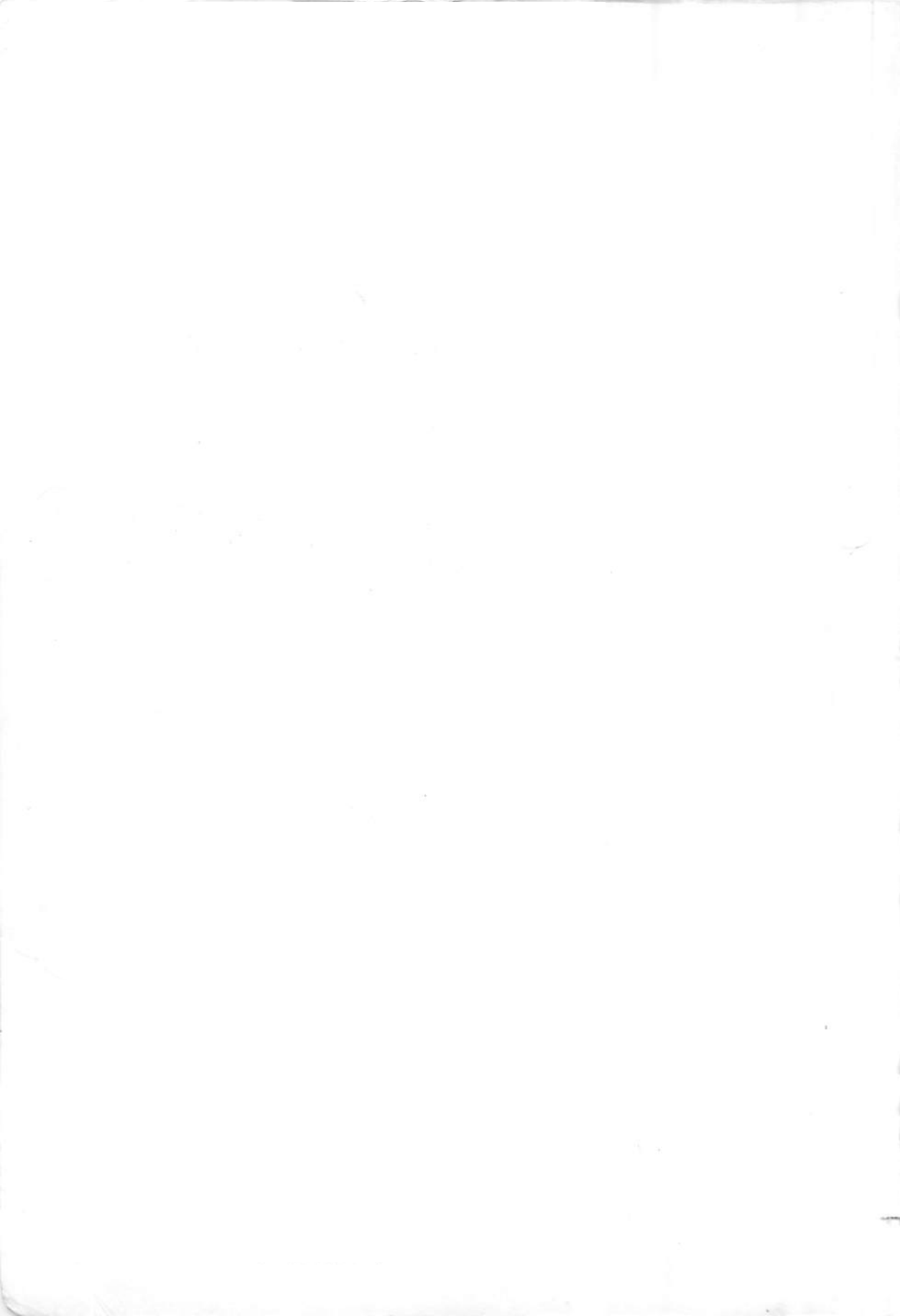




**EFEITO DO AMBIENTE RUMINAL SOBRE A  
DEGRADABILIDADE *IN SITU* DA CANA-DE-  
AÇÚCAR**

**HUDSON NUNES DA COSTA**

**2002**



HUDSON NUNES DA COSTA

EFEITO DO AMBIENTE RUMINAL SOBRE A DEGRADABILIDADE  
*IN SITU* DA CANA-DE-AÇÚCAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Marcos Neves Pereira

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Costa, Hudson Nunes da

Efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade *In Situ* da cana-de-açúcar /  
Hudson Nunes da Costa. -- Lavras : UFLA, 2002.

51 p. : il.

Orientador: Marcos Neves Pereira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia:

1. Amônia. 2. PH. 3. Rumen. 4. Efeito associativo. 5. Fibra. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.20855

**HUDSON NUNES DA COSTA**

**EFEITO DO AMBIENTE RUMINAL SOBRE A DEGRADABILIDADE  
*IN SITU* DA CANA-DE-AÇÚCAR**

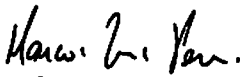
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 02 de Agosto de 2002

Prof. Priscila Rosa Vieira Logato – DZO/UFLA

Prof. Sandra Gesteira Coelho – EV-DZO/UFMG

Dr. Rodolpho de Almeida Torres – Embrapa - CNPGL



Prof. Marcos Neves Pereira

(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, motivo maior da vida.

Ao Prof. Marcos Neves Pereira pelos ensinamentos e amizade.

À minha esposa Alessandra pela paciência, companheirismo e por seu grande amor.

À minha família pelo exemplo de viver em fraternidade e amor.

A todos os grandes amigos que me apoiaram.

Ao Grupo do Leite pela enorme ajuda na condução do experimento, especialmente a Ricardo, Rogério, Marcelo e “Bambuí”.

À FAPEMIG pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade.

À D’Vita Rações por financiar o concentrado utilizado no experimento.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 A cana-de-açúcar como alimento para bovinos.....	4
2.2 Desempenho animal em dietas baseadas em cana-de-açúcar .....	8
2.3 Efeito do ambiente ruminal sobre a digestão de forragens.....	10
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>

## RESUMO

COSTA, Hudson Nunes. **Efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar.** Lavras: UFLA, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

A baixa digestibilidade da fibra é uma deficiência nutricional da cana-de-açúcar, logo a seleção de cultivares com alta digestão fibrosa pode ter efeito positivo sobre o consumo e o desempenho de ruminantes. No entanto, recomendar a seleção de cultivares de cana com alta digestão fibrosa requer conhecimento prévio da magnitude de depressão na digestão da fibra quando concentrados ricos em amido suplementam dietas à base desta forrageira. Nestes casos, ganhos genéticos em digestibilidade podem ser parcialmente anulados pela natureza do ambiente ruminal, caracterizando a ocorrência de efeitos associativos negativos da presença de amido no rúmen sobre a digestão fibrosa. O objetivo deste experimento foi avaliar a degradabilidade ruminal de cultivares de cana-de-açúcar em ambientes ruminais resultantes da substituição de milho dietético por polpa cítrica, ambos em valores de pH ruminal alto e baixo. Seis vacas não lactantes e fistuladas no rúmen foram alocadas a uma seqüência de 3 tratamentos em dois quadrados latinos 3 x 3 com períodos de 14 dias. Os tratamentos foram: dieta controle com 9,9 % de PB e contendo 87,1% de cana-de-açúcar (Cana), dieta com 11,5% de PB e contendo 42,0% de cana-de-açúcar e 58,0% de concentrado à base de milho (Milho) e dieta com 10,5% de PB e contendo 42,8% de cana-de-açúcar e 57,2% de concentrado à base de polpa cítrica (Polpa). Durante os primeiros 11 dias de cada período experimental o consumo de matéria seca de dieta foi fixado em 1,2% do peso vivo, para induzir

---

<sup>1</sup> Comitê orientador: Marcos Neves Pereira – UFLA (Orientador), Priscila Rosa Vieira Logato - UFLA, Sandra Gesteira Coelho – UFMG.



alto pH ruminal em determinado substrato fermentativo. No 12<sup>o</sup> dia de cada período os animais nos tratamentos Milho e Polpa receberam um pulso intra-ruminal de 0,8 % do peso vivo de milho ou polpa cítrica, visando induzir baixo valor de pH. No dia 12 os animais em todos os tratamentos também receberam 0,02% do peso vivo de uréia intra-ruminalmente. Doze cultivares de cana foram inseridos no rúmen na manhã do dia 11 e incubados *in situ* por 24 horas. Os mesmos 12 cultivares também foram inseridos na manhã do dia 12 e incubados pelo mesmo período de tempo. No dia 11 o pH ruminal médio ao longo das 24 horas após o fornecimento das dietas foi 7,01 ( $P=0,59$  para o efeito de tratamento) e a  $\text{NH}_3$  ruminal foi 3,4, 4,4 e 6,2 mg/dL nos tratamentos Cana, Milho e Polpa, respectivamente ( $P=0,01$  para o efeito de tratamento). No dia 12 o pH médio nas 24 horas foi 6,98 no tratamento Cana, 6,49 no Milho e 6,04 na Polpa ( $P=0,06$  para o contraste Cana vs (Milho+Polpa) e  $P<0,01$  para o contraste Milho vs Polpa) e a  $\text{NH}_3$  foi 13,0 mg/dL ( $P=0,44$  para o efeito de tratamento). No tratamento Cana a degradabilidade ruminal da FDN foi 21,5% no dia 11<sup>o</sup> e 27,8% no dia 12<sup>o</sup>, a maior concentração ruminal de  $\text{NH}_3$  induziu resposta positiva na degradabilidade da fibra da cana. Nos tratamentos Milho e Polpa a maior disponibilidade de amônia no rúmen parece ter sido contrabalançada pelo efeito negativo do baixo pH ruminal, a degradação ruminal da fibra nos dias 11 e 12 foi em média 20,8% nestes tratamentos ( $P<0,01$  para a interação entre tratamento e pH ruminal). Apesar do efeito negativo do baixo pH sobre a digestão da fibra ter sido observado em todos os cultivares de cana, o ordenamento dos mesmos quanto à degradabilidade da fibra se manteve em ambientes ruminais distintos. A seleção de cultivares de cana com alto potencial de digestão parece ser aplicável a programas alimentares que resultem em ambientes ruminais favoráveis ou não favoráveis à digestão fibrosa.

## ABSTRACT

COSTA, Hudson Nunes. **Effect of the ruminal environment on sugarcane *in situ* degradability.** Lavras: UFLA, 2002. 52p. Dissertation (Master program in Animal Science).

Low fiber digestibility is a nutritional deficiency of sugarcane, then the selection of cultivars with high fiber digestion may have a positive effect on the intake and performance of ruminants. However, the recommendation for the selection of sugarcane cultivars with high fiber digestion requires previous knowledge of the magnitude of the depression in fiber digestion when starch rich concentrates supplement diets based on this forage. In these cases, genetic gains in digestibility may be partially offset by the nature of the ruminal environment, characterizing the occurrence of negative associative effects of ruminal starch on fiber digestion. The objective of this experiment was to evaluate the ruminal degradability of sugarcane cultivars in ruminal environments resulting from the substitution of dietary corn by citrus pulp, both in high and low ruminal pH. Six rumen cannulated, non-lactating cows were allocated to a sequence of 3 treatments in two 3 x 3 Latin Squares with 14-day periods. Treatments were: control diet with 9.9 % CP and 87.1 % of sugarcane (Cana), diet with 11.5 % CP and 42,0 % of sugarcane and 58.0 % of a ground corn based concentrate (Milho) and diet with 10.5 % CP and 42.8 % of sugarcane and 57.2 % of a citrus pulp based concentrate (Polpa). During the first 11 days of each experimental period diet dry matter intake was fixed at 1.2% of body weight, to induce high ruminal pH in a given fermenting substrate. At the 12<sup>th</sup> day of each period a

---

<sup>2</sup> Guidance committee: Marcos Neves Pereira – UFLA (Advisor), Priscila Rosa Vieira Logato – UFLA, Sandra Gesteira Coelho – UFMG.

nimals on treatments Milho and Polpa received a intra-ruminal pulse of 0,8 % of body weight of corn or citrus pulp, to induce low rumen pH. On day 12<sup>th</sup> animals in all treatments also received an intra-ruminal pulse of 0.02 % of body weight of urea. Twelve sugar cane cultivars were inserted into the rumen in the morning of day 11<sup>th</sup> and were incubated *in situ* for 24 hours. The same 12 cultivars were also inserted in the morning of the 12<sup>th</sup> day and were incubated for the same period of time. On the 11<sup>th</sup> day the mean ruminal pH throughout the 24 hours after feeding was 7.01 ( $P=0.59$  for the treatment effect) and ruminal NH<sub>3</sub> was 3.4, 4.4 and 6.2 mg/dL for treatments Cana, Milho and Polpa, respectively ( $P=0.01$  for the treatment effect). On day 12<sup>th</sup> the 24-hour mean pH was 6.98 for treatment Cana, 6.49 for Milho and 6.04 for Polpa. ( $P=0.06$  for the contrast Cana vs (Milho+Polpa) and  $P<0.01$  for the contrast Milho vs Polpa) and NH<sub>3</sub> was 13.0 mg/dL ( $P=0.44$  for the treatment effect). For the Cana treatment the ruminal NDF degradability was 21.5% on day 11<sup>th</sup> and 27.8% on day 12<sup>th</sup>, the higher ruminal NH<sub>3</sub> concentration induced a positive response in sugarcane fiber degradability. For treatments Milho and Polpa the greater ruminal ammonia availability was apparently offset by the negative effect of the low ruminal pH, the ruminal degradation of fiber on days 11 and 12 were on average 20.8% for these treatments ( $P<0.01$  for the interaction between treatment and ruminal pH). Although the negative effect of the low pH upon fiber digestion occurred in all sugarcane cultivars, their fiber degradability ranking was maintained in distinct ruminal environments. The selection of sugarcane cultivars with high digestion may be applicable to feeding programs resulting in ruminal environments favorable or not favorable to fiber digestion.

# 1 INTRODUÇÃO

O objetivo do melhoramento genético da cana-de-açúcar pela indústria açucareira tem sido a obtenção de alta lucratividade na produção de sacarose. Algumas características agronômicas têm sido enfatizadas em programas de melhoramento genético para produção de açúcar: alta produção de massa verde, alto teor de sacarose, manutenção de alta produção ao longo dos anos, rusticidade, resistência a pragas e doenças, rebrota vigorosa, resistência a tombamento, período útil de utilização longo, ausência de floração, ausência de joçal, despalhamento natural e facilidade e rendimento na moagem (Barnes, 1974). No entanto, não existem critérios científicos para seleção de canas forrageiras. Características agronômicas como alto poder de perfilhamento, possibilidade de pelo menos dois cortes anuais, alto teor de proteína bruta e baixo teor de sacarose foram empiricamente sugeridas como critérios para seleção de canas forrageiras (Cesnik, 1975; Lovadini et al., 1971). Os cultivares de cana atualmente recomendados para alimentação animal são aqueles de bom desempenho na produção de açúcar.

A correlação entre a porcentagem de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e a digestibilidade da matéria seca no rúmen é negativa e alta na cana-de-açúcar (Carvalho, 1998; Pate & Coleman, 1975), indicando que a seleção de canas ou a adoção de práticas de manejo capazes de abaixar a porcentagem de fibra e elevar a porcentagem de sacarose da planta seriam efetivas para elevar a digestibilidade dos cultivares. Como a digestibilidade da FDN da cana-de-açúcar é baixa (Preston, 1975), a seleção de cultivares que além da baixa porcentagem de FDN também tivessem maior digestibilidade da FDN poderia resultar em ganho em desempenho animal. Existem evidências da ocorrência de variabilidade entre cultivares de cana-de-açúcar na degradabilidade ruminal da FDN (Molina, 1999)

e na digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total (Pate, 1981). A seleção de canas com alta digestibilidade da fibra pode melhorar o valor nutricional dos cultivares disponíveis.

Apesar de pouco explorado, a cana-de-açúcar tem potencial para ser utilizada em dietas para animais leiteiros de alto potencial produtivo (Andrade, 1999; Gallo, 2001; Corrêa, 2001). Para animais de maior produção, a utilização de alimentos concentrados é necessária para suprir a alta demanda nutricional. No entanto, carboidratos dietéticos de degradação rápida no rúmen têm efeito associativo negativo sobre a digestão ruminal da fibra de forrageiras, sendo a amplitude da depressão na digestão dependente do tipo da forrageira (Grant & Mertens, 1992b). É necessário conhecer a amplitude de depressão em digestão fibrosa quando a cana-de-açúcar é suplementada com alimentos concentrados. Se a magnitude da inibição na degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar for suficiente para eliminar diferenças de potencial genético de degradabilidade entre cultivares, a premissa de seleção de variedades de cana para maior velocidade de degradação da fibra no rúmen não se aplicaria a sistemas de produção adotando maiores teores dietéticos de alimentos concentrados.

A queda na digestão ruminal da fibra em dietas ricas em energia poderia ser atenuada por mudança na natureza química da fração de carboidratos não fibrosos da dieta, por substituição de concentrados ricos em amido por subprodutos fibrosos ricos em pectina (ex: polpa de citros). A fermentação tanto da pectina quanto da celulose foi inibida em baixo pH *in vitro*, enquanto a digestão do amido não foi afetada (Marounek et al., 1985). Por evitar uma queda acentuada no pH ruminal *in vivo*, a pectina pode não inibir a digestão da fibra tanto quanto açúcares e amidos de degradação rápida. Outro aspecto potencialmente benéfico da substituição de amido por pectina dietética seria o fato de microorganismos ruminais digestores de pectina também terem a capacidade de utilizar hemicelulose como substrato (Osborne & Dehority,

1989). Dietas baseadas em pectina e fibra podem não induzir incompatibilidade de substrato entre microorganismos digestores de fibra e aqueles digestores de carboidratos não fibrosos. Se a substituição de amido por pectina reduzir a magnitude dos efeitos associativos negativos da presença de amido no rúmen sobre a digestão ruminal da fibra, esta estratégia alimentar será efetiva em situações que visam alta produção por animal e nas quais existe disponibilidade de canas com alto potencial de degradação da fibra no rúmen.

O objetivo deste experimento foi avaliar a ocorrência de efeitos associativos negativos da presença de amido de milho no rúmen e o efeito da substituição de amido por fibra e pectina de polpa cítrica sobre a degradabilidade ruminal da FDN em uma população de colmos de cana, caracterizando a resposta em degradabilidade à mudanças químicas no ambiente ruminal. O efeito da variação química foi avaliado em planos nutricionais capazes de induzir valores de pH ruminal *in vivo* alto e baixo e num ambiente ruminal com redução e aumento na concentração de amônia.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 A cana-de-açúcar como alimento para bovinos

A cana-de-açúcar é uma cultura bastante difundida no Brasil (Faria, 1993), sendo predominantemente utilizada na indústria do álcool e do açúcar. No país são colhidas industrialmente cerca de 339.660.000 de toneladas de cana por ano, o que corresponde a uma área plantada de 4.887.647 hectares (Agriannual, 2002) a uma produtividade média de 69,5 ton/ha. Entretanto, o tipo do cultivar, a época de plantio e a idade da planta têm impacto significativo sobre a produtividade, produções bem mais altas são rotineiramente possíveis (Matsuoka & Hoffmann, 1993). Além da função industrial, a cana tem papel importante como forrageira para alimentação de ruminantes. O alto potencial forrageiro da cana-de-açúcar no Brasil é decorrente da sua grande capacidade de produção de matéria seca por hectare e do alto conteúdo de energia por unidade de matéria seca. A cana é uma gramínea que possui alta capacidade de conversão de energia solar em energia química, predominantemente na forma de sacarose.

Outras vantagens da cana como forrageira para alimentação animal merecem ser citadas. Com respeito à maturidade fisiológica, a planta possui conteúdo de matéria seca (MS) superior ao de outras gramíneas tropicais utilizadas para corte (Boin, 1987), conciliando a alta produção de matéria natural com a alta produção de MS por hectare, maximizadora do número de animais por unidade de área. Forrageiras para corte com alta porcentagem de MS também são operacionalmente vantajosas por minimizarem o trabalho de transporte do alimento aos animais. O alto conteúdo de carboidratos não fibrosos, predominantemente sacarose, confere um alto valor energético à cana, viabilizando a adoção de formulações dietéticas com menor inclusão de

alimentos concentrados, de alto custo por kg de matéria seca, em detrimento de dietas isoenergéticas formuladas com gramíneas tropicais ricas em fibra de degradação lenta no rúmen. Dentre as forrageiras tropicais, a cana tem alto potencial para maximização da taxa de lotação animal a um baixo custo por unidade de desempenho.

A cana é um alimento desbalanceado, com baixo conteúdo de proteína e minerais e alto conteúdo de carboidratos solúveis de alta fermentabilidade no rúmen. O Sistema de Cornell classifica os carboidratos dietéticos em quatro frações segundo a taxa de digestão (Sniffen et al., 1992). A fração A é representada pelos açúcares solúveis e rapidamente fermentáveis no rúmen, a fração B<sub>1</sub> é representado por amido e pectina com taxas intermediárias de degradação, a fração B<sub>2</sub> representa a FDN potencialmente degradável e de degradação lenta no rúmen e a fração C representa a fração indigestível. Por esta classificação, a cana-de-açúcar é rica em fração A, representada majoritariamente por sacarose, e possui pouca fração B<sub>1</sub>, já que essa forragem possui conteúdo de amido e pectina praticamente nulos. Cabral et al. (2000) observaram que a cana possui alta fração C (42,5%), alto conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF), representados pela soma das frações A e B<sub>1</sub> (35,9%), e baixa fração B<sub>2</sub> (21,5%) comparativamente a outras forrageiras tropicais. A degradação da fração A foi responsável por 61,7% da produção total de gás *in vitro*. Ezequiel et al. (2001) observaram, na cana-de-açúcar, valores de 55,1%, 14,9% e 30,0% para as frações A, B<sub>2</sub> e C, respectivamente, corroborando o baixo conteúdo de fibra potencialmente degradável nesta forrageira. No entanto, foi observado alta degradabilidade efetiva da matéria seca no rúmen (61,6%), mostrando que a alta degradabilidade da fração A aparentemente compensa a alta proporção de fibra indigestível.

Figueira (1991), ao estudar em dietas com 15% da MS de farelo de algodão e 85% de cana suplementada com três níveis de uréia (1, 1,5 e 2%),



observou efeito linear positivo da porcentagem de uréia sobre a degradação efetiva e a taxa de degradação da MS e da FDN da cana-de-açúcar *in situ*. Apesar do efeito positivo da suplementação com nitrogênio não protéico, a degradabilidade ruminal da fibra foi baixa. Valores de degradabilidade efetiva da FDN da cana-de-açúcar no rúmen se situam entre 20 e 25 % (Aroeira et al., 1993a;b; Aroeira et al., 1995). Andrade (1999) e Corrêa (2001) observaram que a digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de novilhas e vacas leiteiras consumindo dietas formuladas com cana e concentrados à base de milho e farelo de soja foi cerca de metade da digestibilidade da FDN de dietas com o mesmo conteúdo de FDN oriundo de forragem, mas formuladas com silagem de milho e os mesmos concentrados, 22,5% vs 43,7% ( $P<0,001$ ) e 23,1% vs 42,1% ( $P<0,001$ ), respectivamente. Apesar de conter baixa porcentagem de fibra na matéria seca, comparativamente a outras gramíneas tropicais, a fibra da cana-de-açúcar é de baixa digestibilidade.

A baixa degradabilidade da FDN da cana-de-açúcar pode ocasionar longo tempo de permanência da fibra no rúmen (Aroeira et al., 1995) podendo induzir, freqüentemente, o efeito inibitório da cana-de-açúcar sobre o consumo de matéria seca e desempenho animal (Preston & Leng, 1980; Andrade, 1999; Corrêa, 2001). Quando se aumentou o teor de cana-de-açúcar na dieta de garrotes alimentados à vontade de 39 para 58% da matéria seca ingerida, o consumo de matéria seca caiu de 2,52 para 2,22% do peso vivo, também associado à queda na conversão alimentar (Pate, 1981). Gallo (2001) observou tendência ( $P=0,07$ ) de queda linear no consumo de matéria seca quando novilhas holandesas foram alimentadas com dietas de conteúdo crescente de FDN oriundo de cana. As dietas isoprotéicas continham 62, 70 e 78% de cana na matéria seca, correspondendo a 330, 380 e 420 gramas de FDN oriundo desta forrageira por kg de matéria seca dietética, respectivamente. Mesmo em dietas para alto desempenho animal e, portanto, formuladas com baixa porcentagem de

fibra oriunda da forragem na matéria seca dietética, observou-se menor consumo de matéria seca em animais consumindo cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho, provavelmente explicando a menor produção de leite (Corrêa, 2001) e o menor ganho diário de peso (Andrade, 1999) nas dietas com cana.

Parece existir variabilidade na digestibilidade da FDN entre variedades de cana-de-açúcar. A digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de um cultivar de cana com alto teor de fibra e consistência dura foi comparada à digestibilidade de um cultivar com baixo teor de fibra e consistência macia. Quatro garrotes receberam dietas com cerca de 60 % de cana-de-açúcar em delineamento do tipo “change-over”. A digestibilidade da FDN da cultivar dura foi 39,4% e da cultivar macia, 34,7% ( $P<0,01$ ) (Pate, 1981). Molina et al. (1999) observaram uma grande variabilidade na digestibilidade *in situ* da FDN de 12 cultivares de cana-de-açúcar, com o menor valor de digestibilidade de 10,6% e o maior, de 25,8%, entre os cultivares. Portanto, a seleção de variedades de cana com maior digestibilidade da FDN parece ser possível.

No entanto, algumas características da cana limitam seu uso em algumas fazendas brasileiras. Dentre estas, merece ser citada a falta de diretrizes para a escolha de cultivares específicos para a alimentação animal, pois a seleção de canas sempre visou metas industriais de produção de álcool ou açúcar. É importante ressaltar que nestes casos a meta é alta produção de açúcar por hectare, enquanto programas de melhoramento de forrageiras para alimentação animal poderiam enfatizar parâmetros ligados ao valor nutricional por unidade de matéria seca, aliadas a características de produção por área. A dificuldade de colheita mecânica e a conseqüente necessidade de corte manual diário ou quase diário também limitam a utilização deste alimento em fazendas não aptas ou sem o desejo de maior incorporação de trabalho manual ao sistema de produção. Outro fator seria a necessidade de corte durante o período seco do ano para obtenção do máximo valor nutricional e produtivo da forrageira, o que é

estrategicamente adequado e vantajoso apenas em fazendas que utilizam suplementação forrageira neste período do ano. No entanto, sistemas de produção que necessitam de suplementação ao longo do ano ocasionalmente optam por forrageiras de mais fácil colheita e armazenagem na forma de silagem ou feno que a cana-de-açúcar.

## **2.2 Desempenho animal em dietas baseadas em cana-de-açúcar**

Apesar de coerentes nutricionalmente e adequadas para algumas situações produtivas, dietas baseadas somente em cana e nitrogênio não protéico (uréia) normalmente resultam em baixo desempenho animal (Moreira et al., 1987; Torres et al., 1991) e baixo consumo de nutrientes (Pereira et al., 1996). Sucupira (1998) observou queda linear no consumo de matéria seca de vacas não gestante e não lactantes quando dietas baseadas em cana-de-açúcar foram suplementadas com níveis crescentes de uréia, comparadas a uma dieta isoprotéica formulada com farelo de soja. Portanto, dietas baseadas em cana e uréia podem limitar o aporte de proteína metabolizável para o animal (Dijkstra et al., 1996), afetando o seu desempenho.

Alguns trabalhos evidenciam a possibilidade de obtenção de ganho de peso satisfatório em dietas à base de cana e suplementadas com proteína verdadeira. Pinto et al. (1994), ao suplementarem dietas à base de cana-de-açúcar com fontes de proteína verdadeira, observaram maiores ganhos de peso do que nas dietas utilizando fontes de nitrogênio não protéico. Foram utilizados os seguintes tratamentos: T<sub>1</sub>-22,8% sorgo moído + 77,2% farinha de carne, T<sub>2</sub>-88,4% farelo arroz desengordurado + 11,6% uréia; T<sub>3</sub>-100% farelo de soja e T<sub>4</sub>-87,5% sorgo moído + 12,5% uréia. Os ganhos de peso (Kg) foram, para T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, 1,59; 1,24; 1,43 e 1,07, respectivamente ( $P>0,05$ ). Pascoal et al. (1988)

também observaram melhores ganhos de peso na dieta de cana suplementada com farinha de carne do que com uréia (1,552 vs 1,374;  $P>0,05$ ).

Segundo Hall & Herejk (2001), o tipo de carboidrato não fibroso pode alterar a produção de proteína microbiana e, conseqüentemente, a performance animal. Esses dois autores, ao estudarem a fermentação *in vitro* de amido de milho, pectina e sacarose, obtiveram maiores produções de proteína microbiana para o amido, constando que pectina e sacarose tiveram produções similares. Dietas à base de cana-de-açúcar possuem alto teor de sacarose, o que, de acordo com os dados desses autores, poderia estar produzindo quantidades menores de proteína microbiana. A menor síntese microbiana da sacarose, segundo esses pesquisadores, ocorre pelo fato de a sacarose fornecer menos esqueletos de carbono do que o amido de milho, em quantidades equivalentes. Uma das maneiras de contornar esse problema em dietas à base de cana para animais de alta performance é a suplementação da dieta com amido. No entanto, uma alta suplementação com amido poderá levar ao efeito associativo negativo na digestão da fibra da cana que já é de baixa qualidade.

Andrade (1999); Gallo (2001) e Corrêa (2001) observaram desempenho de novilhas e vacas Holandesas consumindo dietas baseadas em cana-de-açúcar condizente ao esperado em raças especializadas em produção de leite. Em experimentos não simultâneos, Andrade (1999) e Gallo (2001) obtiveram ganho diário de peso em torno de 1 kg em dietas à base de cana-de-açúcar e concentrados. Corrêa (2001) obteve 32 kg de leite por dia em dietas com cana como forrageira única. Apesar do desempenho satisfatório nas dietas com cana, o desempenho de novilhas e vacas consumindo os tratamentos controle formulados com silagem de milho foram superiores (Andrade, 1999; Corrêa, 2001). Mendonça et al. (2001), ao trabalharem com vacas holandesas, também observaram queda na produção de leite quando a cana substituiu totalmente a silagem de milho na dieta. As produções de leite nas dietas de cana foram por

volta de 19-20 Kg e na dieta com silagem de milho, 22 kg ( $P<0,05$ ). Apesar de a cana ter potencial como ingrediente em dietas para alto desempenho de animais leiteiros, parece que o resultado em desempenho à substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar não é positivo. Para que o potencial agrônômico desta forrageira seja explorado em sistemas de produção de leite trabalhando com animais geneticamente aptos a alto desempenho, a suplementação com alimentos concentrados, em proporção dietética superior à requerida em dietas formuladas com silagem de milho, parece ser necessária quando a meta é compatibilizar a alta taxa de lotação animal, viabilizada pela alta produção de matéria seca por hectare da cana-de-açúcar, com a alta produção por animal. Nestas situações a ocorrência de efeitos associativos negativos da presença de carboidratos de rápida degradabilidade no rumem sobre a degradabilidade da FDN da cana pode ser acentuada.

### **2.3 Efeito do ambiente ruminal sobre a digestão de forragens**

As principais causas do efeito associativo negativo sobre a digestão da fibra em dietas de alto concentrado ocorrem em consequência do baixo pH ruminal. Essa queda de pH ocorre devido à grande produção de AGVs provenientes principalmente da fermentação do amido e à predominância de microrganismos digestores desse no ambiente ruminal (El-Shazly et al., 1961).

Vários experimentos (Mould & Orskov, 1983; Mould et al., 1983; Van Vuuren et al., 1993; Grant & Weidner, 1992; Grant & Mertens, 1992b, Pereira, 1997 e Gonçalves et al., 2001) têm mostrado que quando o pH do fluido ruminal é mantido abaixo de 6,1, os microrganismos associados à digestão de fibra são facilmente inibidos e destruídos, diminuindo a digestão dessa. Esse efeito depressor na digestão da fibra é um mecanismo bifásico em que a redução do pH de 6,8 a 6,0 resulta em depressões moderadas e reduções abaixo de 6,0, em

inibições severas da flora celulolítica. Grant & Weidner (1992) sugerem que o menor limite prático na digestão da FDN no rúmen ocorre com pH 5,5; abaixo desse valor, muito pouca digestão ocorreria. Mouriño et al. (2001), ao estudarem a cinética da digestão da celulose pela técnica de produção de gás, também observaram que essa foi ótima em pH ao redor de 6,6-6,8 e que não ocorreu crescimento bacteriano em pH 5,3, corroborando os dados de Grant & Weidner (1992). Os dados de Mouriño et al. (2001) sugerem que valores de pH abaixo de 5,4 inibem a digestão da celulose por ocorrer a lise e desprendimento da aderência das células microbianas da fibra não digerida. Segundo esses pesquisadores, o grau de fermentação da celulose em pH baixo é dependente não meramente desse, mas do pH sob o qual a fermentação se tornou estabelecida inicialmente. Isto é, parece que a importância do pH acima de 6 para manutenção da população celulolítica no rúmen é requerida somente para o tempo suficiente para os primeiros processos celulolíticos, ou seja, a adesão inicial das bactérias e a subsequente formação do glicocálix, que fortalece a adesão bacteriana à fibra. De acordo com esses pesquisadores, o alto pH na pré-alimentação (6,9-7,0) pode maximizar a digestão da celulose *in vivo* se seus dados *in vitro* refletem esse impacto *in vivo*.

Tanto leguminosas quanto gramíneas são susceptíveis ao efeito associativo, sendo as leguminosas as menos sensíveis, seguidas, por gramíneas de alto FDN. Grant & Mertens (1992a), ao estudarem o efeito da queda do pH de 6,8 a 5,8 na digestão *in vitro* da FDN de feno de alfafa, feno de “bromegrass” e silagem de milho, observaram que a taxa de digestão foi significativamente reduzida ( $P < 0,05$ ) para a silagem de milho, não sendo afetada para os outros dois tipos de forragens. Isto é, gramíneas com alto carboidrato não fibroso, no caso o amido, são mais sensíveis a esse efeito. Em outro experimento, também *in vitro*, esses pesquisadores ao adicionarem nessa mesma faixa de pH, amido de milho no momento da digestão, observaram redução da digestibilidade da FDN

do feno de alfafa e feno de "bromegrass" a 60 a 70% do estimado em pH 6,8 sem amido, sugerindo que ocorreu um efeito combinatório entre a adição de amido a queda de pH até 5,8 na taxa de degradação (Kd) dessas forragens. Diante desses resultados, Grant & Mertens (1992a; 1992b) sugerem que o efeito de pH e a presença de amido na digestão de fibra podem ser de alguma forma independentes e multiplicativos.

Mould & Orskov (1983), na tentativa de melhorar a condição de digestão da celulose, fizeram infusão de bicarbonato de sódio diretamente no rumem de carneiros comendo concentrado de alto amido. Entretanto, não ocorreu melhora na digestão da fibra. Houve uma adaptação dos microrganismos em degradar amido em alto pH ruminal, mesmo em ambiente propício à digestão de fibra. Mould et al. (1983) também observaram depressão na digestão de fibra mesmo com pH ruminal alto (6,4-6,5). Nesse caso, a presença do melaço, um carboidrato de alta fermentabilidade, levou à depressão da digestão da fibra. Esses fatos definem uma das teorias de El-Shasly et al. (1961), a de que parece existir uma competição dos microrganismos quando ao o tipo de substrato, havendo preferência pelo de degradação mais fácil, o amido, em detrimento da celulose, que tem uma estrutura molecular mais complexa e conseqüentemente de degradação mais lenta e difícil pela microbiota do rúmem (Van Soest, 1995). No entanto, ainda não se tem uma definição se a simples queda de pH "per se", devido à fermentação ruminal do amido, é o principal efeito, ou se somente a presença desse já é suficiente para afetar a taxa de degradação.

Os microrganismos ruminais são facilmente manipuláveis de acordo com o tipo de substrato presente na dieta (Mould & Orskov., 1983; Mould et al.; 1983). Em dietas com alta forragem, a prevalência é de bactérias Gram-Negativas (cerca de 95%), uma população bastante variada, com predominância das chamadas formas grandes. À medida que se trabalha com concentrado nas dietas, ocorre uma variação na população bacteriana. Em dietas de alto amido,

devido à queda de pH do rúmem, as bactérias Gram-Negativas diminuem, dando lugar às bactérias Gram-Positivas, numa relação de 70:30%, respectivamente, não ocorrendo variação na população total. A redução na microbiota Gram-Negativa ocorre nas chamadas formas grandes, e as formas remanescente (70%) apesar de celulolíticas, têm preferência por degradar o amido, prevalecendo, no ambiente ruminal, microrganismos digestores de amido. A ocorrência de um inibidor, devido à digestão do amido, na redução da microbiota Gram-Negativa e a conseqüente queda na degradação ruminal da fibra ainda não foram relatadas. As principais populações celulolíticas no rúmem são de *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* e *Fibrobacter succinogenes*. Weimer et al. (1999), trabalhando com dietas com 24% e 32% de FDN, observaram que a população total dessas três espécies foi maior na dieta com mais alto FDN, sugerindo que a digestão da celulose é limitada pelo substrato, isto é, alta fibra leva a alta população de celulolíticas e, conseqüentemente, maior digestão dessa. Esse pesquisadores observaram que variações no pH ruminal, mesmo abaixo de 6, não afetaram a população dessas espécies, ocorrendo uma supressão temporária no crescimento dessas.

Dietas à base de silagem de milho suplementada com concentrados altos em amido são dietas acidogênicas que diminuem o consumo de matéria seca tanto do volumoso quanto da dieta total (Dewhurst et al., 2001 e Wadhwa et al., 2001). Esse fato possivelmente ocorre devido ao efeito associativo negativo, podendo estabelecer acidose ruminal subclínica. Krajcarski-Hunt et al. (2002), ao induzirem essa acidose com excesso de grãos ricos em amido na dieta, reduziram a digestão *in situ* da FDN de silagem de milho e feno de leguminosas e gramíneas. A estratégia alimentar para diminuir a gravidade desse efeito acidogênico e, conseqüentemente, do efeito associativo negativo de dietas de alto amido é a diminuição desse nas dietas. Pereira (1997), ao substituir parte da forragem e do amido por subprodutos fibrosos, aumentou a FDN total da dieta;



consequentemente, a taxa de degradação *in situ* da FDN da silagem de alfafa e da silagem de milho tenderam a aumentar ( $P=0,12$ ). Concomitante a esse estudo foi observado o efeito da adição de bicarbonato de sódio nas dietas. Semelhantemente ao observado por Mould & Oskov (1983), não houve melhora no coeficiente de digestibilidade da FDN dessas dietas ( $P=0,40$ ), ocorrendo uma tendência no aumento de consumo da dieta com bicarbonato ( $P=0,09$ ).

No Brasil, o principal subproduto que pode diminuir a acidogênese das dietas altas em amido é a polpa cítrica, já que o país é grande produtor dessa, proveniente da indústria do suco de laranja. Franzolin et al. (2000) e Miron et al. (2002), respectivamente, observaram efeito linear positivo na degradabilidade efetiva da FDA de coast-cross em dietas com alta polpa cítrica e aumento da digestibilidade da FDN de dieta rica em polpa cítrica em relação a dieta rica em amido (53,8% vs 49,3%,  $P<0,05$ ). Carvalho (1998) aliviou o efeito associativo negativo da dieta de alto amido sobre a digestão da FDN do bagaço de cana tratado a vapor quando trocou parte do milho por polpa cítrica. A degradação efetiva da FDN do bagaço de cana na dieta de alto milho foi de 17,73% vs 23,94% na dieta de polpa cítrica ( $P<0,05$ ).

O principal carboidrato presente na polpa cítrica é a pectina, citada por alguns autores como fibra solúvel detergente neutro de alta fermentabilidade ruminal. Uma variedade muito grande de bactérias do rúmex pode degradar a pectina (Dehority, 1969; Tomerska, 1971; Gradel & Dehority, 1972 e Ziolecki et al., 1980). O principal microrganismo pectinolítico é o *Bacteroides ruminicola*, que fermenta a pectina, levando à formação principalmente de ácido acético (Szymansky, 1981). Ariza et al. (2001), em dietas com polpa cítrica, produziram mais acetato na fermentação *in vitro* do que na dieta com fonte de amido, obtendo maior relação acetato:propionato (4,1 vs 2,8;  $P<0,01$ ). Ben-Ghedalia et al. (1989) criaram condições favoráveis para a degradação da celulose no rúmex de ovinos em dietas com alta proporção de polpa cítrica, obtendo também maior

relação acetato:propionato do que em dietas com amido. A digestibilidade aparente, observada por esses pesquisadores, da parede celular nas dietas baseadas em polpa cítrica e cevada foi de 79,4% e 63,6%, respectivamente ( $P < 0,05$ ).

O *Bacteróides ruminocola* é uma bactéria hemicelulolítica capaz de utilizar tanto a hemicelulose quanto a pectina para o seu crescimento (Osborne & Dehority, 1989). O pH ótimo para o crescimento desse microrganismo está em torno de 6,25, abaixo do pH ótimo para a microbiota digestora de fibra (Russell & Dombrowski, 1978), pois esse microrganismo tem a característica de abaixar o seu pH intracelular em função do pH extracelular (Russell et al., 1990). Tal característica permite que ele sobreviva em baixos valores de pH ruminal e é de grande interesse quando se usa baixo nível de forragem em dieta com possível perda de digestão da fibra (celulose e hemicelulose). A troca do amido total ou parcial por polpa cítrica em dietas baseadas em cana-de-açúcar pode ser uma maneira de maximizar a digestão da FDN em dietas ricas em energia, uma vez que esse volumoso contém cerca de 20% de hemicelulose na matéria seca.

Diante dos resultados de pesquisa, pode-se dizer que o uso de polpa cítrica não afetou a digestibilidade da fibra, sendo uma possível estratégia para diminuir a gravidade dos efeitos associativos negativos do amido na digestão da fibra.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do estábulo do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – MG, no período de 10/07/2000 a 03/09/2000. Durante 10 dias anteriores ao início do experimento, houve um período de adaptação dos animais às instalações e ao ajuste de consumo de dieta. Nessa fase, todos os animais receberam dieta controle à vontade com finalidade de ajustar o nível de ingestão para todos os animais no animal de menor consumo diário, o qual foi baseado no peso vivo de cada animal. Nesse período, o menor consumo diário de matéria seca foi de 1,2 % do peso vivo, sendo as dietas ajustadas para esse nível durante todos os períodos experimentais. Os animais foram alojados em baias do tipo Tie Stall com camas de areia. Foram utilizadas 6 vacas não lactantes com cânulas ruminais, 2 holandesas e 4 jerseys, com peso médio de 500 kg e 450 kg, respectivamente, blocadas aleatoriamente em dois quadrados latino 3x3 com períodos de 14 dias executados simultaneamente. Foram formuladas três dietas com cana-de-açúcar como volumoso único e três diferentes tipos de concentrados (Tabela 1). Os animais foram alimentados com dieta completa pesada e fornecida manualmente uma vez por dia, às 8:30 hs da manhã, e o consumo de matéria natural de cada animal foi medido diariamente por subtração da quantidade de sobras da quantidade de dieta oferecida. Ao longo do experimento não houve sobras de dietas. A cana-de-açúcar foi colhida a cada dois dias e picada imediatamente antes do preparo diário das dietas.

**TABELA 1.** Composição em ingredientes e nutrientes das dietas experimentais Cana, Milho e Polpa. Valores como % da matéria seca, exceto matéria seca, que é % da matéria natural

	<b>Cana</b>	<b>Cana+Milho</b>	<b>Cana+Polpa</b>
Cana-de-açúcar	87,0	42,0	42,8
Farelo de soja	6,7	6,7	6,7
Uréia	2,4	1,2	1,4
Milho grão moído	-	46,2	-
Polpa cítrica	-	-	48,2
Mistura mineral	1,2	1,2	1,2
Calcário calcítico	2,0	2,5	-
Fosfato bicálcico	0,7	-	0,5
MS	32,9	49,2	48,9
PB	9,9	11,5	10,5
FDN total	42,0	26,4	28,3
FDN de cana	40,1	19,4	19,7
EE	1,1	2,4	2,8
Cinzas	3,9	3,4	4,4
CNF	43,1	56,3	54,0

MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; EE = Extrato etéreo; CNF = Carboidratos não fibrosos = 100-(PB+FDN+EE+Cinzas).

O consumo diário de matéria seca ao longo de todos os períodos experimentais foi em média 5,5 kg, variando de 2,9 a 9,5 kg. As dietas foram formuladas com o intuito de serem isoprotéicas e com o mesmo conteúdo de farelo de soja. O tratamento Cana, formulado com 87,1% de cana-de-açúcar na matéria seca, foi idealizado com o objetivo de exercer a função de controle positivo, no qual, teoricamente, o ambiente ruminal para digestão da cana-de-açúcar seria ótimo. Nos tratamentos Milho e Polpa, a porcentagem dietética de matéria seca de cana-de-açúcar foi reduzida para 42,5% por inclusão de milho ou polpa cítrica, respectivamente, à dieta controle. A polpa cítrica foi moída e

utilizada por ser sabidamente rica em pectina e fibra de alta digestibilidade, enquanto o milho grão seco e moído foi utilizado como a fonte de amido dietético.

As dietas cana + milho e cana + polpa cítrica visaram simular relações forragem:concentrado típicas de dietas de vacas leiteiras de alta produção sem, no entanto, tentar simular teores dietéticos e qualidade protéica utilizados para vacas leiteiras (NRC, 2001).

Durante todos os períodos experimentais, os animais passaram por um período de 24 horas de alto pH ruminal induzido pela restrição alimentar, conseguida com o consumo de 1,2 % do peso vivo de matéria seca. Esse período iniciou às 8:30 da manhã do dia 11, e terminou às 8:30 da manhã do dia 12 e teve como finalidade avaliar o efeito do perfil de carboidratos dietéticos sobre o ambiente ruminal e a degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar em um plano nutricional marginal, em alto valor de pH ruminal, sendo esse um ambiente propício à digestão de fibra, porém limitante em compostos nitrogenados (Tabela 1). Após o período de alto pH, os animais passaram por um período de 24 horas de baixa indução desse, que iniciou às 8:30 da manhã do dia 12 e foi até às 8:30 da manhã do dia 13 de todos os períodos experimentais. Para a indução da fase de baixo pH ruminal, os animais receberam, além da dieta oferecida (1,2 % do peso vivo de matéria seca), pulsos intraruminais de 0,8 % do peso vivo dos animais de milho moído + 0,02 % do peso vivo de uréia em doses únicas no tratamento com milho, colocados através da fistula ruminal imediatamente após o oferecimento das dietas, sendo o mesmo procedimento feito no tratamento com polpa cítrica. O objetivo desse procedimento foi de avaliar a presença ou não do efeito associativo negativo do baixo pH ruminal sobre a digestão da matéria seca (MS) e da fibra (FDN) da cana-de-açúcar e se a troca química do tipo de carboidrato, amido por pectina, aliviaria esse efeito se ele ocorresse. No tratamento com cana alta, os animais receberam somente

pulsos intraruminais de 0,02 % de uréia, mantendo, assim, alto pH ruminal durante essa fase, nesse tratamento, propício à digestão de cana. O objetivo dos pulsos intraruminais de 0,02 % de uréia em todos os tratamentos foi o de não limitar os compostos nitrogenados para o máximo crescimento dos microrganismos no rúmen.

A caracterização desses dois períodos, alto e baixo pH ruminal, teve como finalidade avaliar a digestibilidade *in situ* da MS e FDN de doze cultivares de cana-de-açúcar (Tabela 2) em ambientes ruminais distintos. Amostras dos 12 cultivares de cana foram incubadas *in situ* em todas as vacas, em todos os períodos. Às 8:30 da manhã do dia 11 de cada período, uma amostra de cada cultivar foi introduzida no rúmen e incubada por 24 horas, período de alto pH, visando avaliar o efeito das dietas sobre a degradabilidade da cana em alto valor de pH ruminal e baixa proteína dietética. Às 8:30 da manhã do dia 12, outra amostra de cada cultivar foi introduzida no rúmen simultaneamente aos pulsos de milho e uréia, polpa cítrica e uréia ou uréia, nas dietas Cana + Milho, Cana + Polpa Cítrica e Cana, respectivamente, e foi também incubada por 24 horas, período de baixo pH. O objetivo deste procedimento foi avaliar o efeito dos tratamentos sobre a degradabilidade ruminal da cana em baixo pH e alta amônia ruminal, representativo do ambiente ruminal em vacas leiteiras de alta produção (Pereira & Armentano, 2000). Uma amostra dos 12 cultivares também foi introduzida na manhã do dia 11 e retirada do rúmen após 72 horas de incubação. Esta terceira amostra de cada cultivar esteve presente no rúmen durante as fases de indução de pH ruminal alto e baixo, sendo uma estimativa do efeito dos ambientes ruminais induzidos experimentalmente sobre a fração indigestível da matéria seca da cana.

**TABELA 2.** Composição dos colmos dos 12 cultivares de cana degradados *in situ*. Valores como % da matéria seca, exceto matéria seca, que é % da matéria natural

	MS	PB	EE	FDN	Cinzas	CNF
Caiana amarela	25,1	4,3	0,7	37,2	1,9	55,9
CO 413	31,2	1,3	0,6	42,1	1,5	54,5
RB 72454	28,1	2,3	0,7	45,7	1,9	49,4
RB 739359	31,0	1,7	0,4	38,0	1,6	58,4
RB 739735	29,9	0,7	0,7	37,9	2,1	58,6
RB 758540	26,6	2,0	1,3	45,5	1,4	49,8
RB 835089	30,1	1,3	1,3	47,8	2,6	48,3
RB 855536	33,1	1,3	2,3	37,0	1,2	58,2
SP 701143	27,1	3,2	2,8	45,7	2,4	45,9
SP 801836	34,9	2,7	1,5	33,6	1,1	61,0
SP 801842	32,1	2,5	0,7	46,6	1,5	48,7
SP 811520	36,3	1,7	2,9	44,8	1,0	49,6

MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; EE = Extrato etéreo; CNF = Carboidratos não fibrosos = 100-(PB+FDN+EE+Cinzas).


Para o estudo da degradabilidade *in situ*, 5 gramas de matéria seca de cada cultivar foram inseridos em saquinhos de náilon (Faillet, 100% poliéster) com dimensões de 9 x 11 cm e fechados com presilhas industriais de plástico. Os 12 saquinhos foram colocados em sacolas de renda de poliéster, com pesos de 300 gramas, e conectadas por um cordão de náilon de aproximadamente 1 metro à cânula ruminal. Após a retirada do rúmem, as amostras foram colocadas por 15 minutos em um balde com água gelada e em seguida congeladas. Após descongelamento, os sacos incubados foram lavados em máquina com fluxo de água constante até que a água se tornasse limpa. A matéria seca residual em cada saco foi determinada por secagem em estufa ventilada com temperatura de 55°C por 72 horas. A degradação da matéria seca (DEG MS), da FDN (DEG FDN) e da matéria seca não-FDN (DEG MSnFDN) em 24 horas e o resíduo de matéria

seca após 72 horas de incubação (RES 72) foram calculados e expressos como porcentagem da matéria seca, da FDN e da matéria seca não-FDN iniciais. A matéria seca não-FDN foi utilizada como um indicador dos carboidratos de alta degradabilidade ruminal presentes na cana-de-açúcar, plausível devido às baixas concentrações de extrato etéreo e proteína neste alimento (Tabela 2).

Amostras de fluido ruminal foram coletadas de 8:30 da manhã do dia 11 até 8:30 da manhã do dia 13 de cada período, com o início dessas coletas sempre antes do oferecimento das dietas e do início dos tempos de incubação dos cultivares de cana. Durante o período de indução de alto pH ruminal, que iniciou no dia 11 de cada período, as amostras foram coletadas a cada 3 horas do dia, durante as 24 horas. Durante a fase de indução de baixo pH ruminal, que iniciou no dia 12 de cada período, seguindo os pulsos intraruminais de milho + uréia, polpa cítrica + uréia ou uréia, as amostras foram coletadas a cada 1 hora nas primeiras 6 horas após a alimentação e a cada 3 horas nas restantes 18 horas do dia. As amostras foram coletadas introduzindo um becker tampado pela mão no saco ventral do rúmen, ocorrendo o preenchimento desse pelo fluido ruminal. O fluido foi filtrado imediatamente em um tufo de gaze com 4 dobras. Imediatamente após a filtração, mediu-se o pH do fluido através de um medidor portátil (pH-meter CG 837, Schott Geräte). Uma amostra de 25 ml de fluido foi acrescida de 0,5 ml de ácido tricloroacético a 50% e congelada para posterior análise de amônia (Chaney & Marbach, 1962).

Os doze cultivares de cana-de-açúcar foram originários de Coronel Pacheco, MG, ou Campos, RJ, colhidos em agosto de 1999. Apenas os colmos foram colhidos e tiveram sua degradabilidade ruminal avaliada. Como não havia repetições de cada cultivar no campo, este trabalho não foi delineado com o intuito de inferir sobre a qualidade nutricional específica de cada cultivar. A amostragem de canas visou ser representativa de uma população com





características extremas de dureza do colmo, um fator capaz de determinar o potencial de digestão ruminal da fibra (Pate, 1981).

As amostras de colmos foram trituradas em picadeira de forragem marca Pinheiro e desidratadas em estufa ventilada com temperatura de 55°C por 72 horas. Após a pré-secagem, parte das amostras foi moída em peneira de 1 mm, em moinho do tipo Thomas Willey, para realização de análises químicas, e a outra parte foi moída com peneira de 5 mm para determinação da degradabilidade ruminal *in situ*. A porcentagem de matéria seca dos cultivares foi determinada por secagem da amostra pré-seca a 105°C por 12 horas (Tabela 2). A proteína bruta foi determinada por aparelho de destilação a vapor Microkjeldahl (A.O.A.C., 1975) e o extrato etéreo, segundo o A.O.A.C. (1990). O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração a 550°C por 8 horas. A FDN livre de cinzas foi determinada segundo Van Soest et al. (1991), utilizando sulfito de sódio e  $\alpha$ -amilase. As mesmas metodologias foram utilizadas para análise das amostras compostas dos alimentos concentrados e da cana utilizada para alimentação dos animais durante o período experimental (Tabela 2).

### 3.1 Análise estatística

Os efeitos de tratamento e da manipulação do pH ruminal sobre a DEG MS, a DEG FDN e a DEG MSnFDN da cana-de-açúcar foram analisados usando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1985). Para tais análises, a degradação da cana no rúmen foi a média dos 12 cultivares em cada vaca, em cada período. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ijklm} = \mu + Q_i + V(Q)_{j(i)} + P_k + T_l + QVPT_{ijkl} + A_m + TA_{lm} + e_{ijklm}$$

Em que:

$\mu$  = média geral;

$Q_i$  = efeito de quadrado ( $i = 1, 2$ )

$V(Q)_{j(i)}$  = efeito de vaca dentro de quadrado ( $j = 1$  a  $6$ )

$P_k$  = efeito de período ( $k = 1$  a  $3$ )

$T_l$  = efeito de tratamento ( $l =$  Cana, Milho, Polpa)

$QVPT_{ijkl}$  = interação entre quadrado, vaca, período e tratamento (quadrado médio utilizado como medida de erro para testar o efeito de tratamento)

$A_m$  = efeito de pH ruminal ( $m =$  Alto, Baixo)

$TA_{lm}$  = interação entre tratamento e pH ruminal

$e_{ijklm}$  = erro residual.

O efeito do perfil de carboidratos dietéticos sobre o resíduo de matéria seca após 72 horas de incubação (RES 72) foi analisado por modelo similar ao anterior, mas sem o efeito de pH ruminal e a interação entre tratamento e pH ruminal.

O pH e a concentração de amônia no fluido ruminal foram analisados como medidas repetidas pelo procedimento MIXED do SAS (Littell et al., 1996). Estas análises foram realizadas separadamente para cada período de 24 horas de coleta de amostras de fluido ruminal, ou seja, nos períodos de pH baixo e pH alto. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ijklm} = \mu + Q_i + P_j + V(Q)_{k(i)} + T_l + C_m + TC_{lm} + e_{ijklm}$$

Em que:

$\mu$  = média geral

$Q_i$  = efeito de quadrado ( $i = 1, 2$ )

$P_j$  = efeito de período ( $j = 1$  a  $3$ )

$V(Q)_{k(i)}$  = efeito de vaca dentro de quadrado ( $k = 1$  a  $6$ )

$T_l$  = efeito de tratamento ( $l =$  Cana, Milho, Polpa)

$C_m$  = efeito de tempo de coleta ( $m = 9$  tempos após alimentação no período de pH alto e  $13$  tempos após o pulso de concentrado no período de pH baixo)

$TC_{lm}$  = interação entre tratamento e tempo de coleta

$e_{ijklm}$  = erro residual.

Dois contrastes ortogonais com 1 grau de liberdade foram testados: Cana vs (Polpa+Milho) e Polpa vs Milho. Regressões entre a DEG MS, a DEG FDN e a DEG MSnFDN dos 12 cultivares de cana foram realizadas nos períodos de indução de alto e baixo pH ruminal. Nestas análises, o valor de degradabilidade de cada cultivar foi a média de quadrado mínimo gerada pelo procedimento GLM do SAS (1985) utilizando um modelo similar aos anteriores e acrescido do efeito de cultivar e da interação entre cultivar e pH ruminal. As repetições em cada cultivar foram obtidas nas vacas, portanto este trabalho não objetiva inferir quanto ao efeito de determinado cultivar sobre a degradabilidade ruminal dos colmos. As regressões visaram correlacionar características químicas e de degradabilidade em uma população de colmos amostrada para ser a mais divergente possível em potencial de degradabilidade ruminal.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH ruminal médio ao longo de 24 horas da fase de indução de alto pH foi ao redor de 7,0 (Tabela 3). O pH médio ao longo das 24 horas da segunda fase, nos tratamentos com Milho e Polpa sujeitos aos pulsos intraruminais desses ingredientes para indução de baixo pH ruminal, foi em torno de 0,5 e 1 unidade inferior ao pH do tratamento controle Cana e ao pH médio observado na fase de alto pH.

**TABELA 3.** pH e amônia (mg/dl) no rúmen durante indução de pH alto (1) e pH baixo (2) em seis vacas consumindo os tratamentos Cana, Milho e Polpa em 2 Quadrados Latinos 3x3

	Cana	Cana Milho	Cana Polpa	EPM	<i>P</i> trat	<i>P</i> tempo	<i>P</i> trat*tempo	Cana vs (Polpa +Milho)	Polpa vs Milho
pH (1)	7,03	7,03	6,97	0,05	0,59	<0,001	0,02	0,40	0,58
pH (2)	6,98	6,49	6,04	0,14	<0,01	<0,001	<0,001	0,06	<0,01
Amônia (1)	3,4	6,2	4,4	0,5	0,01	<0,001	<0 01	0,04	0,02
Amônia (2)	12,6	15,0	11,3	2,0	0,44	<0,001	0,90	0,22	0,83

EPM = Erro padrão da média.

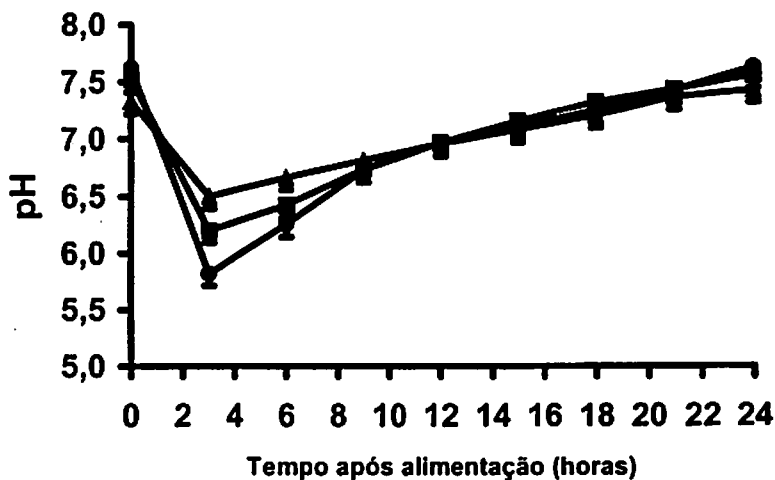
*P* trat, *P* tempo, *P* trat\*tempo = Probabilidade para os efeitos de tratamento e tempo de coleta e para a interação entre trat e tempo.

Probabilidade dos contrastes Cana vs (Polpa Cítrica+Milho) e Polpa Cítrica vs Milho.

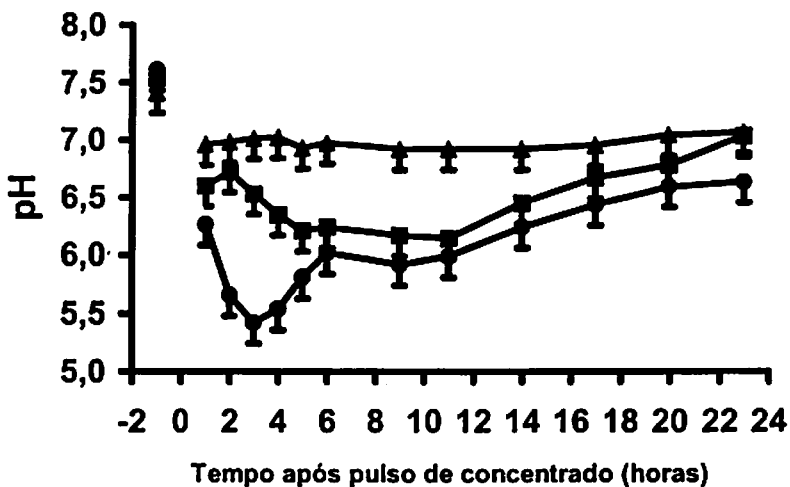
O valor mínimo de pH na fase de baixo pH ruminal foi observado 3 horas após a alimentação no tratamento Polpa (Figura 1b), chegando a valores próximos a 5,5. No tratamento Milho, apesar de ter sido observada queda no pH ruminal relativo ao controle, este foi sempre superior a 6,0. Mould & Orskov (1983) observaram que a digestão da fibra no rúmen de ovinos foi inibida quando o pH abaixou de 6,8 para 6,0, mas a maior inibição ocorreu quando o pH

foi inferior a 6,0. Considerando que o pH ruminal em todos os tratamentos foi similar na primeira fase e que na segunda fase foi inferior nos tratamentos Cana+Milho e Cana+Polpa, comparativamente ao tratamento Cana, pode-se afirmar que o modelo *in vivo* de indução no pH ruminal por alimentação restrita seguida por pulsos intraruminais de 0,8% do peso vivo de milho+uréia e polpa+uréia foi efetivo para simular um ambiente ruminal favorável e em seguida desfavorável à digestão da fibra no rúmen. No entanto, a inibição da digestão por efeito do baixo pH pode ter sido mais acentuada no tratamento Polpa que no tratamento Milho (Tabela 3, Figura 1b).

O pH ruminal mais baixo no tratamento com polpa cítrica parece refletir a alta fermentabilidade dos carboidratos neste alimento comparativamente ao amido do milho utilizado neste trabalho (Tabela 3). Apesar de não termos tido acesso ao nome comercial do híbrido de milho utilizado nem ter sido possível quantificar a vitreosidade do grão por dissecação manual do endosperma (Corrêa 2001), pois os concentrados experimentais foram moídos e misturados em fábrica de ração comercial (D’Vita Rações, Bom Despacho, MG), o grão de milho utilizado tinha textura do endosperma sabidamente dura (flint). Grãos de milho de textura dura e alta vitreosidade foram menos degradados no rúmen que grãos dentados de textura macia (Corrêa, 2001). Este fato pode parcialmente explicar a baixa velocidade de degradação do amido do milho utilizado neste trabalho, mensurado indiretamente pela queda induzida no pH do fluido ruminal, comparativamente menor que a queda de pH induzida pelos carboidratos fibrosos e não fibrosos da polpa cítrica (Miron et al., 2002), tanto no período de alimentação restrita quanto após os pulsos de milho ou polpa (Figura 1).



(a)



(b)

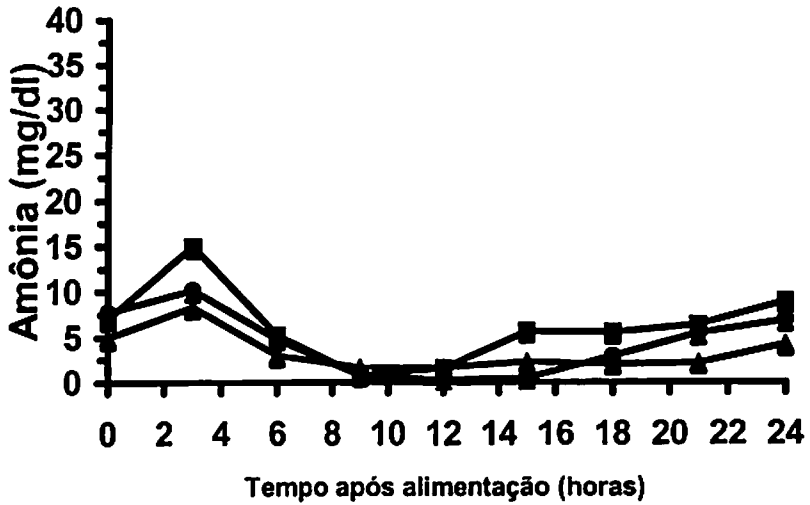
**FIGURA 1.** pH ruminal após a alimentação no período de indução de alto pH *in vivo* (a) e após o pulso de concentrados durante a indução de baixo pH (b). Dados de 6 vacas recebendo os tratamentos Cana (□), Milho (△) e Polpa (○) em 2 Quadrados Latinos 3x3. Os animais foram alimentados e receberam os pulsos de concentrado às 8:30 da manhã.

O pH mínimo atingido no tratamento Polpa, em torno de 5,5 (Figura 1b), foi próximo ao critério mínimo utilizado para caracterizar ocorrências de acidose ruminal subclínica em rebanhos leiteiros (Garrett et al., 1999). Microrganismos ruminais com capacidade para digestão tanto de pectina quanto de fibra (Osborne & Dehority, 1989) têm pH ótimo de crescimento em torno de 6,25, inferior ao pH considerado ótimo para outros microrganismos digestores de fibra (Russell & Dombrowski, 1978). Este fato pode explicar a queda de cerca de 2 pontos no pH ruminal induzido pela polpa cítrica entre os tempos -1 e 3 horas do pulso de polpa no rúmen (Figura 1b). No entanto, tanto a fermentação da pectina quanto da celulose foram inibidas por baixo pH *in vitro*, enquanto a digestão de amido não foi afetada (Marounek et al., 1985). Desde que a degradabilidade ruminal da fibra e da pectina da polpa cítrica seja autoregulada pelo baixo pH ruminal, duas possibilidades existem para a queda de pH até um limite próximo ao valor observado de 5,5 no tratamento Polpa. Uma possibilidade seria a limitação de substrato para fermentação, provavelmente o determinante do limite máximo de fermentação no tratamento Milho, desde que a digestão do amido não fosse regulada pelo baixo pH ruminal. A outra possibilidade seria a limitação da atividade dos microrganismos digestores de pectina e fibra, mesmo havendo disponibilidade ruminal de substrato, em valores de pH próximos a 5,5. Uma melhor compreensão do potencial acidogênico da polpa *in vivo* e possíveis interações entre este alimento e ocorrências de acidose ruminal seriam interessantes para direcionar o uso deste alimento em rebanhos leiteiros trabalhando com altas inclusões dietéticas deste subproduto fibroso. Com base nestes dados existe a possibilidade de a polpa cítrica ser mais causadora de quadros marginais de acidose ruminal subclínica que o amido do milho brasileiro (Corrêa, 2001).

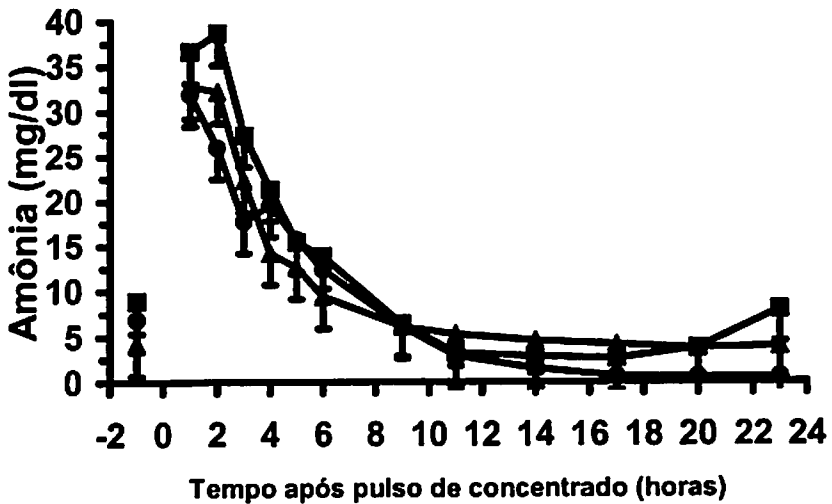
O conteúdo de proteína bruta das dietas consumidas ficou abaixo do planejado, em torno de 12% da matéria seca (Tabela 1). A concentração ruminal

de amônia na fase de indução de alto pH (Tabela 3) foi proporcional à concentração de proteína bruta das dietas (Tabela 1). O efeito significativo de tratamento sobre a amônia ruminal nesta fase parece ter refletido a disponibilidade de compostos nitrogenados no rúmen. O pico de amônia ruminal observado 3 horas após a alimentação (Figura 2a) seguiu a mesma ordem de grandeza entre tratamentos da concentração média ao longo das 24 horas do dia (Tabela 3). Cerca de 70, 30 e 35% da proteína bruta dietética foi oriunda de uréia nas dietas Cana, Milho e Polpa, respectivamente. A maior proporção da proteína bruta dietética em forma altamente degradável no rúmen ou a inclusão de concentrados ricos em carboidratos rapidamente fermentáveis não induziram aumento e queda na amônia ruminal, respectivamente, em realidade o efeito destas manipulações dietéticas sobre a concentração de amônia no rúmen foi o oposto (Tabela 3). Este fato pode ser explicado pela baixa disponibilidade de nitrogênio no rúmen em todas as dietas, resultado tanto da baixa porcentagem de proteína bruta das dietas quanto da restrição alimentar adotada visando elevar os valores de pH ruminal. A concentração ruminal de amônia (Tabela 3) foi próxima ou inferior à sugerida por Satter & Rofler (1975) para maximização da síntese de proteína microbiana em cultivo contínuo *in vitro*, em torno de 5 mg/dl. Desde que a formação de microambientes em torno de partículas alimentares no rúmen pode resultar em maior necessidade de amônia no fluido ruminal que o necessário para maximização da síntese de proteína microbiana *in vitro* (Wallace & Cotta, 1988), a concentração mínima de amônia para degradação de forragens *in situ* pode ser superior à concentração sugerida por Satter & Rofler (1975). Pode ter ocorrido depressão na capacidade de síntese de proteína microbiana por limitação de nitrogênio durante o período de indução de alto pH.





(a)



(b)

**FIGURA 2.** Amônia ruminal após a alimentação no período de indução de alto pH ruminal *in vivo* (a) e após o pulso de concentrados durante a indução de baixo pH ruminal *in vivo* (b). Dados de 6 vacas recebendo os tratamentos Cana ( ), Milho ( ) e Polpa ( ) em 2 Quadrados Latinos 3x3. Os animais foram alimentados e receberam os pulsos de concentrado às 8:30 da manhã.

Não foi detectado efeito do perfil de carboidratos dietéticos sobre a concentração ruminal de amônia durante a fase de indução de baixo pH (Tabela 3, Figura 2b). Nesta fase, os pulsos intraruminais de uréia foram aparentemente capazes de elevar a amônia ruminal nas primeiras 9 horas a níveis não limitantes do crescimento microbiano (Figura 2b). A concentração máxima observada 2 a 3 horas após o pulso de uréia foi superior ao máximo observado em dietas formuladas com alfafa ensilada, em torno de 25 mg/dl (Pereira & Armentano, 2000). A rapidez dos processos de desaminação de aminoácidos e de conversão de uréia em amônia (Broderick et al., 1988) e a inexistência de outros fluxos de uréia dietética para o rúmen ao longo do dia aparentemente determinaram a natureza exponencial na concentração ruminal de amônia após o pulso de uréia (Figura 2b), independentemente do tipo de carboidrato disponível para fermentação. Durante a fase de indução de baixo pH ruminal, é pouco provável que tenha ocorrido limitação de nitrogênio para síntese de proteína microbiana no rúmen.

A matéria seca potencialmente degradável não degradada em 24 horas de incubação ruminal, calculada pela diferença entre o resíduo da DEG MS e o RES 72, representou cerca de 5% da matéria seca da cana-de-açúcar (tabela 4), refletindo as altas proporções de matéria seca de rápida degradabilidade e de matéria seca indigestível nesta forragem (Ezequiel et al., 2001). A maior disponibilidade de amônia no rúmen pode explicar o aumento na DEG FDN durante o período de indução de baixo pH (Tabela 4). Ganho acentuado em degradabilidade da fibra ocorreu no tratamento Cana (Figura 3b), aquele mais deficiente em amônia durante a fase de indução de alto pH (Tabela 3). O efeito positivo do pulso de uréia no tratamento controle e a similaridade na degradação ruminal da fibra em pH alto e baixo nos tratamentos recebendo os pulsos de concentrado (Figura 3b) explicam a significância estatística da interação entre tratamento e pH para a variável DEG FDN (Tabela 4). No entanto, o ganho em

DEG FDN no tratamento Cana não foi acompanhado por ganho na DEG MSnFDN, mais baixo em todos os tratamentos durante a fase de indução de baixo pH ruminal (Figura 3c).

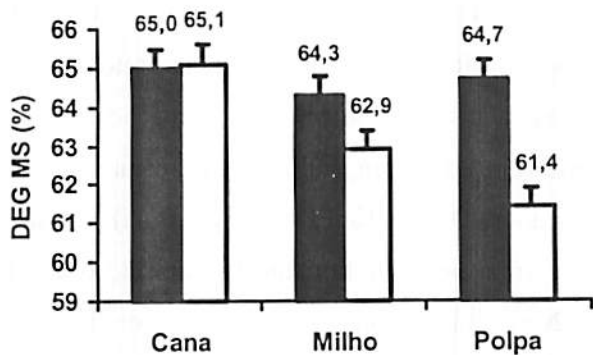
**TABELA 4.** Degradabilidade ruminal *in situ* (%) da matéria seca (DEG MS), da FDN (DEG FDN) e da matéria seca não-FDN (DEG MSnFDN) e resíduo de matéria seca após 72 horas de incubação (RES 72) de 12 cultivares de cana-de-açúcar incubados em seis vacas consumindo os tratamentos Cana, Milho e Polpa em 2 Quadrados Latinos 3x3, e submetidas em cada período experimental a indução de Alto e Baixo pH ruminal *in vivo*

	Cana	Cana Milho	Cana Polpa	Alto pH	Baixo pH	EPM	P trat	P pH	P trat * pH	Cana vs (Polpa +Milho)	Polpa vs Milho
DEG MS	65,1	63,6	63,0	64,7	63,1	0,34	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,32
DEG FDN	24,6	21,2	20,4	20,8	23,3	0,73	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,50
DEG MSnFDN	93,2	93,0	92,7	94,3	91,7	0,21	0,12	<0,001	0,58	0,12	0,16
RES 72	28,7	31,5	32,6			0,82	0,03			0,01	0,38

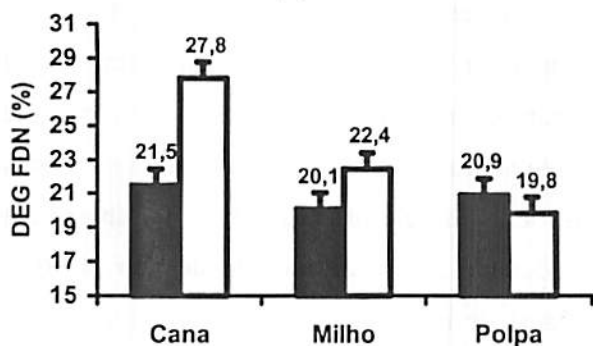
EPM = Erro padrão da média.

P trat, P pH, P trat\*pH = Probabilidade para os efeitos de tratamento e pH ruminal e para a interação entre trat e pH.

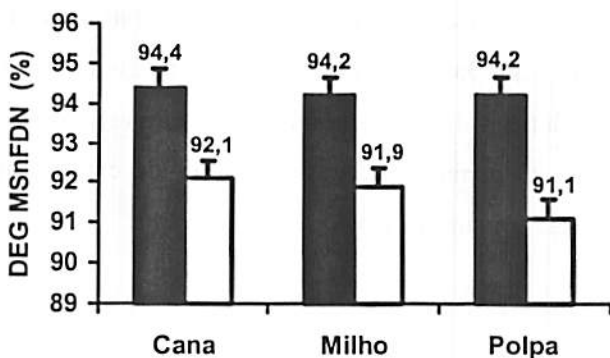
Probabilidade dos contrastes Cana vs (Polpa Cítrica+Milho) e Polpa Cítrica vs Milho.



(a)



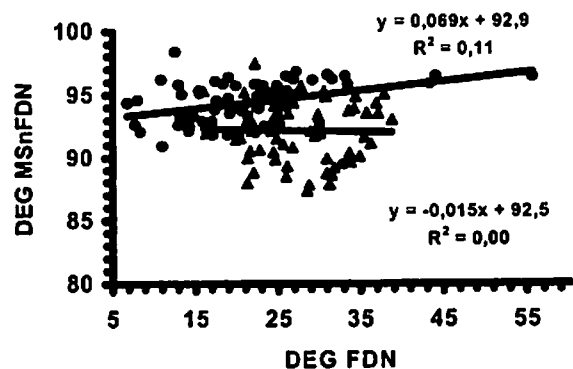
(b)



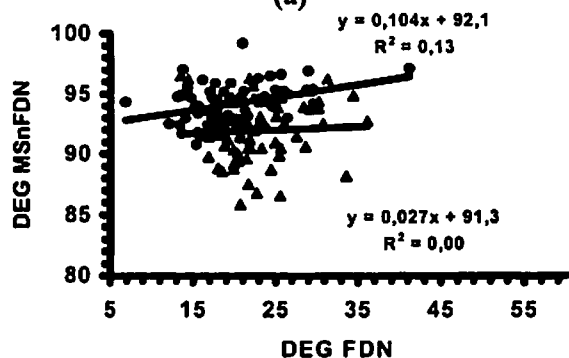
(c)

FIGURA 3. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca (DEG MS), da FDN (DEG FDN) e da matéria seca não-FDN (DEG MSnFDN) de 12 híbridos de cana-de-açúcar nos períodos de indução de alto ( ) e baixo ( ) pH ruminal. Dados de 6 vacas não lactantes recebendo os tratamentos Cane, Milho e Polpa em 2 Quadrados Latinos 3x3.

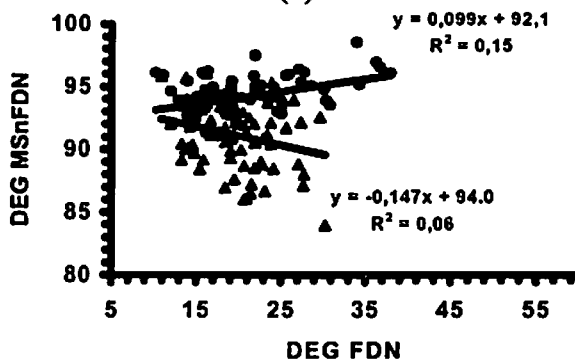
A proporção de cultivares de cana com DEG FDN abaixo de 15% foi reduzida quando a uréia foi adicionada à dieta com alto teor de cana-de-açúcar (Figura 4a). Durante a fase de alto pH e de limitação de amônia e de outros substratos fermentáveis no rúmen, cultivares de cana com maior DEG FDN tenderam a ter maior DEG MSnFDN (Figura 4a). Neste caso, a baixa degradabilidade da fibra pode ter limitado fisicamente o acesso microbiano à sacarose da cana. No entanto, quando a disponibilidade de amônia no rúmen foi aumentada pelo pulso intraruminal de uréia, a maior digestibilidade da fibra não foi correlacionada à digestão dos carboidratos não fibrosos. O aumento na concentração de amônia ruminal sem a queda simultânea no pH do fluido, no tratamento Cana, parece ter resultado em digestão preferencial dos carboidratos fibrosos da cana-de-açúcar relativamente à digestão da sacarose. Como o ambiente ruminal, definido pelo pH (Tabela 3), foi aparentemente propício à digestão de fibra durante a fase de indução de alto pH (Grant & Mertens, 1992b), a prevalência de microorganismos celulolíticos no conteúdo ruminal pode ter levado à maior resposta em digestão fibrosa que em digestão de carboidratos não fibrosos ao pulso de uréia. A similaridade na DEG MS no tratamento Cana (Figura 3a) em concentrações ruminiais de amônia baixa e alta (Tabela 3) não refletiu a diferença nos processos digestivos vigentes nas duas fases (Figura 3bc). O ganho em digestão fibrosa da cana-de-açúcar ao pulso intraruminal de uréia foi significativo.



(a)



(b)



(c)

**FIGURA 4.** Degradabilidade ruminal *in situ* da FDN (DEG FDN) e da matéria seca não-FDN (DEG MSnFDN) de 12 híbridos de cana-de-açúcar nos períodos de indução de baixo pH ruminal (▲) e alto pH ruminal (●). Dados de 6 vacas não lactantes recebendo os tratamentos Cana (a), Milho (b) e Polpa (c) em 2 Quadrados Latinos 3x3.

Figueira (1991) observou que níveis de uréia variando de 1 a 2% do peso de matéria natural de cana resultaram em aumento linear na digestibilidade aparente da FDA no trato digestivo total, sem afetar a digestibilidade aparente da matéria seca. Esta pesquisadora trabalhou com garrotes fistulados no rúmen e mantidos em plano nutricional capaz de manter valores de pH ruminal acima de 6,2. Também houve tendência ( $P=0,10$ ) de aumento na degradabilidade efetiva da FDN no rúmen, sem tendência estatística de aumento na degradabilidade efetiva da matéria seca com a maior inclusão de uréia. A concentração média de amônia ao longo de 24 horas variou de 25,2 mg/dl no tratamento com 1% de uréia a 46,1 mg/dl no tratamento com 2%. A concentração mínima de amônia observada em um tempo de amostragem foi 13,5 mg/dl e a máxima, 56,0 mg/dl. Este trabalho mostrou a possibilidade de resposta em digestão da fibra da cana à suplementação com nitrogênio não protéico, mesmo em um plano nutricional não deficiente de amônia ruminal, e também evidenciou que o ganho em digestão de fibra necessariamente não se reflete em maior digestão da matéria seca. Esta resposta foi similar à resposta em degradabilidade da cana ao pulso intraruminal de uréia no tratamento Cana (Figura 3), de pH teoricamente não limitante da digestão fibrosa.

O fato de a DEG FDN da cana neste trabalho (Tabela 4) ter sido semelhante à digestibilidade aparente da FDN da cana no trato digestivo total de novilhas (Andrade, 1999 ) e vacas leiteiras (Corrêa, 2001) consumindo dietas para alto desempenho evidencia a importância dos eventos ruminais para a digestão da fibra da cana-de-açúcar. A disponibilidade de nitrogênio no rúmen parece ser fundamental para maximizar a digestão fibrosa em dietas baseadas em cana-de-açúcar.

A substituição de amido de milho por pectina e fibra de polpa cítrica não foi capaz de aliviar o efeito negativo do baixo pH e da disponibilidade aguda de carboidratos de fermentação rápida no rúmen sobre a DEG FDN da cana-de-

açúcar, comparativamente ao tratamento Cana (Figura 3b). Nos tratamentos com Milho e Polpa, a maior disponibilidade de amônia no rúmen induzida pelo pulso de uréia e potencialmente aceleradora da digestão fibrosa pode ter sido contrabalançada pelo efeito negativo do baixo pH ruminal sobre a digestão da fibra (Grant & Mertens, 1992b, Mould et al., 1983, Russel et al., 1990). Queda na DEG FDN no período de indução de baixo pH foi acompanhada por queda na DEG MSnFDN (Figura 3c) nestes tratamentos. Semelhantemente ao observado no tratamento Cana, a correlação entre a DEG FDN e a DEG MSnFDN foi positiva no período de alto pH e próxima de zero no período de baixo pH (Figura 4bc). Isto parece demonstrar que a atividade dos microorganismos digestores de sacarose não foi estimulada pela presença de amido de milho ou fibra e pectina de polpa no rúmen. A teoria de que a baixa digestão da fibra em presença de carboidratos oriundos de concentrados teria atuado como magnificadora da barreira física à digestão da sacarose da cana não parece plausível à luz das correlações entre DEG FDN e DEG MSnFDN nos tratamentos Milho e Polpa em baixo valor de pH (Figura 4bc). A queda na DEG MSnFDN associada à queda na digestão fibrosa em baixo valor de pH explica a menor DEG MS nos tratamentos em que ocorreu indução de baixo pH ruminal *in vivo* (Figura 4a).

Ocorreu efeito associativo negativo do baixo pH induzido por pulso de amido e pectina no rúmen sobre a digestão da fibra da cana-de-açúcar. A queda na digestão fibrosa em baixo pH e em presença de alta amônia no rúmen, proporcionalmente ao tratamento controle Cana, foi em torno de 25% (Figura 3b). Os tratamentos com Milho e Polpa também aumentaram o RES 72 relativamente ao tratamento Cana (Tabela 4). Mesmo admitindo que a limitação de amônia ruminal no período de indução de alto pH pode ter limitado a digestão da fibra em todos os tratamentos, não houve evidência de efeito do perfil de carboidratos dietéticos sobre a digestibilidade da fibra na fase de indução de alto

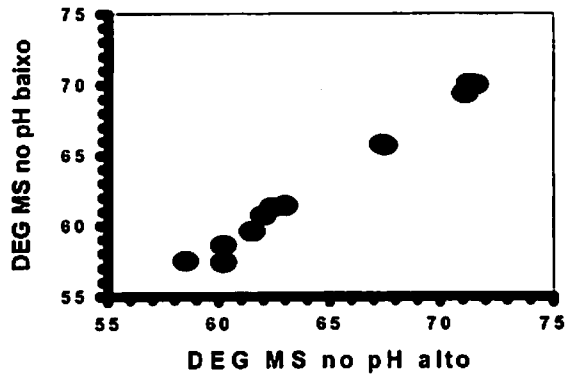


pH ruminal (Figura 3b). O efeito do pH ruminal parece ter sido mais determinante da DEG FDN que o efeito do tipo de substrato fermentativo presente no rúmen.

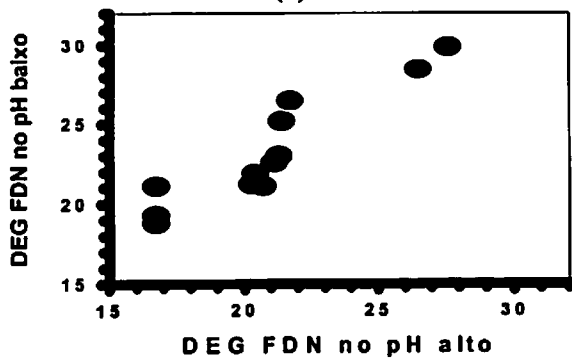
Este experimento não indicou que a substituição de amido de milho por pectina e fibra de polpa cítrica seria uma maneira para melhorar a digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar em dietas formuladas com alta inclusão de concentrados (Tabela 4). O tipo e a fermentabilidade dos carboidratos presentes na polpa cítrica (Miron et al., 2002), comparativamente à composição de outros subprodutos fibrosos, pode parcialmente explicar este fato. A substituição de amido de milho por subprodutos fibrosos de cereais, em dietas com cerca de 13% de FDN oriundo de forragens, tendeu a aumentar a degradabilidade da FDN de forragens no rúmen de vacas leiteiras, mesmo sem ter sido detectado efeito sobre o pH ruminal (Pereira & Armentano, 2000). Pantoja et al. (1994) também reduziram a FDN indigestível de alfafa por adição de casca de soja a uma dieta basal com 15% de FDN de forragem. No entanto, a degradabilidade da cana no rúmen no tratamento com Polpa foi semelhante à degradabilidade no tratamento com Milho (Tabela 4), em um ambiente ruminal mais ácido que o induzido pela dieta com milho (Tabela 3). Algum efeito benéfico da substituição de milho por polpa cítrica pode ter ocorrido; no entanto, experimentos envolvendo vacas em produção e com maior consumo são necessários para validar esta hipótese.

A degradabilidade de cada um dos 12 cultivares de cana, em cada fase de indução de variação no pH ruminal, foi gerada pela interação entre cultivar e pH ruminal por um modelo contendo os efeitos de quadrado, período, vaca, tratamento, pH ruminal e cultivar. Este dado pode ser interpretado como sendo a degradabilidade de cada colmo em situações dietéticas distintas, definidas pelos padrões ruminiais de pH e amônia. Dentre as medidas de degradabilidade dos cultivares, a DEG MS (Figura 5a) foi mais consistente entre ambientes ruminiais

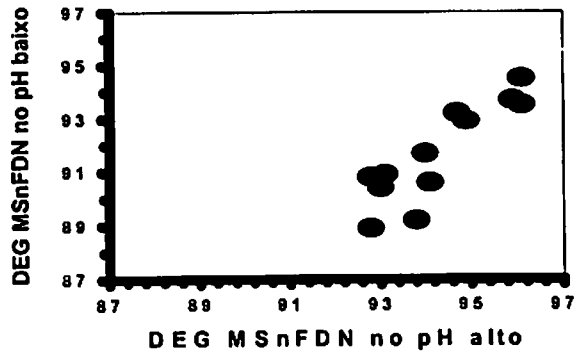
distintos que as mensurações de DEG FDN e DEG MSnFDN (Figura 5bc). O efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade foi consistente dentro de cada cultivar (Figura 6), mostrando a inexistência de interação entre cultivar e ambiente ruminal. Apesar de cultivares de alta degradabilidade terem o potencial de digestão potencialmente afetado pelo ambiente ruminal (Tabela 4A), parece que o ordenamento dos cultivares sem manteve em ambientes ruminais distintos (Figura 5). A correlação entre a porcentagem de FDN nos colmos e a degradabilidade ruminal foi negativa e mais baixa para a DEG FDN que para a DEG MS e a DEG MSnFDN (Figura 6). Colmos com baixa porcentagem de fibra não foram necessariamente possuidores de alta qualidade da fibra, apesar de esta ser a tendência. Entre cultivares, a maior DEG FDN foi positivamente correlacionada à DEG MSnFDN e à DEG MS (Figura 7). Programas de melhoramento buscando selecionar cultivares de cana com maior potencial de digestão da fibra podem ser efetivos, mesmo quando a forragem é utilizada em planos nutricionais sabidamente incompatíveis com a máxima digestão ruminal da fibra.



(a)

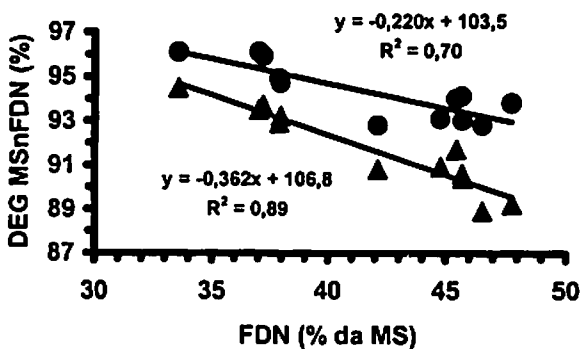
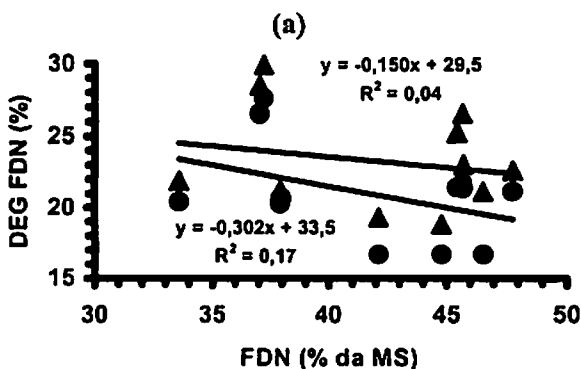
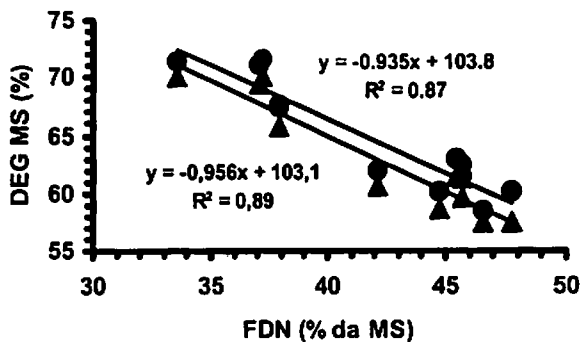


(b)

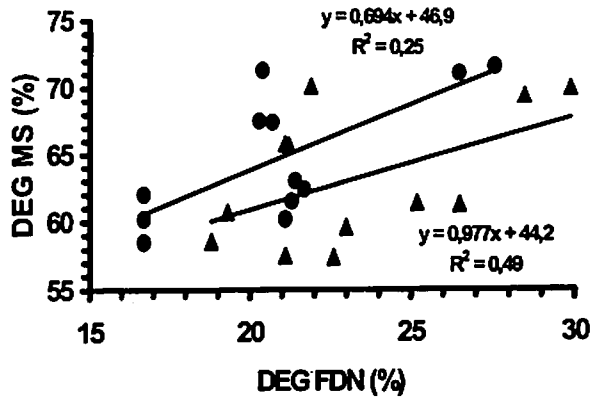


(c)

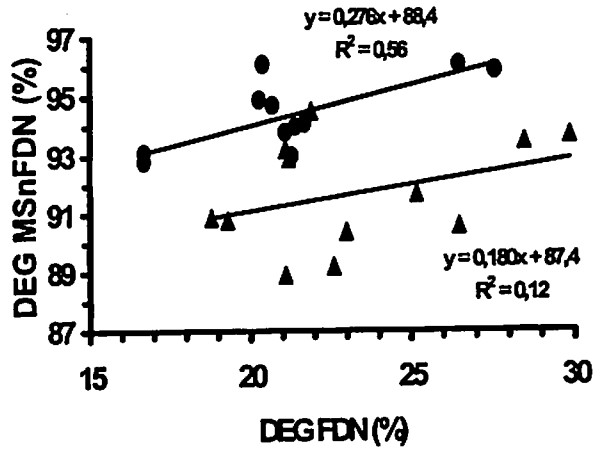
**FIGURA 5.** Degradabilidade ruminal da matéria seca (DEG MS) e da FDN (DEG FDN) de 12 cultivares de cana-de-açúcar incubados *in situ* no rúmen de 6 vacas sujeitas a indução de pH ruminal alto e baixo *in vivo*. O valor de cada cultivar é a degradabilidade média de 3 tratamentos aplicados em 2 Quadrados Latinos 3x3.



**FIGURA 6.** Correlação entre a % de FDN em 12 cultivares de cana-de-açúcar e a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca (DEG MS), da FDN (DEG FDN) e da matéria seca não-FDN (DEG MSnFDN). O valor de cada cultivar é a média de 3 tratamentos aplicados em 2 Quadrados Latinos 3x3. Valores na indução de baixo pH ruminal (▲) e valores na indução de alto pH ruminal (●).



(a)



(b)

**FIGURA 7.** Correlação entre a degradabilidade ruminal *in situ* da FDN (DEG FDN) em 12 cultivares de cana-de-açúcar e a degradabilidade ruminal da matéria seca (DEG MS) e da matéria seca não-FDN (DEG MSnFDN). Os valores de cada cultivar é a média de 3 tratamentos aplicados em 2 Quadrados Latinos 3x3. Valores na indução de baixo pH ruminal (▲) e valores na indução de alto pH ruminal (●).

## 5 CONCLUSÕES

O ganho em digestão fibrosa da cana-de-açúcar em resposta ao aumento na concentração de amônia no fluido ruminal de 3,4 para 12,6 mg/dl foi da ordem de 30% em um ambiente ruminal caracterizado por pH *in vivo* ao redor de 7. Quando ocorreu abaixamento do pH ruminal para valores mínimos, 3 horas após a alimentação, em torno de 5,5 por infusão intraruminal aguda de polpa cítrica, ou para valores em torno de 6,0 por infusão de milho, o aumento na concentração de amônia foi incapaz de elevar a degradabilidade da fibra no rúmen a valores acima dos observados quando os mesmos concentrados foram fornecidos em um plano alimentar capaz de induzir alto pH e baixa amônia ruminal. A substituição de amido de milho por pectina e fibra de polpa cítrica não foi efetiva na redução da ocorrência de efeitos associativos negativos do baixo pH ruminal sobre a digestão da fibra da cana no rúmen. No entanto, o ordenamento de cada cultivar quanto à qualidade da fibra em pH ruminal alto e baixo foi similar, mostrando que a seleção de cultivares com maior potencial de digestão fibrosa seria aplicável a programas alimentares que resultem em ambientes ruminais pouco ou muito favoráveis à digestão fibrosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2002. Anuário da Agricultura Brasileira. Cana-de-Açúcar, p. 249-273, 2002.

ANDRADE, M.A.F. **Desempenho de novilhas holandesas alimentadas com cana-de-açúcar como forrageira única.** 1999. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ARIZA, P. et al. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. **Journal Animal Science**, Savoy, v.79, n.4, p.2713-2718, Apr. 2001.

AROEIRA, L.J.M. et al. Degradabilidade de *in situ* dos nutrientes da cana-de-açúcar e do farelo de algodão em bovinos alimentados com farelo de algodão e cana-de-açúcar adicionada de três níveis de uréia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 45, n. 2, p. 221-233, fev. 1993a.

AROEIRA, L.J.M. et al. Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n. 4, p. 552-564, abr. 1993b.

AROEIRA, L.J.M. et al. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças holandês x zebu em lactação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 6, p.1016-1026, jun. 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 12<sup>ed.</sup> Washington, 1975. v.1, 1094p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15<sup>ed.</sup> Virginia, 1990. v.1, 684p.

BARNES, A.C. **The sugar cane**. 2.ed. Aylesbury: Leonard Hill Books, 1974. 572 p.

BEN-GHEDALIA, D. et al. The effects of starch and pectin rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.24, p.289-298, Sept. 1989.

BOIN, C. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 6., 1987, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: 1987.

BRODERICK, G.A. et al. Comparison of estimates of ruminal protein degradation by *in vitro* and *in situ* methods. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.66, p.1739-1745, 1988.

CABRAL, L.S. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2087-2098, jun. 2000 Suplemento,1.

CARVALHO, M.P. **Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais**. 1998. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CESNIK, R. Melhoramento de canas forrageiras. **Brasil Açucareiro**, v.86, p.34, 1975.

CHANEY, A.L. ; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clin. Chem.**, v.8, p.130, 1962.

CORRÊA, C.E.S. **Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas**. 2001. 102p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DEHORITY, B.A. Pectin fermenting bacteria isolated from the bovine rumen. **Journal of Bacteriology**, Ohio, v.99, n.1, p.189-196, July 1969.



DEWHURST, R.J. et al. Rumen acid production from dairy feeds. 1. Effects on feed intake and milk production of dairy cows offered grass or corn silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.12, p.2721-2729, Dec. 2001.

DIJKSTRA, J. et al. Simulation of digestion in cattle fed sugarcane: prediction of nutrient supply for milk production with locally available supplements. **Journal of Agricultural Science**, London, v.127, n.2, p.247-260, Sept. 1996.

EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.20, p.268-273, 1961.

EZEQUIEL, J.M.B. et al. Degradabilidade da matéria seca e pH ruminal em bovinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada ou hidrolisada fenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001.

FARIA, V.P. O uso da cana-de-açúcar para bovinos no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993. Piracicaba. Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1993. p.1-16.

FIGUEIRA, D.G. Efeito do nível de uréia sobre a digestibilidade aparente e "in situ", e a dinâmica da fase sólida em bovinos alimentados com cana-de-açúcar e farelo de algodão. 1991. 123 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FRANZOLIN, R. et al. Efeitos de dietas com polpa cítrica em substituição ao milho em grãos no concentrado sobre a degradabilidade e a fauna ruminal em bubalinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2109-2118, jun. 2000. Suplemento 1.

GALLO, P.C.S. Desempenho de novilhas holandesas alimentadas com teores dietéticos crescentes de cana-de-açúcar. 2001. 40p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GARRETT, E.F. et al. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n.6, p.1170-1178, June 1999.

GONÇALVES, A.L. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro de alguns volumosos utilizados na alimentação de cabras leiteiras, submetidas a dietas com diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1893-1903, June 2001.

GRADEL, C.M.; DEHORITY, B.A. Fermentation of isolated pectin and pectin from intact forages by pure cultures of rumen bacteria. **Applied Microbiology**, v.23, p.332-340, Feb. 1972.

GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Development of buffer systems for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.75, n.6, p.1581-1587, June 1992a.

GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.75, n.10, p.2762-2768, Oct. 1992b.

GRANT, R.J.; WEIDNER, S.J. Digestion kinetics of fiber: Influence of *in vitro* buffer pH varied within observed physiological range. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.75, n.4, p.1060-1068, Apr. 1992.

HALL, M.B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from *in vitro* fermentation of carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.11, p.2486-2493, Nov. 2001.

KRAJCARSKI-HUNT, H. et al. Short communication: effect of subacute ruminal acidosis on *in situ* fiber digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, n.1, p.570-573, Jan. 2002.

LITTELL, R.C. et al.. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

LOVADINI, L.A.; MORAES, C.L.; PARANHOS, S.B. Levantamento sobre a composição química bromatológica de 39 variedades forrageiras de cana-de-açúcar. **Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.24, p.189-198, 1971.

MAROUNECK, M.; BARTOS, S.; BREZINA, P. Factors influencing the production of volatile fatty acids from hemicellulose, pectin and starch by mixed culture of rumen microorganisms. **Czechoslovak Academy of Sciences, Institute of Animal Physiology and Genetics, Prague, 1985, p. 50-58.**

MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-35.**

MENDONÇA, S.S. et al. Cana-de-açúcar como volumoso único para vacas de leite: 1. produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p.1212-1214.**

MIRON, J. et al. Digestibility by dairy cows of monosaccharide constituents in total mixed rations containing citrus pulp. **Journal of Dairy Science, Savoy, v.85, n.1, p.89-94, Jan. 2002.**

MOLINA, A. et al. Forage evaluation of sugar cane industrial varieties. In situ digestibility. **Cuban Journal of Agricultural Science, v.33, p.369-373, 1999.**

MOREIRA, H.A. et al. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) adicionada de uréia e farelo de arroz no ganho de peso de novilhas mestiças leiteiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.16, n.6, p.500-506, jun. 1987.**

MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. **Animal Feed Science e Technology, Amsterdam, v.84, n.10, p.1-14, Oct. 1983.**

MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science e Technology, Amsterdam, v.84, n.10, p.15-30, Oct. 1983.**

MOURIÑO, F.; AKKARAWONGSA, R.; WEIMER, P.J. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms in vitro. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.84, n.4, p.848-859, Apr. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381p.

OSBORNE, J.M.; DEHORITY, B.A. Synergism in degradation and utilization of intact forage cellulose, hemicellulose, and pectin by three pure cultures of ruminal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, v.55, n.9, p.2247-2250, Sept. 1989.

PASCOAL, L.L. et al. Desempenho de novilhos confinados submetidos a duas diferentes fontes protéicas associadas com capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) ou cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 1988. p.97.

PANTOJA, J. et al. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v. 77, p. 2341, 1994.

PATE, F.M. Fresh chopped sugar cane in growing – finishing steer diets. *Journal Animal Science*, Savoy, v.53, n.4, p.881-888, Apr. 1981.

PATE, F.M.; COLEMAN, S.W. Evaluation of sugar cane varieties as cattle feed. *Florida Agr. Exp. Sta.*, Belle Glade, n.4, Apr. 1975.

PEREIRA, O.G.M. et al. Consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes de dietas contendo cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.), sob diferentes formas, em bovinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.25, n.4, p.750-762, Apr. 1996.

PEREIRA, M.N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfalfa or cereal byproducts**. 1997. 185p. PhD (Dairy Science)-University of Wisconsin, Madison-USA.

PINTO, J.B. et al. Avaliação de dietas baseadas em cana-de-açúcar para terminação de novilhos em confinamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.1, p.155-160, jan. 1994.

PRESTON, T.R. Sugarcane as the basis for intensive animal production in the tropics. In: CONFERENCE ON ANIMAL FEEDS OF TROPICAL AND SUBTROPICAL ORIGIN, 1975, London. **Proceedings...** London: 1975, p. 69.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKEBUSCH, Y.; THIVEND, P. **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. Connecticut: AVI, 1980. p.621-640.

RUSSELL, J.B.; DOMBROWSKI, D.B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria on continuous culture. **Applied Environmental Microbiology**, v.39, p.604, 1978.

RUSSELL, J.B.; STROBEL, H.J., MARTINS, S.A. Strategies of nutrient transport by ruminal bacteria. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.73, p.2996, 1990.

SAS Institute. **SAS<sup>®</sup> user's guide: statistics**. 5.ed. Cary: 1985. 1290p.

SATTER,L.D.; ROFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.58, p.1219-1237, 1975.

SUCUPIRA, M.C.A. Efeito de níveis crescentes de uréia no consumo, volume ruminal e taxa de passagem em vacas Holandesas alimentadas com cana-de-açúcar. 1998. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SNIFFEN, C.J. et al . A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.12, p.3562-3577, Dec. 1992.

SZYMANSKI, P.T. A note on the fermentation of pectin by pure strains and combined cultures of rumen bacteria. **Acta Microbiologica Polonica**, Jablonna, v.30, n.2, p.159-163, Feb. 1981.

TOMERSKA, H. Decomposition of pectin in vitro by pure strains of rumen bacteria. *Acta Microbiologica Polonica ser. B*, Jablonna, v.3 (20), n.2, p.107-115, Feb. 1971.

TORRES, R.A.; TELES, F.M.; MATTOS, L.L. Utilização da mistura cana-de-açúcar, uréia e sulfato de cálcio, como volumoso suplementar para novilhas criadas a pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 1991. p.277.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. London: Cornell University, 1995. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, Oct. 1991.

VAN VUUREN, A.M.; VAN DER KOELEN, C.J.; VROONS-DE BRUIN, J. Ryegrass versus corn starch or beet pulp fiber diet effects on digestion and intestinal amino acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.76, n.9, p.2692-2700, Sept. 1993.

WADHWA, D. et al. Rumen acid production from dairy feeds. 2. Effects of diets based on corn silage on feed intake and milk yield. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.84, n.12, p.2730-2737, Dec. 2001.

WALLACE, R.J.; COTTA, M.A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: Hobson, P.N. *The rumen microbial ecosystem*. Elsevier Applied Science, Essex-England, p.217-249, 1988.

WEIMER, P.J. et al. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.82, p.122-134, 1999.

ZIOLECKI, A; WOJCIECHOWICZ, M. Small Pectinolytic Spirochetes from the rumen. *Applied and Environmental Microbiology*, v.39, n.4, p.919-922, Apr. 1980.