

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVÊDO

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR  
(*Saccharum sp.*) E SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2002

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVÊDO

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR  
(*Saccharum sp.*) E SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 25 de janeiro de 2002

---

Prof. Augusto César de Queiroz  
(Conselheiro)

---

Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro  
(Conselheiro)

---

Prof. Rogério de Paula Lana

---

Prof. Domicio do Nascimento Júnior

---

Prof. José Carlos Pereira  
(Orientador)

Aos meus pais, pelos exemplos, pelo caráter e pela educação recebida.

À minha admirável esposa Karine e ao meu filho Arthur,  
pelo amor, pela paciência, pelo companheirismo e pela compreensão.

Aos meus irmãos, tios, cunhados, sobrinhos e à minha sogra,  
que sempre transmitiram muita paz, carinho e motivação.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), pela liberação das minhas atividades como docente para realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no seu Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica (PICDT), pela bolsa de estudo concedida.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Professor José Carlos Pereira, pela paciência, pela orientação competente e segura, pelos ensinamentos e, sobretudo, pela confiança em mim depositada.

Ao Professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela co-orientação, pelos ensinamentos, pelo incentivo, pela motivação e pelas sugestões apresentadas, que foram fundamentais para o enriquecimento deste trabalho.

Aos Professores Augusto César de Queiroz e Márcio Henrique Pereira Barbosa, além do colega Dr. Alberto Magno Fernandes, pela disponibilização dos dados que foram fundamentais para gerar este trabalho, pelos ensinamentos e pelas valiosas sugestões.

Aos Professores Rogério de Paula Lana e Domicio do Nascimento Júnior, pelas sugestões e críticas apresentadas e pelos ensinamentos.

Aos Professores Sebastião de Campos Valadares Filho, Rita Flávia Miranda de Oliveira, Juarez Lopes Donzele, Darci Clementino Lopes, Fernando Pinheiro Reis e George Henrique Kling de Moraes, pela competência de seus ensinamentos.

Aos amigos Henrique, Urbano, Marco Aurélio, Luciano Cabral e Eduardo (gaúcho), pelo auxílio durante a realização deste trabalho.

Àqueles amigos inseparáveis Kátia e Luiz Augusto; Elói, Áurea e família; Henrique e Luiza; Olímpio e Lícia; e Murilo e família, que juntos formam minha família, e mesmo distantes, compartilhavam com minhas dificuldades e vibravam com as minhas vitórias.

Aos novos amigos Henrique; Professora Maria Ignez; Eliane, Valdir e família; Marcondes, Arlene e família; Marco Aurélio e Érika; Marcos Antonio e Zezi; Daniela; Ana Clara; Magno; Airdem; Luciana; Chico; César e Mara; Tião, Rilene e família;

Joelson e Mirinha; Monteiro; Agna Menezes e Luiz Maurício; Fabiano e Cristina, que juntos contribuíram para que minha estadia aqui em Viçosa pudesse ser maravilhosa. Em especial, aos amigos Henrique e Maria Ignez, que me proporcionaram conhecimentos importantíssimos de vida pessoal e profissional, os quais não poderiam ser expressos por palavras.

Aos demais professores, colegas de curso e funcionários do Departamento de Zootecnia, que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVÊDO, filho de Gilberto Azevêdo e Rosa Maria Gomes Azevêdo, nasceu em Feira de Santana, Bahia, em 17 de abril de 1971.

Em janeiro de 1995, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Em março de 1996, foi contratado, por concurso público, como Professor Auxiliar do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual de Santa Cruz em Ilhéus - Bahia.

Em agosto de 1996, obteve o título de Especialista em Solos e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Lavras.

De janeiro de 1997 a agosto de 1998, foi instrutor do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) – Administração Regional da Bahia.

Em junho de 1998, obteve o título de Especialista em Produção de Ruminantes pela Universidade Federal de Lavras.

Em fevereiro de 2000, iniciou o Programa de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, na área de Nutrição de Ruminantes, defendendo tese em 25 de janeiro de 2002.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO I - Avaliação da Divergência Nutricional de Variedades de Cana-de-Açúcar (<i>Saccharum sp.</i>) .....</b>	<b>3</b>
Resumo .....	3
Abstract .....	4
Introdução .....	5
Material e Métodos .....	9
Resultados e Discussão .....	14
Conclusões .....	22
Referências Bibliográficas .....	23
<b>CAPÍTULO II - Composição Químico-Bromatológica, Fracionamento de Carboidratos e Cinética da Degradação <i>in vitro</i> da Fibra de Três Variedades de Cana-de-Açúcar (<i>Saccharum sp.</i>) .....</b>	<b>28</b>
Resumo .....	28
Abstract .....	29
Introdução .....	30
Material e Métodos .....	33
Resultados e Discussão .....	36
Conclusões .....	49
Referências Bibliográficas .....	50
<b>CAPÍTULO III - Simulação de Dietas Baseadas em Cana-de-Açúcar (<i>Saccharum sp.</i>) para Vacas Leiteiras a Pasto .....</b>	<b>55</b>
Resumo .....	55
Abstract .....	56
Introdução .....	57

Material e Métodos .....	62
Resultados e Discussão .....	67
Conclusões .....	81
Referências Bibliográficas .....	83
CONCLUSÕES .....	89

## RESUMO

AZEVÊDO, José Augusto Gomes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2002. **Avaliação nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) e simulação do desempenho de vacas leiteiras.** Orientador: José Carlos Pereira. Conselheiros: Augusto César de Queiroz e Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

Os objetivos do presente estudo foram avaliar a divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar, utilizando a análise de componentes principais, visando identificar três variedades representativas dessa divergência; quantificar a composição químico-bromatológica; determinar as frações de carboidratos; e estimar os parâmetros cinéticos de degradação dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF), destas três variedades de cana-de-açúcar; além de simular diferentes situações de alimentação para vacas leiteiras a pasto, em função do dia de lactação e nível de produção de leite, recebendo como volumoso diferentes variedades de cana-de-açúcar, usando o modelo de simulação “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) - versão 4.0. As variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) utilizadas para avaliar a divergência nutricional foram: RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP 801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 e SP 803280, colhidas aos 426, 487 e 549 dias após o plantio. As variáveis discriminatórias utilizadas para avaliar a diversidade nutricional foram fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose, lignina, fração indegradável da FDN e taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN. A avaliação da divergência nutricional das variedades de cana-de-açúcar estudadas baseou-se nos três primeiros componentes principais, explicando 87,77% da variação total. A FDN foi a variável que apresentou o menor poder discriminatório. As variedades SP 801842, colhida aos 426 dias após o plantio, e SP 791011, colhida aos 549 dias, foram as que apresentaram maior dispersão dos escores nos três primeiros componentes principais,

sendo consideradas as mais dissimilares, enquanto a variedade RB 845257, colhida aos 487 dias após o plantio, localizou-se em posição intermediária entre ambas. Nas variedades SP 801842, SP 791011 e RB 845257, foram determinados a composição químico-bromatológica, as frações de carboidratos e os parâmetros cinéticos de degradação dos CF e CNF, que foram usados na simulação de diferentes situações de alimentação para vacas leiteiras a pasto. Foram também determinados os teores de matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), FDN, FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e o fracionamento dos carboidratos nas frações A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C. Para estimativa dos parâmetros cinéticos de degradação dos CF e CNF, foram utilizadas duas técnicas: a gravimétrica e a de produção de gás. As variedades de ciclo de produção intermediário apresentaram maiores valores de FDN e FDA, comparadas à variedade de ciclo precoce. As relações FDN/Pol encontradas foram, respectivamente, 2,73; 2,82; e 2,25 para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011. A variedade SP 791011 apresentou menor fração C e maior fração B<sub>2</sub> dos carboidratos (27,78 e 33,26%). Foi possível observar diferenças (P<0,05), por intermédio da técnica gravimétrica, para o tempo de colonização e a degradabilidade efetiva da FDN, com superioridade para a variedade SP 791011, que apresentou valores respectivos de 7,90 h e 10,30%. As variedades de ciclo de produção intermediário foram qualitativamente superiores à precoce e, entre elas, a variedade SP 791011 foi a melhor. Na simulação por intermédio do CNCPS, consideram-se três níveis de produção no pico de lactação (8, 13 e 18 kg/dia) e três dias de lactação (30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia após o parto). O consumo estimado de matéria seca (MS) para cana-de-açúcar, no 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação, variou de 16,8 a 50,1% do consumo de MS total. Com relação à mobilização de reservas corporais no 30<sup>o</sup> dia de lactação, não se observou perda de peso superior a 200 g/dia. No 225<sup>o</sup> dia de lactação, as três variedades apenas satisfizeram o nível de produção de 8 kg/dia, pois, a partir deste nível de produção, ocorreram ganhos de peso abaixo do desejável. As variedades de cana-de-açúcar deveriam apresentar a mesma qualidade químico-bromatológica apresentada pela variedade SP 791011, porém com níveis de produtividade (t MS/ha) compatíveis aos apresentados pela variedade SP 801842, que garantiu o melhor retorno econômico.

## ABSTRACT

AZEVEDO, José Augusto Gomes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, January of 2002. **Nutritional evaluation of sugarcane varieties (*Saccharum sp.*) and dairy cattle performance simulation.** Adviser: José Carlos Pereira. Committee Members: Augusto César de Queiroz and Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

The objectives of the present study were to evaluate the nutritional divergence of sugarcane varieties, using the principal components analysis, to search for three representative varieties of that divergence. Also, to determine the chemical-bromatological composition and to determine the carbohydrates fractions and; to estimate the kinetic degradation parameters of the fibrous (FC) and no-fiber carbohydrates (NFC), of that three sugarcane varieties; and to simulate different feeding patterns for dairy cattle in pasture, in function of the lactation day and level of milk production, receiving as forage different sugarcane varieties, using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) - version 4.0 simulation model. The sugarcane varieties (*Saccharum sp.*) used to evaluate the nutritional divergence were: RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP 801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 and SP 803280, harvested at 426, 487 and 549 days post the planting. The discriminate variables used to evaluate the nutritional diversity were neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose, lignin, undegradable NDF fraction and degradation rate of the potentially degradable NDF fraction. The nutritional divergence evaluation of the sugarcane the studied varieties, was based on the first three principal components that explaining 87.77% of the total variation. The NDF was the variable that presents the smaller discriminate power. The varieties SP 801842, harvested at 426 days post planting and

SP 791011, harvested at 549 days, were the ones that presented larger score dispersions for the first three principal components, being considered the most dissimilar, while the RB 845257 variety, harvested at 487 days post planting, was located in intermediary position between both. The chemical-bromatological composition; the carbohydrates fractions; the kinetic degradation parameters of the FC and NFC of the varieties SP 801842, SP 791011 and RB 845257 were determined. Besides that, they were used in the different feeding patterns simulation for dairy cattle in pasture. The organic matter (OM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), NDF, ash and protein free NDF (NDFap), acid detergent fiber (ADF), lignin and the fractionation of the carbohydrates in the A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and C fractions was also determined. Two techniques were used to estimate the degradation kinetic parameters of FC and NFC: gravimetric and gas production. The varieties of the intermediary production cycle, presented larger NDF and ADF values as compared to the variety of the early cycle. The observed FDN/Pol ratio was, respectively, 2.73; 2.82 and 2.25 for the SP 801842, RB 845257 and SP 791011 varieties. The SP 791011 variety presented a smaller C and larger B<sub>2</sub> fractions of the carbohydrates (27.78 and 33.26%). Using the gravimetric technique, it was possible to observe difference ( $P < .05$ ) for the lag time and for the effective degradation of NDF, with higher values for SP 791011 variety, that presented values, respective, of 7.90 h and 10.30%. The varieties of the intermediary production cycle were qualitatively higher as compared to the early one, and among them, the SP 791011 variety was the best. In the simulation using CNCPS it was considered three production levels at the peak of lactation (8, 13 and 18 kg/day) and three lactation days (30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day post calving). The estimative of dry matter intake (DMI) for sugarcane for the 30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation changed from 16.8 to 50.1% of the total DMI. With relationship the mobilization of corporal reserve in the 30<sup>th</sup> day of lactation, it was

not observed weight losses higher than 200 g/day. In the 225<sup>th</sup> day of lactation, the three varieties only support the milk production at the level of 8 kg/day, because, from that production level, the weight gain was below to the desirable one. The sugarcane varieties, should present the same chemical-bromatological quality presented by the SP 791011 variety, however with productivity levels (t DM/ha) compatible to the presented by the SP 801842 variety, that guaranteed best economic income.

## INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção de bovinos, que têm como base o uso de pastagens tropicais, a forragem, na maioria das situações, não consegue suprir as exigências em proporções adequadas de nutrientes, para todas as categorias de animais, o ano todo, limitando o desempenho destes animais.

A cana-de-açúcar vem sendo amplamente utilizada como forrageira em sistemas de produção de leite a pasto, que buscam a redução dos custos com a alimentação, durante o período seco do ano, por apresentar grande produção de matéria seca e energia por unidade de área, baixo custo por unidade de matéria seca produzida, disponibilidade em épocas de escassez de forragens nas pastagens e manutenção do valor nutritivo por períodos relativamente prolongados.

Apesar destas vantagens, o melhoramento genético da cana-de-açúcar está mais direcionado visando atender aos objetivos industriais, tornando seu valor nutricional para alimentação de ruminante pouco explorado. Assim, é evidente a necessidade de estudos relativos ao valor nutricional das variedades de cana-de-açúcar disponíveis no mercado. Entretanto, estes estudos são dispendiosos e demandam muito tempo para serem realizados. Dessa forma, o conhecimento prévio da diversidade das variedades de cana-de-açúcar disponíveis é importante, pois permite avaliar menor número, porém representativo, destas variedades.

O conhecimento dos diversos componentes da cana-de-açúcar, principalmente com relação aos carboidratos, os constituintes mais abundantes, e de seu comportamento no trato gastrintestinal é fundamental para identificar a quantidade de cada nutriente que o animal tem condições de utilizar, auxiliando no balanceamento de dietas com capacidade de explorar o potencial da cana-de-açúcar como volumoso,

visando atender adequadamente às exigências nutricionais dos ruminantes, a fim de alcançar ótimo desempenho, para o máximo retorno econômico.

Os estudos comparativos entre diferentes variedades da cana-de-açúcar deveriam ser realizados em função de desempenho animal, porém estas avaliações são onerosas. Diante da impossibilidade de quantificar diretamente o desempenho de vacas leiteiras consumindo diferentes variedades de cana-de-açúcar, modelos matemáticos, como o desenvolvido pela Universidade de Cornell, que leva em consideração a condição do animal, dos alimentos, do manejo adotado e do ambiente em que o animal vive, descreve matematicamente a resposta de cada comportamento ou vários comportamentos integrados, para uma variável ou para combinação de variáveis possibilitando informações fundamentais, de maneira confiável, capazes de ajudar no processo de tomada de decisão.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar a divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar, utilizando a análise de componentes principais, visando identificar três variedades representativas dessa divergência; quantificar a composição químico-bromatológica; determinar as frações de carboidratos; estimar os parâmetros cinéticos de degradação dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos de três variedades de cana-de-açúcar divergentes nutricionalmente; e simular diferentes situações de alimentação para vacas leiteiras a pasto, em função do dia de lactação e nível de produção de leite, recebendo como volumoso diferentes variedades de cana-de-açúcar, usando o modelo de simulação “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) versão 4.0.

Os trabalhos desta tese foram elaborados conforme normas da Revista Brasileira de Zootecnia, com adaptações pertinentes às normas para elaboração de tese da Universidade Federal de Viçosa.

## CAPÍTULO I

### **Avaliação da Divergência Nutricional de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum sp.*)**

**Resumo** - O objetivo do presente trabalho foi avaliar a divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar, utilizando a análise de componentes principais, visando identificar três variedades representativas dessa divergência. As variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) avaliadas neste estudo foram: RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP 801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 e SP 803280, colhidas aos 426, 487 e 549 dias após o plantio. As variáveis discriminatórias utilizadas foram fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose, lignina, fração indegradável da FDN e taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN. Verificaram-se diferenças significativas para todas as variáveis estudadas, exceto para a fração indegradável da FDN. A avaliação da divergência nutricional das variedades de cana-de-açúcar baseou-se nos três primeiros componentes principais, explicando 87,77% da variação total. A FDN e a fração indegradável da FDN foram as variáveis de menor importância para explicar a variabilidade nutricional das variedades estudadas. A variedade SP 801842, colhida aos 426 dias após o plantio, e a variedade SP 791011, colhida aos 549 dias, foram as que apresentaram maior dispersão dos escores nos três primeiros componentes principais, sendo consideradas as mais dissimilares, enquanto a variedade RB 845257, colhida aos 487 dias após o plantio, localizou-se em posição intermediária entre ambas. A análise de componentes principais foi também eficiente em selecionar as variedades com diferentes épocas de colheita.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, componentes principais, divergência nutricional

## CHAPTER I

### **Evaluation of the Nutritional Divergence of the Sugarcane (*Saccharum sp.*) Varieties**

**Abstract** - The objective of this work was to evaluate the nutritional divergence of the sugarcane varieties, using the principal components analysis to select three representative varieties of that divergence. The sugarcane varieties (*Saccharum sp.*) evaluated in this study were: RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP 801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 and SP 803280, harvested at 426, 487 and 549 days post planting. The discriminatory variables used were the neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose, lignin, undegradable NDF fraction and the degradation rate of the potentially degradable NDF fraction. Significant differences were observed, for all the studied variables, except for the undegradable NDF fraction. The evaluation of the nutritional divergence of the sugarcane varieties was based on the first three principal components, that explained 87.77% of the total variation. The NDF and the undegradable NDF fraction were the variables of smaller importance to explain the nutritional variability of the studied varieties. The SP 801842 variety, harvested at 426 days post planting, and SP 791011 variety, harvested at 549 days, were the ones that presented larger score dispersions for the first three principal components, being considered the most dissimilar, while the RB 845257 variety, harvested at 487 days post planting, was located in the intermediary position between both. The principal components analysis was also efficient in selecting varieties with different harvest time.

Key Words: nutritional divergence, principal components, sugarcane

## Introdução

A cana-de-açúcar foi trazida para o Brasil pelos primeiros colonizadores, sendo a primeira planta empregada como recurso forrageiro na alimentação suplementar dos ruminantes (Peixoto, 1986). Com a área a ser colhida de 4.885.873 ha, uma safra esperada de 339.416.699 t e uma produtividade média de 69,47 t/ha estimada para 2001, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (IBGE, 2001), a qual se destaca, entre as gramíneas de clima tropical, como a planta de maior potencial para produção de matéria seca e energia por unidade de área em um único corte por ano (Boin, 1985).

Aliados a estes fatos, a pequena taxa de risco na sua utilização como forragem, o baixo custo por unidade de matéria seca produzida e a maior disponibilidade coincidindo com o período de escassez de forragens nas pastagens são outras vantagens importantes que justificam a utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro (Boin et al., 1983). Todavia, trabalhos de pesquisa mostram que existem limitações no consumo da cana-de-açúcar pelos ruminantes, devido, principalmente, ao alto conteúdo e à baixa digestibilidade da sua fibra (Boin, 1985; Rodrigues, 2000; Pereira et al., 2001).

Segundo Rodrigues (1998), o consumo de nutrientes pelos ruminantes é o principal fator que limita a produtividade. A maximização do consumo é um componente chave no desenvolvimento de rações e estratégias de alimentação de ruminantes que irá otimizar a rentabilidade da produção animal. Nos programas de formulação de rações, de mínimo custo ou de máxima rentabilidade, o consumo é a primeira restrição a ser considerada, especialmente para animais de alta produção.

Quanto maior o teor de fibra da cana-de-açúcar e menor sua degradabilidade, menor será o consumo deste volumoso, ou seja, a baixa taxa de degradação da fibra é que limita o consumo (Rodrigues, 2000), tornando-se fator determinante da produtividade animal. Isto ocorre em função da repleção ruminal, que restringe a gliconeogênese pelo deficiente suprimento de ácido propiônico para a síntese de glicose e o fornecimento de aminoácidos

importantes na síntese de proteínas microbianas (Leng & Preston, 1976). No entanto, em nutrição de animais ruminantes, a fibra também tem efeito benéfico, pois atua estimulando a ruminação e a produção de saliva, dando suporte para manutenção da função ruminal e crescimento dos microrganismos no rúmen, que digerem os carboidratos e os convertem a ácidos graxos voláteis, sendo o ácido propiônico a fonte primária de energia (Rodrigues, 1998).

Em experimento comparando duas variedades de cana-de-açúcar, que tinham diferenças moderadas em seus conteúdos de fibra (44,8 vs 49,2% da fibra em detergente neutro (FDN)), na alimentação de novilhos, Pate (1981) não verificou diferenças no ganho de peso ou na eficiência alimentar destes animais. Este resultado indica que pequenas diferenças no conteúdo de fibra de variedades de cana-de-açúcar são pouco significativas em proporcionar melhores desempenhos.

A qualidade nutritiva de 66 variedades comerciais de cana-de-açúcar, plantadas no Sul da Flórida, foi avaliada por Pate & Coleman (1975), citados por Pate et al., 2001, que observaram ampla variação na porcentagem da FDN, com extremos de 42,6 e 67,7% da matéria seca (MS), bem como na porcentagem da fibra em detergente ácido (FDA), de 28,3 e 41,5% MS; lignina, de 4,6 e 8,4% MS; e para a degradabilidade *in vitro* das diferentes variedades avaliadas. Também concluíram que os conteúdos da fibra estiveram negativamente correlacionados com a degradabilidade *in vitro*, indicando que o valor alimentar de variedades de cana-de-açúcar é variável e ênfase deve ser dada sobre um baixo conteúdo de fibra, ao se selecionar uma variedade com o propósito de alimentação animal.

Rodrigues et al. (2001), avaliando 18 variedades de cana-de-açúcar, verificaram diferenças de 12,3 unidades percentuais entre o menor teor de FDN (44,1%), encontrado na variedade IAC 86-2480, e o maior valor de FDN (56,4%), obtido para a variedade IAC 84-1042. Ezequiel et al. (2001) observaram valores de 42,9; 25,8; 4,6; 17,0 e 23,7% na MS para FDN, FDA, lignina, hemicelulose e FDN indegradável (FDNi) em 144h, respectivamente, para cana *in natura*.

Segundo Abrahão (1991), o valor nutritivo de uma planta forrageira deve ser considerado não como fator isolado, mas como um complexo formado por fatores que interferem na ingestão e utilização da forragem ingerida pelos ruminantes. Diferenças entre plantas forrageiras deveriam ser avaliadas em função da produção de leite ou do ganho de

peso em animais alimentados exclusivamente com esta forragem. Entretanto, como as avaliações com animais são custosas, exigindo grandes quantidades de alimentos, animais em produção e períodos relativamente longos de avaliação, outros parâmetros que permitam melhor conhecimento das características intrínsecas dos alimentos devem ser estudados.

A associação entre métodos que determinam a composição química da forragem e métodos biológicos que estimam a digestibilidade e a ingestão voluntária permite boas avaliações do valor nutritivo de uma forrageira. É importante a utilização oportuna desses métodos, pois pode-se, inicialmente, fazer uma pré-seleção dos materiais promissores, reduzindo a um número limitado as forrageiras a serem avaliadas com animais em produção.

Franzolin & Franzolin (2000), avaliando a digestibilidade *in situ* da FDN em cana-de-açúcar, encontraram valores de degradabilidade potencial de 70,29%, degradabilidade efetiva, para taxa de passagem de 5 h<sup>-1</sup>, de 31,39% e taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c) de 1,8 h<sup>-1</sup>. Andrade et al. (2001) encontraram coeficiente de digestibilidade *in vivo* de 26,90% para FDN<sub>i</sub>, enquanto Rodrigues et al. (1992) observaram valores variando de 47,69 a 40,75; 36,19 a 28,71; 65,91 a 59,06; e 10,75 a 3,47% na MS para FDN, FDA, hemicelulose e lignina, respectivamente, para a digestibilidade *in vivo*.

As mudanças no aumento do conteúdo de fibra e na diminuição da digestibilidade da cana-de-açúcar com a maturação (idade após o plantio ou idade após última colheita) diferem para as mudanças que ocorrem em outras forrageiras tropicais. Trabalho realizado por Pate (1977), na Flórida, citado por Lançanova (1991), mostrou que, com o avanço da maturação da cana, ocorreram decréscimos no teor de proteína bruta (PB), fibra e na digestibilidade da fibra. Entretanto, houve aumento nos teores de MS e carboidratos não-fibrosos (CNF), que compensou o decréscimo na digestibilidade da fibra. De acordo com este autor, o aumento da concentração de sacarose com a maturação da planta é o fator responsável pela elevação dos teores de CNF. Dessa forma, o incremento na digestibilidade com a maturação da planta deve-se ao aumento dos CNF, promovendo diluição dos componentes estruturais da parede celular. Pode-se inferir, então, que o valor nutritivo da cana-de-açúcar aumenta com a maturação da planta.

Carvalho (1992), analisando os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN)

e coeficiente de degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em função de cinco épocas diferentes de colheitas após o plantio (212, 241, 275, 303, 336 dias), de cinco variedades de cana-de-açúcar, observou aumento do primeiro para o segundo corte no teor da FDN, diminuindo a seguir. O aumento da FDN, do primeiro para o segundo corte, foi justificado pelo fato de as variedades de cana-de-açúcar ainda apresentarem crescimento vegetativo, já a queda da FDN a partir do segundo corte é resultado do expressivo aumento do teor de sacarose observado durante o período de maturação. A DIVMS sofreu queda do primeiro para o segundo corte, voltando a crescer do segundo para o terceiro e quarto cortes, resultando em uma correlação negativa ( $r = -0,88$ ) entre a DIVMS e os teores da FDN.

Para uma avaliação correta das variedades de cana-de-açúcar para determinado ambiente, é necessário considerar fatores interferentes. Temperaturas baixas, carência de nitrogênio, idade fisiológica e a variedade, fatores interferentes na maturação, podem proporcionar concentrações ótimas de sacarose na cana-de-açúcar. As variedades, quando em condições favoráveis de clima e solo, apresentam aumento na concentração de sacarose com a idade fisiológica da cana, atingindo um máximo e decrescendo em seguida, devido à ausência das condições favoráveis ao amadurecimento (Parazzi et al., 1985).

Existem várias formas metodológicas para se avaliar a diversidade nutricional de forrageiras; como exemplo, têm-se comparações da composição químico-bromatológica, avaliações de digestibilidade e até avaliações de desempenho produtivo dos animais submetidos ao consumo destas forrageiras. Porém, poucas metodologias têm a capacidade de prever, com precisão, quais os mais divergentes ou similares dentro de um grupo de espécies ou um grupo de variedades de uma forrageira, baseando-se em diversas variáveis discriminatórias.

Segundo Cruz & Regazzi (1997), a divergência genética tem sido avaliada por meio de técnicas biométricas, baseadas na quantificação da heterose, ou por processos preditivos. Entre os métodos fundamentados em modelos biométricos, citam-se as análises dialélicas, que avaliam a capacidade específica quanto à heterose manifestada nos híbridos, enquanto na predição da divergência genética vários métodos multivariados podem ser aplicados. Entre eles, citam-se a análise por componentes principais e por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A escolha do método mais adequado tem sido determinada pela

precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos.

Martins et al. (1999), visando o fornecimento de dietas sincronizadas, agrupou, segundo o método de Tocher, diferentes volumosos e concentrados. Neste método, a média das medidas de dissimilaridades dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos (Pereira, 1999). O método de Tocher foi eficaz na identificação dos grupos de alimentos que apresentaram comportamentos semelhantes quanto à degradação ruminal, permitindo combinar os alimentos para favorecer a síntese de proteína microbiana.

Sauvant et al. (1985), avaliando diversos subprodutos na alimentação animal, utilizaram a técnica de componentes principais para identificar alimentos distintos, de acordo com os parâmetros cinéticos de degradação *in situ* da MS (DISMS), pois a representação das curvas de cinética de degradação de todos alimentos estava sobreposta. Já Strapasson et al. (2000) utilizaram, entre outros, valores nutricionais, chamados de descritores agrônômicos, como proteína bruta (PB), FDN e degradabilidade *in vitro* da MS (DIVMS) em diferentes épocas (anual, inverno e verão), via componentes principais para caracterizar acessos das espécies *Paspalum guenoarum* e *Paspalum plicatulum*.

Tendo em vista esses aspectos e um número relativamente elevado de variedades de cana-de-açúcar, disponibilizado nos últimos anos, com características melhoradas que satisfazem apenas à agroindústria, torna-se importante conhecer a qualidade de diferentes variedades de cana-de-açúcar em termos de conteúdo de fibra e de parâmetros cinéticos de digestão dessa fibra.

Portanto, foi objetivo do presente trabalho avaliar a divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar, utilizando a análise de componentes principais, visando identificar três variedades representativas dessa divergência.

## Material e Métodos

No campo experimental da Usina de Jatiboca estavam plantadas as seguintes variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) avaliadas neste estudo: RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP

801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 e SP 803280. Esta Usina localiza-se no Município de Oratório – MG, com altitude média de 422 m, definido pelas coordenadas geográficas de 20° 40' de latitude sul e 42° 90' de longitude Oeste. A média anual de temperatura do ar é de 23,8°C, variando entre a média das máximas de 29,5°C e a média das mínimas de 15°C. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa. A umidade relativa média do ar é de 64,7% e a precipitação pluviométrica média anual, de 1369,6 mm, que se caracteriza por duas estações bem definidas, sendo que 80% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro a março, correspondendo ao período chuvoso, e os 20% restantes, entre os meses de abril a setembro, correspondendo ao período seco (Coelho & Ribeiro, 1988).

Quanto ao ciclo de produção, foram classificadas em precoce as seguintes variedades: RB 765418, RB 855453, RB 855336, SP 801842 e SP 811763, ou seja, atingem um percentual do valor de brix (sólidos solúveis) desejável mais cedo, comparativamente às outras, e em intermediárias as demais: RB 855113, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 e SP 803280.

Os cortes foram realizados em maio, julho e setembro de 1998, cujo plantio foi realizado em março de 1997. Portanto, as colheitas foram realizadas manualmente, de maneira aleatória, aos 426, 487 e 549 dias após o plantio. Foram colhidas dez amostras da planta inteira (colmo mais folhas) por variedades, em cada corte, e realizada uma desfolha para a retirada das folhas secas, como é normalmente efetuado, quando se fornece esta forrageira para os animais. Estas amostras foram picadas em ensiladora estacionária para obtenção de uma amostra composta, contendo aproximadamente três quilos, que foram devidamente empacotadas em sacos plásticos e armazenadas em “freezer” para posteriores análises.

As variáveis avaliadas neste estudo foram: fibra em detergente neutro (FDN); hemicelulose (Hem), obtida na subtração da FDN pela fibra em detergente ácido (FDA); e lignina (Lig), conforme Van Soest et al. (1991); e fração indegradável da FDN ( $l$ ) e taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN ( $c$ ) – ambas estimadas por intermédio do modelo de crescimento assintótico de primeira ordem, conforme Snedecor & Cochran (1974), citado por Vieira (1995):

$$Y = b' - B * \exp^{-c*t}$$

Neste modelo,  $Y$  é o resíduo da FDN no tempo  $t$ ;  $b'$ , a degradação potencial da fração da FDN;  $B$ , a fração insolúvel potencialmente degradável, que será degradável em função do tempo, a uma taxa de degradação  $c$ ;  $exp$ , a base dos logaritmos neperiano;  $c$ , a taxa de degradação da fração  $B$  por unidade de tempo ( $h^{-1}$ ); e  $t$ , o tempo de incubação.

A fração indegradável da FDN ( $I$ ) foi obtida pela fórmula:  $I = 100 - b'$ . Para estimar os parâmetros cinéticos de degradação da FDN, foram feitas incubações *in situ*, por intermédio da técnica do saco de náilon, proposta por Mehrez & Orskov (1977), utilizando-se os tempos de incubação recomendados por Sampaio (1994): 6, 48 e 96 horas. Para as análises dos dados de cinética de degradação, foi utilizado o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2000).

As análises bromatológicas e o ensaio de degradabilidade *in situ* foram realizados nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG.

Foram realizadas as análises de variância dos dados, com a finalidade de verificar a existência de variabilidade nutricional entre as 15 variedades de cana-de-açúcar colhidas em três épocas diferentes após o plantio, representando 45 tratamentos. O modelo estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com  $i$  tratamentos e  $r$  repetições, em que são medidas  $j$  variáveis, descrito pela função matemática:

$$Y_{ijr} = \mu_j + T_{ij} + \varepsilon_{ijr}$$

em que:

$Y_{ijr}$  = valor observado da variável  $j$  ( $j = 1, \dots, v$ ;  $v = 5$ ), na repetição  $r$  ( $r = 1, 2, 3$ ) do tratamento  $i$  ( $i = 1, \dots, t$ ;  $t = 45$ );

$\mu$  = média geral da variável  $j$ ;

$T_i$  = efeito aleatório do tratamento  $i$  na variável  $j$ ; e

$\varepsilon_{ij}$  = efeito do erro experimental, sendo  $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

Para a análise de diversidade nutricional, utilizou-se a técnica de componentes principais, com o propósito de identificar variedades representativas da divergência nutricional, mediante observações visuais em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional.

A análise de componentes principais é um método multivariado, que consiste em transformar o conjunto original de  $v$  variáveis  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iv}$ , pertencentes a indivíduos ou

populações, em um novo conjunto de variáveis  $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iv}$  de dimensão equivalente, chamados de componentes principais (Cruz & Regazzi, 1997; Daher et al. 1997), sendo  $x_{ij}$  a média padronizada da  $j$ -ésima variável ( $j=1, 2, \dots, v; v = 5$ ), avaliada no  $i$ -ésimo tratamento ( $i= 1, 2, \dots, t; t = 45$ ). Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, estimadas de maneira a explicar o máximo da variabilidade total dessas variáveis originais e independentes entre si.

As seguintes propriedades são verificadas:

- a) Se  $y_{i1}$  é um componente principal, então:  $y_{i1} = a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + \dots + a_px_{iv}$
- b) Se  $y_{i2}$  é outro componente principal, então:  $y_{i2} = b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_px_{iv}$ , e

$$\sum_{j=1}^p a_j^2 = \sum_{j=1}^p b_j^2 = 1, \quad \sum_{j=1}^p a_j b_j = 0, \text{ ou seja, os componentes são não-correlacionados.}$$

- c) Entre todos os componentes, o primeiro componente  $y_{i1}$  é definido como o de maior importância, uma vez que retém a maior parte da variância total encontrada nos dados originais,  $y_{i2}$  a segunda maior e, assim, sucessivamente [  $V(y_{i1}) > V(y_{i2}) > \dots > V(y_{iv})$  ].

Com base na propriedade c, objetiva-se em estudos sobre divergência nutricional, por meio dos componentes principais, avaliar a possibilidade de se estudar a dispersão das variedades em sistemas de eixos cartesianos, nos quais o aproveitamento da variabilidade disponível seja maximizado. O problema estatístico consiste, fundamentalmente, em estimar os coeficientes de ponderação das variáveis em cada componente e a variância a eles associada.

Morrison (1976), citado por Cruz (1990), demonstrou que a variância associada a cada componente é estimada pelas raízes variáveis, ou autovalores, da matriz  $R$ , e os coeficientes de ponderação dos caracteres, pelos elementos dos vetores característicos correspondentes, em que  $R$  é a matriz de covariância entre os caracteres com base nos dados padronizados.

As estimativas desses parâmetros são obtidas pela solução do sistema:

$$(R - \lambda_j I) \alpha_j = 0,$$

em que:

$\lambda_j$  = raízes variáveis (ou autovalores) da matriz de correlações entre as variáveis originais (ou de covariâncias entre variáveis padronizadas).

O sistema acima,  $(R - \lambda_j I) \alpha_j = 0$ , é obtido com base no seguinte princípio: sendo cada componente principal uma combinação linear de todas as variáveis envolvidas no estudo, tem-se que a variância de cada combinação linear é dada por:

$V(y_{i1}) = a'Ra$ , em que  $a'$  é um vetor  $1 \times v$  de elementos  $a_j$  ( $j = 1, 2, \dots, v; v = 5$ ). Para a combinação linear representada no primeiro componente ( $y_{i1} = a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + \dots + a_px_{iv} = a'x$ ).  $V(y_{i2}) = b'Rb$ , para a combinação linear representada no segundo componente ( $y_{i2} = b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_px_{iv} = b'x$ ) e, assim, sucessivamente.

Logo, para a obtenção dos coeficientes que maximizem estas variâncias, basta derivar as funções  $a'Ra$  e  $b'Rb$  e igualar a zero. Com este procedimento, obtém-se o sistema  $(R - \lambda_j I) \alpha_j = 0$ , em que sua solução é a obtenção dos autovalores e autovetores associados.

Existem  $v$  autovalores correspondentes às variâncias de cada um dos  $v$  componentes principais. Em virtude de as cinco variáveis em estudo não possuírem as mesmas unidades de medida (escala), além de terem variâncias muito diferentes, os dados antes da análise foram padronizados, resultando em média zero e variância unitária, dividindo-se os valores de cada característica pelos seus respectivos desvios-padrão e centrando-os em torno da média. Assim, a estimação dos componentes principais baseou-se na matriz de correlação  $R$ ;

$\alpha_j$  = vetor característico (ou autovetor), que representa o conjunto de transformações ortogonais pelas quais as variáveis originais padronizadas devem ser multiplicadas para produzir as variáveis transformadas;

$I$  = matriz identidade de dimensão  $v \times v$  ( $5 \times 5$ );

$R$  = matriz de correlações nutricionais entre pares de variáveis originais.

A importância relativa de cada componente ( $IR_j$ ) é avaliada pela porcentagem da variância total que ele explica, ou seja:

$$IR_j = \frac{V(y_{ij})}{\text{Traço de } R} = \frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j}$$

$$V(y_{i1}) + V(y_{i2}) + \dots + V(y_{iv}) = \text{Traço de } R.$$

Em estudos sobre divergência entre um grupo de variedades, é desejável que a variância acumulada nos dois primeiros componentes principais exceda 80%, mas, nos

casos em que este limite não seja atingido nos dois primeiros componentes, a análise é complementada com a dispersão gráfica em relação ao terceiro e quarto componentes. Neste caso, a distorção das coordenadas de cada variedade no gráfico de dispersão, cujos eixos são os componentes principais, será considerada aceitável e as inferências no estudo da diversidade, satisfatórias (Cruz & Regazzi, 1997).

Com base no princípio de que a importância relativa dos componentes principais decresce do primeiro para o último, tem-se que os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível. A variável que apresenta maior coeficiente de ponderação (elemento do autovetor) no componente de menor autovalor é considerada de menor importância para explicar a variabilidade genética do material estudado e, portanto, passível de descarte.

Em estudos com caracteres padronizados, nos quais os autovetores são obtidos a partir da matriz de correlação, tem sido comum descartar o caráter de maior coeficiente (em valor absoluto) a partir do último componente até aquele cujo autovalor não exceda 0,70 (Cruz & Regazzi, 1997).

Assim, a análise de componentes principais é um método de projetar pontos em um espaço multidimensional, dentro de um espaço de menor dimensão, tal que a máxima quantidade de informação seja retida. Sendo o primeiro componente  $y_{i1}$  descrito como uma projeção ortogonal dentro de uma dimensão que maximiza a variância dos pontos projetados, removendo essa dimensão e sua variância associada, o segundo componente  $y_{i2}$  é a projeção dentro de uma dimensão que maximiza a variância da nova matriz de pontos projetada, e assim por diante (Edwards & Cavalli-sforza, 1965, citado por Pereira, 1999). Desse modo, cada componente ( $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iv}$ ) é definido em termos de uma transformação linear dos escores das variáveis originais. Coeficientes de cada equação de transformação formam um conjunto de autovetores, e a variância total explicada por cada equação é chamada de autovalor. Quando se trabalha com matrizes de correlações, a soma dos autovalores será igual ao número das variáveis originais, com cada componente principal explicando uma porcentagem progressivamente menor da variância restante (Pereira, 1999).

Efetuararam-se análises de variância e de componentes principais, com dados padronizados, por meio do uso do programa computacional GENES (Cruz, 1997).

## Resultados e Discussão

### Análise de variância

A composição bromatológica das 15 variedades de cana-de-açúcar, colhidas aos 426, 487 e 549 dias após o plantio, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 1, 2 e 3, e os resultados médios das estimativas dos parâmetros obtidos na cinética de degradação *in situ* para fibra em detergente neutro (FDN), nas diferentes épocas de colheita após o plantio, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 1 – Teores médios de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem) e lignina (Lig) das variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 426 dias após o plantio

Table 1 – Average contents of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (Hem) and lignin (Lig) of the sugarcane varieties harvested 426 days post planting

Variedade	Tratamento	MS (%)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	Hem (%MS)	Lig (%FDN)
<i>Variety</i>	<i>Treatment</i>	<i>DM(%)</i>	<i>NDF (%DM)</i>	<i>ADF (%DM)</i>	<i>Hem (%DM)</i>	<i>Lig (%NDF)</i>
RB855113	1	28,69	49,19	26,96	22,23	12,14
RB765418	2	28,38	51,10	27,91	23,18	13,09
RB855536	3	25,72	44,74	24,31	20,43	14,18
SP792233	4	25,79	45,80	25,22	20,58	13,44
RB845257	5	26,76	50,49	27,40	23,10	12,87
SP80180	6	27,63	48,49	27,56	20,93	13,87
RB855453	7	26,74	51,82	27,95	23,87	13,35
RB855336	8	27,56	50,46	29,43	21,02	13,98
SP801842	9	27,42	43,83	25,24	18,59	17,14
SP811763	10	25,90	45,35	25,54	19,81	13,53
SP804445	11	23,05	43,54	26,42	17,12	14,53
SP791011	12	27,08	44,24	24,92	19,31	14,80
RB739359	13	23,56	44,71	25,65	19,06	15,56
RB867515	14	27,05	50,07	28,37	21,70	15,52
SP803280	15	23,46	53,84	29,67	24,17	13,65
Média ( <i>Mean</i> )		26,32	47,84	26,84	21,01	14,11

Tabela 2 – Teores médios de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem) e lignina (Lig) das variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 487 dias após o plantio

Table 2 – Average contents of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (Hem) and lignin (Lig) of the sugarcane varieties harvested 487 days post planting

Variedade	Tratamento	MS (%)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	Hem (%MS)	Lig (%FDN)
<i>Variety</i>	<i>Treatment</i>	<i>DM(%)</i>	<i>NDF (%DM)</i>	<i>ADF (%DM)</i>	<i>Hem (%DM)</i>	<i>Lig (%NDF)</i>
RB855113	16	29,99	49,86	30,06	19,80	11,51
RB765418	17	29,52	47,72	30,04	17,68	12,13
RB855536	18	27,30	51,53	26,15	25,38	14,06
SP792233	19	27,89	46,23	27,18	19,05	13,46
RB845257	20	30,18	47,62	27,81	19,81	14,68
SP80180	21	29,27	49,17	28,80	20,38	13,60
RB855453	22	30,58	52,63	30,28	22,36	11,97
RB855336	23	30,40	49,46	31,02	18,43	12,23
SP801842	24	29,94	47,53	28,94	18,59	13,16
SP811763	25	30,21	48,22	28,29	19,93	14,77
SP804445	26	27,96	48,17	27,19	20,98	11,15
SP791011	27	30,08	49,91	28,48	21,42	12,00
RB739359	28	29,46	46,00	27,79	18,22	14,08
RB867515	29	30,56	47,77	30,72	17,05	12,55
SP803280	30	30,84	49,73	31,08	18,65	12,94
Média ( <i>Mean</i> )		29,61	48,77	28,92	19,85	12,95

Tabela 3 – Teores médios de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem) e lignina (Lig) das variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 549 dias após o plantio

Table 3 – Average contents of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (Hem) and lignin (Lig) of the sugarcane varieties harvested 549 days post planting

Variedade	Tratamento	MS (%)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	Hem (%MS)	Lig (%FDN)
<i>Variety</i>	<i>Treatment</i>	<i>DM(%)</i>	<i>NDF (%DM)</i>	<i>ADF (%DM)</i>	<i>Hem (%DM)</i>	<i>Lig (%NDF)</i>
RB855113	31	29,81	50,14	27,38	22,76	12,12
RB765418	32	29,37	51,24	31,63	19,61	12,55
RB855536	33	28,00	45,57	27,56	18,01	12,11
SP792233	34	29,47	45,06	26,81	18,24	13,72
RB845257	35	27,50	48,42	27,23	21,18	12,05
SP80180	36	28,45	48,66	29,19	19,46	12,89
RB855453	37	28,08	49,25	29,52	19,73	13,15
RB855336	38	30,18	48,35	24,32	24,03	13,15
SP801842	39	30,67	48,57	29,92	18,65	14,42
SP811763	40	26,94	45,81	27,13	18,68	13,27
SP804445	41	29,69	43,94	25,40	18,54	12,11

SP791011	42	30,24	47,59	27,22	20,37	12,24
RB739359	43	29,44	43,75	26,64	17,11	13,40
RB867515	44	29,26	45,94	28,43	17,51	13,26
SP803280	45	27,90	45,94	30,23	15,71	13,78
Média (Mean)		29,00	47,21	27,91	19,31	12,95

Tabela 4 – Média das estimativas para os parâmetros da cinética de degradação *in situ* da fibra em detergente neutro (FDN) de variedades de cana-de-açúcar colhidas em diferentes dias após o plantio  
 Table 4 – Mean estimates of the neutral detergent fiber (NDF) *in situ* degradation kinetics parameters of the sugarcane varieties harvested in different days post planting

Variedade Variety	Dias de colheita após o plantio Days of harvested post planting											
	426				487				549			
	B' (%)	B (%)	c (h <sup>-1</sup> )	I (%)	B' (%)	B (%)	c (h <sup>-1</sup> )	I (%)	b' (%)	B (%)	c (h <sup>-1</sup> )	I (%)
RB855113	47,61	45,69	2,66	52,39	40,85	44,44	2,42	59,15	38,48	40,41	3,89	61,52
RB765418	44,01	43,56	2,68	55,99	43,06	50,07	4,20	56,94	38,60	39,43	3,33	61,40
RB855536	45,41	46,07	2,63	54,58	39,96	43,16	2,25	60,04	35,45	37,05	3,88	64,55
SP792233	46,73	42,97	2,11	53,27	44,19	47,59	2,21	55,81	39,82	41,35	3,03	60,18
RB845257	41,93	45,30	2,96	58,07	38,06	39,34	2,46	61,94	36,45	35,59	2,55	63,55
SP80180	44,13	42,69	2,65	55,86	39,83	40,20	2,27	60,17	38,17	38,58	3,27	61,83
RB855453	44,11	44,85	2,56	55,89	39,85	41,96	2,41	60,15	35,26	34,94	3,89	64,74
RB855336	41,07	44,22	3,93	58,93	44,56	47,22	2,08	55,44	37,89	36,19	2,72	62,11
SP801842	38,30	40,47	4,21	61,70	42,94	45,44	2,90	57,05	36,15	39,37	3,65	63,85
SP811763	39,67	44,66	4,20	60,32	40,50	37,19	2,09	59,50	44,37	42,07	1,99	55,62
SP804445	41,13	44,13	3,30	58,87	37,20	41,87	3,31	62,80	35,57	39,72	4,85	64,43
SP791011	41,70	43,73	3,38	58,30	42,45	46,21	2,77	57,55	48,21	44,15	1,19	51,79
RB739359	38,47	33,91	3,34	61,53	40,70	46,72	3,10	59,30	40,32	39,72	2,20	59,68
RB867515	41,15	40,22	2,52	58,85	45,99	50,65	1,98	54,01	44,00	46,15	2,90	56,00
SP803280	41,96	41,71	3,68	58,03	41,88	44,70	2,37	58,12	44,70	41,46	1,93	55,30
Média (Mean)	42,49	42,95	3,12	57,51	41,47	44,45	2,59	58,53	39,56	39,75	3,02	60,44

Degradação potencial da fração da FDN (b'), fração insolúvel potencialmente degradável (B); taxa de degradação da fração B (c) e fração indegradável da FDN (I). Potentially degradable NDF fraction (b'), insoluble potentially degradable fraction (B); degradation rate of the B fraction (c) and undegradable NDF fraction (I).

Os resultados da análise de variância, para as variáveis avaliadas nos 45 tratamentos (15 variedades e três épocas diferentes de colheitas após o plantio), estão apresentados na Tabela 5.

Podem ser verificadas, pelo teste F, diferenças significativas (P<0,01) para tratamento, em todas as variáveis avaliadas, exceto para fração indegradável da fibra em detergente neutro (I). Esta condição mostra-se bastante favorável ao estudo sobre a divergência nutricional, em virtude da existência de variabilidade entre as variedades de cana-de-açúcar, proporcionando maior facilidade de discriminação entre as variedades em estudo. A variável I não foi descartada para análise de divergência nutricional, por ser

considerada de grande importância no aspecto nutricional, pois está correlacionada com o maior tempo de retenção ruminal, provocando efeito de repleção ruminal (enchimento) e, conseqüentemente, promovendo menor consumo potencial da cana-de-açúcar.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância das variáveis fração indegradável da fibra em detergente neutro (*I*), taxa de degradação da fração potencialmente degradável (*c*), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (Hem) e lignina (Lig), obtidas nos tratamentos

Table 5 – Summary of the analysis of variance of the variables undegradable neutral detergent fiber fraction (*I*), degradation rate of the potential degradable fraction (*c*), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (Hem) and lignin (Lig), obtained in the treatments

Fonte de variação <i>Source of variation</i>	<i>I</i> (%)	<i>c</i> (h <sup>-1</sup> )	FDN (%MS) <i>NDF (%DM)</i>	Hem (%MS) <i>Hem (%DM)</i>	Lig (%FDN) <i>Lig (%NDF)</i>
QMTreatmento <i>MSTreatment</i>	32,8613	0,0002**	20,2182**	14,1634**	4,1728**
CV (%)	9,42	27,02	3,00	10,60	10,71
Média geral <i>Overall mean</i>	58,82	2,86	47,94	20,05	13,34

\*\* P<0,01 pelo teste F (*P*<.01 by *F* test).

O coeficiente de variação (CV) das variáveis foi coerente com o tipo de experimentação, mostrando boa precisão dos dados, com exceção para variável *c* (taxa de degradação da fração potencialmente degradável), que apresentou CV de 27%, porém este resultado foi inferior ao encontrado por Aroeira et al. (1993), avaliando a degradabilidade *in situ* da FDN da cana-de-açúcar (CV = 46,35%). Esta maior variação pode ser conseqüência da perda de partículas de alimentos pelos poros das bolsas de náilon, onde foram incubadas as amostras, e também dos tempos utilizados de incubação da amostra, resultando em menor precisão.

Com os dados compilados de teses publicadas em diversas universidades brasileiras (Valadares Filho et al., 2002), é possível observar que a variação média existente da composição da fibra e também dos parâmetros cinéticos de digestão desta fibra foi bem próxima à encontrada neste estudo, mostrando que as variedades avaliadas são amostras representativas das variedades de cana-de-açúcar utilizadas no país. Estes autores observaram valores médios para FDN de 55,87 ± 8,17% MS em 39 observações; lignina de 10,05 ± 2,81% MS em 52 observações; hemicelulose de 20,50 ± 4,95% MS em 14 observações; estimativa da fração indegradável da FDN de 45,15 ± 12,67% MS em seis

observações; estimativa da taxa de degradação da FDN de  $2,40 \pm 0,65 \text{ h}^{-1}$  em quatro observações.

### *Divergência nutricional*

A avaliação da divergência nutricional das 15 variedades de cana-de-açúcar, em estudo, baseou-se nos três primeiros componentes principais, uma vez que a variância acumulada nos dois primeiros componentes explicou apenas 69,84% da variância total (Tabela 6), inferior ao limite de 80% sugerido por Cruz & Regazzi (1997) para viabilidade do uso dessa técnica. Os três primeiros componentes principais explicaram 87,77% da variação total, com 38,08% para o primeiro, 31,76% para o segundo e 17,93% para o terceiro.

Tabela 6 - Componentes principais da análise de variáveis relacionadas com a digestibilidade da cana-de-açúcar [fração indegradável da fibra em detergente neutro (*I*), taxa de degradação da fração potencialmente degradável (*c*), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (Hem) e lignina (Lig)]

Table 6 – Principal components from the analysis of variables related to the sugarcane digestibility (undegradable neutral detergent fiber fraction (*I*), degradation rate of the potentially degradable fraction (*c*), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (Hem) and lignin (Lig))

Componente Principal <i>Principal component</i>	Variância (autovalor) <i>Variance (eigenvalue)</i>	Explicação da variância total(%) <i>Percentage of total variance (%)</i>	Variância acumulada(%) <i>Accumulated variance(%)</i>	Coeficientes de ponderação das variáveis <i>Weighing coefficients of the variables</i>				
				<i>I</i>	<i>c</i>	FDN (NDF)	Hem	Lig
Y1	1,9041	38,08	38,08	-0,3141	-0,3743	0,6038	0,5090	-0,3708
Y2	1,5879	31,76	69,84	0,6196	0,5902	0,3225	0,4022	-0,0434
Y3	0,8967	17,93	87,77	-0,1837	-0,0573	0,0839	0,3961	0,8939
Y4	0,3695	7,39	95,16	<b>-0,6579</b>	0,6512	-0,2419	0,2331	-0,1740
Y5	0,2418	4,84	100,00	0,2255	-0,2902	<b>-0,6825</b>	0,6065	-0,1770

Com base no princípio de que a importância relativa dos componentes principais decresce do primeiro para o último, tem-se que os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível (Cruz & Regazzi, 1997). É possível verificar na Tabela 6 que a fibra em detergente neutro (FDN) (0,6825) e a fração indegradável da FDN (*I*) (0,6579) são as variáveis que apresentaram maior coeficiente de ponderação (elemento do autovetor), em valor absoluto, no componente de menor autovalor (menor proporção de variação explicada), sendo, assim, consideradas de

menor importância para explicar a variabilidade nutricional das variedades de cana-de-açúcar relacionadas à fração fibrosa.

As variáveis passíveis de descarte em um estudo de divergência são aquelas invariantes entre as variedades estudadas e, ou, redundantes, por estarem correlacionadas com outras variáveis (Cruz & Regazzi, 1997). A possibilidade de descarte das variáveis que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado é importante, pois permite a redução da mão-de-obra, do tempo e do custo despendido na experimentação (Cruz, 1990; Cruz & Regazzi, 1997). Embora a técnica de componentes principais indique que a variável FDN seja a de menor importância na avaliação da divergência nutricional, esta variável não será descartada, pois será necessária para obtenção das variáveis hemicelulose (Hem), fração indegradável da FDN (*I*) e taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (*c*), o que não justificaria sua eliminação. Além disso, a variável FDN apresenta coeficiente de correlação de  $-0,0361$ ;  $-0,1428$ ;  $0,7001$ ; e  $-0,3365$  com as variáveis *I*, *c*, Hem e Lig, respectivamente, apresentando, portanto, alta correlação apenas com a variável Hem.

A dispersão dos escores referentes à posição de cada tratamento (15 variedades de cana-de-açúcar, colhidas em três épocas diferentes), em eixos cartesianos, é apresentada na Figura 1.

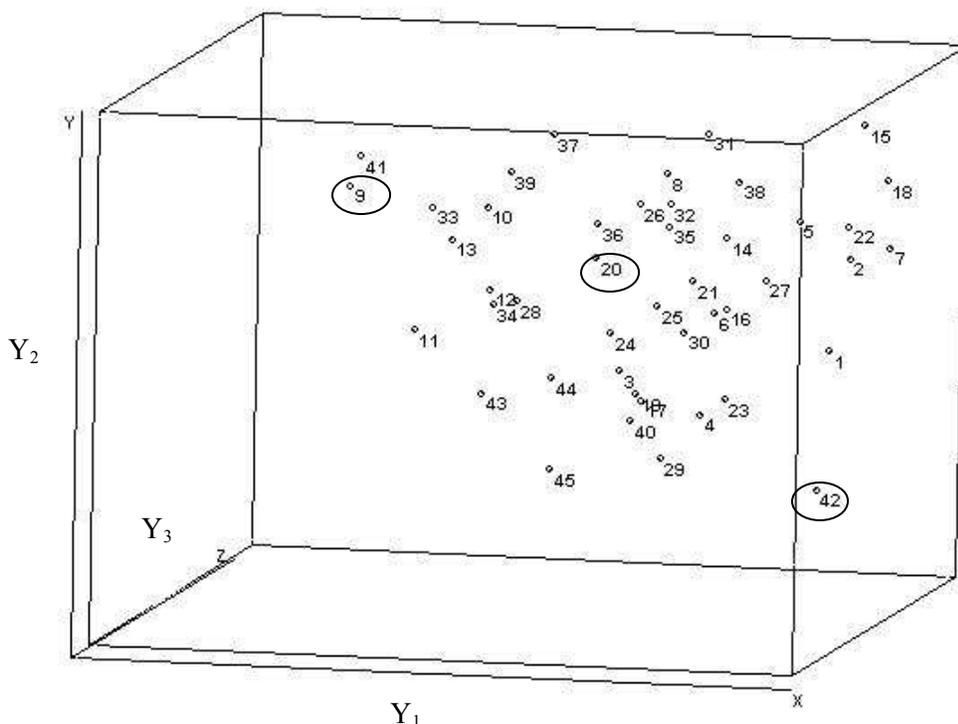


Figura 1 – Dispersão dos tratamentos em relação aos seus escores, nos três primeiros componentes principais.

*Figure 1 - Dispersion of the treatments in relation to their scores in the first three principal components.*

O aplicativo do programa GENES, referente à análise de divergência genética, permite ao usuário movimentar o gráfico de dispersão em qualquer sentido dos três eixos, possibilitando melhor ângulo de observação da discriminação do material avaliado em relação aos três eixos. Na Figura 1 é apresentada a dispersão dos tratamentos em um ângulo de observação que melhor as discriminam.

Pode-se observar que os tratamentos 9 e 42, representados, respectivamente, pela variedade SP 801842, colhida aos 426 dias após o plantio, e pela variedade SP 791011, colhida aos 549 dias, foram os que apresentaram maior dispersão dos escores, nos três primeiros componentes principais, tendo sido considerados os mais dissimilares. O tratamento 20 (representado pela variedade RB 845257, colhida aos 487 dias após o plantio) foi considerado de divergência intermediária em relação aos tratamentos 9 e 42, pois, ao movimentar os eixos em qualquer direção, mantinha sempre a mesma posição. Portanto, entre os 45 tratamentos estudados, o 9, 20 e 42 são os mais representativos da diversidade nutricional, podendo ser alvo de avaliações mais específicas de degradação ruminal, bem como de comparações de desempenho animal.

Convém ressaltar que a escolha dos tratamentos 9, 20 e 42 foi confirmada pela dissimilaridade destes tratamentos, baseada na distância euclidiana média, em que os tratamentos 9 e 42 foram os que apresentaram a máxima distância e o tratamento 20, distância relativa intermediária aos tratamentos 9 e 42.

Constam na Tabela 7 os valores médios, relativos às variáveis *I*, *c*, FDN, Hem e Lig, para os tratamentos 9, 20 e 42, representando as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011, colhidas aos 426, 487 e 549 dias após o plantio, respectivamente.

Tabela 7 – Variáveis dos tratamentos selecionados com maior grau de divergência nutricional

*Table 7 - Variables of the treatments selected with higher degree of nutritional divergence*

Variável	Variedade ( <i>Variety</i> )
----------	------------------------------

<i>Variable</i>	SP 801842	RB 845257	SP 791011
<i>I (%)</i>	61,70	61,94	51,79
<i>c (h<sup>-1</sup>)</i>	4,21	2,46	1,19
FDN (%MS)	43,83	47,62	47,59
NDF (%DM)			
Hem (%MS)	18,59	19,81	20,37
Hem (%DM)			
Lig (%FDN)	17,14	14,68	12,24
Lig (%NDF)			

Fração indegradável da FDN - *I* (*undegradable NDF fraction - I*), taxa de degradação da fração potencialmente degradável - *c* (*degradation rate of the potentially degradable fraction - c*).

Apesar de os valores para os 45 tratamentos variarem entre 64,74 e 51,79%; 4,85 e 1,19 h<sup>-1</sup>; 53,84 e 43,54%; 25,38 e 15,71% e 17,14 e 11,15% para as variáveis dos parâmetros estimados pelo modelo fração indegradável da FDN (*I*), taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (*c*) e as frações fibrosas da cana-de-açúcar: fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (Hem) e lignina (Lig), respectivamente (Tabelas 1, 2, 3 e 4), não existiu uma seleção para os pontos mais extremos em todas as variáveis. Entretanto, distingue-se claramente, em relação às demais, que a variedade SP791011 é considerada a melhor, por apresentar menor fração indegradável da FDN (*I*) (51,79%) e menor porcentagem de lignina na FDN, porém mais informações sobre sua produção e seus constituintes químico-bromatológicos deveriam ser avaliadas para comprovar sua superioridade entre as demais.

A fração indegradável da FDN é muito importante, considerando-se que a capacidade de ingestão da FDN pelo animal é limitada. Assim, uma variedade que apresenta teor elevado da variável *I* limitará, em determinado grau, a ingestão e, conseqüentemente, o consumo de energia será insuficiente para atender os requerimentos nutricionais do animal, afetando seu desempenho (Rodrigues, 2000).

Outro fator a ser considerado é, também, o menor teor de lignina (%FDN) da variedade SP 791011 entre as três variedades selecionadas, sendo 28,60% menor que a variedade SP 801842, porém a variedade SP 791011 apresentou menor valor da taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN - *c* (1,19 h<sup>-1</sup>), comparativamente às variedades SP 801842 (4,21 h<sup>-1</sup>) e RB 845257 (2,46 h<sup>-1</sup>).

Rodrigues et al. (1992) observaram variações nos coeficientes de digestibilidade da lignina da cana-de-açúcar de 3,47 a 10,57%. A lignina existente em teor elevado na cana-

de-açúcar limita a hidratação e restringe, dessa forma, o contato dos sistemas enzimáticos microbianos ruminal com a fibra (Jung & Deetz, 1993). A taxa de degradação da fração potencialmente degradável é responsável pela passagem para adiante de partículas do alimento ingerido potencialmente degradável, requerendo mais tempo para ataque microbiano de forma que se possa reduzir o tamanho e aumentar a densidade das partículas da cana-de-açúcar suficiente para permitir a passagem através do orifício retículo-omasal (Abrahão, 1991).

Fernandes (2001), trabalhando com dez variedades de cana-de-açúcar, observou que as de ciclo de produção intermediário, como as variedades selecionadas RB 845257 e SP 791011, apresentaram melhor valor nutricional, caracterizadas pelos menores teores de FDN e FDA, menor repleção ruminal total e maior porcentagem de NDT e brix, enquanto as variedades precoces, como a selecionada SP 801842, destacaram-se pela maior fração C dos carboidratos totais (fração que não é digerida ao longo de sua permanência no trato gastrointestinal) e menor teor de carboidratos não-fibrosos (CNF), quando comparadas às variedades de ciclo de produção intermediário.

### **Conclusões**

As variedades de cana-de-açúcar SP 801842, colhida aos 426 dias após o plantio, e SP 791011, colhida aos 549 dias após o plantio, foram as mais dissimilares, por apresentarem maior dispersão dos escores, nos três primeiros componentes principais, enquanto a variedade RB 845257, colhida aos 487 dias após o plantio, foi intermediária entre ambas.

A análise de componentes principais mostrou-se também eficiente em selecionar as variedades com diferentes épocas de colheita.

A fibra em detergente neutro (FDN) e a fração indegradável da FDN (*I*) foram as variáveis de menor contribuição para identificação das variedades de maior grau de divergência nutricional.

### Literatura Citada

ABRAHÃO, J.J.S. Valor nutritivo de plantas forrageiras. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGEM, 1991. **Anais...** Cascavel: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1991. p.209-225.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R.A. et al. 2001. Valor nutritivo de cana-de-açúcar adicionada de rolão de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo:Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes.

AROEIRA, L.J.M.; FIGUEIRA, D.G.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Degradabilidade “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**, v.45, n.2, p.221-233, 1993.

- BOIN, C.; ALLEONI, G.F.; BIONDI, P. et al. Comparação entre silagem de milho e cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. 2. Efeito da suplementação com uréia na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20., 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1983. p.84
- BOIN, C. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: D'ARCE; R.D.; BOIN, C.; MATTOS, W.R.S. (Eds.) **Utilização de resíduos agro-industriais da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1985. p.19-52.
- CARVALHO, G.J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte**. Lavras, MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992.
- COELHO, M. B.; RIBEIRO, S.N.N. Análise dos dados meteorológicos do Município de Ponte Nova – MG. **Brasil Açucareiro**, v.106, n.4, p.26-36, 1988.
- CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1990. 188p. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, 1990.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 442p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 390p.
- DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D. et al. Seleção de caracteres morfológicos discriminantes em capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.255-264, 1997.
- EZEQUIEL, J.M.B.; GASTALDI, K.A.; QUEIROZ, M.A.A. 2001. Teores de carboidratos estruturais nas canas-de-açúcar *in natura*, hidrolisada e hidrolisada e fenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Forragicultura. Código 0885.

- FERNANDES, A.M. **Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), em função dos ciclos de produção precoce e intermediário e da idade de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 88p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- FRANZOLIN, R., FRANZOLIN, M.H.T. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.6, p.1853-1861, 2000.
- IBGE, Levantamento sistemático da produção agrícola – estimativas para 2001. [www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm). Consultado em 01/11/2001.
- LANÇANOVA, J.A.C. Cana-de-açúcar na alimentação animal. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGEM. **Anais...** Cascavel: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1991. p.199-208.
- LENG, R.A.; PRESTON, T.R. Sugar cane for cattle production: Present constraints, perspectives and research priorities. **Tropical Animal Production**, v.1, p. 1-22, 1976.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n.5, p.1109-1117, 1999.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in rumen. **Journal of Agriculture Science**, v.8, n.3, p.654-660, 1977.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: USDA, 1993. p.315-346.
- PARAZZI, C.; BORGES, M.T.M.R.; STURION, A.C. Qualidade tecnológica de nove variedades de cana-de-açúcar (cana-soca). **Brasil Açucareiro**, v.103, n.4, 5 e 6, p.4-13, 1985.

- PATE, F.M. Fresh chopped sugar cane in growing-finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, v. 53, p.881-888, 1981.
- PATE, F.M.; ALVAREZ, J.; PHILLIPS, J.D. et al. **Sugarcane as a cattle feed: production and utilization**. Florida: University of Florida/ Cooperative Extension Service, 2001. 25p.
- PEIXOTO, A.M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p.17-47.
- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.2, p.563-572, 2001.
- PEREIRA, J.J. **Análise de agrupamento e discriminante no melhoramento genético – aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 191p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- RODRIGUES, A.A. Cana-de-açúcar como recurso forrageiro para a alimentação de bovinos na época da seca. In: CRUZ, G.M.; RODRIGUES, A.A.; SCHIFFLER, E. A., et al. SEMANA DO ESTUDANTE – ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS NA SECA, NOS SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO, 14., 2000. **Anais...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000. p.1-20.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. 2001. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes.
- RODRIGUES, A.A.; VIEIRA, P.F.; TORRES, R.A. et al. Efeito da uréia e sulfato de cálcio na digestibilidade de cana-de-açúcar por ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.10, p.1421-1427, 1992.

- RODRIGUES, M.T. Uso de fibras em rações de ruminantes. In: PEREIRA, A.L.; FARIAS, D.E.; MACEDO, F.V.F. et al. CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA. **Anais...** Viçosa: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. p.139-171.
- SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1994. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá, **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, p.81-82.
- SAUVANT, D.; BERTRAND, D. GIGER, S. Variations and prevision of the in sacco dry matter digestion of concentrates and by-products. **Animal Feed Science and Technology**, v.13, p.7-23, 1985.
- STRAPASSON, E.; VENCOVSKY, R.; BATISTA, L.A.R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum sp.* por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.2, p.373-381, 2000.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 2000. SAEG – **Sistema de análise estatística e genética**. Versão 8.0. Viçosa, MG.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- 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**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VIEIRA, R.A.M. **Modelos matemáticos para estimativa de parâmetros da cinética de degradação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum., CV. Mineiro) em diferentes idades de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 88p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

## CAPÍTULO II

### **Composição Químico-Bromatológica, Fracionamento de Carboidratos e Cinética da Degradação *in vitro* da Fibra de três Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum sp.*)**

**Resumo** – Os objetivos do presente trabalho foram quantificar a composição químico-bromatológica; determinar as frações de carboidratos; e estimar os parâmetros cinéticos de degradação dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) de três

variedades de cana-de-açúcar divergentes nutricionalmente. As variedades utilizadas foram SP 801842, SP 791011 e RB 845257. Foram realizadas as análises de matéria orgânica, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, lignina e o fracionamento dos carboidratos nas frações A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C. Para estimativa dos parâmetros cinéticos de degradação dos CF e CNF, foram utilizadas duas técnicas: a gravimétrica e a produção de gás. A variedade SP 801842, de ciclo de produção precoce, produziu (t/ha), respectivamente, 39,43 e 26,85% a mais que as variedades RB 845257 e SP 791011, ambas de ciclo de produção intermediário. As variedades de ciclo de produção intermediário apresentaram maiores valores de FDN e FDA comparadas à variedade de ciclo precoce, porém produziram maiores valores de NDT e Brix. As relações FDN/Pol encontradas foram, respectivamente, 2,73; 2,82; e 2,25 para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011. A variedade SP 791011 apresentou menor fração C e maior B<sub>2</sub> dos carboidratos (27,78 e 33,26%). Foi possível observar diferenças, por meio da técnica gravimétrica, para o tempo de colonização e a DEFDN, com superioridade para a variedade SP 791011, que apresentou valores respectivos de 7,90 h e 10,30%. Já pela técnica de produção de gás, houve efeito significativo apenas para estimativa do parâmetro de volume máximo de gás dos CNF, com superioridade das variedades de ciclo intermediário SP 791011 e RB 845257. Entre as três variedades estudadas, as de ciclo intermediário foram qualitativamente superiores à precoce, e entre estas, a variedade SP 791011 foi a melhor. A técnica de produção de gás apresentou resultados mais confiáveis, quando comparada aos resultados encontrados pela técnica gravimétrica.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, carboidratos, cinética, composição químico-bromatológica

## CHAPTER II

### **Chemical-Bromatological Composition, Fractionation of Carbohydrates and Fiber Degradation Kinetics *in vitro* of Three Sugarcane (*Saccharum sp.*) Varieties**

**Abstract** - The objectives of the present work were: to determine the chemical-bromatological composition; to determine the carbohydrates fractions and; to estimate the

kinetic parameters of degradation of the fibrous (FC) and no-fiber carbohydrates (NFC), of three nutritional divergence sugarcane varieties. The used varieties were SP 801842, SP 791011 and RB 845257. The organic matter (OM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), ash and protein free NDF (NDFap), acid detergent fiber (ADF), lignin and the A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and C fractions of carbohydrates were determined. Two techniques were used to estimate of the degradation kinetic of FC and NFC: gravimetric and gas production techniques. As about the productivity (t/ha), the SP 801842 variety, of early production cycle, yield, respectively, 39.43 and 26.85% more than the RB 845257 and SP 791011 varieties, both of intermediary production cycle. The varieties of intermediary production cycle, presented larger values of NDF and ADF compared with the variety of early cycle; however they produced larger amounts of TDN and Brix. The observed FDN/Pol ratio was, respectively, 2.73; 2.82 and 2.25 for the SP 801842, RB 845257 and SP 791011 varieties. The SP 791011 variety presented smaller C and larger B<sub>2</sub> carbohydrate fractions (27.78 and 33.26%). Using the gravimetric technique, it was possible to observe difference, for the lag time and for the effective degradation of NDF, with higher values for SP 791011 variety, that presented values, respectively, of 7.90 h and 10.30%. But for the gas production technique, there was only a significant effect, for the estimate of the maximum gas volume parameter for NFC, with higher values for the varieties SP 791011 and RB 845257 of intermediary production cycle. Among the three varieties, the ones of the intermediary production cycle were qualitatively higher than the early production cycle, and among them, the SP 791011 variety was the best. The gas production technique present more reliable results, when compared to the results observed by the gravimetric technique.

Key Words: carbohydrates, chemical-bromatological composition, kinetics, sugarcane

## Introdução

A qualidade de uma forrageira depende de seus constituintes, os quais são variáveis, dentro de uma mesma espécie, de acordo com a idade e parte da planta, fertilidade do solo, entre outros (Van Soest, 1994). As forrageiras tropicais, devido ao seu rápido crescimento,

produzem compostos químicos em sua parede celular que funcionam como uma proteção contra invasão de inimigos naturais, limitando marcadamente o acesso das enzimas, produzidas pelos microrganismos ruminais, ao conteúdo celular, fração de maior qualidade nutricional, que contribui com a maior parte do fornecimento de energia.

Os constituintes da fibra das forrageiras tropicais são considerados de grande importância, por duas razões principais: 1) compreendem a maior fração da matéria seca da planta; 2) constituem a fração da planta menos digerida no trato digestivo e a mais lentamente digerida em nível de rúmen (Thiago & Gill, 1993).

Sniffen et al. (1992) sugerem que os alimentos utilizados para os ruminantes devam ser fracionados para adequada digestão ruminal de carboidratos e proteínas e obter o máximo desempenho dos microrganismos ruminais, pois estariam minimizando as perdas energéticas e nitrogenadas no rúmen.

Os carboidratos nos alimentos podem ser classificados nas frações A, que corresponde à fração solúvel do nutriente, constituída de açúcares simples de rápida degradação no rúmen; B<sub>1</sub>, composta basicamente de amido e pectina; B<sub>2</sub>, que possui taxa de degradação ruminal mais lenta e corresponde à porção digestível dos carboidratos fibrosos (CF), e C, que compreende a porção do CF que não é digerida ao longo de sua permanência no trato gastrointestinal (Sniffen et al., 1992).

A cana-de-açúcar apresenta baixo teor de proteína bruta (Fernandes, 2001; Campos et al. 2001), o que torna desprezível seu fracionamento.

Qualquer consideração sobre a utilização de forragens pelos ruminantes deve basear-se no contexto das complexas interações que ocorrem entre os diversos componentes da planta e os microrganismos ruminais. Neste aspecto, segundo Orskov (1986), a qualidade de uma forragem pode, essencialmente, ser expressa em termos de três características próprias: 1) a extensão da digestão potencial (determina a quantidade de material indigestível, o qual ocupa espaço no rúmen); 2) a taxa de fermentação (influencia o tempo em que a fração digestível ocupa espaço no rúmen); e 3) a taxa de redução do tamanho de partícula (influencia ambos, a taxa de passagem da fração indigestível e a taxa de fermentação da fração digestível, entretanto o seu nível de influência é pouco conhecido, devido às dificuldades em ser mensurado).

Van Soest (1994) observou que o consumo e a eficiência de utilização de energia, de

determinado alimento, variam de um animal para outro, sendo, portanto, mais fácil o estabelecimento de valores alimentares para a digestibilidade, ou seja, a digestibilidade tem sido utilizada como parâmetro de qualidade, indicando a proporção do alimento que está apta a ser utilizada pelo animal.

Nos estudos de digestibilidade, os resultados obtidos *in vivo* sempre foram mais realísticos que os métodos disponíveis em laboratório, onde se tenta reproduzir os processos naturais do rúmen, mas esta técnica possui os inconvenientes de ser trabalhosa e cara, além do grande número de coleta de material e subsequente análise laboratorial, sendo que os animais devem ser alimentados com a dieta em estudo, exigindo-se tempo de adaptação antes do início da amostragem (Orskov, 1982; Sampaio, 1994).

Existem alguns métodos disponíveis para estimar a digestibilidade dos alimentos, cada um com suas potencialidades e problemas. O maior problema encontrado no método *in situ* é a ação filtrante do tecido de náilon, que permite a passagem de pequenas partículas em ambos os sentidos, dessa forma, o método *in situ* apresenta maior variação quando comparado ao *in vitro* (Van Soest, 1994). É crescente, também, a procura por técnicas não-invasivas que não utilizam animais canulados para atender às exigências das sociedades protetoras dos animais (Malafaia, 1997).

Visando determinar a degradabilidade dos carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não-fibrosos (CNF), sem o uso de animais, pesquisadores desenvolveram várias técnicas laboratoriais, *in vitro*, que apresentam boa correlação com os resultados obtidos *in vivo*.

As técnicas de avaliação dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos compreendem estudos sobre o desaparecimento da massa de amostra incubada ao longo do tempo de incubação, denominada técnica gravimétrica, ou a quantificação da produção cumulativa de gases CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, oriunda da atividade microbiana ruminal a partir da fermentação de uma amostra em líquido ruminal tamponado, durante o período de incubação, conhecida como técnica metabólica (Menke et al., 1979; Pell & Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994).

As taxas de degradação dos CF, apesar de serem normalmente obtidas a partir de técnicas gravimétricas, apresentam limitações, pois não permitem a determinação das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos, uma vez que a alteração da massa incubada nos tempos iniciais de fermentação é relativamente pequena, o que dificulta a sua

mensuração (Schofield et al., 1994).

A detecção da contribuição das frações solúveis dos alimentos é de grande interesse, porque esta fração contribui energeticamente para o rápido crescimento microbiano no rúmen, principalmente nos tempos iniciais. O método que mensura a produção cumulativa dos gases vem sendo utilizado com sucesso para estimativa das taxas de digestão das frações solúveis e insolúveis dos carboidratos, com base no princípio de que os gases produzidos são oriundos do metabolismo microbiano, a partir da fermentação do material incubado (Pell & Schofield, 1993; Malafaia, 1997).

Os modelos dinâmicos da digestão fornecem uma estimativa dos valores nutritivos para os alimentos, com a mudança da ração, população microbiana e estado fisiológico do animal, e também fornecem informações dos fatores que reprimem os processos digestivos (Mertens, 1993). Com a estimativa dos parâmetros cinéticos dos nutrientes no trato gastrintestinal, é possível o fornecimento de rações mais adequadas, visando a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal, observando entre os alimentos a sincronização na degradação de nitrogênio e carboidratos no rúmen.

Determinadas frações de alguns alimentos apresentam um período de latência, em que não se verifica a degradação do substrato. Durante esse período, podem ocorrer hidratação das partículas do alimento, remoção de substâncias inibidoras, eventos ligados à adesão e efetiva colonização das partículas do alimento pelos microrganismos ruminais, de modo que, antes do término desta fase, o alimento permanece inalterado no rúmen, a não ser por ação mecânica. Desse modo, é justificável a utilização de modelos que determinam a contribuição do período de latência sobre a cinética de degradação ruminal (Mertens, 1977; McDonald, 1981; Pereira, 1992).

A duração do período de incubação com fluido ruminal varia de acordo com a estimativa de digestibilidade desejada e da expectativa de retenção do alimento no rúmen (Perez, 1997). O tempo máximo de incubação da amostra ao inóculo inferior a 96 horas não afeta o modelo para uma forrageira de boa qualidade, mas certamente subestima o valor da fração potencialmente degradável daquela forrageira de baixa qualidade (Sampaio, 1994). Segundo Malafaia (1997), para se ter idéia da real extensão da degradação ruminal da FDN, as forrageiras obtidas em condições tropicais deverão ser incubadas por períodos superiores

a 96 horas.

Dessa forma, a avaliação dos componentes químicos-bromatológicos, do fracionamento dos carboidratos e dos parâmetros cinéticos de degradação dos CF e dos CNF das variedades de cana-de-açúcar permitiria separar as frações que fossem completamente indegradáveis ou aquelas que reduzem a disponibilidade de energia para os microrganismos e estariam negativamente correlacionadas com a ingestão de matéria seca (Mertens, 1992), devido ao seu efeito sobre a repleção ruminal; conseqüentemente, interferem na eficiência de síntese de proteína microbiana e seu suprimento para o intestino delgado, reduzindo assim o desempenho animal.

Portanto, foram objetivos do presente trabalho quantificar a composição químico-bromatológica; determinar as frações de carboidratos; e estimar os parâmetros cinéticos de degradação dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, de três variedades de cana-de-açúcar divergente nutricionalmente.

## Material e Métodos

Este trabalho foi realizado nas dependências do laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa – MG.

As variedades de cana-de-açúcar utilizadas neste estudo foram: SP 801842, SP 791011 e RB 845257, as quais foram previamente selecionadas por análise multivariada, via componentes principais, para diversidade nutricional relacionada à fração fibrosa da cana-de-açúcar, entre 15 variedades (RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP 801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 e SP 803280), em virtude de as duas primeiras (SP 801842 e SP 791011) apresentarem maior grau de divergência entre as 15 variedades do estudo e a terceira (RB 845257) localizar-se em posição intermediária, entre ambas, e selecionadas a partir das variáveis: fração indegradável da fibra em detergente neutro (FDN) em incubação *in situ*, taxa de degradação da FDN em incubação *in situ*, FDN, hemicelulose e lignina.

As informações do ciclo de produção, da produção por tonelada da matéria natural, dos teores da concentração aparente de sólidos solúveis no caldo (Brix %) e da polarização

do caldo (Pol %) da cana foram fornecidas pelo laboratório de análises tecnológicas da Usina de Jatiboca, localizada no município de Oratório - MG.

Para determinação dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), procedeu-se aos cálculos de acordo com Weiss (1993).

Foram realizadas as análises de matéria orgânica, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo, seguindo os procedimentos padrões da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990). As análises de FDN, FDN corrigida para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido e lignina foram determinadas conforme Van Soest et al. (1991). O fracionamento dos carboidratos totais, da proteína insolúvel em detergente neutro e proteína insolúvel em detergente ácido foi realizado conforme descrito por Sniffen et al. (1992), porém, a fração C dos carboidratos foi obtida do resíduo da FDN após 144 horas de incubação *in vitro*.

Para estimar os parâmetros cinéticos de degradação dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, foram utilizadas duas técnicas: a gravimétrica e a de produção de gás *in vitro*.

Na técnica do desaparecimento gravimétrico ao longo do tempo de incubação da FDN, aproximadamente 300 mg de MS da amostra seca ao ar, moída a 2 mm, foram pesados e transferidos para frascos de vidro de 50 mL, em triplicata. Estes, por sua vez, receberam 20 mL da solução tampão de McDougal (1949), mais 1% de uréia, previamente reduzida com CO<sub>2</sub> (pH 6,88). Em seguida, foram adicionados, em cada frasco, 5 mL de inóculo oriundo de bovino, sob aspersão de CO<sub>2</sub>, e mantidos a 39°C em mesa de agitação orbital a 44 rpm. Posteriormente, os frascos foram tampados com rolha de borracha e lacre de alumínio, tomando-os hermeticamente fechados, para que as condições anaeróbicas fossem garantidas. Os tempos de incubação utilizados foram: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 e 144 horas. Ao final de cada tempo de incubação, os vidros foram retirados da sala de incubação e armazenados sob refrigeração, para cessar o processo fermentativo. Terminado o período de incubação de todos os vidros, estes foram retirados da refrigeração e adicionados 20 mL de solução padrão de FDN e, em seguida, levados para serem fervidos em autoclave, durante 60 minutos, a 105°C, segundo metodologia de Pell & Schofield (1993).

Após fervura no autoclave, o conteúdo residual de cada vidro foi filtrado em cadinho-filtrante de porosidade zero, lavado com água destilada quente e acetona, para retirada do

excesso de detergente, e, então, secos em estufa de ventilação forçada de ar a 80°C, por 48 horas. Em seguida, foram pesados os resíduos de degradação da FDN para cada tempo de incubação.

Na técnica gravimétrica, foi utilizado o modelo exponencial decrescente, corrigido para o período de latência descrito por Waldo (1970):

$$Y = B * \exp(-c * (t - L)) + I$$

Em que  $Y$  representa a quantidade do alimento que permanece no frasco de vidro a um tempo  $t$ ; o parâmetro  $B$ , a fração insolúvel potencialmente degradável;  $I$ , a assíntota, que representa biologicamente a proporção do nutriente que não pode sofrer ação dos microrganismos ruminais;  $c$ , a taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável ( $B$ ), expressa em  $h^{-1}$ ; e  $t$ , a variável independente tempo (expresso em horas).

A degradabilidade efetiva da FDN (DEFDN) foi estimada pela equação (Mertens & Loften, 1980):

$$DEFDN = B * c * \exp(-k * L) / (c + k)$$

Em que  $k$  equívale à taxa de passagem da digesta pelo rúmen, assumindo-se valor de  $k$  igual a  $5 h^{-1}$ .

Os parâmetros cinéticos dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) foram estimados a partir da técnica de produção de gás *in vitro*. Foram pesados 100 mg da amostra, em duplicata, transferidos para frascos de vidro de 50 mL, os quais receberam 8 mL da solução tampão de McDougal (1949), mais 1% de uréia, previamente reduzida com  $CO_2$  (pH 6,88). Posteriormente, foram adicionados, em cada frasco, 2 mL de inóculo oriundo de bovino, sob aspersão de  $CO_2$ , mantidos a 39°C em mesa de agitação orbital a 44 rpm. Em seguida, os frascos foram tampados com rolha de borracha e lacre de alumínio para torná-los hermeticamente fechados, sendo a pressão interna de cada um deles zerada por meio de uma agulha. A partir deste momento, a pressão dos gases produzidos pela fermentação do substrato, acumulada no espaço superior dos frascos, foi mensurada por meio de um sensor de pressão acoplado a um multímetro, nos seguintes tempos de incubação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96 e 144 horas. Foi utilizado o modelo bicompartimental (descrito abaixo), ajustado às curvas de produção cumulativa de gás (Schofield et al., 1994).

$$V = Vf_1 / (1 + \exp(2 - 4 * C_1 * (T - L))) + Vf_2 / (1 + \exp(2 - 4 * C_2 * (T - L))), \text{ em que:}$$

$Vf_1$  equivale ao volume máximo de gás da fração dos CNF;  $C_1$ , à taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) desta mesma fração (CNF);  $Vf_2$ , ao volume máximo de gás da fração dos CF;  $C_2$ , à taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) dos CF; e T e L, aos tempos de incubação (horas) e à latência (horas), respectivamente.

As leituras de pressão, em volts, foram convertidas para mL de gás, por meio do fator 8,68, conforme Pell & Schofield (1993).

Após estimativa dos parâmetros cinéticos de degradação dos carboidratos, foram construídas as curvas de degradação da FDN e dos CF e CNF, em função do tempo de incubação, para os dados obtidos pelo método de produção de gás, respectivamente. Com o somatório do volume de gás para cada tempo de leitura, puderam ser construídas as curvas de produção cumulativa dos gases oriundos da MS e FDN, sendo a curva correspondente à fração solúvel em detergente neutro (CNF) obtida pela diferença entre o gás da MS e o da FDN para cada tempo de incubação.

Os dados obtidos sobre a degradabilidade e produção de gás da FDN, nos diferentes métodos e nos diferentes tempos de incubação, foram ajustados por regressão não-linear pelo método de Gauss-Newton, conforme os respectivos modelos já informados anteriormente, implantado no “software” Sistemas de Análises Estatística e Genéticas – SAEG (UFV, 2000). Foram feitas análise de variância e teste de média comparando-se os parâmetros dentro de cada modelo e entre as variedades de cana-de-açúcar estudadas.

## Resultados e Discussão

### *Composição químico-bromatológica*

As características produtivas e a composição químico-bromatológica das variedades de cana-de-açúcar, envolvidas neste estudo, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características produtivas e composição químico-bromatológica das variedades de cana-de-açúcar

*Table 1 – Production characteristics and chemical-bromatological composition of the sugarcane varieties*

Característica <i>Characteristic</i>	Variedade de cana-de-açúcar <i>Sugarcane variety</i>	CV(%)
---	---	-------

	SP 801842	RB 845257	SP 791011	
Ciclo de produção	Precoce	Intermediário	Intermediário	
<i>Production cycle</i>	<i>Early</i>	<i>Intermediary</i>	<i>Intermediary</i>	
Produtividade (t/ha) <i>Yield (t/ha)</i>	132,36 <sup>a</sup>	73,45 <sup>b</sup>	78,30 <sup>b</sup>	20,29
Colheita (dias) <i>Harvest (days)</i>	426	487	549	
Brix (% caldo)	18,13 <sup>b</sup>	18,23 <sup>b</sup>	23,20 <sup>a</sup>	4,93
Pol (% cana)	16,05 <sup>b</sup>	16,87 <sup>b</sup>	21,11 <sup>a</sup>	7,27
MS (%) <i>DM (%)</i>	27,42	30,18	30,24	5,05
MM (%MS) <i>Ash (%DM)</i>	1,32 <sup>a</sup>	0,97 <sup>b</sup>	1,17 <sup>a</sup>	7,28
PB (%MS) <i>CP (%DM)</i>	2,77 <sup>a</sup>	2,38 <sup>b</sup>	2,39 <sup>b</sup>	6,49
EE (%MS) <i>EE (%DM)</i>	0,71 <sup>ab</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	6,57
FDNcp(%MS) <i>NDFap(%DM)</i>	42,12	45,82	46,11	4,60
FDN (%MS) <i>NDF (%DM)</i>	43,83	47,62	47,59	4,40
FDA (%MS) <i>ADF (%DM)</i>	25,24	27,81	27,22	6,40
CT (%MS) <i>TC (%DM)</i>	95,19 <sup>b</sup>	95,86 <sup>a</sup>	95,77 <sup>a</sup>	0,21
Lig (%FDN) <i>Lig (%NDF)</i>	17,14 <sup>a</sup>	14,68 <sup>ab</sup>	12,24 <sup>b</sup>	11,53
Hem (%MS) <i>Hem (%DM)</i>	18,59	19,81	20,37	14,51
PIDN (%PB) <i>NDIP (%CP)</i>	27,04	30,87	30,92	15,51
PIDA (%PB) <i>ADIP (%CP)</i>	10,84	11,41	10,85	12,97
NDT (%) <i>TDN (%)</i>	63,05 <sup>b</sup>	63,34 <sup>ab</sup>	64,67 <sup>a</sup>	1,09

FDNcp - fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína (*NDFap - neutral detergent fiber, ash and protein free*); CT - carboidratos totais (*TC - total carbohydrates*); PIDN - proteína insolúvel em detergente neutro (*NDIP - neutral detergent insoluble protein*); PIDA - proteína insolúvel em detergente ácido (*ADIP - acid detergent insoluble protein*); NDT - nutrientes digestíveis totais (*TDN - total digestible nutrients*).

Médias, na linha, seguidas por letras diferentes são diferentes pelo teste Duncan ( $P < 0,05$ ). Means, within a row, followed by different letters are different by Duncan test ( $P < .05$ ).

A variedade SP 801842 apresenta ciclo de produção precoce, enquanto as variedades RB 845257 e SP 791011 são de ciclo de produção intermediário. A caracterização do ciclo de produção para indústria é muito importante, pois irá determinar o início da colheita e até onde ela pode ser efetuada, estabelecendo, dessa forma, um período útil de industrialização (PUI), que ocorre quando a cana-de-açúcar atinge teores mínimos de açúcares suficientes para permitir a extração e transformação em produtos comerciais (Brieger, 1968).

Este mesmo autor considera a cana-de-açúcar madura para início de safra quando atinge os seguintes valores mínimos: Brix (sólidos solúveis) 18% caldo e Pol (sacarose) % caldo 15,3% ou Pol % cana 13, pureza 85,0% e açúcares redutores de 1% no máximo. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que as variedades de cana-de-açúcar em estudo apresentaram condições adequadas para colheita.

Pode ser visto na Tabela 1 que os valores médios referentes aos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) pelo teste Duncan, entretanto, os valores percentuais da MM, PB e

EE nas três variedades de cana-de-açúcar, divergentes nutricionalmente, são pouco expressivos para contribuir na formulação de rações à base deste volumoso. Lovadini (1971) observou que a escolha de variedades de cana-de-açúcar pelo maior teor de PB não seria indicado, pois, em seu trabalho, notou-se correlação positiva entre os teores de PB e fibra.

Apesar de existirem diferenças significativas ( $P<0,05$ ) nas características de carboidratos totais (CT) e nutrientes digestíveis totais (NDT), estas foram relativamente pequenas e só foram significativas devido ao baixo coeficiente de variação (CV), o que as tornam pouco expressivas para influenciar a escolha de variedades de cana-de-açúcar.

Quanto à produtividade (t/ha), a variedade SP 801842, de ciclo de produção precoce e colhida aos 426 dias após o plantio, diferiu significativamente ( $P<0,05$ ) das variedades RB 845257 e SP 791011, que são de ciclo intermediário e foram colhidas aos 487 e 549 dias após o plantio, respectivamente. A variedade SP 801842 produziu, respectivamente, 44,51 e 40,84% a mais que as variedades RB 845257 e SP 791011. A produtividade de uma variedade, em termos de seu uso como volumoso para alimentação de ruminantes, é uma característica de grande importância, pois, quando duas ou mais variedades possuem as demais características semelhantes, ela torna-se limitante (Carvalho, 1992).

Apesar de o Brix ser um parâmetro mais difundido na área zootécnica como indicativo do teor de açúcar da cana-de-açúcar, a Pol, segundo Golçalves (1987), é o parâmetro mais específico para avaliar o teor de sacarose presente na cana-de-açúcar. Nos resultados apresentados na Tabela 1, tanto para o Brix quanto para a Pol, houve diferença significativa ( $P<0,05$ ), com superioridade para a variedade SP 791011. É possível verificar que, à medida que se elevaram a idade da cana e o teor de matéria seca, houve tendência para aumento dos valores de Brix e da Pol. Brugnaro et al. (1988) afirmam que o teor de açúcar da cana cresce à medida que diminui a atividade vegetativa, atingindo um máximo e depois volta a cair.

Pode-se observar que as variedades estudadas são especializadas para industrialização, já que os valores observados da Pol de 21,11% cana para a variedade de maior média (SP 791011) e de 16,05% cana para a variedade de menor média (SP 801842) foram superiores aos apresentados por Rodrigues et al. (2001), avaliando 18 variedades de cana-de-açúcar, que encontraram variação no teor da Pol de 13,7%, para a menor média, a

15,8% para a maior média.

Apesar de as três variedades apresentarem diversidade nutricional para as características relacionadas à fração fibrosa da cana-de-açúcar, os valores para FDN (SP 801842, RB 845257 e SP 791011, de 43,83; 47,62; e 47,59% MS, respectivamente), ficaram abaixo dos valores médios encontrados por Valadares Filho (2002), que verificou em 39 observações o valor de  $55,87 \pm 8,17\%$  da MS.

Fernandes (2001) observou, em 10 variedades de cana-de-açúcar, que as variedades de ciclo de produção intermediário apresentaram melhor valor nutricional em relação às variedades de ciclo de produção precoce, caracterizadas pelos menores teores de FDN e FDA, menor repleção ruminal total e maior porcentagem de NDT e Brix. Este resultado não se repetiu neste estudo, pois as variedades de ciclo de produção intermediário foram as que apresentaram maiores teores de FDN e FDA, comparadas às de ciclo precoce, porém as afirmativas para os maiores valores de NDT e Brix foram semelhantes, já que as variedades de ciclo intermediário, neste estudo, apresentaram valores maiores que as de ciclo precoce.

Segundo Gooding (1982), a relação FDN/açúcares é um parâmetro importante na escolha de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. Esse autor comenta que a relação FDN/açúcar deve ser baixa, ou seja, baixo conteúdo de FDN e alto conteúdo de açúcar, porque uma variedade que apresenta elevado teor de FDN limitará em determinado grau a ingestão de cana-de-açúcar e, conseqüentemente, o consumo de energia será insuficiente para atender os requerimentos nutricionais do animal, afetando seu desempenho. Além disso, Rodrigues et al. (2001) observaram que, quanto menor a relação FDN/açúcares, maior será a digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Conforme Rodrigues et al. (2001), a relação FDN/Pol pode servir de parâmetro na indicação de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. Este autor menciona o valor de 3,02 como referência para esta indicação, obtido pela avaliação de 18 variedades de cana-de-açúcar, cuja relação FDN/Pol variou de 2,88 a 4,14. Os valores para esta relação encontrados neste estudo foram, respectivamente, de 2,73; 2,82; e 2,25, para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011. Novamente, a baixa relação FDN/Pol das variedades avaliadas neste estudo indica que estas variedades são mais especializadas para a indústria do que aquelas avaliadas por Rodrigues et al. (2001).

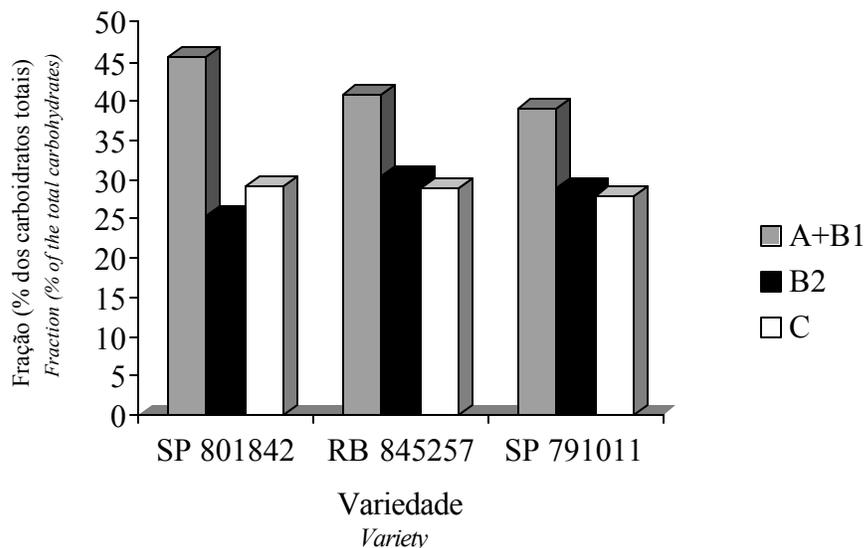
Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os teores de lignina, com destaque para a

variedade SP 791011, por apresentar menor teor (12,24%, FDN), porém não diferiu significativamente ( $P>0,05$ ) da variedade RB 845257 (14,68%, FDN), ambas de ciclo de produção intermediário. Os resultados referentes ao teor de lignina (Lig, %FDN), apresentados na Tabela 1, mostram-se decrescente, à medida que se aumentaram a idade de colheita, a proporção de Brix e Pol e o teor de matéria seca das variedades de cana-de-açúcar. A lignina é o fator primário que pode limitar o potencial de digestão dos carboidratos fibrosos onde está quimicamente ligada (Van Soest, 1994), pois é de baixa ou nula digestibilidade (Marais, 2000). A limitação da digestão deve-se à função física da lignina como substância que favorece a rigidez parietal, bem como às características de suas ligações químicas com os polissacarídeos estruturais, também conhecida como fração lignocelulósica, à inibição da atividade enzimática ou mesmo à inter-relação de todos estes fatores (Ferreira, 1994).

Como alimento exclusivo para ruminantes, a cana-de-açúcar tem baixo valor nutricional, por ser um alimento desbalanceado em termos de nutrientes exigidos tanto pelos ruminantes, como pelos microrganismos ruminais. Entre as três variedades de cana-de-açúcar em estudo, aquelas de ciclo de produção intermediário foram qualitativamente superiores e, entre estas, a variedade SP 791011 foi a melhor, pois destacou-se nos maiores valores de Brix e Pol e nos menores valores da relação FDN/Pol e Lig.

#### *Fracionamento dos carboidratos*

As proporções de cada fração de carboidratos, nas três variedades de cana-de-açúcar estudadas, podem ser observadas na Figura 1. Percebe-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), pelo teste Duncan, apenas para a fração B<sub>2</sub> (fração potencialmente degradável dos carboidratos fibrosos) entre as três variedades em estudo. Isto significa que as variedades de ciclo



produção intermediário SP 791011 e RB 845257 ( $B_2 = 33,26$  e  $30,31\%$ ) poderão fornecer mais energia para os microrganismos que fermentam os carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não-fibrosos (CNF), se esta fração ( $B_2$ ) tiver tempo suficiente para ser degradada totalmente, quando comparada à variedade de ciclo precoce SP 801842 ( $B_2 = 25,25\%$ ), o que poderia influir na eficiência de síntese de proteína microbiana. Cabral et al. (2000) e Pereira et al. (2000) encontraram valores de 21,53 e 41,27% dos carboidratos, respectivamente, para a fração B<sub>2</sub>.

Variedade <i>Variety</i>	Fração (% dos carboidratos totais) <i>Fraction (% of the total carbohydrates)</i>		
	A + B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C
SP 801842	45,62	25,25 <sup>a</sup>	29,13
RB 845257	40,84	30,31 <sup>ab</sup>	28,85
SP 791011	38,96	33,26 <sup>b</sup>	27,78
CV (%)	9,84	10,69	6,57

$A + B_1 = 100 - (B_2 + C)$ .

Na coluna, médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste Duncan ( $P < 0,05$ ). *Mean within a column followed by different letters differ by Duncan test ( $P < .05$ ).*

Figura 1 – Frações de carboidratos de variedades de cana-de-açúcar (% dos carboidratos totais)

*Figure 1 – Carbohydrates fractions of sugarcane varieties (% of the total carbohydrates)*

Não houve diferenças significativas entre as variedades estudadas nas frações A+B<sub>1</sub> e C dos carboidratos. Existem poucos resultados publicados sobre o fracionamento dos carboidratos para cana-de-açúcar e os encontrados por Cabral et al. (2000) e Pereira et al. (2000), os quais mostram valores médios respectivos de 35,97 e 32,63%, para as frações A+B<sub>1</sub> e C.

Apesar de não existirem diferenças significativas entre as variedades em estudo na fração C dos carboidratos, pode-se observar que a variedade SP 791011, com 27,78% desta fração, foi, respectivamente, 1,35 e 1,07 unidades percentuais inferior às variedades SP 801842 e RB 845257, em razão de conter menor proporção de lignina na FDN (12,24%), enquanto as outras variedades apresentaram valores de lignina de 17,14 e 14,68% na FDN, como mostrado na Tabela 1. Pode-se observar, também, o efeito da época de colheita após o plantio reduzindo a fração indegradável da FDN, já que houve decréscimo da fração C dos carboidratos, à medida que a idade da planta aumentou. A cana-de-açúcar, ao contrário de outras forrageiras tropicais, apresentou melhoria na digestibilidade da MS com o avanço da idade fisiológica, devido à redução na parede celular e ao aumento de carboidratos solúveis (Balsalobre et al., 1999).

As variedades de ciclo de produção precoce, em estudo feito por Fernandes (2001), destacaram-se pela maior fração C dos carboidratos e pelo menor teor de A+B<sub>1</sub>, quando comparadas às variedades de cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário. Em

comparação com os resultados acima, apenas a fração C apresentou comportamento semelhante neste estudo, já que a variedade de ciclo precoce (SP 801842) foi a que apresentou maior proporção das frações A+B<sub>1</sub>, comparada às variedades de ciclo de produção intermediário (RB 845257 e SP 791011).

A variedade SP 791011 destacou-se por apresentar menor fração C, isto é, menor quantidade de uma fração que não é digerida ao longo de sua permanência no trato gastrointestinal.

#### *Cinética de degradação dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos e da matéria seca*

A relação entre o volume de gás produzido e o desaparecimento gravimétrico da FDN, mostrado na Figura 2, foi linear ( $R^2 = 0,97$ ). Esse fato, também descrito por PELL et al. (1994), fornece suporte para calcular a degradabilidade da FDN, em função do volume de gás produzido em incubação, não existindo dúvida de que a técnica pode ser utilizada para estimativa de valores nutricionais das variedades de cana-de-açúcar em estudo.

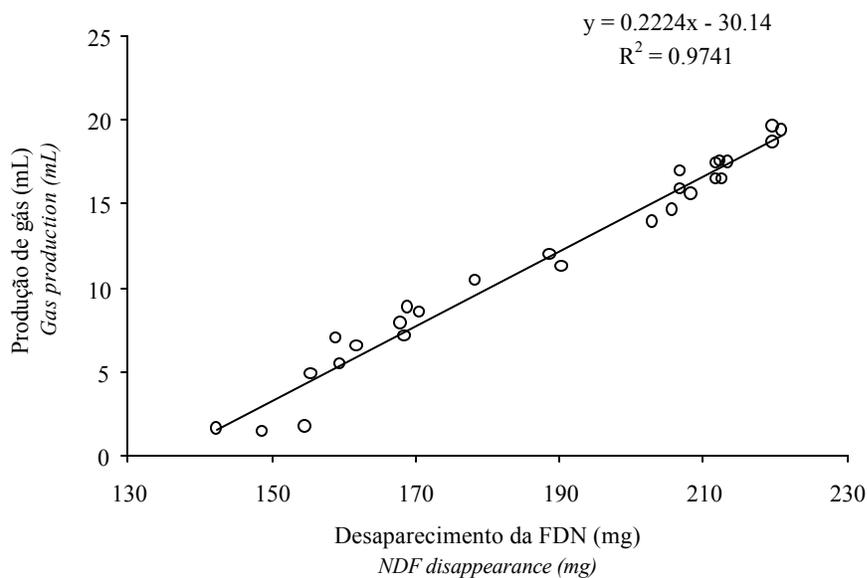


Figura 2 - Relação entre o desaparecimento da massa incubada da fibra em detergente neutro (FDN) e a produção de gás.

Figure 2 - Relationship between disappearance of the incubated mass of neutral detergent fiber (NDF) and gas production.

As médias das estimativas para os parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos, pelas técnicas gravimétrica e de produção de gás, de três variedades de cana-de-açúcar, estão relacionadas na Tabela 2.

Os valores estimados para a degradabilidade da FDN, apresentados na Tabela 2, indicam que a variedade SP 791011 foi a que obteve maior fração potencialmente degradável (*B*) e menor fração indegradável (*I*). Contudo, esta variedade não foi a que apresentou menor valor de FDN, entre as variedades estudadas (Tabela 1). Assumindo que a FDN é constituída de polímeros heterogêneos, Van Soest (1994) sugeriu que sua utilização também pode ser realizada diferentemente pelos microrganismos ruminais e, dessa maneira, a FDN pode possuir frações de fácil e de difícil digestão microbiana.

**Tabela 2 – Médias das estimativas para os parâmetros relativos à cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos, pelas técnicas gravimétrica e de produção de gás de variedades de cana-de-açúcar**

Table 2 – Estimate means for the parameters related to the *in vitro* degradation kinetics of the carbohydrates by the gravimetric and gas production techniques of sugarcane varieties

Parâmetro <i>Parameter</i>	Variedade <i>Variety</i>			CV(%)
	SP 801842	RB 845257	SP 791011	
Técnica gravimétrica <i>Gravimetric technique</i>				
B (%)	31,22	27,26	34,44	15,39
c (h <sup>-1</sup> )	4,15	4,13	3,99	32,93
L (h)	9,34 <sup>b</sup>	8,12 <sup>b</sup>	7,90 <sup>a</sup>	23,91
I(%)	56,37	61,16	54,52	8,90
DEFDN (%)	8,88 <sup>b</sup>	8,22 <sup>b</sup>	10,30 <sup>a</sup>	22,63
EDNDF (%)				
R <sup>2</sup>	0,978	0,759	0,952	
Técnica de produção de gás <i>Gas production technique</i>				

Vf <sub>1</sub> (mL)	5,10 <sup>b</sup>	5,61 <sup>ab</sup>	7,31 <sup>a</sup>	10,05
C1 (h <sup>-1</sup> )	26,61	29,63	31,05	6,84
L (h)	3,47	3,48	3,35	4,34
Vf <sub>2</sub> (mL)	10,83	11,34	11,43	5,58
C2 (h <sup>-1</sup> )	2,65	2,59	2,70	4,46
R <sup>2</sup>	0,994	0,992	0,973	

B - fração potencialmente degradável (*B - potentially degradable fraction*); c - taxa de degradação da fração B (*degradation rate of the B fraction*); L - latência (*L - lag time*); I - fração indegradável da fibra em detergente neutro (FDN) (*I - undegradable fraction of neutral detergent fiber (NDF)*); DEFND - degradabilidade efetiva da FDN (*EDNDF - effective degradation of the NDF*); Vf<sub>1</sub> - volume máximo de gás da fração de CNF (*Vf<sub>1</sub> maximum gas volume of the NFC fraction*); C1 - taxa de digestão para a fração de CNF (*C1 - digestion rate of NFC fraction*); L - latência (*L - lag time*); Vf<sub>2</sub> - volume máximo de gás da fração de CF (*Vf<sub>2</sub> - maximum gas volume of the FC fraction*); C2 - taxa de digestão para a fração de CF (*C2 - digestion rate for FC fraction*).

Médias, na linha, seguidas por letras diferentes são diferentes pelo teste Duncan ( $P < 0,05$ ). Means, within row, followed by different letters are different by Duncan test ( $P < 0,05$ ).

O percentual de resíduo indegradável da FDN, obtido após 144 horas, da variedade SP 791011 foi menor, comparado às demais variedades (Tabela 2), que deve ter sido resultado da atividade das enzimas fibrolíticas microbianas sobre a fração degradável dos polímeros da parede celular, uma vez que, em ambiente anóxico, foi constatada pouca alteração na estrutura de lignina (Van Soest, 1994). Nessas situações, os resíduos indegradáveis da FDN podem possuir cerca de 35 a 40% de lignina em sua composição (Van Soest, 1994). O elevado resíduo indegradável da FDN nas três variedades em estudo, provavelmente, levaria à limitação da ingestão de MS em animais de elevada demanda nutricional, provocado pelo efeito de repleção ruminal. Aroeira et al. (1993) observaram variação de 53,8 a 55% da fração da FDN indegradável da cana-de-açúcar adicionada a diferentes níveis de uréia.

Smith et al. (1972) e Malafaia (1997) observaram que o percentual de lignina no alimento não foi bom preditor da indegradabilidade da FDN após 72 horas ou 168 horas de incubação *in situ*, pois, nas regressões estimadas, o percentual de lignina na FDN do resíduo obtido após sete dias de incubação, comparado com o percentual da amostra antes de ser incubada no rúmen, teve coeficientes de determinação baixo (0,50). Este comportamento pode ser explicado, em parte, pela interferência deletéria dos constituintes da lignina sobre a atividade microbiana ruminal (Van Soest, 1994).

Em nenhum dos métodos houve diferença significativa entre as variedades de cana-

de-açúcar estudadas para a taxa de degradação da FDN. É importante ressaltar que a comparação entre os parâmetros cinéticos das técnicas *in vitro* é desnecessária, uma vez que os objetivos de cada técnica são diferentes (Mertens, 1993).

Os dados de taxa de degradação apresentados pela técnica gravimétrica revelam menor precisão, pois tiveram coeficiente de determinação ( $R^2$  médio = 0,90) e coeficiente de variação (CV = 32,93%) piores que os apresentados pela técnica de produção de gás ( $R^2$  médio = 0,99 e CV = 4,46%), que apresentaram taxas bem próximas às encontradas na literatura para cana-de-açúcar, as quais variavam entre 1,8 e 3,86 h<sup>-1</sup> (Santos, 1994; Cabral et al., 2000; Pereira et al., 2000; Franzolin & Franzolin, 2000; Campos et al. 2001).

Pode ser observado na Tabela 2 que as variedades em estudo apresentaram diferenças significativas (P<0,05) para tempo de latência (L), no método *in vitro* pela técnica gravimétrica. Os valores observados foram, respectivamente, 9,34; 8,12; e 7,90 horas para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011, sendo que a variedade SP 791011 foi superior às outras duas variedades. Santos (1994), estudando a degradabilidade da cana-de-açúcar pelo método *in situ*, observou tempo de latência de 4 horas. Este valor foi bem próximo dos observados pela técnica de produção de gás apresentada na Tabela 2, a qual, porém, não forneceu diferença significativa.

A variedade SP 791011 apresentou diferença significativa (P<0,05), pelo teste Duncan, para os resultados estimados da degradabilidade efetiva da FDN (DEFDN = 10,30%), quando comparada às outras duas variedades (Tabela 2). Santos (1994), trabalhando com degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar com 63,15% de FDN na MS em vacas Holandesas e Jersey, observou valores de 25,1 e 16,1%, respectivamente. Franzolin & Franzolin (2000) obtiveram DEFND de 31,39%, com taxa de passagem de 5 h<sup>-1</sup>, realizada, também, pela técnica de degradabilidade *in situ*. Apesar de os resultados encontrados neste estudo para estimativa da DEFND serem consideravelmente inferiores aos verificados por Santos (1994) e Franzolin & Franzolin (2000), estes parecem ser mais realistas, uma vez que os autores superestimavam seus valores, ao não levarem em consideração o período de latência nos modelos adotados.

As curvas de produção de gás da MS, dos CF e CNF estão representadas na Figura 3.

No método de produção de gás, houve diferença significativa (P<0,05), pelo teste Duncan, para o volume final de gases produzidos pelos CNF. Nas primeiras horas de

incubação, quase 100% dos gases produzidos no sistema correspondeu aos CNF, sendo a principal fonte de energia para o crescimento microbiano (Figura 3), com superioridade da variedade SP 791011, seguida pela RB 845257 e SP 801842, respectivamente.

Os gases gerados pelos CNF representaram, em média, 32,01; 33,10; e 39,02% para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011, respectivamente. As variedades de ciclo de produção intermediário SP 791011 e RB 845257 foram as que produziram maior volume final de gases produzidos pelos CNF ( $V_{f1}$ ), o que pode estar relacionado ao maior valor de Brix, Pol e à menor concentração de lignina (% FDN). A menor concentração de lignina, nestas variedades, facilitaria o acesso dos microrganismos aos CNF, comprovado pela maior fração potencialmente degradável (parâmetro  $B$ ) pelo método gravimétrico.

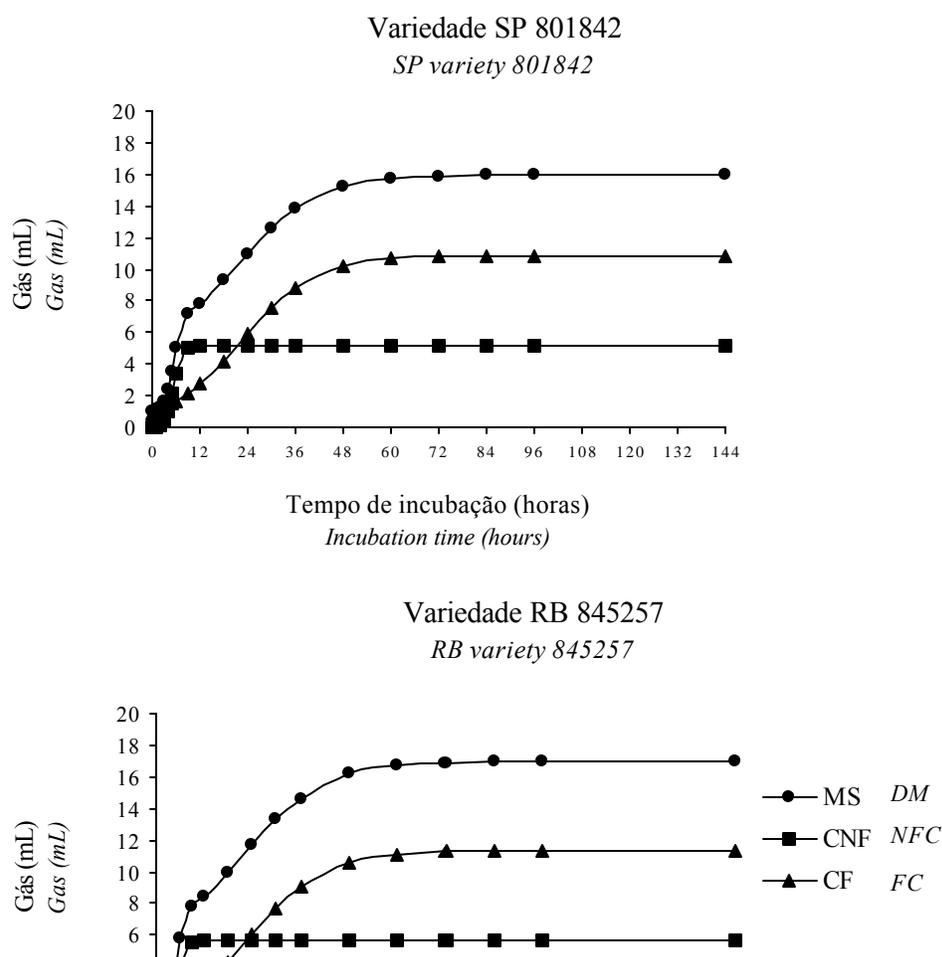


Figura 3 - Curvas de produção de gás da matéria seca (MS), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF) das variedades de cana-de-açúcar

**Figure 3 – Gas production curves of dry matter (DM), no-fiber carbohydrates (NFC) and fibrous carbohydrates (FC) of sugarcane varieties**

As taxas de degradação para os CNF, apesar de não existirem diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre as variedades estudadas, apresentaram os valores respectivos de 26,61; 29,63; e 31,05  $\text{h}^{-1}$ , para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011. Estes valores de taxa de degradação para os CNF estão bem acima dos poucos valores registrados na literatura observados por Cabral et al. (2000), Pereira et al. (2000) e Campos et al. (2001), utilizando o mesmo modelo bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994), que foram de 20,26; 16,28; e 20,0  $\text{h}^{-1}$ , respectivamente. Em formulação de ração com estas variedades de cana-de-açúcar, atenção especial deve ser dada para associação com fontes protéicas de degradação compatível, a fim de minimizar as perdas energéticas e melhorar o desempenho animal, em virtude do aumento da síntese de proteína microbiana no rúmen, já que estas apresentam taxa de degradação muito rápida para os CNF.

Quando a assíntota dos CNF foi estabelecida, parece ter existido um segundo período de latência, com menor intensidade, logo após o tempo de 12 horas de incubação, para todas as variedades de cana-de-açúcar em estudo, apresentando uma curva de comportamento diáuxico. Este tipo de comportamento da curva de crescimento microbiano é muito comum, quando há presença de nutrientes no meio que competem pelo mesmo sistema de transporte, como no caso dos açúcares regulados pelo sistema “PEP-PTS”(Moat & Foster, 1997), ou quando da presença de nutrientes de natureza muito heterogênea. Segundo Pell et al. (1997), a contribuição da fração solúvel de volumosos de alta qualidade é responsável pelo volume de gás produzido nas primeiras 15 horas de fermentação. Nesse período, a produção de massa microbiana praticamente independe da parede celular. Este fato pode ser explicado pelo diferente tipo de ambiente e bactérias exigido para degradar a fração fibrosa. Dessa forma, pode-se inferir que, nestas variedades estudadas, a fração dos CF é a principal fonte de energia para o crescimento microbiano no rúmen, a qual é degradável mais lentamente que os CNF.

É possível observar na Figura 3 a superioridade da produção de gás no mesmo tempo de incubação para variedade SP 791011. Enquanto as variedades SP 801842 e RB 845257 produziram, respectivamente, volume de gás para MS de 15,26 e 16,18 mL, no tempo de incubação de 48 horas, a variedade SP 791011 produziu 18,10 mL. Para os CNF no tempo de incubação de 8 horas, o volume de gás produzido pelas variedades SP 801842 e RB 845257 foram, respectivamente, de 5,10 e 5,61 mL, enquanto para variedade SP 791011 foi de 7,31 mL. Por fim, a variedade SP 791011 no tempo de incubação de 48 horas produziu 10,79 mL referente aos CF, enquanto o volume observado para as variedades SP 801842 e RB 845257 foram, respectivamente, de 10,16 e 10,57 mL.

Pode-se afirmar que a variedade SP 791011 foi a melhor entre as três variedades de cana-de-açúcar estudadas, em relação à cinética de degradação dos CNF, CF e MS, pois apresentou menor fração indegradável ( $I$ ), menor tempo de latência ( $L$ ), maior degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro (DEFDN), maior volume de gás para MS, CNF e CF; e maior taxa de degradação para os CNF e CF, quando comparada às outras duas variedades.

As variedades de cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário foram qualitativamente superiores e, entre estas, a variedade SP 791011 foi a melhor, pois destacou-se por apresentar maior concentração aparente de sólidos solúveis no caldo (Brix), polarização do caldo (Pol), degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro, volume de gás para matéria seca, teor de carboidratos não-fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF) e maior taxa de degradação para os CNF e CF e, também, menores relação FDN/Pol, teor de lignina, fração C dos carboidratos, fração indegradável (*I*) e tempo de latência (*L*).

A técnica de produção de gás apresentou resultados mais confiáveis, com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e menor coeficiente de variação (CV), quando comparada aos resultados encontrados pela técnica gravimétrica.

### Literatura Citada

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. 15.ed., Arlington, Virginia. 1117p.

AROEIRA, L.J.M.; FIGUEIRA, D.G.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Degradabilidade “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**, v.45, n.2, p.221-233, 1993.

BALSALOBRE, M.A.A.; FERNANDES, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; NUSSIO, L.G. et al. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS – ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.7-26.

- BRIEGER, F.O. Início da safra. Como determinar a maturação. **Boletim Informativo Copereste**, v.4, p.1-3, abril, 1968.
- BRUGNARO, C.; HEISE, C.E.; PERES, F.C. et al. Maximização da produção de uma usina de açúcar. **Brasil Açúcareiro**, v.106, n.5 e 6, p.2-8, 1988.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000. (Suplemento 1).
- CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade in vitro/ gás de volumoso exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1579-1589, 2001.
- CARVALHO, G.J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte**. Lavras, MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992.
- FERNANDES, A.M. **Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), em função dos ciclos de produção precoce e intermediário e da idade de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 88p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., Maringá, **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, p.85-8113.
- FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M.H.T. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1853-1861, 2000.

- GONÇALVES, L.A.C. Influência da fibra e da Pol da cana e da pureza do caldo no processo de fabricação de açúcar e álcool. **Brasil Açucareiro**, v.105, n.4, 5 e 6, p.49-64, 1987.
- GOODING, E.G.B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. **Tropical Animal Production**, v.7, n.1, p.72-91, 1982.
- LOVADINI, L.A.C. **Efeito da maturidade da planta sobre a composição em fibra bruta, celulose, lignina e digestibilidade da celulose *in vitro*, em variedades de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1971. 67p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, 1971.
- MALAFAIA, P.A.M. **Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas “*in situ*”, “*in vitro*” e de produção de gases.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- MARAIS, J.P. Use of markers. In: D’MELLO, J.P.F. (Ed.) **Farm animal metabolism and nutrition: critical reviews**. Wallingford: CAB International, 2000. p.255-277.
- McDONALD, E.I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252, 1981.
- McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep’s saliva. **Biochemistry Journal**, v.43, n.1, p.99-109, 1949.
- MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy contain of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal Agricultural Science**, v.93, p. 217-223, 1979.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration formulation. 1992. In: TEIXEIRA, J.C.; NEIVA, R.S. (Eds.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras-MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.1-32.
- MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal

digestion. **Federation Proceedings**, v.36, n.2, p.487-192, 1977.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.9, p.1437-1446, 1980.

MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**, CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 1993. p.13-51.

MOAT, A.G.; FOSTER, J. W. **Microbial Physiology**. 1<sup>a</sup> ed. New York, 1997. 580p.

ORSKOV, E.R. Evaluation of fibrous diets for ruminants. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON FEEDINGS EVALUATION MODERN ASPECTS-PROBLEMS-FUTURE TRENDS, 1986, Aberdeen. **Proceedings...S.1.**; Rowett Research Institute, 1986. 38-41.

ORSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. London: Academic Press LTD, 1982. 160p.

PELL, A.N.; DOANE, P.H.; SCHOFIELD, P. In vitro digestibility and gas production. In: Simpósio sobre tópicos especiais em zootecnia, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, p.110-132.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P.; STONE, W.C. Rates of digestion of feeds measured in vitro with computers. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures**. Cornell University, Ithaca, N.Y., n.13-15, p.74-81, 1994.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.

PEREIRA, J.C. **Degradación ruminal de diversos subproductos agroindustriales**. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 1992. 223p. Doutorado - Universidad Politécnica de Madrid, 1992.

- PEREZ, J.R.O. Sistemas para a estimativa de digestibilidade *in vitro*. In: TEIXEIRA, J.C. (Ed.) **Simpósio internacional de digestibilidade em ruminantes**. Lavras: Universidade Federal de Lavras – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1997. p.55-68.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al., 2001. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes.
- SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1994. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., Maringá, **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, p.81-88.
- SANTOS, R. M. **Cinética da digestão ruminal de alguns alimentos concentrados e volumosos para vacas das raças holandesa e jersey**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetic of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2980-2991, 1994.
- SMITH, L. W.; GOERING, H.K.; GORDON, C.H. Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.55, n.8, p.1140-1147, 1972.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.
- THIAGO, L.R.L.S.; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen**. Campo Grande: Embrapa – CNPQC, 1993.1. reimp. 65p. (EMBRAPA-CNPQC. Documentos, 43).

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 2000. SAEG – **Sistema de análise estatística e genética**. Versão 8.0. Viçosa, MG.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. London: Comstock Publishing Associates - Cornell University Press, 1994. 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**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- WALDO, D.R. Factors influencing voluntary intake of forage. In: BARNES, R.F. et al. (Eds.), **Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization**, 1970, Lincoln, Nebraska. Nebraska Center for Continuing Education, 1970. p.1-22.
- WEISS, W.P. Method estimates available energy value for ruminants. **Feedstuffs**, August 9, p13-14, 1993.

### CAPÍTULO III

#### **Simulação de Dietas Baseadas em Cana-de-Açúcar (*Saccharum* sp.) para Vacas Leiteiras a Pasto**

**Resumo** - O objetivo deste trabalho foi simular diferentes situações de alimentação para vacas leiteiras a pasto, em função do dia de lactação e nível de produção de leite, recebendo como volumoso diferentes variedades de cana-de-açúcar, usando o modelo de simulação “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” versão 4.0. Estabeleceu-se que o pasto de capim *Brachiaria brizantha*, no período seco, atendeu 30% das exigências nutricionais de consumo de matéria seca (CMS) total e o restante seria suplementado com cana-de-açúcar e concentrado. As variedades de cana-de-açúcar utilizadas foram: SP 801842, SP 791011 e RB 845257. Consideraram-se três níveis de produção no pico de lactação (8, 13 e 18 kg/dia) e três dias de lactação (30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação), utilizando-se vacas que tinham parido com escore de condição corporal 3,5 e 500 kg de peso vivo. O CMS estimado para cana-de-açúcar para o 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação

variou de 16,8 a 50,1% do consumo total. A variedade SP 791011 foi superior às demais na produção de proteína metabolizável microbiana. Os valores médios estimados de pH ruminal variaram entre 6,25 e 6,46 e a taxa de passagem da cana-de-açúcar no rúmen, de 3,07 a 4,52 h<sup>-1</sup>. Com relação à mobilização de reservas corporais no 30<sup>o</sup> dia, não se observaram perdas superiores a 200 g/dia. No 225<sup>o</sup> dia de lactação, as três variedades apenas satisfazem o nível de produção de 8 kg/dia, pois, a partir deste nível de produção, ocorreram ganhos abaixo do desejável. A suplementação apenas com cana-de-açúcar, uréia e sulfato de amônia não promoveu ganhos de peso, nem parâmetros ruminais adequados. As variedades de cana-de-açúcar utilizadas para alimentação de vacas leiteiras, no período da seca, deveriam apresentar a mesma qualidade químico-bromatológica apresentada pela variedade SP 791011, a qual apresentou melhor potencial para desempenho produtivo, porém com níveis de produtividade (t MS/ha) compatíveis aos apresentados pela variedade SP 801842, que garantiu o melhor retorno econômico.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, desempenho, retorno econômico

### CHAPTER III

#### *Simulation of Diets Based on Sugarcane (Saccharum sp.) for Dairy Cattle in Pasture*

**Abstract** - The objective of this work was to simulate different feeding situations for dairy cattle at pasture, in function of the lactation day and milk production levels, receiving as forage different sugarcane varieties, using the simulation model Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) version 4.0. The pasture of *Brachiaria brizantha* grass in the dry season was established to support 30% of the total nutritional requirements of dry matter intake (DMI) and the remaining would be supplemented by sugarcane and concentrate. The used sugarcane varieties were: SP 801842, SP 791011 and RB 845257. Three production levels at the peak of lactation (8, 13 and 18 kg/day) and three days of lactation (30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation) was considered and that the cow had calving with corporal condition score of 3.5 and with 500 kg of live weight. The estimate of DMI for sugarcane for the 30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation ranged from 16.8 to 50.1% of the total intake. The SP 791011 variety was superior to the others in the

microbial metabolizable protein production. The estimate mean values of the ruminal pH ranged from 6.25 to 6.46, but the rumen sugarcane passage rate ranged from 3.07 to 4.52 h<sup>1</sup>. No weight losses higher than 200 g/day was observed with relationship to the mobilization of corporal mass reserve in the 30<sup>th</sup> day of lactation. In the 225<sup>th</sup> day of lactation the three varieties, only support the milk production at the level of 8 kg/day, since, from this production level, the weight gain was below to the desirable one. The supplementation of sugarcane, only with urea and ammonium sulfate did not promote weight gain, nor appropriate ruminal parameters. The sugarcane varieties should present the same chemical-bromatological quality presented by SP 791011 variety, however with productivity levels (t DM/ha) compatible to that presented by the SP 801842 variety, that guaranteed the best economic income.

Key Words: economic income, performance, sugarcane

## **Introdução**

O produtor brasileiro, na atualidade, deverá ser capaz de tomar decisões rápidas e corretas, pois as mudanças estruturais nos sistemas de produção estão ocorrendo de forma acelerada e em curto espaço de tempo. Este processo de modernização da pecuária leiteira tem exigido ferramentas para avaliação dos sistemas de produção de leite mais apropriadas à nova realidade econômica, para torná-la mais produtiva, competitiva e sustentável.

Neste contexto, a modelagem e a simulação dos sistemas de produção surgem como ferramentas importantes, pelas facilidades operacionais da microinformática e pela capacidade de sintetizar observações científicas, culminando com informações fundamentais para tomada de decisões, pelos segmentos envolvidos na produção de gado de leite.

De acordo com Barbosa & Assis (1999), vários modelos de simulação têm sido desenvolvidos em diferentes países e instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento, com enfoques variados abrangendo aspectos específicos de determinada área do

conhecimento científico-tecnológico. Esses autores relatam que, no Brasil, os modelos de simulação, apesar de serem uma ferramenta poderosa e de baixo custo, comparativamente à experimentação física, têm sido pouco utilizados.

Em consequência da inadequada nutrição, o rebanho bovino brasileiro tem longo intervalo de partos e, com isto, o país está deixando de produzir 10 a 11 bilhões de litros de leite/ano (Ferreira, 2000). Nos sistemas de produção com elevados índices de eficiência, somente em situações particulares, e por pouco tempo, as pastagens tropicais seriam capazes de atender as exigências de animais de alto potencial genético (Euclides, 2000). Isto porque a estacionalidade das chuvas, além de variações de temperatura e fotoperíodo, características das regiões tropicais, não permitem produção uniforme de forragem ao longo do ano. No entanto, se, por um lado, as forrageiras variam em qualidade, por outro, as exigências nutricionais do animal também não são constantes durante a vida, ou mesmo no decorrer do ciclo de produção, e variam em função de diversos fatores, como idade, estado fisiológico, sexo, grupo genético, peso e escore corporal.

Vacas leiteiras em produção devem ser alimentadas em função do período de lactação; para isso, Pereira (2000) recomenda três períodos de alimentação. O primeiro período corresponde às dez primeiras semanas após o parto, fase na qual a vaca não consegue consumir o suficiente para atender às suas necessidades de nutrientes para determinada produção de leite e, conseqüentemente, entra em balanço energético negativo. Nessa fase, a vaca geralmente perde peso e reduz o escore de condição corporal (ECC), em consequência da mobilização de reservas corporais para atender às exigências de nutrientes, principalmente, energia. Por essa razão, há maior requisito de proteína no início da lactação, tendo em vista que a habilidade do animal em mobilizar proteína corporal para síntese do leite é pequena em relação à capacidade de mobilização de energia.

A solução para um planejamento adequado das condições de alimentação do rebanho, visando atender às exigências das vacas em todo período lactacional, é o monitoramento por intermédio do ECC. O ECC é um método acessível, não-invasivo, subjetivo, fácil e barato para monitorar a condição nutricional do rebanho (Waltner et al., 1993, NRC, 2001). A condição corporal é avaliada por observação visual (presença de gordura sobre as costelas, região dorso-lombar, ancas e inserção da cauda), e a ela são atribuídas valores numéricos (escores) e os animais são classificados de 1 a 5, segundo a escala proposta por

Wildman et al. (1982), sendo que o ECC igual a 1 corresponde à vaca muito magra e ECC igual a 5, muito gorda.

Segundo o NRC (2001), perdas de ECC são esperadas durante o início da lactação, quando a vaca mobiliza reservas corporais para atender às exigências. Normalmente, mudanças observadas no ECC variam de 0,5 a 1,0 unidade durante os primeiros 60 dias pós-parto. Decréscimo de uma unidade de ECC para vaca pesando 650 kg no parto (ECC ao parto de 4,0) poderá fornecer 417 Mcal de energia líquida para lactação, quantidade suficiente para produzir 564 kg de leite corrigido a 4% de gordura.

Waltner et al. (1993) determinaram o relacionamento entre ECC ao parto, número de lactação e produção de leite na lactação subsequente e observaram efeito quadrático entre o número de lactação e ECC ao parto, com a produção de leite. Esses autores concluíram que o ideal seria a vaca parir com ECC de 3,5. No mesmo estudo, observaram também efeito quadrático entre a mudança de ECC após o parto e a produção de leite. Moderada perda de 0,5 a 1,5 de unidades de ECC foi associada com maior produção de leite. Butler & Smith (1989), entretanto, constataram que perda de até 1 ECC não traria nenhuma consequência negativa ao desempenho reprodutivo desses animais. Em situações práticas, a observação destas altas proporções de perda de ECC ( $> 1$  unidade ECC) deve ser indicativo de que o programa de alimentação está sendo inadequado.

Para vacas da raça Holandesa, uma unidade de mudança no ECC na escala de Wildman et al. (1982), que varia de 1 a 5, equivale a 50 a 60 kg de peso corporal (Ferguson, 1991), o que corresponderia a perdas de até 1 kg/dia durante os primeiros 60 dias.

No segundo período sugerido por Pereira (2000), que ocorre entre a 11<sup>a</sup> e a 20<sup>a</sup> semana da lactação, existe um equilíbrio entre o que é consumido e a produção de leite e, por isto, não deve existir perda de peso ou mobilização de reservas corporais.

O terceiro período corresponde às últimas 24 semanas da lactação. Nesta fase, a vaca pode consumir mais alimento do que o requerido para satisfazer as suas exigências mínimas de energia para produção, no qual ela recompõe as reservas corporais usadas no primeiro período da lactação. Segundo Moe et al. (1971), o melhor momento de se engordar uma vaca, para que ela venha a parir com bom estado corporal, é alimentá-la bem no dois últimos meses antes dela secar, ou seja, no final de lactação.

Gomide (1994 e 1999), em extensas revisões da produção de leite a pasto, relatou potencial de até 12 kg/vaca/dia, nas águas, em pastagens tropicais não-suplementadas. Contudo, para atingir o sucesso econômico de qualquer atividade, quase sem exceções, é necessário maximizar os meios de produção (Grandini, 2001), ou seja, todos os recursos disponíveis devem estar em plena capacidade de uso e aproveitamento pelas vacas leiteiras que estão pastejando.

Durante o verão (época das águas ou da estação chuvosa), onde existe abundância de forragens, representados pelos pastos em crescimento, as vacas leiteiras de alto potencial de produção não possuem capacidade suficiente de ingerirem todos os nutrientes presentes nas pastagens, devido à limitação física do enchimento ruminal. A suplementação com concentrados seria um meio de aumentar o fornecimento de nutrientes, pois corrige as deficiências da pastagem, a fim de atender as exigências destes animais.

A suplementação de pastagens com alimentos volumosos deve ser conduzida nos períodos de escassez e de baixa qualidade da forragem disponível, pois, segundo Clark & Kanneganti (1998), o uso de suplementos é desaconselhado, quando existe boa disponibilidade e/ou boa qualidade da forragem. Isto ocorre em função de o efeito de substituição ser próximo ou igual a um, nestas situações, elevando o custo de alimentação dos animais, uma vez que o pasto se constitui em alternativa mais barata.

A escolha do volumoso a ser utilizado implica em um fator importante, bem como a sua associação à oferta e qualidade da forragem presente na pastagem, como forma de garantir bom desempenho biológico e econômico dos animais (Nussio et al., 2001).

Entre os vários recursos disponíveis, a cana-de-açúcar aparece como boa alternativa, devido ao baixo custo por unidade de matéria seca produzida e, contrastando com as outras gramíneas tropicais, durante o período seco, ela atinge sua maturidade e apresenta maior valor nutritivo, provocado pelo acúmulo de açúcares em seus tecidos, compensando a diminuição da solubilidade de suas paredes celulares (Banda & Valdez, 1976).

Para que a máxima exploração do potencial produtivo da cana-de-açúcar como alimento volumoso seja atingido, existe a necessidade de suplementação correta de suas deficiências nutricionais (principalmente, proteína), a fim de que os níveis de produção sejam compatíveis com a exploração racional de bovinos para produção de leite (Lima & Mattos, 1993).

A suplementação com a cana-de-açúcar no período das águas não é aconselhada, porque possivelmente ocorre efeito substitutivo das pastagens. Segundo Donefer (1988), o corte apresenta dificuldades do ponto de vista de manejo e transporte, além de ocorrer queda no teor de matéria seca e dos açúcares totais desta forrageira, neste período.

Lima & Mattos (1993) relataram que, apesar de a mistura uréia-sulfato de amônio ser a forma mais adequada para aumentar o teor de nitrogênio de uma dieta à base de cana-de-açúcar, essa suplementação não garante níveis satisfatórios de desempenho para animais em crescimento e vacas em início de lactação, devido a seus elevados requerimentos nutricionais.

Naufel et al. (1969), em estudo comparativo entre tratamentos com cana-de-açúcar, silagem de milho, silagem de sorgo e silagem de capim napier na alimentação de vacas leiteiras, que se encontravam entre 50 e 70 dias de lactação e produção média de 5,91 kg/dia, observaram que todas as vacas perderam peso durante o período experimental, principalmente, devido ao fato de as dietas serem desbalanceadas em proteína, que sequer atendia as necessidades de manutenção, com perdas de pesos médios diárias de 955, 250, 140 e 220 g, para os respectivos tratamentos. Já Biondi et al. (1978) observaram que a cana-de-açúcar ingerida como único volumoso, mais 4,3 kg/dia de concentrado, por 105 dias consecutivos, não afetou o peso vivo de vacas leiteiras com 90 a 120 dias de lactação e produção média variando entre 8,1 e 10 kg/dia, quando devidamente suplementadas com as misturas de concentrados.

Valvasori et al. (1995) concluíram que a cana-de-açúcar poderia ser usada como único alimento volumoso em dietas para vacas na 6<sup>a</sup> semana de lactação, produzindo cerca de 18 kg/dia de leite, em uma proporção de 52,0% na ração total, mas o experimento foi realizado sem acompanhamento do peso vivo corporal.

Todas as pesquisas aqui relatadas com avaliação do peso vivo de vacas leiteiras, consumindo cana-de-açúcar, foram feitas em confinamento. Em nível de pasto, o conhecimento do consumo de MS da pastagem é importante para se tomarem decisões sobre o nível de suplementação alimentar, visto que a quantidade de pasto consumida pelo animal depende de algumas variáveis, como peso vivo, nível de produção, período de lactação, condições de ambiente, manejo prévio alimentar, condição corporal e do valor nutritivo do pasto. Ademais, em se tratando de animais em pastejo, o consumo é afetado

pela disponibilidade e oferta de forragem, pela estrutura do pasto e pela taxa de lotação da pastagem utilizada (Chacon & Stobbs, 1976; Hoyos & Lascano, 1985).

Conforme Vilela et al. (1996), deve-se considerar que as exigências energéticas de vacas em confinamento são 20 a 30% menores que as de vacas a pasto e que as condições ambientais refletem sobre a produção animal. Assim, vacas a pasto sujeitas ao estresse provocado pela temperatura e umidade relativa elevadas ficam impedidas de expressarem seu potencial de produção de leite.

Como pode ser observado, embora a cana-de-açúcar seja uma forrageira bastante utilizada para suplementação volumosa dos rebanhos leiteiros no país, durante a época seca do ano, não existem informações suficientes sobre em que fase da lactação ou até que nível de produção esta forrageira poderia ser utilizada sem causar mobilização excessiva das reservas corporais ou até mesmo sem causar prejuízos futuros na próxima lactação; e ainda se determinada variedade de cana-de-açúcar poderia ser significativamente mais vantajosa, comparativamente a outra com grau acentuado de divergência nutricional, nos aspectos econômico e produtivo.

O objetivo deste trabalho foi simular diferentes situações de alimentação para vacas leiteiras a pasto, em função do dia de lactação e nível de produção de leite, recebendo como volumoso diferentes variedades de cana-de-açúcar, usando o modelo de simulação “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) versão 4.0.

## Material e Métodos

Foi utilizado o “software” do “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) versão 4.0, para simular a mobilização e a reposição das reservas corporais em vacas a pasto de três níveis de produção, três fases de lactação e consumindo três diferentes variedades de cana-de-açúcar.

Foi estabelecido que o pasto estava atendendo apenas 30% das exigências nutricionais de consumo de matéria seca total, conforme Rocha (1987), e o restante seria complementado com cana-de-açúcar e concentrado. Tomaram-se como base os dados de composição químico-bromatológica, fracionamento dos carboidratos e cinética de

degradação do capim *Brachiaria brizantha* no período seco, mês de agosto, obtidos de Kabeya (2000), conforme a Tabela 1.

As variedades de cana-de-açúcar utilizadas neste estudo foram: SP 801842, RB 845257 e SP 791011, previamente selecionadas por análise multivariada, via componentes principais, para diversidade nutricional relacionada à fração fibrosa da cana-de-açúcar, entre 15 variedades (RB 855113, RB 765418, RB 855536, SP 792233, RB 845257, SP 80180, RB 855453, RB 855336, SP 801842, SP 811763, SP 804445, SP 791011, RB 739359, RB 867515 e SP 803280), em virtude de as duas primeiras (SP 801842 e SP 791011) apresentarem maior grau de divergência entre as 15 variedades do estudo e a terceira (RB 845257) localizar-se em posição intermediária, entre ambas, e selecionadas a partir das variáveis: fração indegradável da FDN em incubação *in situ*, taxa de degradação da FDN em incubação *in situ*, FDN, hemicelulose e lignina.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica, frações e parâmetros da cinética de degradação dos carboidratos do capim *Brachiaria brizantha* amostrado na estação seca (mês de agosto)

Table 1 – Chemical-bromatological composition, fractions and carbohydrates degradation kinetics of the *Brachiaria brizantha* grass, sampled in the dry season (month of August)

<i>Item</i>	<i>Valor</i> <i>Value</i>
MS (%DM) DM (%)	25,10
MM (%MS) Ash (%DM)	9,63
PB (%MS) CP (%DM)	5,75
EE (%MS) EE (%DM)	1,14
FDN (%MS) NDF (%DM)	71,93
FDA (%MS) ADF (%DM)	37,99
CT (%MS) TC (%DM)	83,47
Lig (%FDN) Lig (%NDF)	10,52
NIDA (%PB) ADIN (%CP)	20,53
CHO - A+B <sub>1</sub> (%)	20,04
CHO - B <sub>2</sub> (%)	64,25
CHO - C (%)	15,71
Kd CF (h <sup>-1</sup> ) Kd FC (h <sup>-1</sup> )	2,35
Kd CNF (h <sup>-1</sup> ) Kd NFC (h <sup>-1</sup> )	7,07
Ca (%MS) Ca (%DM)	0,45
P (%MS) P (%DM)	0,18
Mg (%MS) Mg (%DM)	0,25

K (%MS) <i>K (%DM)</i>	1,21
Na (%MS) <i>Na (%DM)</i>	0,88

Fonte: Kabeya (2000). *Source: Kabeya (2000).*

As informações agro-industriais, a composição químico-bromatológica, o fracionamento dos carboidratos e a cinética de degradação dos carboidratos obtidas nos Capítulos I e II estão apresentadas na Tabela 2.

Para complementar as variedades de cana-de-açúcar em estudo e atender às exigências nutricionais das vacas em pastejo, foi estabelecida uma quantidade de 25 g de uréia /100 kg de peso vivo (PV) e uma relação de 9 partes de uréia para 1 parte de sulfato de amônia e utilizados os seguintes concentrados: milho grão, farelo de soja, uréia, sulfato de amônia, carbonato de cálcio e fosfato bicálcio. O farelo de soja e o milho foram escolhidos para entrar na composição do concentrado, em função de seus potenciais em fornecer nutrientes que sobrepassam o rúmen, conforme potencial relativo de diferentes alimentos em fornecer proteína e compostos gliconeogênicos pós-rúmen, mencionados por Preston & Leng (1984). Os valores de entrada para cada um destes concentrados foram do próprio banco de dados do CNCPS, já que este possui informações de composição químico-bromatológica obtidas em condições de Brasil.

Tabela 2 – Características produtivas, composição químico-bromatológica, frações e parâmetros da cinética de degradação dos carboidratos das variedades de cana-de-açúcar

*Table 2 – Production characteristics, chemical-bromatological composition, carbohydrates fractions and degradation kinetics parameter of carbohydrates of the sugarcane varieties*

Composição <i>Composition</i>	Variedade de cana-de-açúcar <i>Sugarcane variety</i>		
	SP 801842	RB 845257	SP 791011
Ciclo de produção <i>Production cycle</i>	Precoce <i>Early</i>	Intermediário <i>Intermediary</i>	Intermediário <i>Intermediary</i>
Produtividade (t/há) <i>Yield (t/ha)</i>	132,36	73,45	78,30
Colheita (dias) <i>Harvest (days)</i>	426	487	549
Brix (%)	18,13	18,23	23,20
Pol (%)	16,05	16,87	21,11
MS (%DM) <i>DM (%)</i>	27,42	30,18	30,24
MM (%MS) <i>Ash (%DM)</i>	1,32	0,97	1,17
PB (%MS) <i>CP (%DM)</i>	2,77	2,38	2,39
EE (%MS) <i>EE (%DM)</i>	0,71	0,79	0,67
FDNcp(%MS) <i>NDFap(%DM)</i>	42,12	45,82	46,11
FDN (%MS) <i>NDF (%DM)</i>	43,83	47,62	47,59
FDA (%MS) <i>ADF (%DM)</i>	25,24	27,81	27,22

CT (%MS) TC (%DM)	95,19	95,86	95,77
Lig (%FDN) Lig (%NDF)	17,14	14,68	12,24
Hem (%MS) Hem (%DM)	18,59	19,81	20,37
PIDN (%PB) NDIP (%CP)	27,04	30,87	30,92
PIDA (%PB) ADIP (%CP)	10,84	11,41	10,85
NDT (%) TDN (%)	63,05	63,34	64,67
CHO – A+B <sub>1</sub> (%)	45,62	40,84	38,96
CHO – B <sub>2</sub> (%)	25,25	30,31	33,26
CHO – C (%)	29,13	28,85	27,78
Kd CF (h <sup>-1</sup> ) Kd FC (h <sup>-1</sup> )	2,65	2,59	2,70
Kd CNF (h <sup>-1</sup> ) Kd NFC (h <sup>-1</sup> )	26,61	29,63	31,05

FDNcp - fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína (*NDFap - neutral detergent fiber, ash and protein free*); CT - carboidratos totais (*TC - total carbohydrates*); PIDN - proteína insolúvel em detergente neutro (*NDIP - neutral detergent insoluble protein*); PIDA - proteína insolúvel em detergente ácido (*ADIP - acid detergent insoluble protein*); NDT - nutrientes digestíveis totais (*TDN - total digestible nutrients*); KdCF - taxa de degradação dos carboidratos fibrosos (*Kd FC - digestion rate of the fibrous carbohydrates*); Kd CNF - taxa de degradação dos carboidratos não-fibrosos (*Kd NFC - digestion rate of the no-fiber carbohydrates*).

Procurou-se atender o requerimento do balanço de peptídeo e balanço de N ruminal de forma que estes se mantivessem, respectivamente, entre 100 e 105 e 105 e 120% do requerido, como sugerido por Fox et al. (2000).

Para as características ambientais de entrada no CNCPS, foram utilizadas as médias diárias dos meses de maio a outubro de 1980 a 2000, obtidas pelo Laboratório de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, já que este período é caracterizado como período seco (Figura 1).

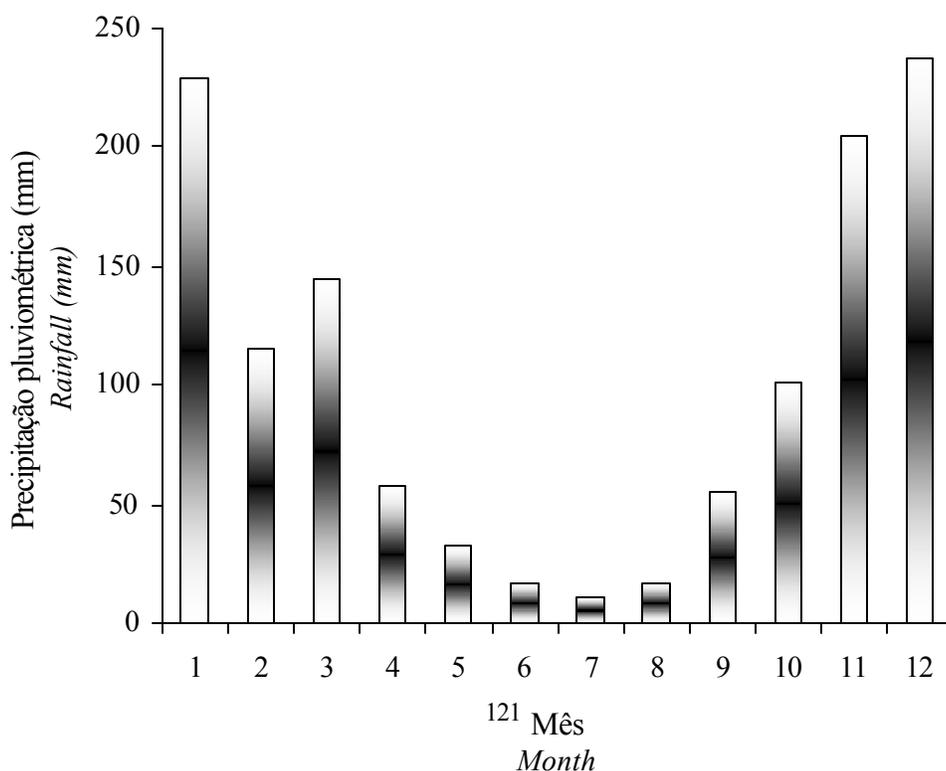


Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) média mensal de Viçosa de 1980 a 2000.  
*Figure 1 – Average of rainfall (mm) monthly in Viçosa from 1980 to 2000.*

As descrições do ambiente e do animal nos três níveis de produção e nas três fases de lactação estão apresentadas na Tabela 3. Considerou-se, nesta simulação, que uma unidade de ECC corresponderia a 60 kg de peso vivo (PV) e que a vaca pariu com ECC de 3,5 e 500 kg de peso vivo.

Foi realizada também uma simulação da rentabilidade econômica da utilização de cada variedade de cana-de-açúcar com suas diferentes suplementações, bem como nível de produção e dias de lactação, com preços de mercado, apresentados na Tabela 4.

*Tabela 3 - Parâmetros de entrada para simulação no “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) versão 4.0, no 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação*  
*Table 3 - Input parameters for the simulation in the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) version 4.0, in the 30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation*

<b>Dados de entrada (Input)</b>	<b>Dias em lactação (Lactation days)</b>		
	30	105	225
<b>Descrição (Description)</b>			
<b>Tipo animal (Animal type)</b>	Vaca em lactação ( <i>Lactating dairy cow</i> )		
Idade – meses ( <i>Age – month</i> )	47	49,5	53,5
<b>Sexo (Sex)</b>	Vaca ( <i>Cow</i> )		
Peso atual - kg ( <i>Body weight current - kg</i> )	470	440	470
Peso à maturidade - kg ( <i>Body weight mature - kg</i> )		550	
<b>Tipo de raça (Breed type)</b>	Leiteira ( <i>Dairy</i> )		
<b>Dias de gestação (Days pregnant)</b>	0	25	145
<b>Número de lactação (Lactation number)</b>	2		
Intervalo de partos – meses ( <i>Calving interval - months</i> )	16		
Peso do Bezerro ao nascimento – kg <i>Exp. Calf birth weight – kg</i>	38		
Idade ao primeiro parto – meses <i>Age at first calving – months</i>	30		
<b>Produção (Production)</b>			
Média do rebanho - kg/ano ( <i>Rolling herd average - kg/yr</i> )	1.800; 3.000; 4.200*		
Produção de leite - kg/dia ( <i>Milk production – kg/day</i> )	8; 13; 18	7; 11,5; 16	5,5; 9; 12,5
Gordura do leite - % ( <i>Milk fat - %</i> )	3,5		
Proteína do leite - % ( <i>Milk protein - %</i> )	3,0		
Condição corporal - escala 1-5 <i>Condition score - dairy scale 1-5</i>	3	2,75	3,25
<b>Sistema de cruzamento (Breeding system)</b>	Tricross ( <i>3-way cross</i> )		
<b>Raça (Breed)</b>	Mestiça ( <i>Crossbred</i> )		
<b>Manejo/Ambiente (Management/ Environment)</b>			
<b>Aditivo (Additive)</b>	Nenhum ( <i>None</i> )		
Velocidade do vento – kph ( <i>Wind speed – kph</i> )	2		
Temperatura prevista - °C ( <i>Previous temperature - °C</i> )	18		
Temperatura atual - °C ( <i>Current temperature - °C</i> )	20		
Umidade relativa do ar prevista - % <i>Previous relative humidity - %</i>	80		
Umidade relativa do ar atual - % <i>Current relative humidity - %</i>	80		
<b>Horas de insolação (Hours in sunlight)</b>	6		
<b>Exposição à chuva (Storm exposure)</b>	Sim ( <i>Yes</i> )		
Altura do pêlo – cm ( <i>Hair depth - cm</i> )	0,5		
<b>Couro (Hide)</b>	Fino ( <i>Thin</i> )		
<b>Animal ofegante (Cattle panting)</b>	Nenhum ( <i>None</i> )		
Temperatura mínima noturna (°C) <i>Minimum night temperature (°C)</i>	13		
<b>Atividade (Activity)</b>	Pastejo contínuo ( <i>Continuous grazing</i> )		
Tempo gasto descansando – horas <i>Time spent standing – hours</i>	12		

Número de mudanças de posição corporal – dias <i>Number of body position changes – day</i>	6
Distância caminhando na horizontal – metros <i>Flat distance walked – meter</i>	1.500
Distância caminhando na vertical – metros <i>Sloped distance walked – meter</i>	0

\* O valor da primeira média do rebanho (1.800 kg/ano) corresponderia à primeira produção de leite (8 kg/dia) no 30<sup>o</sup> dia de lactação, repetindo na primeira produção de leite (7 kg/dia) no 105<sup>o</sup> dia de lactação e, assim, sucessivamente. *The values of the first rolling herd average (1.800 kg/yr) would correspond the first production of milk (8 kg/day) in the 30<sup>o</sup> lactation days, repeating in the first production of milk (7 kg/day) in the 105<sup>o</sup> lactation days and so forth.*

Tabela 4 - Preço (R\$) de mercado de produtos para entrada no “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) versão 4.0

Table 4 – Market price (R\$) of products for input in Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) version 4.0

Produtos <i>Products</i>	Preço -R\$ <i>Price – R\$</i>
<b>Custo 1 litro de leite C<sup>1</sup> (Cost 1 liter of milk C)</b>	0,32
<b>Custo cana-de-açúcar - ha/ano (Cost sugarcane - ha/yr)</b>	1.907,50
1 t de milho grão ( <i>1 t corn grain</i> )	200,00
1 t farelo de soja ( <i>1 t soybean meal</i> )	500,00
1 t uréia ( <i>1 t urea</i> )	582,00
1 t sulfato de amônia ( <i>1 t ammonium sulfate</i> )	377,00
1 t calcário ( <i>1 t calcium carbonate</i> )	48,00
1 t fosfato bicálcio ( <i>1 t dicalcium phosphate</i> )	572,33

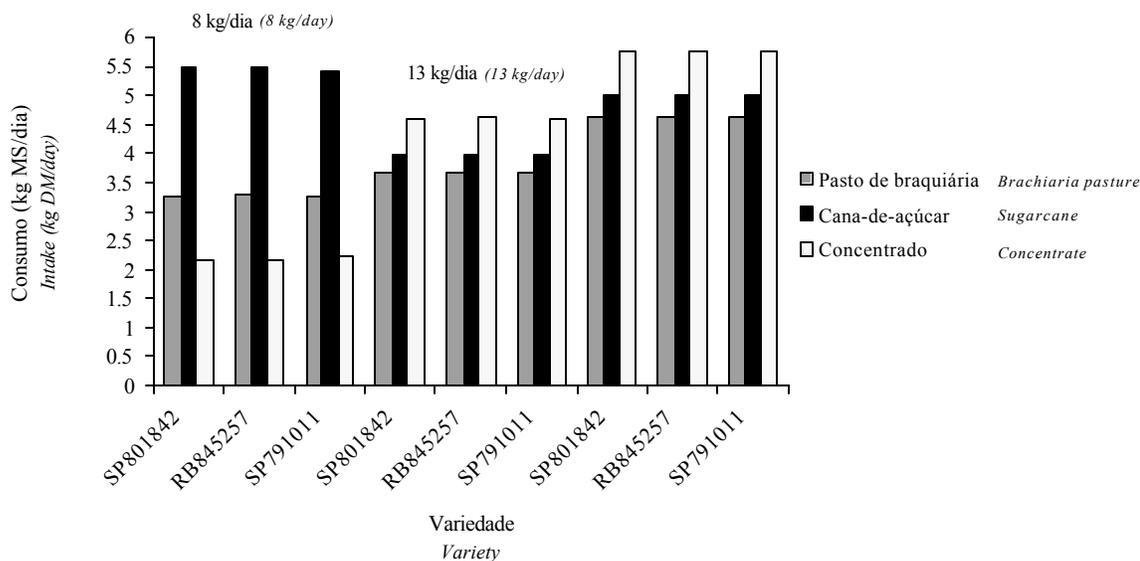
<sup>1</sup> Média de maio a outubro de 2001. *Average from May to October 2001.*

Fonte: FNP (2001). *Source: FNP (2001).*

US\$ = 2,50 R\$. *US\$ = 2.50 R\$.*

As variáveis de interesse para a interpretação dos resultados, fornecidas pelo CNCPS, foram estimativa da produção de leite, em função da disponibilidade de energia metabolizável (EM) e de proteína metabolizável (PM) (kg/dia); estimativa da mobilização e reposição das reservas corporais a partir da mudança de peso vivo (kg/dia); estimativa de parâmetros ruminais a partir da PM microbiana (g/dia); balanço de peptídeo (g/dia); balanço de N ruminal (g/dia); pH; excesso de N excretado (g/dia); taxa de passagem da cana-de-açúcar (h<sup>-1</sup>); custo da alimentação (R\$/l e R\$/cab/dia); e reais excedente ao gasto com alimentação (R\$/l e R\$/cab/dia).

#### Resultados e Discussão



Consumo de matéria seca

Conforme foi estipulado previamente, o consumo estimado de MS (CEMS) do pasto de capim *B. brizantha* foi mantido constante, correspondendo a 30% do CEMS total. Já com relação ao consumo de cana-de-açúcar e concentrado, eram esperadas variações conforme o nível de produção da vaca e o dia de lactação (Figuras 2, 3 e 4).

Figura 2 - Estimativa do consumo de matéria seca do pasto de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha*), cana-de-açúcar e concentrado para vacas com nível de produção no pico de lactação de 8, 13 e 18 kg/dia, respectivamente, no 30<sup>o</sup> dia de lactação.

Figure 2 - Estimate of dry matter intake of the *Brachiaria brizantha* grass pasture, sugarcane and concentrate for cows with production level at the peak of lactation of 8, 13 and 18 kg/day, respectively, in the 30<sup>th</sup> day of lactation.

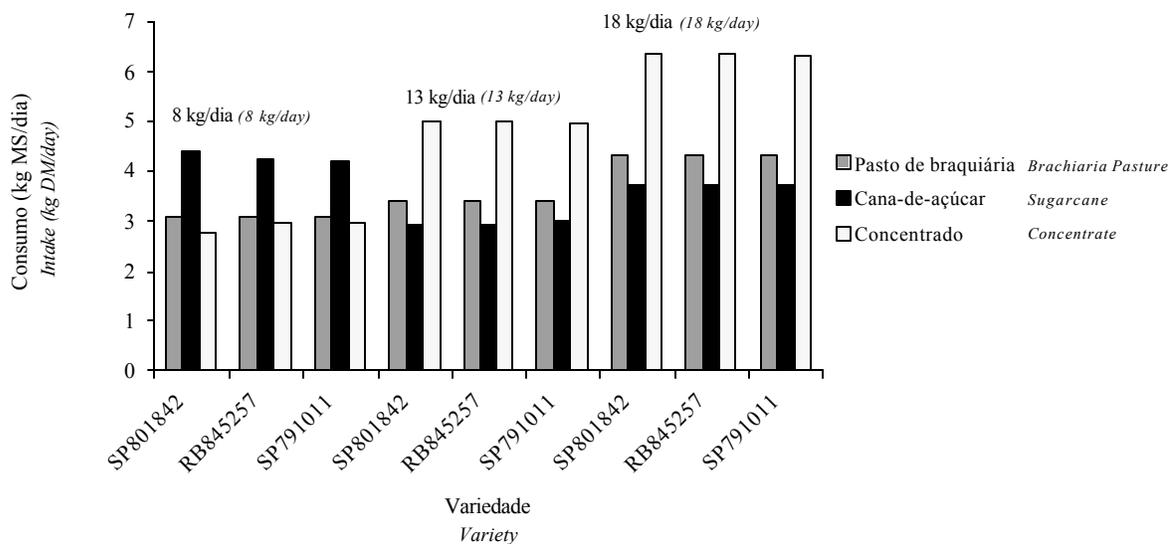


Figura 3 - Estimativa do consumo de matéria seca do pasto de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha*), cana-de-açúcar e concentrado para vacas com nível de produção no pico de lactação de 8, 13 e 18 kg/dia, respectivamente, no 105<sup>o</sup> dia de lactação.

Figure 3 - Estimate of dry matter intake of the *Brachiaria brizantha* grass pasture, sugarcane and concentrate for cows with production level in the peak of lactation of 8, 13 and 18 kg/day, respectively, in the 105<sup>th</sup> day of lactation.

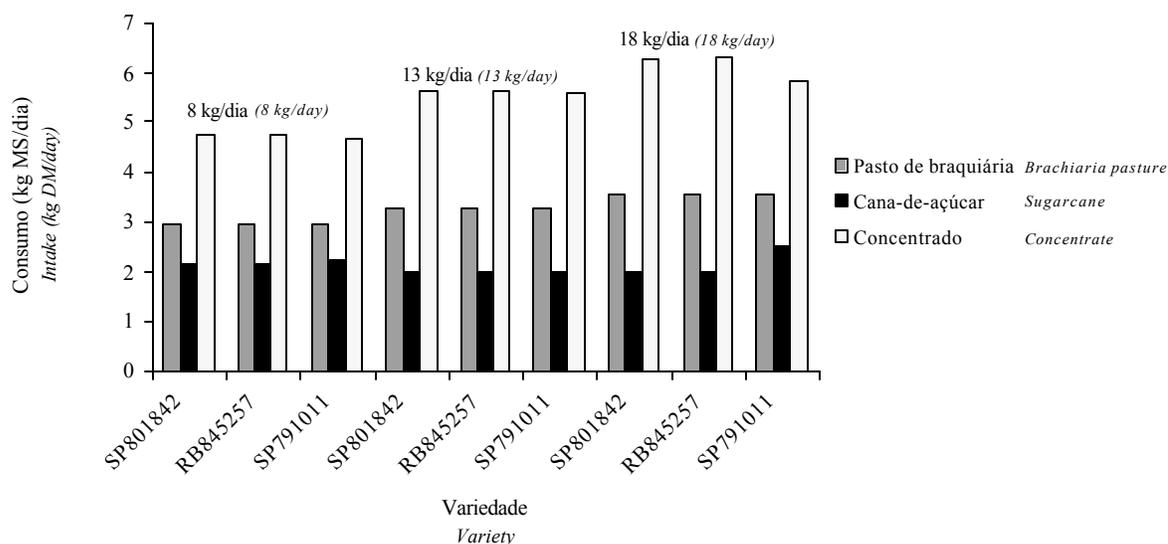


Figura 4 - Estimativa do consumo de matéria seca do pasto de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha*), cana-de-açúcar e concentrado para vacas com nível de produção no pico de lactação de 8, 13 e 18 kg/dia, respectivamente, no 225<sup>o</sup> dia de lactação.

Figure 4 - Estimate of dry matter intake of the *Brachiaria brizantha* grass pasture, sugarcane and concentrate for cows with production level in the peak of lactation of 8, 13 and 18 kg/day, respectively, in the 225<sup>th</sup> day lactation.

As diferenças de CEMS diário entre as três variedades de cana-de-açúcar, dentro de cada dia de lactação e dentro do mesmo nível de produção de leite no pico de lactação, foram pequenas (Figuras 2, 3 e 4). Contudo, os resultados estimados para o 30<sup>o</sup> dia de lactação (Figura 2) entre os níveis de produção de leite no pico de lactação variaram de 32,5 a 50,1% do consumo de MS total, correspondendo a 4,99 kg (3,68 kg

de pasto e 4,60 kg de concentrado) e 5,49 kg (3,29 kg de pasto e 2,18 kg de concentrado) para uma produção de leite de 18 e 8 kg/dia, respectivamente.

Para o 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação (Figuras 3 e 4), as maiores proporções de cana-de-açúcar no CEMS total foram também para menor nível de produção no pico de lactação. Foi observada variação de 25,7 a 43,2% e 16,8 a 22,6% do consumo de MS total para o 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação respectivamente, que correspondia entre 2,92 (3,40 kg de pasto e 5,02 kg de concentrado para um nível de produção de leite de 13 kg/dia) e 4,42 kg (3,06 kg de pasto e 2,75 kg de concentrado para 8 kg/dia de produção de leite) e 1,99 (3,56 kg de pasto e 6,31 kg de concentrado para um nível de produção de leite de 18 kg/dia) e 2,23 kg (2,96 kg de pasto e 4,67 kg de concentrado para um nível de produção de leite de 8 kg/dia).

É notável a deficiência nutricional da cana-de-açúcar pela necessidade de inclusão de concentrado, principalmente no último período de lactação (225<sup>o</sup> dia), no qual existe necessidade de ganho de peso corporal, para que a vaca possa parir em bom estado de condição corporal (ECC).

Rocha (1987), avaliando o consumo das vacas mantidas em pastejo rotacionado de capim-elefante, relatou que, da dieta ingerida pelas vacas, 30% da matéria seca era da pastagem (3,30 kg) e os outros 70%, da cana com 1% de uréia (5,80 kg) e 2,0 kg de ração concentrada. Deresz (1999), investigando o consumo de cana-de-açúcar durante a época seca do ano, para vacas em pastagens de capim-elefante, encontrou consumo médio de 5,5 e 5,8 kg de MS/dia para os tratamentos sem e com 2 kg/vaca/dia de concentrado, respectivamente, e produção respectiva de leite de 7,7 a 8,9 kg/vaca/dia para os tratamentos sem e com concentrado.

Soares et al. (1999), também pesquisando o consumo de matéria seca em vacas em pastejo rotacionado de capim-elefante, observaram que a pastagem contribuiu com

26% (2,85 e 2,84 kg em julho e outubro, respectivamente) da matéria seca total consumida em julho/outubro, enquanto a cana-de-açúcar mais uréia contribuiu com 58% (6,14 e 6,40 kg em junho e outubro, respectivamente) e o concentrado, com 16% (1,70 e 1,76 kg em junho e outubro, respectivamente) da dieta total, durante todo este período experimental, no qual a produção média diária de leite foi de 11,6 e 9,8 kg, em junho e outubro, respectivamente.

#### *Produção de leite*

***Constam na Figura 5 os resultados estimados pelo CNCPS em relação ao nível de produção de leite no pico de lactação e ao dia de lactação para produção de leite, em função da disponibilidade de energia metabolizável (EM) das diferentes rações compostas pelas variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011.***

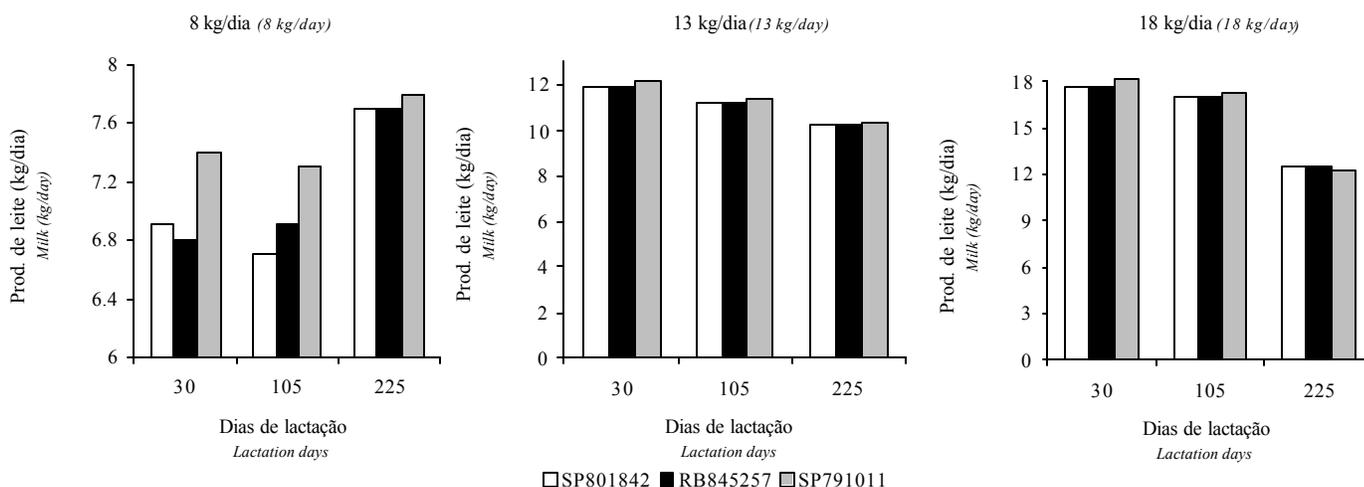


Figura 5 - Estimativa da produção de leite, em função da disponibilidade de energia metabolizável (EM) da ração com diferentes variedades de cana-de-açúcar, para vacas com nível de produção no pico de lactação de 8, 13 e 18 kg/dia, respectivamente, no 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação.

Figure 5 - Estimate of milk production in function of the allowable metabolizable energy (ME) of the diet with different sugarcane varieties, for cows with production level in the lactation peak of 8, 13 and 18 kg/day, respectively, in the 30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation.

*Levando-se em consideração que o número médio de dias do parto até o pico de lactação ocorre próximo a 30 dias (Ferreira, 1995; Londoño, 1996; Campos, 1998), período no qual as exigências nutricionais não são atendidas pelo consumo de MS, já era de se esperar que todas as variedades de cana-de-açúcar juntamente com o concentrado não conseguissem suprir as exigências de EM até para um nível de produção de leite de 13 kg/dia, já que o nível de produção de 18 kg/dia necessitou de mais concentrado para que o balanço adequado de peptídeo e N fossem atingidos. A produção de leite em função da disponibilidade de proteína metabolizável (PM) foi atendida até o nível de produção de leite de 18 kg/dia em todos os dias de lactação.*

*Observa-se, no 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação, que todas as rações independentes das variedades de cana-de-açúcar em estudo conseguiram atender às exigências de produção de leite, em função da disponibilidade de EM, até uma produção no pico de lactação de 18 kg/dia, com pequena superioridade para o tratamento com a variedade SP 791011. Esta pequena superioridade pode ser atribuída ao maior valor de nutrientes digestíveis totais (NDT), estimado pela equação de Weiss (1993), que foi de 64,67%, enquanto as variedades SP 801842 e RB 845257 apresentaram valores de 63,05 e 63,34%, respectivamente, à menor proporção de lignina na FDN, resultando em menor fração C dos carboidratos e, conseqüentemente, maior taxa de digestão dos carboidratos não-fibrosos (CNF).*

#### **Parâmetros ruminais**

*Os resultados estimados dos parâmetros ruminais, em função do pico de lactação, para vacas consumindo ração com diferentes variedades de cana-de-açúcar, no 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação, estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7.*

*Observou-se pequena superioridade da variedade SP 791011, em relação às demais, na produção de proteína metabolizável (PM) microbiana, independentemente do nível de produção e do dia de lactação, o que poderá resultar em melhor desempenho animal, já que a PM microbiana sintetizada no rúmen fornece 50% ou mais dos aminoácidos disponíveis para a absorção, em rações balanceadas, sendo considerada uma fonte de aminoácidos de alta qualidade (Schwab, 1996).*

*Tabela 5 – Estimativa de parâmetros ruminais, em função do nível de produção no pico de lactação, para vacas consumindo ração com diferentes variedades de cana-de-açúcar, no 30<sup>o</sup> dia de lactação*

**Table 5 – Estimate of ruminal parameters according of the production level in the lactation peak for cows fed ration with different sugarcane varieties, in the 30<sup>th</sup> day of lactation**

Parâmetros ruminais <i>Ruminal parameters</i>	Nível de produção de leite no pico de lactação <i>Production level in the lactation peak</i>								
	8 kg/dia (8 kg/day)			13 kg/dia (13 kg/day)			18 kg/dia (18 kg/day)		
	Variedade (Variety)								
	SP 801842	RB 845257	SP 791011	SP 801842	RB 845257	SP 791011	SP 801842	RB 845257	SP 791011
PM microbiano (g/dia) <i>MP from bacteria (g/day)</i>	758	739	769	879	866	886	1077	1060	1084
PM oriundo da PNDR (g/dia) <i>MP from UIP (g/day)</i>	291	287	295	351	350	349	492	491	496
Balço de peptídeo (% do req.) <i>Peptide balance (% of req.)</i>	100	103	100	102	105	101	100	102	101
Balço de N ruminal (% do req.) <i>Ruminal N balance (% of req.)</i>	113	115	111	108	109	106	109	110	108
Estimativa do pH ruminal <b>Predicted ruminal pH</b>	6,46	6,46	6,46	6,40	6,45	6,40	6,40	6,45	6,40
Excesso de N excretado (g/dia) <i>Excess N excreted (g/day)</i>	47	45	48	30	30	28	32	32	33
Taxa de passagem da cana-de-açúcar (h <sup>-1</sup> ) <i>Sugarcane passage rate (h<sup>-1</sup>)</i>	4,05	4,05	4,03	3,84	3,84	3,83	4,52	4,52	4,52

PNDR – proteína não degradável no rúmen. UIP – undegraded intake protein.

**Tabela 6 – Estimativa de parâmetros ruminais, em função do nível de produção no pico de lactação, para vacas consumindo ração com diferentes variedades de cana-de-açúcar, no 105<sup>o</sup> dia de lactação**

**Table 6 – Estimate of ruminal parameters according of the production level in the lactation peak for cows fed ration with different sugarcane varieties, in the 105<sup>th</sup> day of lactation**

Parâmetros ruminais <i>Ruminal parameters</i>	Nível de produção de leite no pico de lactação <i>Production level in the lactation peak</i>								
	8 kg/dia (8 kg/day)			13 kg/dia (13 kg/day)			18 kg/dia (18 kg/day)		
	Variedade (Variety)								
	SP 801842	RB 845257	SP 791011	SP 801842	RB 845257	SP 791011	SP 801842	RB 845257	SP 791011
PM microbiano (g/dia)	725	713	735	830	820	835	1024	1011	1029

<i>MP from bactéria (g/day)</i>									
PM oriundo da PNDR (g/dia)	270	271	271	321	321	318	456	455	456
<i>MP from UIP (g/day)</i>									
Balanço de peptídeo (% do req.)	100	104	100	103	105	102	100	102	100
<i>Peptide balance (% of req.)</i>									
Balanço de N ruminal (% do req.)	112	113	109	107	108	106	107	108	106
<i>Ruminal N balance (% of req.)</i>									
Estimativa do pH ruminal	6,46	6,46	6,46	6,34	6,37	6,35	6,34	6,37	6,34
<b>Predicted ruminal pH</b>									
Excesso de N excretado (g/dia)	47	48	47	32	32	30	37	36	36
<i>Excess N excreted (g/day)</i>									
Taxa de passagem da cana-de-açúcar (h <sup>-1</sup> )	3,79	3,74	3,73	3,60	3,60	3,61	4,29	4,29	4,28
<i>Sugarcane passage rate (h<sup>-1</sup>)</i>									

PNDR – proteína não degradável no rúmen. UIP – undegraded intake protein.

**Tabela 7 – Estimativa de parâmetros ruminais, em função do nível de produção no pico de lactação, para vacas consumindo ração com diferentes variedades de cana-de-açúcar, no 225<sup>o</sup> dia de lactação**

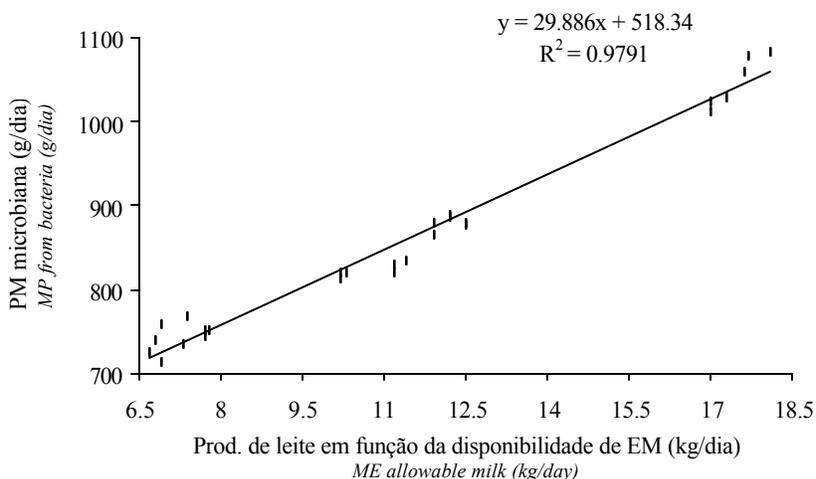
**Table 7 – Estimate of ruminal parameters according of the production level in the lactation peak for cows fed ration with different sugarcane varieties, in the 225<sup>th</sup> day of lactation**

Parâmetros ruminais <i>Ruminal parameters</i>	Nível de produção de leite no pico de lactação <i>Production level in the lactation peak</i>								
	8 kg/dia (8 kg/day)			13 kg/dia (13 kg/day)			18 kg/dia (18 kg/day)		
	Variedade (Variety)								
	SP 801842	RB 845257	SP 791011	SP 801842	RB 845257	SP 791011	SP 801842	RB 845257	SP 791011
PM microbiano (g/dia)	752	745	752	819	813	821	877	880	889
<i>MP from bactéria (g/day)</i>									
PM oriundo da PNDR (g/dia)	251	251	254	292	292	290	335	335	330
<i>MP from UIP (g/day)</i>									
Balanço de peptídeo (% do req.)	102	104	104	104	105	103	105	105	100
<i>Peptide balance (% of req.)</i>									
Balanço de N ruminal (% do req.)	108	109	108	108	108	107	110	109	107
<i>Ruminal N balance (% of req.)</i>									
Estimativa do pH ruminal	6,30	6,33	6,31	6,27	6,29	6,27	6,25	6,27	6,29
<b>Predicted ruminal pH</b>									
Excesso de N excretado (g/dia)	62	61	62	49	49	48	40	38	32

<i>Excess N excreted (g/day)</i>									
Taxa de passagem da cana-de-açúcar (h <sup>-1</sup> )	3,07	3,07	3,08	3,21	3,21	3,20	3,40	3,40	3,50
<i>Sugarcane passage rate (h<sup>-1</sup>)</i>									

PNDR – proteína não degradável no rúmen. UIP – undegraded intake protein.

*A produção de PM microbiana estimada em cada tratamento foi maior para os níveis mais acentuados de produção de leite, independentemente do dia de lactação. Isto está diretamente correlacionado ( $R^2 = 0,98$ ) com maior disponibilidade de energia, como pode ser observado na Figura 6, pois, conforme Shirley (1986), para que o processo da síntese de proteína microbiana ocorra de maneira eficiente, torna-se necessária a presença de uma fonte adequada de energia no meio, uma vez que a energia fermentável influencia o crescimento dos microrganismos ruminais e a quantidade de  $N-NH_3$  a ser convertida em proteína microbiana.*



**Figura 6 – Relação entre a produção de leite, em função da disponibilidade de energia metabolizável (EM), e a proteína metabolizável (PM) microbiana.**

**Figure 6 – Relation between milk production in function of the allowable metabolizable energy (ME) and the microbial metabolizable protein (MP).**

*O balanço nutricional consiste em determinar a ingestão de certo elemento e todas as excreções e perdas deste elemento pelo corpo e seus resultados servem para avaliar a qualidade dos ingredientes nos vários modos de balanceamento da ração (Silva & Leão, 1979). Como foi estabelecido que o balanço de peptídeo e o balanço de N no rúmen ficassem entre 100 e 105 e 105 e 120% do requerido, respectivamente, para maximizar o crescimento microbiano (Fox et al., 2000), praticamente não existiram diferenças entre os tratamentos, independentemente do nível de produção de leite e dia de lactação. A eficiência de aproveitamento do N aumentou em função do nível de produção, comprovado pela estimativa do excesso de N excretado, independentemente do dia de lactação, devido às maiores exigências nutricionais em níveis de produções mais elevados, revelando a exigência de boa sincronização entre a disponibilidade de N e a degradação de carboidratos, resultando na minimização das perdas nitrogenadas.*

Os valores médios estimados de pH ruminal foram semelhantes aos verificados por outros autores (Valdez et al., 1977), que utilizaram dietas com base em cana-de-açúcar, e estão acima de 6,0, variando nesta simulação entre 6,25 e 6,46, o que não limitaria a atuação dos microrganismos fibrolíticos.

Valdez et al. (1977) atribuíram aos valores, normalmente altos, do pH ruminal de bovinos recebendo dietas com base em cana-de-açúcar a uma ação reguladora exercida pelos protozoários ruminais, por intermédio de uma estocagem dos açúcares disponíveis para a fermentação ruminal. Já para Preston & Leng (1981), os valores altos e

constantes de pH devem-se à secreção salivar, em que grande parte de tempo é despendida com mastigação e ruminação, e não necessariamente em função das grandes quantidades de nitrogênio não-protéico incorporadas às dietas, uma vez que animais privados de uréia ou alimentados com quantidades restritas apresentaram valores de pH igualmente altos.

Aroeira et al. (1995) determinaram o valor do pH de fluido ruminal de bovinos alimentados com cana-de-açúcar e 1% de uréia adicionada de 22,5% de farelo de algodão. O pH ruminal permaneceu estável entre 5,6 e 6,6, durante todo o período de amostragem.

A taxa de passagem no rúmen variando de 3,07 a 4,52 h<sup>-1</sup>, estimada para cana-de-açúcar, foi superior à observada por Aroeira et al. (1995) para vacas de início de lactação recebendo dieta baseada em cana-de-açúcar, que foi de 2,6 h<sup>-1</sup>, enquanto, para novilhos recebendo a mesma dieta, os valores foram bem próximos, pois estes variaram de 2,2 a 4,6 h<sup>-1</sup> (Aroeira et al., 1993; Rodriguez et al., 1993).

#### *Mobilização e reposição das reservas corporais*

Todas as variedades de cana-de-açúcar em estudo conseguiram atender às exigências das vacas aos níveis de produção de leite de 8, 13 e 18 kg/dia, de modo que a perda de peso vivo estimada não ultrapassou 200 g/dia (Figura 7).

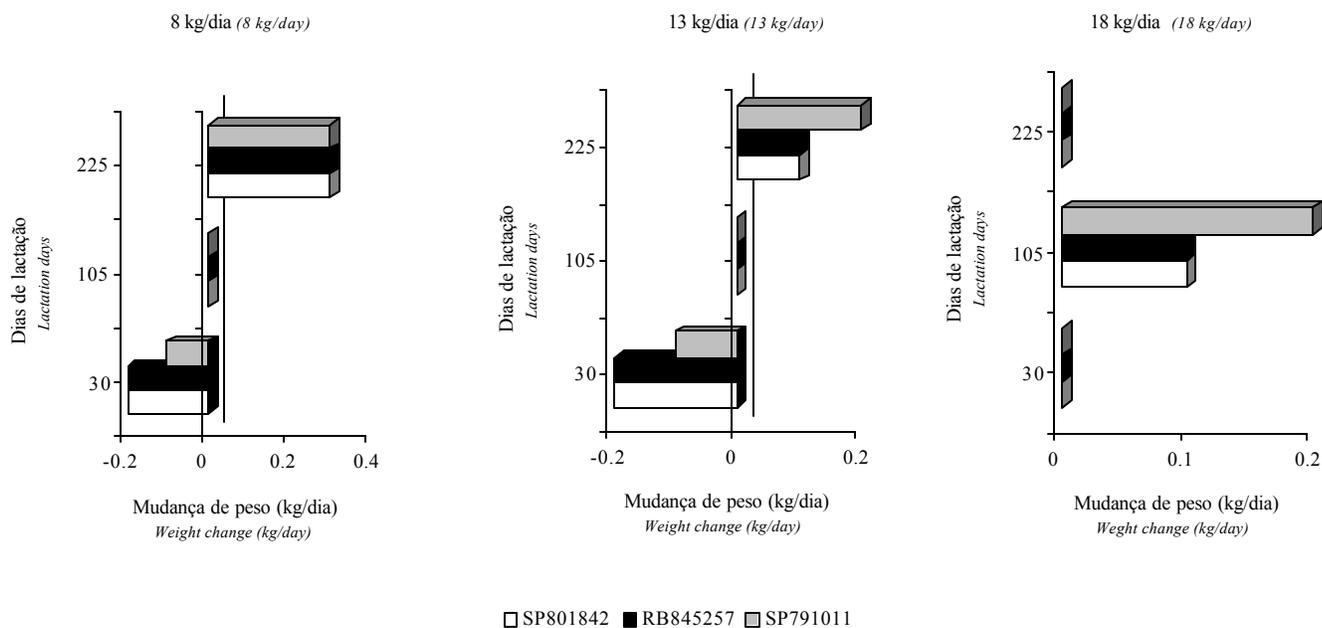


Figura 7 - Estimativa de mudança de peso vivo corporal (kg/dia) em vacas recebendo rações com diferentes variedades de cana-de-açúcar, para nível de produção no pico de lactação de 8, 13 e 18 kg/dia, respectivamente, no 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação.

Figure 7 – Estimative of daily weight change (kg/day) in cows fed rations with different sugarcane varieties and production level in the peak of lactation of 8, 13 and 18 kg/day, respectively, in the 30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation.

No nível de produção de 18 kg/dia, conseguiu-se até que não existissem perdas de peso, porém houve maior ingestão de concentrado para atender às exigências do balanço de peptídeo e de N. Em razão de as vacas terem parido em bom ECC (3,5), a estimativa da mobilização de reservas corporais já era esperada, porém foi menor que a prevista (1 kg/dia) para o período, o que seria benéfico para o animal, indicando que a alimentação estaria adequada para atender a suas exigências.

Tamminga et al. (1997) observaram nas primeiras 8 semanas de lactação perda de peso médio diário de 866 g com variações de 321 a 1634 g/dia, totalizando 48,5 kg de perda de peso durante este período, em vacas com produção média diária de 34,7 kg. Segundo Nebel & McGilliard (1993), as exigências energéticas de vacas lactantes são atendidas com a combinação de consumo dietético e mobilização de reservas corporais. Vacas leiteiras de alta produção não podem manter o balanço energético positivo (consumo abaixo das exigências energéticas para satisfazer a manutenção e produção), durante o início da lactação e devem, portanto, mobilizar reservas corporais.

Um trabalho que monitorou o peso corporal de vacas leiteiras e as suas variações diárias de peso, para vacas consumindo cana-de-açúcar, foi desenvolvido por Peixoto et al. (1994). As vacas estavam consumindo 8,83 kg de MS de cana-de-açúcar e 6,36 kg de MS de concentrado e, durante as dez primeiras semanas após o parto, perderam 27,5 kg, apresentando variações nas perdas diárias de peso, sendo que, nas duas primeiras semanas, observou-se perda média diária de 1329,3 gramas, apesar de estarem em pico de lactação produzindo 24,1 kg de leite/dia. Já da 11<sup>a</sup> a 20<sup>a</sup> semana de lactação, a perda acumulada no período foi de 2 kg/vaca.

As recomendações para não existirem perdas de peso foram atendidas no 105<sup>o</sup> dia de lactação, com estimativas de ganhos de peso para o nível de produção de até 18 kg/dia no pico de lactação (Figura 7).

No 225<sup>o</sup> dia de lactação, as três variedades de cana-de-açúcar em estudo apenas satisfizeram o nível de produção de 8 kg/dia, pois a partir deste nível ocorreram ganhos de peso abaixo do desejável ou até mesmo inexistência de ganhos, como ocorrido para o nível de produção de 18 kg/dia, o que seria forte indicativo de ineficiência nas produções futuras. Segundo Paiva et al. (1986), neste período, a vaca deveria ganhar em torno de 300 g/dia. Atendidas as exigências de manutenção, gestação e lactação, o

alimento ingerido em excesso antes do parto, desde que de boa qualidade e em quantidade, principalmente forragens, será transformado em gordura e armazenado no corpo do animal, constituindo uma reserva de que os animais poderão dispor para a próxima lactação (Ferreira, 2000).

Nesta simulação, as variações adequadas de mobilização e reposição de reservas corporais foram respeitadas em todos os dias de lactação para um nível de produção de leite no pico de lactação de apenas 8 kg/dia, independentemente da variedade, porém, a variedade SP 791011 foi a que alcançou melhores respostas. Para um nível de produção de leite no pico de lactação de 13 e 18 kg/dia, as respostas seriam adequadas para o 30<sup>o</sup> e 105<sup>o</sup> dia de lactação, já que no 225<sup>o</sup> dia de lactação o limite mínimo de ganho de peso de 300 g/dia não foi alcançado.

É possível observar na Figura 7 a superioridade da variedade SP 791011, pois no período de mobilização (30<sup>o</sup> dia de lactação) foi a ração composta por esta variedade que proporcionou menores estimativas de perdas de peso, representando diferença acumulada para um período de 60 dias de 6 kg/vaca a mais no seu peso, quando comparada com vacas que receberam rações com as variedades SP 801842 e RB 845257. Esta mesma superioridade ocorreu em períodos de reposição de reserva corporal, atingindo ganhos de 100 g/dia a mais, quando comparados com vacas que receberam rações com as variedades SP 801842 e RB 845257.

Segundo Preston (1977), a cana-de-açúcar possui alto teor de carboidratos prontamente fermentáveis e seu fornecimento a ruminantes, aliado apenas a fontes de nitrogênio não protéico, não leva a bons resultados. Fica claro, portanto, que apenas o fornecimento da suplementação da pastagem no período seco com cana-de-açúcar, uréia e sulfato de amônia, apesar de ser relativamente mais econômico, não teria a capacidade de promover ganhos de peso. Para evidenciar esta afirmativa, realizaram-se simulações

da suplementação (70% do consumo de MS total) a pasto com a variedade de cana-de-açúcar SP 791011 + 1% de uréia e sulfato de amônia, no menor nível de produção (8 kg/dia no pico de lactação), nos três dias de lactação (30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação), e os resultados estimados pelo CNCPS foram, respectivamente: perda de 600, 700 e 500 g/dia; deficiência protéica refletindo em balanço de peptídeo e N negativo, atendendo em apenas 12 e 60%, respectivamente, do exigido nos diferentes períodos de lactação.

#### *Avaliação econômica*

No custo de produção do leite, o item que mais se destaca é aquele referente à alimentação, que representa algo em torno de 45 a 70% dos custos da atividade leiteira (Carvalho, 1995). Na região Sudeste do Brasil, a alimentação comprada contribui com cerca de 40% do custo da atividade, podendo atingir 60% em países de economia mais desenvolvida (Vilela et al., 1996).

Na Tabela 8 observa-se que o custo com a alimentação suplementar total em R\$/l e R\$/cab/dia e o excedente ao gasto com a alimentação foram melhores para variedade SP 801842.

Tabela 8 - Estimativa do custo da alimentação suplementar e excedente ao gasto com suplementação em rações com diferentes variedades de cana-de-açúcar, para vacas com nível de produção no pico de lactação de 8, 13 e 18 kg/dia, respectivamente, no 30<sup>o</sup>, 105<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup> dia de lactação

*Table 8 - Estimate of the cost of the supplemental feed and surplus to the expense with supplementation in diet with different sugarcane varieties, for cows with production level in the peak of lactation of 8, 13 and 18 kg/day, respectively, in the 30<sup>th</sup>, 105<sup>th</sup> and 225<sup>th</sup> day of lactation*

Variedade (Variety)	Produtividade t MS/ha (Yield t DM/ha)	Custo R\$/tMS (Cost R\$/tDM)	Custo da alimentação (Feeding cost)		R\$ excedente ao gasto com alimentação <i>R\$ income over feed cost</i>	
			R\$/l (R\$/l)	R\$/cab/dia (R\$/head/day)	R\$/l (R\$/l)	R\$/cab/dia (R\$/head/day)
8 kg/dia no 30 <sup>o</sup> dia de lactação (8 kg/day in the 30 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,28	2,28	0,03	0,28
RB845257	22,1679	86,05	0,35	2,78	-0,03	-0,22
SP791011	23,6777	80,56	0,34	2,74	-0,02	-0,18
13 kg/dia no 30 <sup>o</sup> dia de lactação (13 kg/day in the 30 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,19	2,54	0,13	1,62
RB845257	22,1679	86,05	0,22	2,94	0,09	1,24
SP791011	23,6777	80,56	0,22	2,86	0,10	1,30
18 kg/dia no 30 <sup>o</sup> dia de lactação (18 kg/day in the 30 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,17	3,20	0,14	2,56
RB845257	22,1679	86,05	0,20	3,67	0,12	2,09
SP791011	23,6777	80,56	0,20	3,62	0,12	1,24
8 kg/dia no 105 <sup>o</sup> dia de lactação (8 kg/day in the 105 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,30	2,12	0,02	0,12
RB845257	22,1679	86,05	0,36	2,52	-0,04	-0,28
SP791011	23,6777	80,56	0,35	2,46	-0,03	-0,22
13 kg/dia no 105 <sup>o</sup> dia de lactação (13 kg/day in the 105 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,20	2,34	0,12	1,34
RB845257	22,1679	86,05	0,23	2,62	0,09	1,06
SP791011	23,6777	80,56	0,22	2,58	0,10	1,10
18 kg/dia no 105 <sup>o</sup> dia de lactação (18 kg/day in the 105 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,18	2,97	0,14	2,15
RB845257	22,1679	86,05	0,21	3,32	0,11	1,80
SP791011	23,6777	80,56	0,20	3,27	0,12	1,85
8 kg/dia no 225 <sup>o</sup> dia de lactação (8 kg/day in the 225 <sup>th</sup> lactation days)						
SP801842	36,2878	52,56	0,37	2,03	-0,05	-0,27
RB845257	22,1679	86,05	0,40	2,23	-0,08	-0,47
SP791011	23,6777	80,56	0,40	2,22	-0,08	-0,46

US\$ = 2,50 R\$. US\$ = 2.50 R\$.

Apenas foram feitas simulações de avaliação econômica para o 30<sup>o</sup> e 105<sup>o</sup> dia de lactação em todos os níveis de produção de leite e no nível de produção de 8 kg/dia

para o 225<sup>o</sup> dia de lactação, por apresentarem resultados benéficos de mobilização e reposição de reserva corporal.

Nesta simulação, encontraram-se diversos resultados que trariam prejuízos ao produtor e nenhuma das rações formulada apresentou custo de suplementação total abaixo de 53% do preço pago pelo litro de leite (0,32 R\$). Ademais, não foi adicionado ao custo da alimentação o fornecimento da pastagem. Em poucas situações, o produtor poderia ter pequena margem de lucro nesta atividade, utilizando a variedade SP 801842, nos níveis de produção de 13 kg/dia no 30<sup>o</sup> e 105<sup>o</sup> dia de lactação (0,13 e 0,12 R\$) e 18 kg/dia no 30<sup>o</sup> e 105<sup>o</sup> dia de lactação (0,14), e as variedades RB 845257 (0,12 e 0,11 R\$) e SP 791011 (0,12 R\$), no nível de produção de 18 kg/dia no 30<sup>o</sup> e 105<sup>o</sup> dia de lactação.

A partir das estimativas de custo da alimentação suplementar (Tabela 8), é possível afirmar que a suplementação alimentar em sistemas de produção de leite a pasto só será viável com especialização do produtor, utilizando-se vacas com alto potencial de produção, pois, neste estudo, foi notável a superioridade do retorno econômico das vacas mais produtivas.

Como pode ser observado na Tabela 8, o fator principal que interferiu no resultado final foi a produtividade (t MS/ha), já que a variedade SP 801842 produziu 63,69% a mais que RB 845257 e 53,26% a mais que SP 791011, o que resultou em maior retorno econômico. Provavelmente, foi a baixa produtividade das variedades RB 845257 e SP 791011 que provocou o menor retorno econômico, inviabilizando a utilização destas variedades, apesar de suas potencialidades, merecendo melhoramento genético para alcançar níveis de produtividade melhores.

Torres et al. (2001), conduzindo ensaios de competição de 13 variedades de cana-de-açúcar em diferentes regiões, clima e solo, sem irrigação, em parceria com órgãos de

extensão e assistência técnica, obtiveram produtividades médias de 145 t de matéria natural (MN)/ha, bem acima das obtidas com as variedades utilizadas neste trabalho, que foram de 132,36; 73,45; e 78,30 t MN/ha para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011, respectivamente. Segundo esses autores, com potencial para 120 t/ha/ano de forragem, a cana-de-açúcar é um recurso forrageiro incomparável, com grande potencial para incrementar a indústria de gado nos trópicos. Esta afirmativa se confirmou nesta simulação, pois, ao elevar a produtividade das variedades RB 845257 e SP 791011, que apresentaram melhor desempenho produtivo, para alcançar retorno econômico (R\$/l) igual à variedade SP 801842, as produtividades deveriam ser de 119,68 e 117,00 t MN/ha, respectivamente, contanto que preservem a mesma qualidade químico-bromatológica apresentada.

Tirado et al. (2001), analisando o custo do alimento na produção leiteira da região de Pitangueiras, SP, em sistemas de produção que utilizavam cana-de-açúcar com uréia mais concentrado, como suplemento alimentar no período da seca, observaram valores de 0,18 e 0,15 R\$/l de leite em dois diferentes sistemas. Novaes et al. (2001), em estudo sobre a evolução, sustentabilidade, desempenho técnico e econômico, do Modelo Físico de Sistema Intensivo de Produção com gado mestiço HxZ a pasto, da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, no período de 1977 a 2000, concluíram que a análise de rentabilidade indica “performance” econômica satisfatória, com ganho real para remuneração do capital (14%), margem líquida unitária (US\$ 0,04/litro) e lucro unitário (US\$ 0,01/litro). Esses autores afirmam que estes resultados indicam serem sustentáveis, colocando-os como referencial tecnológico para produção de leite com rebanho mestiço Holandês x Zebu, a pasto.

Porém, seria importante ressaltar que as margens de lucro das possíveis situações neste estudo necessitariam de grande escala de produção e profissionalização, para que o risco potencial de não se obterem vantagens fosse bastante reduzido.

### **Conclusões**

Vacas leiteiras consumindo rações à base de cana-de-açúcar, no período da seca, só conseguem alcançar níveis adequados de mobilização e reposição de reservas corporais, para todo o período de lactação, quando possuem produções no pico de lactação de 8 kg/dia. No entanto, para níveis de produção de leite no pico de lactação de 13 e 18 kg/dia, rações com cana-de-açúcar não conseguem atingir ganhos de peso adequados para repor as reservas corporais.

As variedades de cana-de-açúcar utilizadas para alimentação de vacas leiteiras, no período da seca, deveriam apresentar a mesma qualidade químico-bromatológica da variedade SP 791011, a qual apresentou melhor potencial para desempenho produtivo, porém com níveis de produtividade (t MS/ha) compatíveis aos apresentados pela variedade SP 801842, que garantiu o melhor retorno econômico.

### **Literatura Citada**

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

- AROEIRA, L.J.M.; SILVEIRA, M.I.; LIZIERE, R.S. et al. Digestibilidade, balanço de nitrogênio e concentração de amônia no rúmen de novilhos mestiços alimentados com cana-de-açúcar e uréia mais farelos de arroz ou de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.6, p.893-901, 1993.
- BANDA, M.; VALDEZ, R.E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.1, p.94-97, 1976.
- BARBOSA, P.F.; ASSIS, A.G. Modelos de simulação como auxílio à tomada de decisões em sistemas de produção de gado de leite. In: BARBOSA, P.F.; ASSIS, A.G.; COSTA, M.A.B. (Eds.) **Workshop sobre modelagem e simulação de sistemas de produção animal: estado da arte e perspectivas**. São Carlos: Embrapa, 1999. p.1-28.
- BIONDI, P.; CAIELLI, E.L.; FREITAS, E.A.N. et al. Substituição parcial e total da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. **Boletim de Indústria Animal**, v.35, p.45-55, 1978.
- BUTLER, W.R.; SMITH, R.D. Relationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v.72, p.767-783, 1989.
- CAMPOS, J.M.S. **Balanço dietético cátion-ânion na alimentação de vacas leiteiras, no período do pré-parto**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 103p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.
- CARVALHO, M.P. Escolha econômica de alimentos define dieta. **Balde Branco**. v.34, n.369, p.21-25, 1995.

- CHACON, E.; STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of grass sward on the eating behavior of cattle. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 27, p.709-727, 1976.
- CLARK, D.A.; KANNEGANTI, V.R. Grazing management systems for dairy cattle. In: CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. (Eds.) **Grass for dairy cattle**. Wallingford, UK, CAB International, 1998. p.311-334.
- DERESZ, F. **Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, n.54, 1999. 29p.
- DONEFER, E. Utilización de la caña descortezada como pienso. FAO Animal Production and Health Paper. **Sugarcane as feed** Rome, v.72, p.123-133, 1988.
- EUCLIDES, V.P.B. Intensificação da produção de carne bovina em pastagem. In **CURSO SUPLEMENTAÇÃO EM PASTO E CONFINAMENTO DE BOVINOS**, 2000. Campo Grande: Embrapa de Gado de Corte, 2000. Disponível sítio Embrapa Gado de Corte. Publicações não seriadas. URL: [/cursosuplementacao/manejo/6.html](http://cursosuplementacao/manejo/6.html). Consultado em 17 de junho de 2001.
- FERGUSON, J.S. Nutrition and reproduction in dairy cows. In: **The veterinary clinics of North America: Food animal practice – dairy nutrition management** v.7, n.2, p.483-507, 1991.
- FERREIRA, A.M. Alimentação e comportamento reprodutivo de vacas leiteiras. In: BRESSAN, M.; MARTINS, C.E.; VILELA, D. (Eds.) Sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil. 2000. Goiânia. II Simpósio sobre Sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, Goiânia: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/ Serrana Nutrição Animal. 2000. p.91-106.

FERREIRA, M.A. **Sistemas de manejo da ordenha no desempenho de vacas e bezerros**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 74p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO LTDA. [www.fnp.com.br](http://www.fnp.com.br). Consultado em 04/12/2001

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; VAN AMBURGH, M.E. et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion** Model documentation. CNCPS version 4.0. Cornell University, Ithaca, N.Y., 2000. 237p.

GOMIDE, J.A. Manejo de pastagens para produção de leite. In: PRADO, I.N.; SANTOS, G.T.; MOREIRA, I. (Eds.) Simpósio Internacional de Produção de Ruminantes. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1994. p.141-168.

GOMIDE, J.A. Potencial das pastagens tropicais para a produção de carne e leite. In: PEREIRA, J.C. Sistemas de produção de gado de leite e de corte. SIMPÓSIO DE BRASILÂNDIA, 1., 1999, Brasilândia de Minas. **Anais...** Brasilândia de Minas, 1999. p.15-40.

GRANDINI, D.V. 2001. Produção de bovinos a pasto com suplementos protéicos e/ou energéticos. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Bovinocultura de Corte.

HOYOS, P.; LASCANO, C. Calidad de *Brachiaria humidicola* en pastoreo en un ecosistema de bosque semi-siempre verde estacional. **Pasturas Tropicales**, v.7, n.2, p.3-5, 1985.

- KABEYA, K.S. **Composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais e desempenho de novilhos suplementados a pasto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- LIMA, M.L.M.; MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993, p.77-105.
- LONDONÔ, A.A.S. **Somatropina bovina para vacas em lactação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 67p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- MOE, P.W.; TYRREL, H.F.; FLATT, W.P. Energetics of body tissue mobilization. **Journal of Dairy Science**, v.54, n.4, p.548-553, 1971.
- NAUFEL, F.; GOLDMAN, E.F.; GUARAGNA, R.N. et al. Estudo comparativo entre cana-de-açúcar e silagens de milho, sorgo e capim napier na alimentação de vacas leiteiras. **Boletim de Indústria Animal**, v.26, p.9-22, 1969.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- NEBEL, R.L.; MCGILLIARD, M.L. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3257-3268, 1993.
- NOVAES, L.P.; COSTA, J.L.; SÁ, W.F. et al. 2001. Evolução e sustentabilidade de um modelo físico de sistema intensivo de produção de leite a pasto com gado mestiço Holandês x Zebu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Sistemas de Produção e Economia, código 0489.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; MANZANO, R.P. 2001. Volumosos suplementares na produção de bovinos de corte em pastagens. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia / Sonopress, [2001]. CD-ROM. Bovinocultura de Corte.

PAIVA, J. A J.; CRUZ, G. M.; CARVALHO, M.R. et al. Efeito de dois níveis de concentrado no período inicial da lactação sobre a produção de leite e a eficiência reprodutiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.1, p.67-77, 1986.

PEIXOTO, F.A.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Utilização do complexo ácido graxo-cálcio na dieta de vacas em lactação, alimentadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.2, p.173-180, 1994.

PEREIRA, J.C. **Vacas leiteiras: aspectos práticos da alimentação**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2000. 198p.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. **Supplementation of diets based on fibrous residues and by-products**. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Eds.) Straw and other fibrous by-products as feed. Amsterdam: Ed. Elsevier, 1984. p.373-413.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKEBUSCH & THIVEND. **Digestive Physiology and metabolism in ruminants**. Connecticut: Ed. AVI Publishnig Company, Inc., 1981. p.621-640.

PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**, v.2, p.125-142, 1977.

ROCHA, R. **Avaliação de pasto de capim-elefante (*Pennisetum purpureun*, Schum) na produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu suplementadas com**

**diferentes fontes alimentares no período da seca.** Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 1987. 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1987.

RODRIGUEZ, N.M.; FIGUEIRA, D.G.; AROEIRA, L.J.M., et al. Efeito do nível de uréia sobre a digestibilidade aparente e o balanço de nitrogênio em bovinos leiteiros alimentados com cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.45, n.1, p.59-70, 1993.

SCHWAB, C.G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: **Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures**. Cornell University, Ithaca, N.Y., 1996. p.184-198.

SHIRLEY, R.L. Nonprotein nitrogen utilization. In: SHIRLEY, R.L. **Nitrogen and energy nutrition of ruminants**. Orlando: Academic Press, 1986. p.149-171.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba, Ed. Livroceres, 1979. 384p.

SOARES, J.P.G.; AROEIRA, L.J.M.; PEREIRA, O.G. et al. Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), sob duas doses de nitrogênio: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.889-897, 1999.

TAMMINGA, S.; LUTEIJN, P.A.; MEIJER, R.G.M. Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. **Livestock Production Science**, v.52, p.31-38, 1997.

TIRADO, G.; MARTINS, M.I.E.G.; RODRIGUES, L.R.A. 2001. Análise do custo do alimento na produção leiteira da região de Pitangueiras, SP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Sonopress, [2001]. CD-ROM. Sistemas de Produção e Economia, código 0696.

- TORRES, R.A.; COSTA, J.L.; RESENDE, H. Utilização da mistura cana-de-açúcar com uréia na alimentação de bovinos leiteiros. **Informe Agropecuário**, v.22, n.211, p.69-76, 2001.
- VALDEZ, R.E.; ALVAREZ, F.J.; FERREIRO, H.M. et al. Rumen function in cattle given sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.2, n.3, p.260-272, 1977.
- VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; ARCARO, J.R.P. et al. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas leiteiras. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.
- VILELA, D.; ALVIM, M.J.; CAMPOS, O.J.; REZENDE, J.C. Produção de leite de vacas holandesas em confinamento ou em pastagem de coast-cross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.6, p.1228-1244, 1996.
- WALTNER, S.S.; McNAMARA, J.P.; HILLERS, J.K. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3410-3419, 1993.
- WEISS, W.P. Method estimates available energy value for ruminants. **Feedstuffs**, August 9, p.13-14, 1993.
- WILDMAN, E.E.; JONES, G.M.; WAGNER, P.E. et al. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.495-501, 1982.



## CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, concluiu-se que:

- 1) as variedades de cana-de-açúcar SP 801842, colhida aos 426 dias após o plantio, e SP 791011, colhida aos 549 dias após o plantio, foram as mais dissimilares, por apresentarem maior dispersão dos escores, nos três primeiros componentes principais, enquanto a variedade RB 845257, colhida aos 487 dias após o plantio, foi intermediária entre ambas;
- 2) a análise de componentes principais mostrou-se também eficiente em selecionar as variedades com diferentes épocas de colheita;
- 3) a fibra em detergente neutro (FDN) e a fração indegradável da FDN ( $l$ ) foram as variáveis de menor contribuição para identificação das variedades de maior grau de divergência nutricional;
- 4) as variedades de cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário foram qualitativamente superiores, e entre estas, a variedade SP 791011 foi a melhor;
- 5) a técnica de produção de gás apresentou resultados mais confiáveis, com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e menor coeficiente de variação (CV), quando comparada aos resultados encontrados pela técnica gravimétrica;
- 6) vacas leiteiras consumindo rações à base de cana-de-açúcar, no período da seca, só conseguem alcançar níveis adequados de mobilização e reposição de reservas corporais, para todo o período de lactação, quando possuem produções no pico de lactação de 8 kg/dia. No entanto, para níveis de produção de leite no pico de lactação de 13 e 18 kg/dia, rações com cana-de-açúcar não conseguem atingir ganhos de peso adequados para repor as reservas corporais;

- 7) as variedades de cana-de-açúcar utilizadas para alimentação de vacas leiteiras, no período da seca, deveriam apresentar a mesma qualidade químico-bromatológica da variedade SP 791011, a qual apresentou melhor potencial para desempenho produtivo, porém com níveis de produtividade (t MS/ha) compatíveis aos apresentados pela variedade SP 801842, que garantiu o melhor retorno econômico.