto dia do período pré-experimental, as dietas

experimentais foram sendo gradativamente introduzidas na alimentação dos bubalinos, inicialmente em pequenas proporções, as quais foram sendo aumentadas até que, a partir do 13º dia, as mesmas constituíram 100% do alimento oferecido.

3.6.2. Períodos de adaptação

Os períodos de adaptação, com duração de 10 dias, precederam à cada um dos quatro períodos de coleta. Nestes períodos as dietas experimentais foram fornecidas "ad libitum" e as sobras mensuradas diariamente. Findo o período de adaptação, os animais foram pesados e contidos nas baias de digestibilidade. Procedia-se então a leitura dos hidrômetros individuais e restringia-se o fornecimento de ração a 90% do consumo médio verificado nos últimos três dias de adaptação.

3.6.3. Períodos de coleta

Os períodos de coleta tiveram a duração de sete dias, nos quais os animais recebiam 90% da quantidade média de ração observado para os três últimos dias do período de adaptação correspondente.

Diariamente as rações foram amostradas na quantidade de 10% do total fornecido, identificadas e armazenadas para comporem no final uma amostra composta. Na ocorrência de sobras, as mesmas foram colocadas em estufa com circulação forçada por 24 horas e após entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente, pesadas e ao final do período, o valor era subtraído do total fornecido.

As fezes foram pesadas diariamente, e amostradas três vezes durante o dia (8:00; 12:00 e 16:00 horas) e três vezes à noite (20:00; 24:00 e 4:00 horas) e armazenadas a 40° C. Após um período de 24 horas, estas seis amostras eram homogeneizadas e retirava-se uma amostra única, que era identificada e acondicionada a -25° C.

No final de cada período de coleta, os animais foram novamente pesados e procedeu-se a leitura dos hidrômetros para determinação do consumo de água no período.

3.7. Análises laboratoriais

Os parâmetros determinados segundo o método convencional de análises (Weende) foram analisados de acordo com a AOAC (1984).

Nas determinações dos constituintes da parede celular utilizou-se o método analítico descrito por VAN SOEST (1963), com modificação na determinação da FDN, de

acordo com MORAES (1986), descrita a seguir.

Em um litro de álcool etílico P.A., adiciona-se 100 ml de uma solução de ácido acético glacial a 5%.

Toma-se 01 grama de amostra e mistura-se, agitando por 5 minutos, 15 ml da solução recém preparada. A seguir, filtra-se em papel de filtro, secando-se a amostra em estufa a 60° C. Após este procedimento, retorna-se a metodologia original.

Quanto as determinações da energia bruta das rações e das fezes, utilizou-se de uma Bomba Calorimétrica marca Parr, série 2919, de acordo com o método descrito por SILVA (1981).

3.8. Delineamento experimental e análise estatística

O ensaio foi conduzido em um delineamento experimental em quadrados latinos (2 quadrados, 4 x 4), com o seguinte esquema:

Quadrado Latino I

Períodos	Animais			
	1	2	3	4
I	D	B	C	A
II	A	C	D	B
III	C	A	B	D
IV	B	D	A	C

Quadrado Latino II

Períodos	Animais			
	5	6	7	8
I	B	D	C	A
II	C	A	D	B
III	A	C	B	D
IV	D	B	A	C

A análise de variância foi feita utilizando-se o método dos quadrados mínimos, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O esquema geral da análise de variância consta da Tabela 5.

Tabela 5. Esquema geral de análise de variância.

CV	GL
Tratamentos	3
Quadrados Latinos	1
Períodos	3
Animal/Quadrado Latino	7
Período/Quadrado Latino	3
Quadrado Latino x Tratamento	3
Resíduo	11
Total	31

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas apresentadas neste capítulo, os dados se referem aos valores médios obtidos para as diferentes variáveis estudadas. As análises de variância para os parâmetros estudados encontram-se no Apêndice.

A Tabela 6 mostra os valores médios referentes ao consumo de matéria seca em quilo por animal/dia, e por unidade de peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), o consumo de água em litros por cabeça/dia e em litros por quilo de matéria seca consumida.

A análise de variância não detectou diferenças estatisticamente significativas para estas variáveis, como pode ser observado nas Tabelas 1 e 2 do Apêndice.

Com relação a ingestão de matéria seca, observou-se uma tendência de maior consumo da dieta, quando o bagaço de cana foi tratado quimicamente, ou seja, 6,58; 7,88; 7,81 e 7,71 kg/dia respectivamente para os tratamentos

contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, Ca(OH)_2 e NaOH + Ca(OH)_2 . Considerando a média de ingestão das dietas contendo bagaço tratado, 7,8 kg/MS/dia, observa-se que houve um aumento de 1,2 kg MS/dia, que equivale a 18,2%, quando comparado a dieta que continha bagaço "in natura".

Tabela 6. Resultados médios do consumo de matéria seca e consumo de água para as dietas experimentais.

Variáveis	Tratamentos (1)				CV (%)
	A	B	C	D	
Consumo de MS (kg/animal/dia)	6,58	7,88	7,81	7,71	16,91
Consumo de Ms (g/kg ^{0,75} /dia)	101,60	119,90	118,90	117,00	12,37
Consumo de água (l/animal/dia)	28,05	37,37	36,29	36,61	23,05
Consumo de água (l/kg MS consumida)	5,46	5,94	6,05	5,89	26,12

(1) Dietas contendo 30% de bagaço de cana submetido aos seguintes tratamentos: A ("in natura"); B (4% NaOH); C (4% Ca(OH)_2) e D (2% NaOH + 2% Ca(OH)_2).

Resultados semelhantes foram obtidos por FURLAN *et alii* (1983), que observaram consumos de 6,3 e 7,3 kg de MS/dia em dietas contendo bagaço "in natura" e tratado com NaOH, o que equivale a 1,0 kg de MS a mais, ou seja, aproximadamente 16%.

O consumo médio de 7,2 kg de MS/bubalino/dia, nas dietas do presente trabalho, esteve aquém do consumo médio necessário para estes animais pudessem ganhar 1,0 kg de peso vivo/dia, segundo as recomendações de PRESTON (1972), que recomenda um consumo de 7,8 kg/dia nesta faixa de peso. Entretanto, se considerarmos apenas as dietas contendo bagaço alcalinizado, observa-se que as mesmas forneceriam condições para o ganho preconizado por este autor.

Transformando os consumos de matéria seca pela unidade de peso metabólico, observou-se valores de 101,60; 119,90; 118,90 e 117,00g/kg 0,75 com a mesma tendência verificada em relação ao consumo por animal/dia, de aumento do consumo para dietas contendo bagaço tratado quimicamente, ou seja, em média de 16,7% a mais.

De acordo com STROZINSKI & CHANDLER (1971) e PONTES (1981), os teores de lignina e fibra em detergente neutro das dietas podem ser considerados como fatores condicionantes da ingestão de alimentos.

Uma vez que no presente trabalho, os níveis destes dois componentes da parede celular não diferiram entre as dietas (Tabela 4), a tendência observada de maior ingestão das dietas contendo bagaço de cana alcalinizado, poderia ser atribuída a maior digestibilidade da fração fibra em detergente neutro destas dietas, a qual condicionaria um menor tempo de retenção no rúmen. Este

efeito foi constatado por **BERGER et alii** (1980), que observaram aumentos lineares na velocidade de passagem de ingesta pelo rúmen, quando promoveram o tratamento com NaOH em dieta de alta fibrosidade.

No presente trabalho, calculando a fibra em detergente neutro indigestível das dietas (indigestibilidade da FDN x FDN das dietas), obteve-se 68,14 e 64,58 respectivamente para a dieta contendo bagaço "in natura" e para a média das dietas com bagaço alcalinizados. Isto talvez pudesse reforçar a afirmação anterior, uma vez que dietas com maior teor de FDN indigestível deve apresentar uma menor velocidade de passagem no rúmen, provocando decréscimos no consumo.

Os baixos consumos observados na presente pesquisa, estão conforme as ponderações de **RANDEL** (1970) e **PACOLA et alii** (1977), os quais concluíram que níveis superiores a 15% de inclusão de bagaço "in natura", são limitantes ao adequado desempenho animal e, ainda, que teores acima de 25%, seriam consideravelmente prejudiciais. Segundo **CRAMPTON et alii** (1960), as alterações verificadas no consumo explicam 70% das variações obtidas no valor nutritivo dos alimentos, que é determinada de acordo com **RAYMOND** (1969) como sendo o produto do consumo pela digestibilidade, e pela eficiência energética.

No tocante ao consumo de água (l/animal/dia), que constam da Tabela 6, observou-se uma tendência de maior

ingestão de água para os animais que recebiam dieta contendo bagaço tratado quimicamente, ou seja, 28,05; 37,37; 36,29 e 36,61, respectivamente para os tratamentos contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, Ca(OH)_2 e NaOH + Ca(OH)_2 . Considerando a média de ingestão de água para as dietas contendo bagaço tratado, 36,57 l/animal/dia, significa dizer que houve um aumento de consumo de 8,7 litros, que equivale a 31%.

Segundo BERGER (1980), o tratamento com níveis crescentes de NaOH em dietas de alto conteúdo em fibra promovem uma maior ingestão de água. Isto pode ser atribuído ao fato de que níveis altos de ingestão de sódio, ou outros eletrólitos como cálcio e potássio, estimulam o consumo de água e a excreção urinária. Segundo PONTES (1981), como reflexo dos eletrólitos adicionados, há um estímulo da absorção ruminal, (osmolaridade) e, com isso, um aumento na ruminação e ingestão de alimentos e, como consequência, há um estímulo na velocidade de trânsito, potencializado pela maior quantidade de água ingerida.

CHURCH (1974), admite que o consumo de água é reflexo do peso vivo, ou tamanho metabólico, da ingestão de proteína e energia e da temperatura ambiente. Além destes, o consumo de água está diretamente relacionado a ingestão de matéria seca (CHURCH & POND, 1974).

No presente trabalho, como as dietas foram formuladas para serem isoproteicas, as alterações no consumo

de água, observado para as dietas com bagaço alcalinizado, talvez sejam reflexo do maior consumo de matéria seca (6,58 para 7,80 kg/animal/dia), e pelo melhor aproveitamento da fração fibrosa das dietas, quando tratadas. Como não se observaram diferenças entre as medidas de energia (ED e NDT), para os tratamentos utilizados (Tabelas 3 e 4) resta-nos atribuir esta tendência, ao maior consumo de fibra em detergente neutro digestível, cujos valores calculados foram de 31,86% para a dieta contendo bagaço "in natura" e de 35,42% para a média das dietas contendo bagaço alcalinizado.

Transformando os valores de consumo de água em relação à de matéria seca consumida (l/kg MS), os quais podem ser observados na Tabela 6, verificou-se que o consumo de água esteve diretamente relacionado com a quantidade de matéria seca ingerida.

Estas observações estão de acordo com as poderenças de CHURCH & POND (1974) que relataram altas correlações positivas entre estes parâmetros.

A Tabela 7 mostra os valores médios referentes aos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos parâmetros obtidos pelo método convencional de análise (Weende). A análise de variância referente a estes dados acham-se tabulados nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9 do Apêndice, onde não se observaram diferenças estatisticamente significativas para os parâmetros estudados.

Tabela 7. Resultados médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) calculados para os parâmetros determinados pela análise convencional e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas experimentais.

Variáveis ⁽²⁾	Tratamentos				CV (%)
	A	B	C	D	
CDA da MS, %	54,98	57,71	56,59	57,60	4,33
CDA da proteína, %	59,36	63,23	61,19	62,75	6,20
CDA do extrato etéreo, %	73,01	70,84	70,04	71,47	10,50
CDA da fibra bruta, %	45,77	48,12	46,98	47,18	6,90
CDA dos extrativos não nitrogenados, %	59,49	61,64	61,70	60,93	5,87
NDT, %	56,53	58,06	57,10	57,79	4,45

(1) Dietas contendo 30% de bagaço de cana submetido aos seguintes tratamentos: A ("in natura"), B (4% NaOH), C (4% $\text{Ca}(\text{OH})_2$) e D (2% NaOH + 2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

(2) Valores calculados com base em 100% da matéria seca

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca das dietas foram de 54,98; 57,71; 56,59 e 57,60%, respectivamente para as dietas contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaOH + $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Como pode-se observar, embora sem diferenças estatisticamente significativas, houve uma tendência de aumentos nos coeficientes de digestibilidade das dietas tratadas, em

relação ao bagaço "in natura", 57,30 e 54,98%, respectivamente.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, podem ser considerados como representativos das dietas contendo níveis elevados de bagaço, pois não diferem muito daqueles encontrados por outros autores.

RUSO (1986), trabalhando com dietas contendo 30% de bagaço de cana hidrolisado, observou coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca para bubalinos variando de 52,79 a 59,83%, a medida que aumentava o teor proteico da ração, encontrando média geral de 57,06%, bastante próximos as de 57,30% do presente trabalho. Este fato, evidencia a similaridade e os benefícios dos métodos de tratamento do bagaço de cana, quer seja hidrolisado, quer alcalinizado. Resultados semelhantes foram obtidos por COSTA (1987) onde observou variações de 51,4 a 56,4% no coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, quando elevou o nível proteico de dietas contendo bagaço de cana hidrolisado.

Os baixos coeficientes de digestibilidade da matéria seca encontrados neste trabalho, talvez sejam reflexo da alta porcentagem de bagaço utilizado (30%) pois segundo RANDEL (1970), níveis acima de 15% de bagaço "in natura" nas rações alteram o valor nutritivo da dieta, e níveis superiores a 25% comprometem o desempenho animal.

A tendência de aumento dos coeficientes de

digestibilidade das dietas contendo bagaço alcalinizado, poderia ser explicada pelo processo de deslignificação que consiste na saponificação dos ésteres e das ligações alcali-lábeis do ácido urônico, associados as cadeias de celulose e hemicelulose, que se tornam mais disponíveis aos processos fermentativos no rúmen (CORREIA, 1986).

A este processo, soma-se o fato dos alcalis estimularem a velocidade de trânsito, em consequência da maior osmolaridade e ruminação, provocando maior consumo de alimento (PONTES, 1981).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, fibra bruta e extrativos não nitrogenados constam da Tabela 7 e foram respectivamente 59,36; 45,77 e 54,49% para dietas contendo bagaço "in natura" e 62,39; 47,43 e 61,42% para as dietas contendo bagaço alcalinizado.

Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e extrativos não nitrogenados encontrados no presente trabalho, estão bastante próximos aos obtidos por RUSSO (1986) que obteve 65,35% para a proteína bruta e 59,27% para extrativos não nitrogenados. Entretanto para os coeficientes de digestibilidade da fibra bruta o mesmo autor encontrou valores de 61,18%, portanto bem acima dos obtidos neste trabalho.

A tendência de aumento dos coeficientes de digestibilidade nas dietas da presente pesquisa contendo bagaço alcalinizado em relação aquela contendo bagaço "in

natura", talvez seja uma consequência do aumento na disponibilidade de energia para os microrganismos do rúmen, provocada pelo aumento na ingestão de alimentos e maior disponibilidade de carboidratos estruturais.

Os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo, foram de 73,01; 70,84; 70,04 e 71,47%, respectivamente para as dietas contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, Ca(OH)_2 e NaOH + Ca(OH)_2 . Como pode ser visto, houve neste parâmetro uma tendência inversa aos anteriores, pois os tratamentos alcalinos promoveram um ligeiro decréscimo no coeficiente de digestibilidade aparente desta variável. Este fato pode ser atribuído a erros durante o processo analítico, uma vez que esta fração engloba, além das gorduras verdadeiras outros compostos lipossolúveis, que apresentam digestibilidades variáveis. Também o álcali utilizado no tratamento do bagaço, poderia ter reagido com a fração lipídica provocando reações de saponificação.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos no presente trabalho foram de 56,53; 58,06; 57,10 e 57,79%, respectivamente para as dietas contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, CaOH e NaOH + Ca(OH)_2 . Como pode ser observado existe uma ligeira tendência dos valores de NDT das dietas contendo bagaço tratado (57,65%) serem superiores àquelas com bagaço "in natura" (56,53%).

Os resultados obtidos para o NDT para as

dietas com o bagaço alcalinizado (57,65%) estão bastante próximos aos encontrados por RUSSO (1986) com 57,23% quando utilizou rações com bagaço hidrolisado para bubalinos, evidenciando mais uma vez a eficiência similar dos métodos de tratamento.

Entretanto os coeficientes de digestibilidade obtidos para os parâmetros determinados pelo método convencional não constituem resultados seguros, uma vez que para o cálculo do NDT somam-se todos os erros analíticos obtidos. Este fato tornou-se evidente na presente pesquisa, uma vez que, na determinação do extrato etéreo, verificou-se uma tendência inversa as obtidas para os demais parâmetros. E é sobejamente conhecido que durante a combustão, as gorduras fornecem 2,25 vezes mais calorias/g que os outros nutrientes (CHURCH, 1964).

Por conseguinte, existe possibilidade deste fato ter acarretado diminuições nos teores de NDT calculado, impedindo assim a obtenção de diferenças significativas das dietas contendo bagaço alcalinizado em relação aquelas contendo bagaço "in natura".

Associando os teores de NDT ao consumo de matéria seca (kg/animal/dia) pelos bubalinos, observa-se uma variação bastante ampla na ingestão de NDT das dietas contendo bagaço alcalinizado em relação àquela contendo bagaço "in natura", ou seja, 3,70; 4,57; 4,46 e 4,46 kg/NDT/dia. Considerando-se 4,49 kg de NDT/dia como média

dos tratamentos alcalinizados, podemos ressaltar um consumo de energia 21,53% maior que a dieta com bagaço "in natura", explicando talvez a tendência de maior digestibilidade para as dietas contendo bagaço alcalinizado.

Na Tabela 8 encontram-se os resultados médios dos coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA, celulose e hemicelulose, assim como a energia digestível.

Os coeficientes de digestibilidade da FDN das dietas foram 51,12; 56,52; 54,14 e 56,71%, respectivamente para as dietas contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, Ca(OH)_2 , $\text{Na(OH)} + \text{Ca(OH)}_2$. Através da análise estatística que se encontra no Apêndice, Tabela 10, pode-se constatar que houveram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) para os tratamentos. Na comparação de médias pelo teste Tukey, pode-se observar uma superioridade nos coeficientes das dietas contendo NaOH (56,52%) e NaOH + Ca(OH)_2 (56,71%) em relação ao bagaço "in natura" (51,12%). O tratamento com Ca(OH)_2 (54,14%) não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) em relação aos demais.

Tabela 8. Resultados médios da energia digestível (ED) e dos coeficientes de digestibilidade (CD) de alguns constituintes da parede celular.⁽¹⁾

Variáveis	Tratamentos ⁽²⁾				CV (%)
	A	B	C	D	
CD FDN, %	51,12 ^b	56,52 ^a	54,14 ^{ab}	56,71 ^a	5,89
CD FDA, %	40,61 ^b	45,72 ^a	41,54 ^{ab}	43,28 ^{ab}	6,66
CD Celulose, %	49,43	51,77	47,47	50,48	8,60
CD Hemicelulose, %	68,35 ^b	73,08 ^a	72,52 ^{ab}	74,62 ^a	4,12
ED, kcal/kg	2.688 ^{ab}	2.761 ^{ab}	2.606 ^b	2.829 ^a	4,32

(1) Médias seguidas por letras distintas na mesma linha, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

(2) Dieta contendo 30% de bagaço de cana submetido aos seguintes tratamentos: A ("in natura"), B (4% NaOH), C (4% Ca(OH)₂) e D (2% NaOH + 2% Ca(OH)₂).

Os resultados obtidos podem ser considerados como representativos das dietas contendo bagaço, pois se assemelham aos encontrados por COSTA (1987) com valores de 45,06% e principalmente por RUSSO (1986), que trabalhando com bubalinos e dietas contendo 30% de bagaço hidrolisado, obteve valores médios de 53,72%.

De acordo com VAN SOEST (1963), a parede celular dos vegetais seria bem representada pela FDN, que envolve a soma de hemicelulose + celulose + lignina + sílica, ao passo que a FDA corresponde a soma da lignina + celulose + sílica e a fibra bruta representa praticamente a

celulose e partes variáveis da lignina. Com referência a digestibilidade, VAN SOEST (1967) considerou-a como uma unidade, já que envolve componentes (celulose e hemicelulose) com as mesmas propriedades nutritivas mas cujos coeficientes de digestibilidade dependem do seu arranjo na parede celular e das ligações álcali-lábeis com a lignina.

O fato dos coeficientes de digestibilidade das dietas contendo bagaço tratado com NaOH e NaOH + Ca(OH)_2 terem sido superiores ao bagaço "in natura", vem confirmar a ação benéfica dos tratamentos químicos em silagens de alta fibrosidade.

Segundo CORREIA (1986) os tratamentos químicos com finalidades oxidantes parecem levar à saponificação dos ésteres dos ácidos urônicos associados com as cadeias de xilanas na parede celular, além de induzir um acentuado aumento da capacidade de embebição pela água, facilitando a atuação posterior das enzimas ao nível do rúmen. Nestes tratamentos, as ligações éster lignina-hemicelulose e lignina-celulose são hidrolisadas, mais solúvel e conseqüentemente o glicídios da parede celular mais fermentecíveis. Da mesma forma ocorre a hidrólise das ligações lignina-celulose, deixando esta última mais acessível à degradação enzimática. Contudo, nem todas as ligações são lábeis aos álcalis, ficando na dependência do tipo e diversidade do resíduo fibroso.

No presente trabalho os valores para os coeficientes de hemicelulose tiveram um comportamento similar aos coeficientes de FDN, confirmando que o efeito do tratamento alcalino na solubilização foi eficiente na fração hemicelulose e com efeito muito discreto na celulose, como pode ser observado nos coeficientes de digestibilidade apresentados na Tabela 8.

A Tabela 8 mostra os coeficientes de digestibilidade da hemicelulose que foram respectivamente 68,15; 73,08; 75,52 e 74,62% para as rações contendo bagaço "in natura", tratado com NaOH, Ca(OH)_2 e NaOH + Ca(OH)_2 . A análise de variância mostrou efeitos estatisticamente significativos ($P < 0,05$) para os tratamentos (Apêndice - Tabela 14). Pelo teste de Tukey observa-se uma superioridade nos tratamentos de NaOH e NaOH + Ca(OH)_2 em relação ao bagaço "in natura", ficando o tratamento com Ca(OH)_2 não diferindo dos demais. Ressalta-se portanto que, o bagaço alcalinizado com NaOH e NaOH + Ca(OH)_2 (73,85%) melhorou o coeficiente de digestibilidade da hemicelulose em 5,5 pontos percentuais em relação ao bagaço "in natura" (68,35%), evidenciando mais uma vez o efeito solubilizador destes oxidantes. Semelhantes resultados foram observados por RUSSO (1986) que encontrou coeficiente de digestibilidade de 69,00% para o bagaço de cana hidrolisado em dietas para bubalinos.

Os coeficientes de digestibilidade da celulose

(Tabela 8) foram respectivamente 49,43; 51,77; 47,47 e 50,48% (Tabela 12 do Apêndice). Como se pode observar, embora sem diferenças significativas ($P > 0,05$) houve uma ligeira tendência de aumento nos coeficientes de digestibilidade de celulose para as dietas tratadas com NaOH e NaOH + Ca(OH)_2 (51,12%), em relação àquela com bagaço "in natura" (49,43%). Este fato destaca que grande parte das ligações álcali-lábeis entre celulose e lignina não foram hidrolisadas pelos tratamentos alcalinos, evidenciando uma estrutura mais cristalina do que amorfa, para a celulose do bagaço de cana.

A Tabela 8 mostra os valores médios dos coeficientes de digestibilidade da FDA que foram de 40,61; 45,72; 41,54 e 43,28%, respectivamente para as dietas contendo bagaço "in natura", NaOH, NaOH + Ca(OH)_2 e Ca(OH)_2 . A análise de variância (Apêndice - Tabela 12), demonstrou efeitos significativos entre os tratamentos testados, ($P < 0,05$). Pelo teste de Tukey, constatou-se uma superioridade das dietas tratadas com NaOH (45,72%) em relação a dieta contendo bagaço "in natura" (40,61%). Os demais tratamentos foram equivalentes entre si.

Teoricamente, talvez, fosse esperado uma similaridade entre os valores encontrados para os coeficientes de digestibilidade da FDA e da FB, porque ambos representam a fração lignocelulose das plantas. Observou-se no entanto, uma superioridade para os coeficientes de

digestibilidade da fibra bruta que variaram de 45,77 a 48,12% em relação à digestibilidade do FDA que variou de 40,61 a 45,72%, confirmando assim as observações de VAN SOEST (1964) de que a lignina é excluída da FB durante a determinação química-bromatológica pelo método de Weende. Isto é, a FB é praticamente igual a celulose, explicando assim a não existência de diferenças significativas no presente trabalho, para os coeficientes de digestibilidade da FB e celulose, contrariamente ao observado para a FDA, onde o tratamento com NaOH mostrou-se mais eficaz, evidenciando o efeito oxidante deste tratamento sobre as ligações álcali-lábeis, superior aos demais tratamentos.

Os valores de energia digestível obtidos no presente trabalho foram de 2.688; 2.761; 2.606 e 2.829 kcal/kg, respectivamente para as dietas contendo bagaço "in natura", NaOH, Ca(OH)_2 e Ca(OH)_2 + NaOH. A análise de variância (Tabela 15 - Apêndice), mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Pelo teste de Tukey observa-se que o tratamento contendo bagaço tratado com NaOH + Ca(OH)_2 (2.829 kcal/kg) foi estatisticamente superior ($P < 0,05$) a dieta tratada somente com Ca(OH)_2 , sendo que os demais tratamentos comportaram-se de maneira semelhante.

Associando-se os teores de ED ao consumo de matéria seca (kg/animal/dia) pelos bubalinos, observa-se uma maior ingestão de ED nas dietas contendo bagaço alcalinizado

em relação àquela contendo bagaço "in natura", ou seja, 17,69; 21,76; 20,35 e 21,81 MCal/animal/dia. Considerando 21,31 MCal/animal/dia como média dos tratamentos alcalinizados, teremos um consumo de energia de aproximadamente 20,43% superior à dieta contendo bagaço "in natura". Isto poderia servir de suporte para os maiores coeficientes de digestibilidade das frações fibrosas por parte dos microrganismos quando considera-se as rações contendo bagaço alcalinizado, uma vez que, os microrganismos receberam uma maior fonte de energia disponível para degradar a matéria seca da ração.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, as seguintes conclusões podem ser apontadas:

1. Os tratamentos alcalinizantes não afetaram o consumo de água por bubalinos, estando o mesmo correlacionado com a ingestão de matéria seca.
2. O método convencional de análise não é suficientemente preciso para detectar alterações nos coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa, sugerindo para tal avaliação os métodos analíticos da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).
3. Os tratamentos alcalinizantes promovem uma melhoria no valor nutritivo das dietas, como consequência dos aumentos nos coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose.
4. O nível de 30% de bagaço utilizado foi excessivo, uma vez que reduziu significativamente o consumo e o coeficiente de digestibilidade da matéria seca das dietas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, P. Variações nos componentes da parede celular e digestibilidade "in vitro" da fibra das forrageiras capim gordura (*Melinis minutiflora*, Pal. de Beauv.) e capim colônia (*Panicum maximum*, Jacq.). Jaboticabal, 1973. 98p. (Tese-Doutoramento, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal).
- ARC The Nutrient Requirements of Farm Livestock. n° 2 Ruminants. London, 264 p. 1965.
- AOAC Official methods of analysis. 14th Ed. Assoc. of Official Analytical Chemists. Washington, DC., 1141p., 1984.
- BAILE, C.A.; MAHONEY, A.W.; MAYER, J. Induction of hypothalamic aplasia and adnesia in goats. *JD.S.*, 51:1474.1968.

- BAILE, C.A. & MAYER, J. Effects of intravenous versus intraruminal injections of acetate on feed intake of goats. JDS, 51:1490, 1968.
- BERGER, L.L.; KLOPTENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. Effect of sodium hydroxide treatment on rate of passage and rate of ruminal fiber digestion. J. Anim. Sci., 50(4):1980.
- BHATTACHARYA, A.N. & WARNER, R.G. Effect of propionate and citrate on depressed feed intake after intraruminal infusions of acetate in dairy cattle. JDS, 51:1091, 1968.
- BOSE, M.L.V. Técnicas para melhoramento do valor nutritivo de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 6, Piracicaba, 1980. Anais... Piracicaba, ESALQ, p.183-213, 1980.
- CHANDRA, S. & JACKSON, M.G. A study of various chemical treatment to remove lignin from coarse roughages and increase their digestibility. J. Agric. Sci., 19(2):73, 1971.
- CHURCH, D.C. & POND, W.G. Basic Animal Nutrition and Feeding. Albany printing Company, Albany, Oregon, 299p. 1974.
- CHURCH, D.C. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. I, Digestive physiology. 3 ed. Oxford Press Inc., 1979. 350p.
- COELHO DA SILVA, J.F. & LEAO, M.I. Fundamentos de Nutrição de Ruminantes. Edit. Livroceres, Piracicaba, 380p. 1979.

- CONRAD, H.R.; PRATT, A.D.; HIBBS, J.W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factor with increasing digestibility. JDS., 47:54, 1964.
- CONRAD, H.R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: physiological and physical factors limiting feed intake. J. Anim. Sci., 25(11):227, 1966.
- CORREIA, A.A.D. Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 789p., 1986.
- COSTA, L.R.O. Suplementação de uréia em dietas de bagaço de cana (*Paccharum* sp) autohidrolizada para ruminantes. Tese de Mestrado, ESALQ - USP, 112p. 1987.
- CRAMPTON, E.W.; DONEFER, E.; LLOYD, L.E. A nutritive value index for forages. J. Anim. Sci., 19(2):536-44, 1960.
- de FARIA, V.P.; SILVEIRA, A.C.; MATTOS, W.R.S. Estudo sobre alguns componentes da parede celular de forrageiras tropicais. Solo, Piracicaba, 62:61-5, 1970.
- DOWDEN, D.R. & JACOBSON, D.R. Inhibition of appetite in dairy cattle by certain intermediate metabolites. Nature, 188:148, 1960.
- FURLAN, L.R.; SILVEIRA, A.C.; VILLARES, J.B.; RAMOS, A.A. Bagaço de cana, resíduo da agricultura tropical tratada bioquimicamente, na alimentação de bubalinos. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA DO ESTADO DE SAO PAULO, 3,

- Botucatu, 1983. Anais... Botucatu, p.66-75, 1983.
- GAILLARD, B.D.E. The relationship between the cell-wall constituents of roughages and the digestibility of organic matter. J. agric. Sci., 59:369-73, 1962.
- HARROCKS, S. & PHILLIPS, G.D. Factors affecting the water and food intakes of european and zebu-type cattle. J. Agric. Sci., 56:379, 1961.
- HOGAN, J.P. & WESTON, R.N. The utilization of alkali-treated straw by sheep. Aust. J. Agric. Res., 22:951-62, 1971.
- JACKSON, M.G. Review article. The alkali treatment of straws. Anim. Feed. Sci. Technol., 2:105-30, 1977.
- JACKSON, M.G. FAO Animal Production and Health Paper. s. 1, sec. ed., 10, 1978.
- JORDAN, R.M. Effect of heat-processed flaked cor on growth of lambs. J. Anim. Sci., 24:754-6, 1965.
- KEYS, J.E. Jr. & VAN SOEST, P.J. Digestibility by the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). J. Dairy Sci., 53:1502-8, 1970.
- LEDGER, H.P.; ROGERSON, A.; FREEDMAN, G.L. Further studies on the voluntary food intake of *Bos Indicus*, *Bos Taurus* and crossbred cattle. Anim. Prod., 12:425, 1970.
- LUCCI, C. de S. Nutrição em bovinos nos trópicos. In: ANAIS DO SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE BOVINOS NO TROPICO, Botucatu, 1976. Anais... Fundação Cargill, p.43, 1976.

MATTOS, W.R.S. Sistemas de alimentação para vacas em produção. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE BOVINOS NO TROPICO, 3, Botucatu, 1978. Anais... Fundação Cargill, 1978.

Mc DONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALG, J.F.D. Animal Nutrition. Zaragoza, Acribia, 1969. 395p.

Mc DOWELL, R.E. Improvement of livestock production in warm climates. San Francisco,, W.H. Freedman and Company, p. 220-1, 1972.

MILFORD, R. & MINSON, D.J. Proc. IX Intern. Grassld. Congr. p.895, São Paulo, Brasil, 1965.

MONTGOMERY, M.J. & BAUMGARDT, B.R. Regulation of food intake in ruminants. 2. Rations varying in energy concentration and physical form. JDS, 48:1963.

MORAES, C.,L. Comunicação pessoal, 1986.

PACCOLA, J.L.; RAZOOK, A.G.; LIMA, F.P. Aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar na engorda de bovinos confinados. B. Ind. Anim., 34(12):25-8, 1977.

PACHAURI, V.C. & NEGI, S.S. Influence of energy intake on the requirement of digestible crude protein for maintenance in cattle. Indian J. anim. Sci., 50(7):548-52, 1980.

PHILLIPS, G.D. The relationship between water and food intake of european and zebu type steers. J. Agric. Sci., 54:231,1964.

- PONTES, M. Papel de la fibra en la alimentacion de los ruminantes. Avance in Alimentacion y Mejora Animal, 22(10): 411, 1981.
- PRATES, E.R. & LEBOUTE, E.M. Avaliaçãodo valor nutritivo dos resíduos de cultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 13, Salvador, 1976. Anais... Salvador, p.66-7, 1976.
- PRESTON, R.L. Nutritional implications in economy of gain of feedlot cattle. J. anim. Sci., 35:1-153, 1972.
- RANDEL, P.F. Dairy beef production from mixtures of sugarcane bagasse and concentrates. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 54(2):237. 1970.
- RUSSO, H.G. Digestibilidade comparativa de rações contendo bagaço de cana-de-açúcar (*Paccharum officinarum*), fornecidas a zebuínos (*Bos indicus*) e bubalinos (*Bubalus bubalis*). São Paulo, 1986. 57p. (Tese-Mestrado, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, USP).
- RAZDAN, M.N.; SHARMA, D.D.; BHARGAVA, P.R.; CHAWLA, M.S. Utilization of urea and water metabolism by zebu cattle and buffaloes under tropical conditions. J. Dairy Sci., 54:1200, 1971.
- SEBASTIAN, L.; MUDGAL, V.D.; NAIR, P.G. Comparative efficiency of milk production by Sahiwal and Murrah buffalo. J. Anim. Sci., 30:253, 1970.
- SIEBERT, B.D. The treatment of a tropical roughage with alkali, nitrogen and sulphur in relation to the nutritional limitations of pastures in Northern

- Australia. Proc. Austr. Soc. Anim. Proc., 10:86-90, 1974.
- SILVA, D.J. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). Impr. Univ., 1981. 166p. Universidade Federal de Viçosa.
- SILVEIRA, A.C.; TOSI, H.; de FARIA, V.P. Efeito da maturidade sobre a composição química-bromatológica do capim Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum). Rev. Soc. Bras. Zoot., 3:158, 1974.
- SILVEIRA, A.C. Efeito da maturidade sobre a composição em fibra, celulose, lignina, sílica e digestibilidade "in vitro" do capim Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum) e soja perene (*Glycine wightii*). Piracicaba, 1971. 99p. (Tese-Doutoramento, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba, SP).
- SIMKINS, K.L.; SUTTLE, J.W.; BAUMGARDT, B.R. Regulation of food intake in ruminants. 4. Effect of acetate, propionate, butyrate, and glucose on voluntary food intake in dairy cattle. JDS, 48:1629, 1965.
- STROZINSKI, L.L. & CHANDLER, P.T. Effects of dietary fiber and acid detergent lignin on body fill of ruminants calves. J. Dairy Sci., 54:1491, 1971.
- SULLIVAN, J.T. Cellulose and lignin in forage grasses and their digestion coefficients. J. Anim. Sci., 14:710-7, 1955.
- SUMMERS, C.B. & SHERROD, L.B. Sodium hydroxide treatment of different roughages. J. Anim. Sci., 41:420, 1975.
- THIAGO, L.R.L. Factors affecting intake and utilization of

low-quality forages by ruminants. Camden, University of Sidney, 1979. 212p. (Tese-Mestrado).

VAN SOEST, P.J. The use of detergents in the analysis of fibrous feed. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. J. Ass. off agric. Chem., 46:825-9, 1963.

VAN SOEST, P.J. & WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. J. Ass. Off. Anal. Chem., 50:50-5, 1967.

VAN SOEST, P.J. Strutral and chemical characteristics with limit the nutritive value of forages. Forage economics quality. Bull., Madison, Amer. Soc. Agron., Wisconsin, n° 13:63-76, 1968.

VAN SOEST, P.J.. Nutritional Ecology of the Ruminant. Corvallis, O.E.B. Book Inc., 373p., 1982.

APÊNDICE

Tabela 1. Análise de variância do consumo diário de matéria seca (kg/animal/dia).

CV	GL	QM
Tratamentos	3	3,0353
Quadrados latinos	1	0,1485
Períodos	3	2,6445
Animal/quadrado latino	7	2,7403
Período/quadrado latino	3	2,5950
Quadrado latino x tratamento	3	0,5452
Resíduo	11	1,6063
Total	31	

Tabela 2. Análise de variância do consumo diário de matéria
($\text{kg}^{0,75}$ /animal).

CV	GL	QM
Tratamentos	3	0,0006
Quadrados latinos	1	0,0000
Períodos	3	0,0004
Animal/quadrado latino	7	0,0003
Período/quadrado latino	3	0,0004
Quadrado latino x tratamento	3	0,0002
Resíduo	11	0,0002
Total	31	

Tabela 3. Análise de variância do consumo médio de água"/an-
nimal/dia.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	153,1474
Quadrados latinos	1	18,8652
Períodos	3	39,9217
Animal/quadrado latino	7	63,0169
Período/quadrado latino	3	33,6333
Quadrado latino x tratamento	3	4,1549
Resíduo	11	63,5148
Total	31	

Tabela 4. Análise de variância do consumo de água/kg de matéria seca.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	0,5412
Quadrados latinos	1	0,0242
Períodos	3	2,3639
Animal/quadrado latino	7	1,6382
Período/quadrado latino	3	2,3558
Quadrado latino x tratamento	3	0,7027
Resíduo	11	2,3232
Total	31	

Tabela 5. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	12,8067
Quadrados latinos	1	11,0333
Períodos	3	9,4384
Animal/quadrado latino	7	5,8193
Período/quadrado latino	3	5,7606
Quadrado latino x tratamento	3	2,9572
Resíduo	11	6,0413
Total	31	

Tabela 6. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	60,2922
Quadrados latinos	1	4,7278
Períodos	3	8,2749
Animal/quadrado latino	7	6,2749
Período/quadrado latino	3	6,6990
Quadrado latino x tratamento	3	0,9242
Resíduo	11	14,9884
Total	31	

Tabela 7. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da fibra bruta.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	7,5040
Quadrados latinos	1	0,0023
Períodos	3	6,4817
Animal/quadrado latino	7	5,6187
Período/quadrado latino	3	6,4810
Quadrado latino x tratamento	3	1,4861
Resíduo	11	10,5114
Total	31	

Tabela 8. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	12,7066
Quadrados latinos	1	1,6110
Períodos	3	606,1976
Animal/quadrado latino	7	53,6852
Período/quadrado latino	3	605,6606
Quadrado latino x tratamento	3	34,7870
Resíduo	11	56,1135
Total	31	

Tabela 9. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente dos extrativos não nitrogenados.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	8,4792
Quadrados latinos	1	0,0820
Períodos	3	14,8287
Animal/quadrado latino	7	10,7377
Período/quadrado latino	3	14,8014
Quadrado latino x tratamento	3	0,2851
Resíduo	11	12,7953
Total	31	

Tabela 10. Análise de variância dos nutrientes digestíveis totais.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	3,7991
Quadrados latinos	1	0,0210
Períodos	3	4,3931
Animal/quadrado latino	7	4,8221
Período/quadrado latino	3	4,3861
Quadrado latino x tratamento	3	0,3248
Resíduo	11	6,5043
Total	31	

Tabela 11. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	54,5735
Quadrados latinos	1	0,1540
Períodos	3	4,6758
Animal/quadrado latino	7	7,0674
Período/quadrado latino	3	4,6245
Quadrado latino x tratamento	3	0,9785
Resíduo	11	10,3498
Total	31	

Tabela 12. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	40,3028
Quadrados latinos	1	40,9512
Períodos	3	25,1985
Animal/quadrado latino	7	10,5825
Período/quadrado latino	3	11,5481
Quadrado latino x tratamento	3	6,5596
Resíduo	11	8,1261
Total	31	

Tabela 13. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da celulose.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	26,3381
Quadrados latinos	1	7,7914
Períodos	3	21,3963
Animal/quadrado latino	7	4,2332
Período/quadrado latino	3	18,7992
Quadrado latino x tratamento	3	0,2343
Resíduo	11	18,3509
Total	31	

Tabela 14. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da hemicelulose.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	57,5150
Quadrados latinos	1	2,9585
Períodos	3	26,4832
Animal/quadrado latino	7	9,5272
Período/quadrado latino	3	25,4971
Quadrado latino x tratamento	3	6,1617
Resíduo	11	8,8176
Total	31	

Tabela 15. Análise de variância da energia digestível.

CV	GL	QM
Tratamentos	3	0,0732
Quadrados latinos	1	0,0198
Períodos	3	0,0502
Animal/quadrado latino	7	0,0204
Período/quadrado latino	3	0,0436
Quadrado latino x tratamento	3	0,0018
Resíduo	11	0,0138
Total	31	