

ALBERTO MAGNO FERNANDES

VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.), EM
FUNÇÃO DOS CICLOS DE PRODUÇÃO PRECOCE E
INTERMEDIÁRIO E DA IDADE DE CORTE

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

ALBERTO MAGNO FERNANDES

VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.), EM
FUNÇÃO DOS CICLOS DE PRODUÇÃO PRECOCE E
INTERMEDIÁRIO E DA IDADE DE CORTE

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

Aprovada: 17 de setembro de 2001.

Prof. José Carlos Pereira
(Conselheiro)

Prof. Rogério de Paula Lana
(Conselheiro)

Prof. Mário Fonseca Paulino

Prof. Dilermando Miranda da Fonseca

Prof. Augusto César de Queiroz
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais Geraldo (*in memoriam*) e Maria Sebastiana.

Aos meus irmãos.

À minha esposa Conceição.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar e sempre, o meu agradecimento a Deus, Fonte de tudo e da própria vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor. Augusto César de Queiroz, pela orientação, confiança, amizade e pelos ensinamentos.

Aos professores José Carlos Pereira, Rogério de Paula Lana, Mário Fonseca Paulino, Dilermano Miranda da Fonseca e Paulo Roberto Cecon, pelas sugestões.

Ao professor Mário Henrique, pelas inúmeras sugestões valiosas.

Aos professores José F. Coelho da Silva e Antônio T. de Matos, pela amizade e pelo incentivo. Aos colegas e amigos Luciano da Silva Cabral, Edênio Detmann, Andréa Vittori, Ricardo Vieira e Elzânia, pela inestimável cooperação na condução deste trabalho, convivência e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da UFV, pelo auxílio, em especial a Monteiro e Fernando.

Aos funcionários da Central de Experimentação de Cana-de-Açúcar (CECA), em especialmente a Luiz Cláudio, pelo auxílio na identificação e colheita das canas.

Aos amigos, Alfredo, Alexandre “Bodão”, Alex, Bevaldo, Chico Rennó, Cláudio Samara, Cristina, Celeste, Domingos Paciulo, Eliana, Emerson, Fabiano, Fernando, Guto, Londoño, Gesualdi e Ana Cristina, Isabela, Joanis, Junior Stradiotti e Kity, José Antônio e Vilma, Kelvin, Luciana Rennó, Ronaldo, Roberta, Sérgio Carvalho, pela agradável convivência.

Minha especial gratidão a Irinea e ao meu cunhado professor Walter, pela sincera acolhida, carinho e efetiva presença.

Aos meus pais, pelo amor e por tudo que me proporcionaram.

Aos irmãos, cunhados, tios e sobrinhos, pelo apoio, por tantas lições, carinho e amizade.

A minha esposa Conceição, pelo seu amor, compreensão, dedicação e incentivo em mais esta etapa de minha vida.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ALBERTO MAGNO FERNANDES, filho de Geraldo de Oliveira Fernandes e Maria Sebastiana de Souza Lima, nasceu em Senador Firmino, Minas Gerais, em 3 de fevereiro de 1961.

Graduou-se, em março de 1990, em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 1990, foi bolsista de Aperfeiçoamento Técnico – Tipo B, pelo CNPq, no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite – EMBRAPA.

Obteve, em julho de 1994, o título de Mestre em Zootecnia, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

Em novembro de 1994, foi contratado como Técnico do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Iniciou, em setembro de 1997, o Curso de Doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, defendendo tese em 17 de setembro de 2001.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
Composição Químico-Bromatológica de Variedades de Cana-de- Açúcar (<i>Saccharum</i> spp L.) com Diferentes Ciclos de Produção (Precoce e Intermediário) em Três Idades de Corte.....	6
Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	15
Conclusões	22
Referências Bibliográficas	23
Fracionamento e Cinética da Degradação <i>In Vitro</i> dos Carboidratos Constituintes da Cana-de-Açúcar com Diferentes Ciclos de Produção em Três Idades de Corte	26
Resumo	26

	Página
Abstract	27
Introdução	28
Material e Métodos	29
Resultados e Discussão	31
Conclusões	40
Referências Bibliográficas	41
Estimativas da Produção de Leite por Vacas Mestiças (H-Z), Segundo o Sistema CNCPS, em Dietas Contendo Cana-de-Açúcar com Diferentes Valores Nutritivos	44
Resumo	44
Abstract	45
Introdução	46
Material e Métodos	47
Resultados e Discussão	50
Conclusões	58
Referências Bibliográficas	59
RESUMO E CONCLUSÕES	61
APÊNDICE	64

RESUMO

FERNANDES, Alberto Magno, D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2001. **Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), em função dos ciclos de produção precoce e intermediário e da idade de corte.** Orientador: Augusto César de Queiroz. Conselheiros: José Carlos Pereira e Rogério de Paula Lana.

Objetivou-se neste trabalho determinar a composição químico-bromatológica, os efeitos de repleção ruminal, as frações dos carboidratos e suas taxas de degradação, bem como simular o desempenho de vacas de leite de acordo com as variações ocorridas nos teores da fibra em detergente neutro, lignina e nas taxas de degradação dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, considerando-se os ciclos de produção e as idades de corte em diferentes variedades de cana-de-açúcar. Quanto aos ciclos de produção, foram avaliadas variedades precoces (RB765418, RB 855453, RB 855336, SP 80-1842 e SP 81-1763) e intermediárias (RB 855113, RB 739359, RB 867515, SP 79-2233 e SP 79-1011), colhidas aos 127, 187 e 247 dias de idade. Foram realizados três experimentos: no primeiro, foram determinadas as análises da composição químico-bromatológica e realizados estudos sobre o efeito da repleção ruminal das frações potencialmente degradável (B_2) e não-degradável (C) da fibra em detergente neutro (FDN) dos carboidratos totais da cana-de-açúcar com

diferentes ciclos de produção e idades de corte; no segundo, analisadas as frações e taxas de digestão dos carboidratos; no fracionamento foram calculados os carboidratos totais (CT), carboidratos não-fibrosos (CNF), as frações potencialmente degradável (B_2) e não-degradável (C) da FDNcp. Os parâmetros cinéticos dos CNF e da fração B_2 foram estimados a partir da técnica de produção de gás *in vitro*, das canas-de-açúcar nas mesmas condições do primeiro estudo; no terceiro experimento, utilizaram-se as variações ocorridas nos teores de FDN, de lignina, nas frações de carboidratos e suas taxas de degradação das variedades de cana-de-açúcar, a fim de avaliar a disponibilidade destes nutrientes em proporcionar alterações na produção de leite de vacas mestiças (H x Z), usando-se o sistema CNCPS. Os valores utilizados para predizer as respostas na produção de leite foram: FDN (%MS) – 40; 50; e 60, lignina (%FDN) 10; 14; e 18, taxas de digestão (%/h) dos carboidratos não-fibrosos (CNF) – 10; 20; e 30 e taxa de digestão (%/h) dos carboidratos fibrosos (CF) – 1; 2,5; e 4, correspondendo aos valores mínimos, médios e máximos das variedades de cana. As amostras foram analisadas para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), lignina (LIG), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não-fibrosos (CNF), fração degradável (B_2) e não-degradável (C) dos carboidratos totais, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína solúvel em detergente neutro (PSDN). Fornecidos os teores de brix das canas pelo laboratório de análises da Usina de Jatiboca e o valor dos nutrientes digestíveis totais (NDT), obtido através da composição química. As frações degradável e não-degradável e a taxa de digestão da fibra, bem como a repleção ruminal, foram estimadas através de parâmetros cinéticos obtidos a partir da incubação *in situ*. As variedades intermediárias apresentaram maior índice de produção (8,66%), de NDT, de PB, de brix e de taxa de digestão da fibra, maior fração C e menor de FDN (471,03 g/kg MS), FDA (274,54 g/kg MS), de repleção ruminal total - RRt (37,75 h) e da fração C em relação às precoces. Não houve diferenças para os teores de CT e da

fração B₂, bem como para os parâmetros cinéticos aos ciclos de produção. Entretanto, com o avançar da idade de corte, aumentaram os teores de MS (9,5%), de NDT, da fração não-degradada da FDN e, no último corte, do teor de brix, reduzindo a fração B₂. Na simulação, foi observado que a cana-de-açúcar acarretou redução na ingestão de matéria seca e energia, limitando a produção de leite destes animais. A predição da quantidade de leite que poderia ser produzida, em razão da quantidade de energia metabolizável (EM) fornecida pela dieta, decresceu 24%, quando o teor de FDN aumentou de 40 para 60%, mantido o percentual de 14% de lignina. Também houve acréscimo de 14% na produção de leite, quando a taxa de digestão dos CF aumentou de 1 para 2,5%/h. Embora as variações nos teores de FDN e lignina e nas taxas de digestão dos carboidratos, das variedades de cana-de-açúcar, tenham ocasionado considerável efeito sobre a produção de leite das vacas mestiças, torna-se necessária a validação destes resultados.

ABSTRACT

FERNANDES, Alberto Magno, D.S., Universidade Federal de Viçosa, September of 2001. **Nutritive value of sugar cane (*Saccharum spp.*) in fuction of the early and intermediate production cycles and cut time.** Adviser: Augusto César de Queiroz. Committee members: José Carlos Pereira and Rogério de Paula Lana.

The objective of this work was to determine the chemical composition, the ruminal fill effects, the carbohydrate fractions and their degradation rates, as well as to simulate the dairy cows performance in accordance with the observed changes in the neutral detergent fiber, lignin and in the degradation rates of the fiber carbohydrates and non fiber carbohydrates, and considering the production cycles and cut time of the sugar cane varieties. With relationship to the production cycles, it was evaluate the early varieties (RB765418, RB 855453, RB 855336, SP 80-1842 e SP 81-1763) and intermediate varieties (RB 855113, RB 739359, RB 867515, SP 79-2233 e SP 79-1011) in three cuts time (127, 187 and 247) days of age. Three experiments were performed: in the first one, it were determined the chemical composition and it was accomplished the evaluation of the ruminal fill effects of the potentially degradable (B₂) fraction and undegradable fraction (C) of the neutral detergent fiber (NDF) of the total carbohydrates of the sugar cane with different production cycles and cut time. In the second, it were analyzed the fractions and degradation rates of the

carbohydrates. In the fractionation, it was determined the total carbohydrates (CT), non fiber carbohydrates, the potentially degradable (B_2) fraction and undegradable fraction (C) of the NDFap. The kinetics parameters of NFC and B_2 fraction were estimated using the In vitro gas production technique of the sugar cane in the same condition of the first study. In the third experiment , it were used the observed changes in the NDF, and lignin, in the carbohydrate fractions and their degradation rates of the sugar cane, in order to evaluate the availability of these nutrients in providing alterations in the milk production of crossbred dairy cows (H x Z), using the CNCPS system. The values used to predict the response in the milk production were: NDF (%DM) – 40, 50 and 60, lignin (%NDF) 10, 14 and 18, digestion rates (% /h) of the non fiber carbohydrates (NFC) - 10, 20 and 30 and digestion rate (% /h) of the fiber carbohydrates (FC) - 1, 2,5 and 4, that correspond to the minimum, medium and maximal values of the sugar cane, respectively. The samples were analyzes for dry matter (DM), organic matter (OM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), lignin (LIG), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), acid detergent fiber (ADF), non fiber carbohydrates (NFC), degradable fraction (B_2), non degradable fraction (C) of the total carbohydrates, neutral detergent insoluble protein (NDIP), acid detergent insoluble protein (ADIP) and neutral detergent protein soluble (NDPS). The brix values of sugar cane were supplied by lab of the Usina of Jatiboca; and the TDN was calculated by chemical composition. The degradable and undegradable fractions and fiber digestion rate, as well as the ruminal fill were estimated by kinetic parameters obtained through *in situ* incubation. The intermediate varieties presented larger production index (8.66%), of TDN, of CP, of brix and of digestion rate of the fiber, larger fraction C and smaller of NDF (471.03 DM g/kg), ADF (274.54 DM g/kg), of total ruminal fill - RRt (37.75 h) and of the fraction C in relation to the early varieties. There were not differences for the TC content and of the B_2 fraction, as well as for the kinetic parameters to the production cycles. However, as the cut time increase, the DM content (9.5%), the TDN, of the undegradable NDF fraction increased, and in the last cut time, the brix content also increased, reducing the B_2 fraction. In the

simulation, it was observed that the sugar cane promoted a reduction in the dry matter and energy intake, limiting the milk production of these animals. The prediction of the amount of milk that could be produced, in function of the amount of metabolisable energy (ME) supplied by the diet, decreased 24%, when the NDF content increased from 40 to 60%, maintained the of 14% percent of lignin. There was also an increment of 14% in the milk production, when the FC digestion rate increased from 1 to 2.5%/h. Although the variations in NDF and lignin contents and in the carbohydrate digestion rates of the sugar cane varieties, have caused considerable effect on the milk production the crossbred cows, becomes necessary the validation of these results.

INTRODUÇÃO

A prática de aproveitar a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) como forragem para a alimentação de bovinos é muito antiga. A facilidade de seu cultivo, a execução da colheita justamente na época de estiagem e a grande produção obtida em nossas condições tornaram-na um alimento de grande interesse dos criadores. Outra propriedade dessa cultura é a sua capacidade de produzir grande quantidade de biomassa (PIGDEN, 1974); sendo a produção média de cana no Brasil situada em torno de 70 toneladas por hectare (FAO, 1992).

A cana-de-açúcar é utilizada no Brasil, principalmente para a produção de açúcar e álcool. No entanto, esta planta forrageira pode ser também empregada na alimentação de animais ruminantes, apesar de apenas pequena parte de sua produção anual ser destinada a esta finalidade.

Assim, os trabalhos de melhoramento em cana-de-açúcar visam sempre a produção industrial, ficando a nutrição animal defasada de valores de qualidade das novas variedades. Além disso, há como agravante o fato de a cana-de-açúcar não ser considerada um bom volumoso, sendo seu uso, portanto, indicado apenas para produtores que possuam animais com potencial de produção não elevado, ou seja, animais não muito exigentes.

Apesar das características nutricionais limitantes da cana-de-açúcar, poucas instituições de pesquisa em nutrição animal se interessam em estudar, com maiores detalhes, as variedades lançadas no mercado. Como a pesquisa na área de produção de açúcar e álcool é muito intensa, novas variedades entram no mercado a cada ano. Uma

propriedade que pratica a pecuária, utilizando a cana-de-açúcar como volumoso, geralmente não faz reformas de canaviais anualmente, pois as áreas são relativamente pequenas e isso torna as reformas anuais desnecessárias. O problema surge quando essa propriedade vai reformar seu canavial e aquela variedade que foi cultivada por alguns anos não mais possui muda disponível no mercado, por não ser mais cultivada pelas usinas. A solução é plantar o que a indústria sucroalcooleira está cultivando. As variedades que as usinas plantam sempre têm a tendência de produzir mais e terem maiores teores de açúcar, com perda, entretanto, na sua qualidade nutricional, uma vez que um dos critérios de seleção inclui a resistência ao acamamento, resultando em fibras mais

resistentes e em maior quantidade, com menor taxa de digestão e menor teor protéico destas variedades. Outro importante critério de seleção para a indústria refere-se ao ciclo de produção, pois há grande interesse em variedades com ciclo de produção precoce em relação aos intermediários e tardios.

A cana-de-açúcar é caracterizada por apresentar dois componentes em maiores proporções: açúcares e material fibroso (RODRIGUES et al., 1994, 1998, 1999). A utilização dos componentes da cana-de-açúcar é bastante diferente, isto é, enquanto os açúcares são rapidamente fermentados no rúmen e são de fácil aproveitamento pelo animal, o material fibroso (carboidratos fibrosos) é utilizado lentamente

(PRESTON e LENG,
1980).

As diferenças em
qualidade entre as
variedades podem ser
elevadas (GOODING,
1982), bem como entre
plantas de diferentes idades
(BANDA e VALDEZ,
1976; RODRIGUES e
ESTEVES, 1992). E estas
diferenças manifestam-se
principalmente quanto ao
teor de fibra da cana-de-
açúcar, pois as variedades
que apresentam maiores
percentagens de fibra em
detergente neutro (FDN)
serão menos consumidas
pelos bovinos,
comparativamente às de
menor teor de FDN
(MERTENS, 1987; VAN
SOEST, 1994) e,
conseqüentemente, menor
ingestão de açúcar solúvel,
que é a fração que contribui
com a maior parte do
fornecimento de energia.

Embora a seleção para o ciclo
de produção tenha como objetivo

fazer com que a planta atinja mais precocemente a maturidade, refletida na concentração de açúcares solúveis (brix), característica desejável para a indústria sucroalcooleira, poucos estudos têm avaliado os efeitos desta seleção sobre o valor nutricional da cana-de-açúcar. Adicionalmente, embora haja aumento da concentração de açúcares com a maturidade da planta, o que seria também desejável do ponto de vista nutricional, é praticamente inexistente a avaliação da qualidade da fibra com o avanço da idade da planta.

No CNCPS – *The Cornell Net Carbohydrate and Protein System*, é destacada a necessidade de sincronização entre a disponibilidade de carboidratos e compostos nitrogenados (N) no rúmen, objetivando-se aumentar a eficiência microbiana e reduzir as perdas decorrentes da fermentação (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; FOX, et al, 1992). Considerando que a disponibilidade de um nutriente no rúmen vai depender da sua taxa de digestão relativa à sua taxa de passagem (MERTENS, 1993), o CNCPS propõe a subdivisão dos carboidratos e N em frações potencialmente degradáveis e não-degradáveis, e de lenta e rápida degradação, bem como diferencia os microrganismos quanto à utilização destes compostos (RUSSELL et al., 1992). Dessa forma, seria possível prever o desempenho animal com maior eficiência a partir dos ingredientes dietéticos através da simulação, bem como avaliar os

efeitos nas variações das frações de carboidratos e de N, em função dos ciclos de produção e idade da planta, sobre o desempenho animal.

Objetivou-se, portanto, neste trabalho avaliar as alterações na composição química-bromatológica, nas frações de carboidratos e suas taxas de digestão, bem como prever o desempenho animal de acordo com estas variações através da simulação, considerando-se o estágio de desenvolvimento de diferentes variedades de cana-de-açúcar.

Os trabalhos desta tese foram elaborados conforme normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDA, M., VALDEZ, R.E. 1976. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. *Trop. Anim. Prod.* 1(1):94-97.
- FAO PRODUCTION YEARBOOK, 1991. Roma, v.45, 1992.
- FOX, D.G., SNIFFEN, C.J., O`CONNOR, J.D. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requeriments and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3578-3596.
- GOODING, E.G.B. 1982. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. *Trop. Anim. Prod.* 7(1):72-91.
- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, 64(5):1548-1558.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. Chap. 2. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, p.13-51.
- PIDGEN, W.J. 1974. La caña de azúcar descorticada como pienso un paso decisivo. *Rev. Mund. Zootec.*, 11(1):1-5.
- PRESTON, T.R., LENG, R.A. 1980. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKBUSH, T.; THIVELAND, P. *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Westport, AVI. p. 620-640.
- RODRIGUES, A.A., ESTEVES, S.N. Cana-de-açúcar e uréia para alimentação de bovinos na época da seca. São Carlos: EMBRAPA, UEPAE, 1992. 30p. (Circular Técnica).
- RODRIGUES, A.A., TORRES, R.A., CAMPOS, O.F. et al. 1994. Uréia e sulfato de cálcio para bovinos alimentados com cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, 23(4):584-594.
- RODRIGUES, A.A., CRUZ, G.M., ESTEVES, S.N. 1998. Potencial e limitações de dietas à base de cana-de-açúcar para recria de novilhas e vacas em lactação. *Circular Técnica*, 16. São Carlos: EMBRAPA – CPPSE, 27p.

- RODRIGUES, A.A., BARBOSA, P.F. 1999. Efeito do teor protéico do concentrado no consumo da cana-de-açúcar com uréia e ganho de peso de novilhas em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.*, 28(2):421-424.
- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation for cattle diets: Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3551-3581.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(7):3562-3577.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. New York: Cornell University Press. Ithaca. 476p.

**Composição Químico-Bromatológica de Variedades de Cana-de-Açúcar
(*Saccharum spp L.*) com Diferentes Ciclos de Produção (Precoce e
Intermediário) em Três Idades de Corte**

Resumo – Foram objetivos deste trabalho determinar a composição químico-bromatológica, as frações potencialmente degradável (B₂) e indegradável (C) da FDN dos carboidratos totais e estimar a repleção ruminal da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção (precoces e intermediárias), em três idades de corte (127, 187 e 247 dias). As análises laboratoriais consistiram na determinação da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), lignina (LIG), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína solúvel em detergente neutro (PSDN). Os teores de brix cana foram fornecidos pela Usina, sendo o nutriente digestível total (NDT) calculado por intermédio da composição química. As frações degradáveis, indegradáveis e a taxa de digestão da fibra, bem como a repleção ruminal, foram estimadas através de parâmetros cinéticos obtidos a partir da incubação *in situ*. O avanço da idade de corte propiciou aumento nos teores de MS em 9,5%. As variedades intermediárias apresentaram NDT superiores às precoces, as quais destacaram-se pelos mais elevados teores de FDN e FDA, cujos respectivos valores foram 487,56 e 471,03, e 287,87 e 247,54 g/kg MS para as variedades precoces e intermediárias, respectivamente. O NDT aumentou linearmente com a idade de corte, variando de 62,45 a 63,50%; contudo, os teores de FDN e FDA apresentaram comportamento quadrático. As variedades precoces apresentaram maior teor de PB que as intermediárias somente na idade ao corte de 247 dias, contrariamente, o teor de brix foi superior para as variedades intermediárias no último corte. As variedades precoces apresentaram maior repleção ruminal total e menor taxa de digestão da fibra. A fração degradável da fibra, reduzida e a indegradável foi linearmente aumentada com a idade das plantas.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, composição química, ciclos de produção, idades ao corte, parâmetros cinéticos

Chemical Composition of Sugar Cane Varieties (*Saccharum* spp L.) with Different Cycles of Production in Three Cut Age

Abstract – The objectives of this work were to determine the chemical composition, the potentially degradable fraction of NDF (B_2) and undegradable fraction (C) and to estimate the ruminal fill of sugar cane with different cycles of production (early and medium), in three cuts age (127, 187 and 247 days). The laboratorial analysis consisted in dry matter (DM), organic matter (OM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), lignin (LIG), neutral detergent fiber (NDF), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFcp), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent insoluble protein (NDIP), acid detergent insoluble protein (ADIP) and neutral detergent protein soluble (NDPS). The brix values of sugar cane were supplied by sugar factory; the TDN calculated was by chemical composition. The degradable and undegradable fractions, and fiber digestion rate, as well as the ruminal fill were estimated by kinetic parameters obtained through *in situ* incubation. The advanced cut age increased the DM in 9.5%. The medium variety presented TDN high that early variety, which had the highest contents of NDF and ADF, whose respective values were 487.56 and 471.03, and 287.87 and 247,54 g/kg DM for the precocious and intermediary varieties, respectively. TDN increased linear with the cut time, varying from 62.45 to 63.50%; however the amounts of NDF and ADF presented quadratic behavior. The precocious varieties presented larger amounts of CP that the medium only in the cut age of 247 days; contrarily, the brix of the sugar cane was superior to the intermediary varieties in the last cut. The precocious varieties presented larger total ruminal fill and smaller fiber digestion rate. The degradable fraction of the fiber was reduced and the undegradable fraction was linearly increased with the age of the plants.

Key Words: chemical composition, cut time, kinetic parameters, cycles of production, sugar cane

Introdução

No Brasil, as pastagens constituem a maneira mais prática e econômica de fornecer alimentos aos bovinos. Porém, aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzidas nas pastagens, durante o ano, está disponível na estação quente e chuvosa, tornando-se a estação fria e seca num período crítico, no qual a produção de forragens é insuficiente, daí a necessidade de ser complementada com outras fontes de alimentos. Dessa forma, a produtividade animal, nos sistemas extensivos, varia de acordo com a oferta de pasto, permitindo ganhos razoáveis numa época e perda de peso em outra. No período seco, adicionalmente à redução na disponibilidade do pasto, ocorre redução na sua

qualidade, sendo estes
fatores os principais
responsáveis pelos baixos
índices zootécnicos
observados nos rebanhos
brasileiros.

A suplementação nutricional na época seca é uma alternativa para minimizar a perda de peso ou favorecer o ganho. Entretanto, a suplementação concentrada, além de aumentar o custo de produção, não consegue superar os efeitos negativos da baixa qualidade do pasto. Dessa forma, a cana-de-açúcar tem sido ferramenta importante na estação seca do ano, uma vez que se destaca pela elevada produção de matéria seca por hectare (Boin et al., 1987), é uma cultura relativamente fácil de se conduzir, tem boa aceitação pelos animais (Peixoto, 1964, citado por Carvalho, 1992) e elevado teor de carboidratos solúveis e, principalmente, pela sua disponibilidade no período seco, sem que haja queda no seu valor nutricional (Preston, 1986; Leng, 1988), justificando o fato de que, na maioria das propriedades rurais brasileiras, figura como uma das forrageiras mais exploradas, ainda que ocupando pequenas áreas (Carvalho, 1992).

A cana-de-açúcar apresenta características que limitam a sua utilização por animais de elevado potencial genético, dentre as quais destacam-se o baixo teor de proteína bruta (PB), fibra de lenta degradação ruminal e elevado teor de fibra não-degradável, o que limita a ingestão de alimentos (Pereira et al., 2001).

Embora o Brasil detenha a condição de maior produtor mundial (aproximadamente 24% do total) de

cana-de-açúcar, em aproximadamente 4 milhões de hectares cultivados (Lima & Mattos, 1993), e seja muito utilizada por pequenos e médios produtores na alimentação dos bovinos, não se encontra facilmente na literatura uma avaliação bromatológica relativa à variação no ciclo de produção e na idade de corte. Porém, ao adotarem critérios para indicar uma variedade de cana-de-açúcar como forrageira não foi levado em conta o valor nutritivo da variedade, mas, tão somente se baseavam em aspectos de produção (Peixoto, 1986). Entretanto, em estudos mais recentes (Aroeira, et al. 1993; Pereira et al., 1996; Miranda et al. 1999; Rodrigues et al. 1999; Pereira et al., 2001; Ludovico & Mattos, 1997), diversas análises bromatológicas, bem como fracionamento e cinética de degradação dos carboidratos, foram realizadas para a avaliação nutricional da cana-de-açúcar. Apesar disso, outras avaliações, considerando-se o ciclo de produção e a idade de corte dessa forrageira, são importantes.

O uso da cana-de-açúcar como alimento para os animais, no período de escassez das pastagens, só não tem sido mais freqüente porque é pouco estudada para esta finalidade, principalmente quanto à definição de variedades com ciclos de produção diferentes, que sejam mais adequados à produção de forragem e ao seu manejo.

Objetivou-se, portanto, neste trabalho, determinar a composição químico-bromatológica, as frações potencialmente degradável (B₂) e indegradável (C) da FDN dos carboidratos totais e estimar a repleção ruminal da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção, em três idades de corte.

Material e Métodos

As variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) avaliadas neste estudo foram: RB765418, RB 855453, RB 855336, SP 80-1842 e SP 81-1763, RB 855113, RB 739359, RB 867515, SP 79-2233 e SP 79-1011; colhidas manualmente, de maneira aleatória, nas glebas do Campo Experimental de Oratórios, pertencente à Usina de Jatiboca, Município de Urucânia – 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 é de 1369,6 mm, que se caracteriza por duas estações bem definidas, sendo 80% das chuvas entre outubro e março, correspondendo ao período chuvoso, e os 20% restantes entre os meses de abril e setembro, correspondendo ao período seco (Coelho & Ribeiro, 1988).

Quanto ao ciclo de produção, são classificadas em precoces, ou seja, atingem um percentual do valor de brix (sólidos solúveis) desejável mais cedo, comparativamente às seguintes variedades: RB765418, RB 855453, RB 855336, SP 80-1842 e SP 81-1763., e em intermediárias as demais: RB 855113, RB 739359, RB 867515, SP 79-2233 e SP 79-1011.

Os cortes foram realizados em 17 de maio, 16 de julho e 15 de setembro de 1998, cujo plantio foi feito em novembro 1996. Foram colhidas dez amostras da planta inteira (colmo mais folhas) por variedade, sendo realizada uma desfolha em cada corte, para a retirada das folhas secas, como é normalmente feito quando se fornece esta forrageira aos animais. Estas amostras foram picadas em ensiladora estacionária para a obtenção de uma amostra composta, contendo aproximadamente três quilos, que foram devidamente empacotadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer para posteriores análises.

As análises químico-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.

Inicialmente as amostras foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada à 60 °C, por 96 horas, para posterior moagem em peneira de 2 mm, dando prosseguimento às análises.

As análises laboratoriais consistiram na determinação da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), lignina (LIG), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), fracionamento dos carboidratos totais, proteína insolúvel em

detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína solúvel em detergente neutro (PSDN) (Sniffen et al., 1992).

As análises de PB, EE, MO e MM foram realizadas seguindo os procedimentos padrões da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC, 1990), e as análises de FDN, FDA e Lig, conforme Van Soest et al. (1991).

Os teores de brix da cana foram fornecidos pelo laboratório de análises da Usina de Jatiboca. Para a determinação dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), procedeu-se aos cálculos de acordo com a seguinte fórmula (Weiss, 1993):

$$\text{NDT} = (\text{PBD}_{\text{cp}} \times \text{PB}) + (\text{EE} \times 2,25) + [0,98 \times (100 - \text{FDN}_{\text{N}} - \text{PB} - \text{Cinzas} - \text{EE} - 1)] + 0,75 \times \{(\text{FDN}_{\text{N}} - \text{Lig}) \times [1 - (\text{Lig} / \text{FDN}_{\text{N}})^{0,667}]\} - 7$$

em que: PBD_{cp} representa a proteína bruta digestível verdadeira, sendo para forragem expressa como $\text{PBD}_{\text{cp-f}} = e^{-0,012 \times \text{PIDA}}$ e para concentrado igual a $\text{PBD}_{\text{cp-c}} = 1 - 0,004 \times \text{PIDA}$; FDN_{N} corresponde a FDN ajustado para nitrogênio, sendo determinado como $\text{PIDN} = -8,77 + (0,33 \times \text{PB}) + (0,143 \times \text{FDN})$; PB, EE, PIDN e Lig como definidos anteriormente.

As incubações *in situ* para a estimação dos parâmetros cinéticos de degradação da FDN foram feitas utilizando a técnica do saco de náilon, proposta por Mehrez & Orskov (1977). As amostras, moídas em peneira de 6 mm, foram incubadas em sacos de náilon com 50 mm de abertura entre malhas, medindo 6x14 cm. Antes de receberem as amostras, os sacos foram lavados, e, em seguida, secados em estufa com ventilação forçada, durante 24 h, a 55°C. A seguir, foram colocados em dessecador, pesados a quente e identificados. Nessa

ocasião, colocaram-se 3,0 g de matéria seca (MS) (15 mg de MS/cm² do saco), em cada saco, em três repetições, para os seguintes tempos de incubação: 0, 6, 48 e 96 horas. A incubação foi realizada em três animais mestiços Holandês x Zebu, fistulados no rúmen, com idade média de 18 meses e peso médio de 300 kg com distribuição dos sacos em relação a animal, variedade e tempo de incubação, seguindo as recomendações de Sampaio (1994). Estes animais foram mantidos em regime de confinamento, alojados em baias individuais cobertas de 3x3 m de área, providas de bebedouro, cochos de alvenaria e piso de concreto. Foi fornecida uma dieta, à vontade, uma vez ao dia, mantendo uma relação volumoso:concentrado de 70:30.

Ao final de cada tempo de incubação, os sacos foram retirados do rúmen, armazenados sob refrigeração, sendo então lavados ao mesmo tempo e submetidos à fervura em detergente neutro por uma hora. Posteriormente, foram lavados com água quente e acetona para a retirada do excesso de detergente e, então, secados em estufa com ventilação forçada por 48 horas, sendo, em seguida, pesados para obtenção das curvas de desaparecimento da FDN.

O desaparecimento da fibra em detergente neutro foi analisado de acordo com o seguinte modelo estatístico (Sampaio, 1994):

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + A_k + (E_i)_{jk} + V_l + TV_{il} + (E_i)_{jkl}$$

em que Y_{ijkl} corresponde ao valor da degradabilidade potencial da FDN da l-ésima variedade, incubada no i-ésimo tempo, no k-ésimo animal, durante o j-ésimo período experimental. T_i representa o efeito o i-ésimo tempo de incubação; P_j corresponde ao j-ésimo período (j = 1, 2 e 3); A_k equivale ao efeito do K-ésimo animal (k = 1, 2 e 3); $(E_i)_{jk}$ corresponde ao erro (a); V_l equivale ao efeito da variedade (l = 1, 2, ..., 10); TV_{il} corresponde ao efeito da interação tempo de incubação x variedade; e $(E_i)_{jkl}$ representa o erro (b).

Para a interpretação
dos perfis de degradação

utilizou-se o modelo
assintótico exponencial
decrecente de primeira
ordem, conforme Mertens
(1993):

$$Y = B \exp^{-ct} + I$$

em que: Y é o resíduo no tempo t ; B corresponde à fração potencialmente degradável; c é a taxa de degradação, t equivale aos tempos de incubação e I representa a fração não-degradável.

No ajustamento do modelo ao perfil de cada unidade experimental, visando à garantia de graus de liberdade suficiente para o procedimento iterativo empregado, adotou-se a pressuposição de não-solubilização ou não-degradação da fração fibrosa do alimento instantaneamente, fazendo-se, portanto, o resíduo no tempo zero idêntico à massa incubada.

Empregou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton modificado (Souza, 1998).

O efeito de repleção ruminal das frações potencialmente degradável (RR1) e não-degradável da FDN (RR2) foi estimado adaptando-se os procedimentos descritos por Waldo et al. (1972), segundo as equações:

$$RR1(h) = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t B_p \exp^{-(c+k)t} dt$$

$$RR2(h) = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t I_p \exp^{-kt} dt; e$$

$$RRt(h) = RR1 + RR2$$

Onde:

RRt = efeito de enchimento total;

Bp = fração decimal padronizada potencialmente degradável [Bp = B/(B + I)];

Ip = fração decimal padronizada indegradável [Ip = I/(B + I)];

c = taxa de degradação de Bp (h^{-1});

t = tempos de incubação (horas);

k = taxa de passagem das partículas do alimento no rúmen (h^{-1}).

Para a taxa de passagem da cana-de-açúcar no rúmen (k) adotou-se o valor de 0,0202 (h^{-1}), determinado por Pereira et al. (2001).

As análises estatísticas foram realizadas segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + M_i + C_j + MC_{ij} + V_{(i)k} + e_{(ijk)l}$$

em que, Y_{ijkl} é o valor observado para o i-ésimo ciclo de produção da cana-de-açúcar, na j-ésima idade de corte da k-ésima variedade; μ é a constante geral; M_i é o efeito do ciclo de produção; C_j é o efeito da idade de corte; MC_{ij} é a interação do ciclo de produção i com a idade de corte j; $V_{(i)k}$ é o efeito da variedade k dentro do ciclo de produção i e $e_{(ijk)l}$ é o erro aleatório, pressuposto normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ^2 (Searle, 1971).

As comparações entre médias de tratamentos de níveis qualitativos (ciclos de produção) foram feitas

por intermédio do testes F e de Student-Newman-Keulls (SNK). De outra forma, os efeitos de natureza quantitativa (idade de corte) foram avaliados por análise de regressão linear, adotando-se, para tal, a conversão das datas de corte ao calendário juliano. O coeficiente de determinação das equações ajustadas foi calculado de forma parcial, segundo descrito por Carter & Grovum (1990):

$$r^2/R^2 = \frac{SQER}{SQER + SQR}$$

em que: SQER corresponde a somas de quadrados para os efeitos de regressão e SQR é igual à soma de quadrado residual.

Para análise dos dados, foi utilizado o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000), adotando-se $\alpha = 0,05$.

Resultados e Discussão

A produção e a composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar está representada na Tabela 1, bem como suas respectivas equações de regressão das variáveis que não apresentaram significância para a interação entre idade de corte e ciclo de produção.

Observa-se que as variedades de cana-de-açúcar com ciclo de produção intermediário tiveram uma produção 8,66 % maior ($P < 0,0001$) que as precoces. Sendo o efeito da idade de corte positivamente correlacionado com a produção.

Para os teores de MS, não houve diferença quanto aos ciclos de produção (precoces e intermediárias) e para idade de corte. Entretanto, ao primeiro corte (127 dias) o teor foi, em média, 9,5% menor que ao segundo e terceiro cortes (187 e 247 dias, respectivamente). Esta diferença pode ser explicada pelo aumento da capacidade fotossintética das plantas e pela perda de umidade, principalmente nas folhas, que normalmente ocorre na época seca. Estes valores de MS estão em concordância com maioria dos trabalhos apresentados na literatura (Aroeira, et al. 1992; Carvalho 1992; Pereira et al., 1996; Miranda et al. 1999; Rodrigues & Barbosa, 1999; Pereira et al., 2001).

As variedades de cana-de-açúcar com ciclo de produção intermediário apresentaram valores de NDT maiores do que os das variedades precoces, o que pode ser atribuído à sua menor concentração em FDA, uma vez que a lignina se concentra na fração de FDA e, conseqüentemente, esta variável tem sido altamente correlacionada com a digestibilidade (Mertens, 1987). Adicionalmente, os menores teores em FDN das espécies intermediárias, provavelmente, apresentariam menor efeito negativo sobre o consumo (Mertens, 1987; Van Soest, 1994), em relação às espécies precoces, quando colhidas na mesma idade. Observou-se também aumento linear ($P < 0,003$) do percentual do NDT com o avanço na idade de corte, justificado pela redução linear do teor de matéria

mineral ($P < 0,0001$) e o aumento do brix com a idade, pois o NDT é estimado com base nos nutrientes orgânicos; embora não se tenha notado redução nos teores de FDA e FDN, o que era esperado, como consequência do aumento do teor de NDT, uma vez que estas frações contêm lignina, um componente não digestível.

Tabela 1 – Produção, composição químico-bromatológica e equações de regressão (\hat{y}) para cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Table 1 – Production and chemical composition and regression equation (\hat{y}) for sugar cane, in function of the cycle of production and cut time effects

Itens	Ciclo de produção ^b		Idade de corte (dias)			Equações ajustadas ⁷ Adjusted equations ⁷	r ² /R ²
	Cycle of production		Cut time (days)				
	precoce early	intermediária medium	127	187	247		
MS (%) ¹	28,72	28,69	27,02	29,73	29,38	-	-
DM (%) ¹	± 0,22 ²	± 0,18	± 0,20	± 0,26	± 0,25	-	-
NDT ²	62,47 ^a	63,51 ^b	62,45	63,02	63,50	$\hat{y} = 61,36 + 0,0087^{**}X$	0,1081
TDN ²							
MM ³							
MM	16,12 ^a	15,64 ^a	17,96	16,43	13,26	$\hat{y} = 2,32064 - 0,039165^{**}X$	0,3413
FDN ³							
FDN	487,56 ^a	471,03 ^b	476,56	485,33	476,00	$\hat{y} = 39,83 + 0,0935^{ns}X - 0,00025^{**}X^2$	0,0576
NDF							
NDF	13,46 ^a	13,36 ^a	14,25	12,85	13,13	$\hat{y} = 22,70 - 0,0960^{**}X + 0,00023^{**}X^2$	0,1758
LIG ⁴							
LIG	13,46 ^a	13,36 ^a	14,25	12,85	13,13	$\hat{y} = 22,70 - 0,0960^{**}X + 0,00023^{**}X^2$	0,1758
FDA ³							
FDA	287,87 ^a	274,54 ^b	267,19	293,11	283,31	$\hat{y} = 9,45 + 0,1990^{**}X - 0,000496^{**}X^2$	0,3451
ADF							
ADF	13,55 ^a	14,06 ^a	14,77	12,96	13,69	$\hat{y} = 26,94 - 0,1405^{ns}X + 0,00031^{**}X^2$	0,1002
PIDN ⁵							
PIDN	13,55 ^a	14,06 ^a	14,77	12,96	13,69	$\hat{y} = 26,94 - 0,1405^{ns}X + 0,00031^{**}X^2$	0,1002
PIDA ⁵							
PIDA	2,91 ^a	2,94 ^a	3,05	2,81	2,90	$\bar{y} = 2,922808$	-
PSDN ⁵							
PSDN	86,45 ^a	85,94 ^a	85,23	87,04	86,31	$\hat{y} = 73,06 + 0,1405^{ns}X - 0,00035^{**}X^2$	0,0991
Prod ⁸							
Prod	126,30 ^a	137,24 ^b	121,16	136,15	138,00	$\hat{y} = 105,533 + 0,1403^{**}X$	0,5431

¹ Média e erro-padrão da média.

² % da MS.

³ g/kg MS.

⁴ % FDN.

⁵ % PB.

⁶ Médias na linha, relativas ao ciclo de produção, seguidas por letras desiguais, são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste F.

⁷ ns, *, **: não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

⁸ Produção (toneladas por hectare).

¹ Mean and standard deviation of mean.

² % of DM.

³ g/kg of DM.

⁴ % of NDF.

⁵ % of CP.

⁶ Means, in a row, according to cycle of production degree, followed by different letters, are different ($P < 0,05$) by F test.

⁷ ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% of probability by t test, respectively.

⁸ Production (ton of hectare).

Estes resultados mostram que as variedades com ciclo de produção intermediário, possuem maior quantidade de matéria orgânica, visto que apresentaram menores percentagens de matéria mineral (ou cinzas), embora estes valores não tenham sido significativos para efeitos do ciclo de produção. Mas, quanto ao efeito de idade de corte, observou-se redução linear ($P < 0,0001$) nos teores de cinzas com o avanço na idade.

Como seria esperado, as variedades de cana-de-açúcar precoces apresentaram maiores teores de FDN e FDA do que as intermediárias, uma vez que as primeiras atingem a maturidade mais cedo, culminando com o mais rápido desenvolvimento de estruturas de sustentação, os quais são representadas pelos polissacarídeos da parede celular vegetal (Wilson, 1997). Este fato torna as variedades de maturação intermediária mais apropriadas ao consumo pelos animais, devido à negativa relação entre os teores de FDN e FDA dos alimentos e seu valor nutricional. Como citado anteriormente, embora a FDA seja mais comumente relacionada com a digestibilidade que a FDN, normalmente o aumento do teor de FDN na planta está associado ao espessamento da parede celular vegetal, o que tem sido sugerido por reduzir a área superficial disponível para ataque microbiano no rúmen (Jung & Deetz, 1993; Mertens, 1993).

Embora o aumento da idade de corte tenha apresentado efeito quadrático sobre os teores de FDN e FDA, normalmente, para a cana, o oposto é verificado, contrariamente às demais espécies forrageiras. Possivelmente, o aumento registrado entre o primeiro e o segundo corte seja em razão de as plantas ainda estarem em crescimento vegetativo. Já a queda a partir do segundo corte talvez seja explicada pela “diluição” dos constituintes da parede celular vegetal com o expressivo aumento do teor de açúcares solúveis (brix), sendo o mesmo comportamento observado por Carvalho (1992). Entretanto, verifica-se que as diferenças nos teores de FDN e FDA são relativamente pequenas, considerando os intervalos de quatro meses entre os cortes, o que evidencia a capacidade de manter constante o seu valor nutritivo ao longo do tempo, contrariamente o que ocorre com a maioria das espécies forrageiras tropicais (Lima & Mattos, 1993).

Embora os teores de FDN e FDA tenham apresentado diferenças

quanto aos ciclos de produção, a lignina não foi influenciada por este fator. Já para a idade de corte, a concentração de lignina foi influenciada quadraticamente, assim como o PIDN. Embora apresente baixo teor em PB, a cana-de-açúcar destaca-se pela elevada proporção da PSDN e pela baixa proporção da fração C, ou seja, apresenta elevada disponibilidade para o animal. Os valores encontrados para o PIDA, PIDN e PSDN estão próximos aos de 3,5, 18,6 e 81,4%, respectivamente, observados por Pereira et al. (2001) em uma amostra de cana não especificada quanto ao ciclo de produção e idade de corte.

Na Tabela 2 são apresentados o desdobramento da interação entre o ciclo de produção e a idade de corte para os teores de PB, EE e grau brix.

Tabela 2 – Desdobramento da interação para os teores de PB, EE e Brix; equações de regressão (\hat{y}) para cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Table 2 – Unfolding of the interaction for CP, ether extract and brix, regression equation (\hat{y}) for sugar cane, in function of the cycle of production and cut time effects

Item	PB ¹		EE ¹		Brix ²	
	CP ¹		Ether extract ¹		Brix ¹	
	Precoce <i>Early</i>	Intermediário <i>Médium</i>	Precoce <i>Early</i>	Intermediário <i>Medium</i>	Precoce <i>Early</i>	Intermediário <i>Médium</i>
Idade de corte (dias)						
<i>Cut time (days)</i>						
127	26,12 ^a	25,76 ^a	7,34 ^a	6,08 ^b	18,63 ^a	17,97 ^a
187	26,94 ^a	27,34 ^a	6,76 ^a	6,98 ^a	19,85 ^a	20,35 ^a
247	28,86 ^a	26,22 ^b	6,65 ^a	6,68 ^a	19,70 ^b	22,10 ^a
Equação (\hat{y})						
<i>Equation</i>	$\bar{y} = 27,31$	$\bar{y} = 26,54$	$\bar{y} = 6,91$	$\bar{y} = 6,87$	$\bar{y} = 19,39$	$\bar{y} = 20,14$

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

Means within the same line, followed by different letters are different (P < .05) by Tukey test.

¹ g/kg de MS (g/kg DM).

² % da cana (% cane).

Para o teor de PB, somente no terceiro corte foi detectada diferença entre as variedades precoces e intermediárias. Entretanto, pelo fato de as variedades precoces atingirem a maturidade mais cedo do que as intermediárias, o que é confirmado pelo maior teor de FDN e FDA nestas, esperar-se-ia redução do teor de PB. Adicionalmente, com a maturação, ocorre maior desenvolvimento do colmo em relação ao número de folhas, as quais apresentam maior concentração de PB que o colmo. Sendo assim, com o avanço da maturação, aumenta-se a proporção

de colmo:folha, reduzindo-se, dessa forma, o percentual de PB (Lovadini, 1971). Entretanto, durante a fase de crescimento vegetativo, devido à maior taxa de crescimento das variedades precoces em relação às intermediárias estas provavelmente, apresentem maior proporção de folhas numa mesma idade de corte, o que explicaria o maior teor de PB. Porém, apesar das variações apresentadas, o teor de PB não auxilia na escolha de variedades de cana-de-açúcar, considerando-se que é característica dessa forrageira, o baixo conteúdo em compostos nitrogenados.

Embora tenha ocorrido interação entre o ciclo de produção e a idade de corte quanto ao teor de EE, onde no primeiro corte as variedades precoces apresentaram maior teor que as intermediárias, devido ao baixo teor deste na cana-de-açúcar, pode-se dizer que esta variação não afetaria o processo de seleção de variedades de cana-de-açúcar.

Para o brix foram verificadas interações entre os ciclos de produção e a idade ao corte

Figura 2 – Estimativas do teor de Brix em função da idade ao corte (** – significativo a 1% de probabilidade pelo teste t).

*Figure 2 – Estimates of brix contents according to cut time (** – significant at 1% of probability by t test).*

Este comportamento para o brix também foi observado por Carvalho (1992), que destaca a importante característica da cana-de-açúcar em aumentar sua concentração de sacarose na época seca do ano, justamente quando há escassez de forragens verdes, tornando-a uma forrageira com vantagens no que diz respeito ao fornecimento de energia. Além disso, o cálculo do teor de brix na cana é feito por meio de uma análise rápida, não onerosa e de fácil obtenção, que entretanto, não tem sido referenciada nos trabalhos de avaliação do valor nutricional da cana-de-açúcar.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros cinéticos da degradação da FDN da cana-de-açúcar de acordo com o ciclo de produção e da idade de corte.

Tabela 3 – Parâmetros da cinética de degradação *in situ* da fibra em detergente neutro (FDN) e equações de regressão para cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Table 3 – Parameters of the kinetics of *in situ* degradation of the fiber in neutral detergent (NDF) and regression equation (\hat{y}) for sugar-cane, considering the cycle of production and cut time effects

Item ¹	Ciclo de produção ² cycle of production ²		Idade de corte (dias) Cut time (days)			Equações ajustadas ³ Adjusted equations ³	r ² /R ²
	precoce early	intermediário medium	127	187	247		
B ₀	41,38 ^a	41,29 ^a	42,66	42,54	38,81	$\hat{y} = 30,9497 + 0,1561 * X$	0,1863
I ₀	59,16 ^a	58,23 ^a	57,44	58,45	60,20	$\hat{y} = 54,4029 + 0,022956 * X$	0,0551
RR ₀	9,21 ^a	8,22 ^a	8,36	10,37	8,32	$\hat{y} = -9,2540 + 0,2102^{ns} X - 0,000563^{**} X^2$	0,2631
RR _i	29,13 ^a	28,92 ^a	28,41	28,65	30,02	$\hat{y} = 26,5268 + 0,01338^{**} X$	0,0999
RR _t	38,34 ^a	37,75 ^b	36,78	39,02	38,34	$\hat{y} = 22,3870 + 0,16487^{**} X - 0,000406^{**} X^2$	0,3459
Kd	0,0260 ^a	0,0289 ^b	0,0032	0,0214	0,0286	$\hat{y} = 0,1142 - 0,00096 * X + 0,0000025^{**} X^2$	0,3401

¹ B₀ - Fração potencialmente degradável (%) B_0 - potentially degradable fraction - %); I₀ - Fração não-degradável (%) (I₀ - Undegradable fraction - %); RR₀ - efeito da repleção ruminal da fração potencialmente degradável (h) (RR₀ - effect of ruminal fill of potentially degradable fraction - h); RR_i - efeito da repleção ruminal da fração não-degradável (h) (RR_i - effect of ruminal fill of undegradable fraction - h); RR_t - efeito da repleção ruminal total (h) (RR_t - effect of total ruminal fill - h); Kd - taxa de digestão (h⁻¹) (Kd - digestion rate - h⁻¹).

Média e erro-padrão da média.

² Médias na linha, relativas a grau de maturação, seguidas por letras desiguais, são diferentes (P<0,05) pelo teste F.

³ ns, *, **: não-significativo e significativo a de 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

² Means, in a row, according to maturation degree, followed by different letters, are different (P<.05) by F test.

³ ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% of probability by t test, respectively.

Quanto ciclo de produção, somente a repleção ruminal total (RRt) e a taxa de degradação (Kd) foram diferentes. A maior RRt observada para as variedades precoces está de acordo com a maior concentração de FDN e FDA notadas para estas variedades (Tabela 1). A RRt é uma importante

medida mecanicista que avalia a FDN quanto à sua disponibilidade e taxa de desaparecimento, que afeta a passagem das partículas no rúmen-retículo e, conseqüentemente, o consumo (Van Soest, 1994; Vieira et al., 1997). A menor taxa de degradação estimada para a FDN das variedades precoces pode ser atribuída ao mais rápido crescimento, que, embora não tenha refletido em maior concentração de lignina na FDN, deve ser lembrado que o espessamento da parede celular pode ser um fator crítico à degradação de gramíneas maduras (Jung & Deetz, 1993; Mertens, 1993).

O avanço da idade de corte reduziu linearmente a fração potencialmente disponível da fibra (B_0) e elevou a fração não-degradável (I_0). O aumento do I_0 acarretou maior efeito da repleção ruminal da fração indigerível, sendo estes resultados extremamente coerentes. Independentemente do ciclo de produção e da idade de corte, a cana-de-açúcar destaca-se pelo elevada proporção não-degradável da FDN (I_0),

característica esta que tem limitado a sua utilização para animais de elevado potencial de produção, devido aos efeitos negativos que esta fração exerce sobre a ingestão voluntária de alimentos (Mertens, 1987).

Conclusões

As variedades de cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário apresentaram melhor valor nutricional que as precoces, caracterizadas pelos menores teores de FDN e FDA, menor repleção ruminal total e maior porcentagem de NDT e brix.

O avanço da idade de corte acarretou redução da fibra potencialmente digestível, aumento da fração não-degradável e da repleção ruminal total.

Referências Bibliográficas

- AROEIRA, L.J.M., SILVEIRA, M.I., LIZIEIRE, R.S. et al. 1993. Degrabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, 22(4):552-564.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15.ed., Arlington, Virginia. 1117p.
- BOIN, C. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Anais do VI Congresso Paulista de Agronomia. Piracicaba, SP, 1987.
- CARTER, R.R.; GROVUM, W.L. 1990. Factor affecting the voluntary intake of food by sheep. 5. The inhibitory effect of hipertononicity in the rúmen. *Br. J. Nutr.* 64(2): 285-299.
- CARVALHO, G.J. *Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte*. Viçosa, MG: UFLA, 1992. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1992.
- COELHO, M. B.; RIBEIRO, S.N.N. 1988. Análise dos dados meteorológicos do Município de Ponte Nova – MG. *Brasil Açucareiro*. 106(4):26-36.
- JUNG, H.G., DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATIFIELD, R.D. et al. (Ed) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: America Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America, 1993. p.315-46.
- LENG, R. A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T.R., ROSALES, M. *Siculmas intensivos para la producción animal y energia renovable con recursos tropicales*. Cali, CIPAV, 1988. p.1-24.
- LIMA, M.L.M., MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: ANAIS DO 5º SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 1993, São Paulo, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1993, p.77.

- 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, SP: ESALQ, 1971. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1971.
- LUDOVICO, A., MATTOS, W.R.S. 1997. Avaliação de dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). *Rev. Bras. Zootec.*, 26(2):403-410.
- MEHREZ, A.Z., ORSKOV, E.R. 1977. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in rumen. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 88(3):654-660.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. Chap. 2. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, p.13-51.
- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, 64(5):1548-1558.
- MIRANDA, L.F., QUEIROZ, A.C., VALADARES FILHO, S.C. et al. 1999. Desempenho e desenvolvimento ponderal de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, 28(3):605-613.
- PEIXOTO, A.M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. **Anais Congresso Brasileiro de Pastagens**, 86, ed. Peixoto, A.M.; Faria, V.P. & Moura, J.C. Piracicaba, FEALQ, 1986.
- PEREIRA, O.G., GARCIA, RASMO, VALADARES FILHO, S.C. et al. 1996. Consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes de dietas contendo cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), sob diferentes formas, em bovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, 25(4):750-762.
- PEREIRA, E.S., QUEIROZ, A.C., PAULINO, M.F. et al. 2001. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. *Rev. Bras. Zootec.*, 30(2):563-572.
- PRESTON, T.R. Whole sugarcane as animal feed: An overview. In: SANSOUY, R.; AARTS, G.; PRESTON, T.R. *FAO consultation sugar cane as feed*. Rome, FAO, 1986. p.61-71.

- RODRIGUES, A.A., BARBOSA, P.F. 1999. Efeito do teor protéico do concentrado no consumo da cana-de-açúcar com uréia e ganho de peso de novilhas em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.*, 28(2):421-424.
- 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, p.81-82, 1994. Anais: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, 31,1994.
- SEARLE, S.R. Linear Models. John Wiley e Sons, Inc., New York, 1971, 532p.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(7):3562-3577.
- SOUZA, G. S. 1998. Introdução ao modelos de regressão linear e não linear. Brasília: EMBRAPA – STI 505p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 2000. SAEG – *Sistema de análise estatística e genética*. Versão 8.0. Viçosa, MG.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3583-3597.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. New York: Cornell University Press. Ithaca. 476p.
- VIEIRA, R.A M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al.,. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 67:151-161, 1997.
- WALDO, D.R; SMITH, L.W.; COX, E.L. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.*, 55(1):125-129.
- WEISS, W.P. 1993. Method estimates available energy value for ruminants. *Feedstuffs*. 9:13-14.
- WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 1997. p.173-208.

**Fracionamento e Cinética da Degradação *In Vitro* dos Carboidratos
Constituintes da Cana-de-Açúcar com Diferentes Ciclos de Produção em
Três Idades de Corte**

Resumo – O trabalho foi proposto com o objetivo de determinar as frações e as taxas de digestão dos carboidratos em cultivares de cana-de-açúcar, com dois ciclos de produção: precoce e intermediário, em três idades de corte (127, 187 e 247 dias). No fracionamento, foram calculados os carboidratos totais (CT), carboidratos não-fibrosos (CNF), frações potencialmente degradável (B_2) e não-degradável (C) da fibra em detergente neutro (FDN), corrigida para cinzas e proteína (FDNcp). Os parâmetros cinéticos dos CNF e fração B_2 foram estimados a partir da técnica da produção de gás *in vitro*. Os teores de CT e fração B_2 não diferiram entre os ciclos de produção, porém as precoces apresentaram teores maiores da fração C e menores dos CNF. Estabelecendo uma relação entre concentração de lignina obtida e fração C observada, por meio de ajuste de equação de regressão linear simples, sem intercepto, obteve-se o valor de 4,38, que diferiu de 2,4, sugerido pelo sistema Cornell. Portanto, para cana-de-açúcar, a fração C pode ser mais precisamente estimada a partir da lignina multiplicada por 4,38. O avanço da idade de corte causou aumento linear da fração C e redução da B_2 , sem interagir com a maturação; embora tenha sido linear, o incremento foi relativamente pequeno quando comparado a outras gramíneas tropicais, no mesmo intervalo, ou seja, em 120 dias foi de 6 % da fração C. Os parâmetros cinéticos não apresentaram diferenças entre variedades; entretanto, as taxas de digestão médias estimadas para os CNF foram bem inferiores às sugeridas pelo sistema Cornell. O ajuste da curva de produção cumulativa de gás (sistema bicompartimental) mostrou-se adequado, pois a cana-de-açúcar tem frações de carboidratos disponíveis muito distintas quanto à taxa de digestão (CNF e B_2). Por apresentar elevado teor de CNF e baixa taxa de digestão da

fração B₂, pesquisas com diferentes fontes de N para suplementar dietas à base de cana-de-açúcar são necessárias.

Palavras-chave: produção de gás *in vitro*, taxa de digestão, fracionamento de carboidrato

**Fractionation and *In Vitro* Degradation Kinetics of Carbohydrates
Constituents of Sugar Cane with Different Cycles of Production and Three
Cut Age**

Abstract – The objective of this work was to determine the fractions and rates of digestion of the carbohydrates for sugar cane, with different cycles of production (early and medium), in three cut times (127, 187 and 247 days). The total carbohydrates (TC), non-fibrous carbohydrates (NFC), fractions potentially digestible (B₂) and indigestible (C) of the neutral detergent fiber (NDF), corrected for ashes and protein (NDFcp), were obtained. The kinetic parameters of NFC and fraction B₂ were obtained from the technique of gas production *in vitro*. The contents of TC and fraction B₂ didn't differ among varieties, even though the precocious ones presented larger contents of the fraction C and smaller of NFC. By establishing a relationship between concentration of obtained lignin and observed C fraction, with adjustment of equation of simple linear regression, without intercept, it was obtained the value of 4.38, that differed of 2.4, suggested by the Cornell system. Therefore, for sugar cane, the fraction C could be estimated from the lignin multiplied by 4.38. The progress of the cut time caused linear increase of the C fraction and reduction of B₂, without interaction with the cycle of production; although it has been linear, the increment was relatively small when compared to the other tropical gramíneas, in the same interval: in 120 days it was of 6% of the fraction C. The kinetic parameters, they present differences among varieties; however, the estimated medium digestion rates for NFC were very much below the

suggested by the Cornell system. The adjustment of the curve of cumulative gas production (bicompartimental system) was shown appropriate because the sugar cane has fractions of available carbohydrate very different with relationship to the digestion rate (CNF and B₂). By presenting high content of NFC (sucrose) and low rate of digestion of the B₂ fraction, researches with different sources of N to supplement sugar cane based diets are necessary.

Key Words: production of gas *in vitro*, digestion rate, fractions of carbohydrate

Introdução

Os carboidratos representam a principal reserva da energia fotossintética exercida nas membranas tilacóides dos cloroplastos nos seres fotoautotróficos (Brock et al., 1994). Estes compostos constituem cerca de 60 a 80% da matéria seca (MS) de forrageiras, sendo a principal fonte de energia para os seres vivos compreendidos nos primeiros níveis tróficos. Para os ruminantes, eles tornam-se disponíveis indiretamente, na forma de ácidos graxos voláteis (AGV), pela ação microbiana nos compartimentos fermentativos e, diretamente, pela absorção de seus monômeros constituintes, nos intestinos desses animais (Van Soest, 1994).

Em termos nutricionais, os carboidratos podem ser classificados como fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF). Os primeiros, representados pela celulose e hemicelulose, juntamente com a lignina, apresentam disponibilidade nutricional incompleta e variável; são lentamente digeridos e ocupam espaço no trato gastrintestinal (TGI). Os CNF, representados pelos açúcares solúveis, amido e pectina, apresentam disponibilidade nutricional praticamente completa (aproximadamente 98%) e constante entre os alimentos e são rapidamente digeridos no TGI (Van Soest, 1967; Mertens, 1996).

No CNCPS – “*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*”, os carboidratos são classificados nas frações A, B₁, B₂ e C. A fração A corresponde aos carboidratos solúveis em água, representados principalmente pela glicose e sacarose, que são rapidamente

fermentados pelas bactérias utilizadoras de CNF. A fração B₁ é composta por amido e pectina, rapidamente fermentados pelas bactérias utilizadoras de CNF. As frações B₂ e C correspondem às potencialmente degradável e não-degradável da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (Sniffen et al., 1992). O CNCPS ainda classifica a população microbiana em bactérias que fermentam CNF, as quais utilizam NH₃, aminoácidos e peptídeos como fonte de compostos nitrogenados (N), e as bactérias que fermentam CF, cujo requisito em N é atendido somente pela NH₃. No CNCPS é idealizada com o fracionamento dos CT, juntamente com a proteína, a perfeita sincronização entre a disponibilidade de carboidratos e N no rúmen, possibilitando, com isso, aumento da eficiência microbiana e redução das perdas energéticas (CH₄) e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal (Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992).

Os sistemas atuais de adequação de dietas para ruminantes necessitam de informações sobre o alimento no que diz respeito às suas frações de carboidratos e proteínas, bem como de suas taxas de digestão, para que se possa estimar com maior exatidão o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes (Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992; Fox et al., 1992).

Portanto, foi objetivo deste trabalho determinar as frações dos carboidratos e suas taxas de digestão para a cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção, em três idades ao corte.

Material e Métodos

O local e as condições de realização do experimento, bem como a descrição das variedades e obtenção das amostras de cana-de-açúcar, em função do ciclo de produção e da idade de corte e análises laboratoriais, foram descritos no Artigo 1.

As frações que compõem os carboidratos totais (CT) foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992), em que os CT das amostras foram obtidos pela fórmula: $CT = 100 - (PB + EE + MM)$; os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtidos pela fórmula: $CNF = 100 - (PB + FDNcp + MM + EE)$; a fração C ou fração não-degradável da fibra, foi obtida pela FDN residual, após 96 horas de incubação ruminal (Mertens, 1993); a fração B₂, ou seja, a fibra potencialmente digestível, foi conseguida pela subtração da fração C da FDNcp (fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para o seu conteúdo em proteínas e cinzas).

Os parâmetros cinéticos dos CNF e da fração B₂ foram estimados a partir da técnica de produção de gás *in vitro*. Para tal, foram pesados 100 mg de amostra em frascos de vidro de 50 mL, os quais receberam 8 mL da solução-tampão de McDougal (1949), previamente reduzida com CO₂ (pH 6,9). Posteriormente, foram adicionados, em cada frasco, 2 mL de inóculo oriundo de um bovino fistulado no rúmen, sob aspensão de CO₂ e mantidos a 39 °C em mesa de agitação orbital. 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 e acumulada nos frascos foi mensurada por meio de um sensor de pressão acoplado a um multímetro, nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 horas. As leituras de pressão, em volts, foram convertidas para mL de gás, conforme Pell & Schofield (1993). Para interpretação matemática dos parâmetros cinéticos da produção de gás, ajustou-se às curvas observadas o modelo bicompartimental (Schofield et al., 1994), descrito a seguir:

$$V = Vf_1 / (1 + \exp(2 - 4 * C_1 * (T - L))) + Vf_2 / (1 + \exp(2 - 4 * C_2 * (T - L)))$$

em que: Vf_1 equivale ao volume máximo de gás da fração dos CNF; C_1 corresponde à taxa de degradação (%/h) desta mesma fração (CNF); Vf_2 refere-se ao volume máximo de gás da fração dos CF; C_2 representa a taxa de degradação (%/h) dos CF; e T e L referem-se aos tempos de incubação (horas) e a latência

(horas), respectivamente. Para a realização dos ajustes, foi utilizado o processo iterativo do algoritmo de Gauss Newton, por meio do programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000), adotando-se $\alpha = 0,05$.

Foi realizada a comparação entre a fração C, estimada pela equação de SNIFFEN et al. (1992), e a fração C observada, que corresponde à fração I obtida pelo método *in situ*, citado no Capítulo 1, estimada pelo modelo $R(t) = B \cdot \text{EXP}(-C \cdot T) + I$ (Mertens, 1993).

Os dados relativos às frações de carboidratos e suas taxas de digestão foram analisados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + M_i + C_j + MC_{ij} + V_{(i)k} + E_{(ijk)l}.$$

em que, Y_{ijkl} é o valor observado para o i -ésimo ciclo de produção da cana-de-açúcar, na j -ésima idade de corte da k -ésima variedade; μ é a constante geral; M_i é o efeito do ciclo de produção; C_j é o efeito da idade de corte; MC_{ij} é a interação do ciclo de produção i com a idade de corte j ; $V_{(i)k}$ é o efeito da variedade k dentro do ciclo de produção i e $e_{(ijk)l}$ é o erro aleatório, pressuposto normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ^2 (SEARLE, 1971).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 e Figura 3 são apresentados os teores das frações dos carboidratos para a cana-de-

açúcar, considerando-se o efeito do ciclo de produção. As variedades precoces e intermediárias não diferiram quanto aos teores de CT e da fração B₂. Entretanto, foram observadas diferenças quanto CNF e à fração C, em que as variedades precoces apresentaram teores maiores da fração C e menores dos CNF. Tal fato seria esperado, uma vez que as variedades precoces, por apresentarem maior taxa de crescimento, atingem a maturidade com menor idade, determinando o aumento de estruturas de sustentação, representadas principalmente pelos CF e pela lignina (Wilson, 1997), o que possivelmente afetaria o desempenho de animais alimentados com tais gramíneas, pela limitação do consumo (Mertens, 1987), o que é confirmado pela maior (P<0,05) repleção ruminal estimada para as variedades precoces (Fernandes et al., 2001).

Os teores das frações dos CT encontrados neste trabalho são bem diferentes daqueles obtidos por Pereira (1999) e Cabral et al. (2000), que encontraram os

seguintes valores: 337 e 337,28; 387 e 201; e 213 e 389,22 g/kg de MS, para os CNF e frações B₂ e C, respectivamente. Entretanto, cabe ressaltar que tais valores foram obtidos de amostras de cana-de-açúcar de variedades e ciclos de produção desconhecidos, podendo estes fatores afetar estas composições.

Tabela 1 – Frações dos carboidratos observadas e estimadas para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte.

Table 1 – Observed and estimated carbohydrates fractions for sugar cane, in function of the cycle of production and cut time effects

Itens ¹	Ciclo de produção ⁴ Cycle of production ⁴		Idade de corte (dias) Cut time (days)			Equações ajustadas ⁵ Adjusted equations ⁵	r ² /R ²
	precoce early	intermediário medium	127	187	247		
CT	949,78 ^a	951,05 ^a	949,04	949,74	952,46	$\hat{y} = 945,07 + 0,0286^{**}X$	0,1248
TC							
CNF ²	479,56 ^a	497,75 ^b	491,54	481,93	492,50	$\hat{y} = 578,45 - 1,04^{ns}X + 0,0028^{*}X^2$	0,0655
NFC							
B ₂ ²	308,01 ^a	301,01 ^a	293,53	317,50	302,51	$\hat{y} = 114,31 + 2,0983^{ns}X - 0,0541^{**}X^2$	0,1347
C ²	156,99 ^a	149,95 ^a	162,47	148,28	149,65	$\hat{y} = 243,836 - 0,915122^{**}X + 0,00216^{*}X^2$	0,1468
B ₂ ³	179,64 ^a	177,15 ^a	182,98	183,23	168,99	$\hat{y} = 200,21 - 0,1166^{**}X$	0,0904
C ³	290,57 ^a	276,15 ^b	274,52	284,58	290,98	$\hat{y} = 257,71 + 0,1372^{**}X$	0,1357

¹ g/kg de MS.

² Valores estimados de acordo com SNIFFEN et al. (1992).

³ Valores observados.

⁴ Médias na linha, relativas ao ciclo de produção, seguidas por letras diferentes, são desiguais (P<0,05) pelo teste F.

⁵ ns, *, **: não-significativo e significativo a nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

¹ g/kg of DM.

² Estimated values agreement with SNIFFEN et al. (1992).

³ Observed values.

⁴ Means, in a row, according to cycle of production, followed by different letters, are different (P<.05) by F test.

⁵ ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% of probability by t test, respectively.

Uma característica também importante da cana-de-açúcar é o seu elevado teor da fração C, quando comparada a outras importantes gramíneas. Esta fração dos carboidratos totais é indisponível no rúmen e nos demais compartimentos digestivos dos ruminantes (Sniffen et al., 1992) e está relacionada ao consumo voluntário de alimentos e à disponibilidade de energia da dieta. Desta forma, a sua quantificação nos alimentos é de grande importância na nutrição dessas espécies de animais. No sistema Cornell (Sniffen et al., 1992), esta fração é estimada a partir da concentração de lignina multiplicada por 2,4. A utilização de uma constante para estimar tal fração significa admitir que a relação entre esta e o teor de lignina é do tipo $Y = \beta_1 X$, isto é, o intercepto (β_0) é nulo, e que o coeficiente de regressão (β_1), para as diferentes espécies de alimentos, sob diferentes condições, é constante. Para avaliar a relação entre os valores observados para a fração não-degradável dos carboidratos, obtidas por Fernandes et al. (2001) e aquelas preditas segundo o CNCPS, realizou-se uma análise de regressão, em que foram testadas as hipóteses de nulidade $H_{01}: \beta_0 = 0$ e $H_{02}: \beta_1 = 1$, a qual é representada na Figura 1.

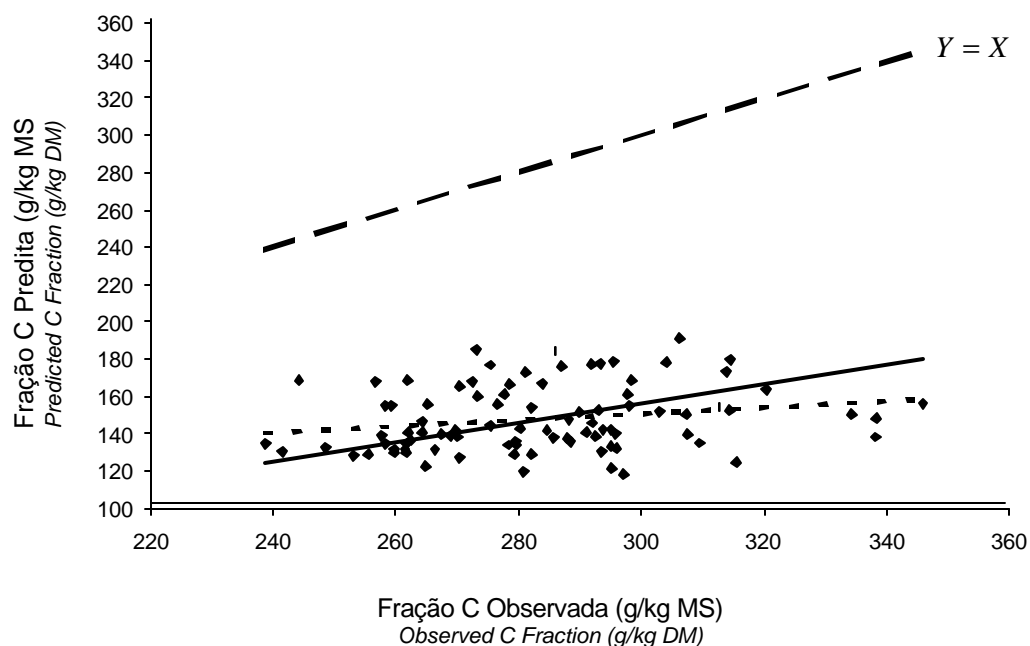


Figura 1 – Relação entre os valores observados (X) e preditos (Y), segundo o CNCPS, para a fração C dos carboidratos da cana-de-açúcar (Linha contínua - $\hat{y} = 99,727 + 0,170X$, $r^2 = 0,0458$; linha descontínua - $\hat{y} = 0,520X$, $r^2 = 0,9843$).

Figure 1 – Relationship among the observed values (X) and predicted (Y) according to CNCPS, for the fraction C of the carbohydrate of the sugar cane (Continuous line - $\hat{y} = 99,727 + 0,170X$, $r^2 = 0,0458$; discontinuous line $\hat{y} = 0,520X$, $r^2 = 0,9843$).

Em termos visuais, conforme exposto na Figura 1, observa-se grande distanciamento entre a região de dispersão e a linha representativa da relação teórica, em que os valores da fração C observados e estimados, segundo o CNCPS, se equivaleriam. Este comportamento dispersivo é confirmado por intermédio da regressão linear estabelecida entre os grupos de estimativas, representada pela linha descontínua (Figura 1), onde observou-se que o intercepto e o coeficiente de regressão foram diferentes de 0 ($P < 0,01$) e de 1 ($P < 0,01$), respectivamente. O comportamento observado leva a inferir que a relação entre o teor de lignina e a porção não-degradável dos carboidratos fibrosos, proposta pelo CNCPS (Sniffen et al., 1992), é diferente da observada para a cana-

de-açúcar, sendo, dessa forma, não recomendada como ferramenta preditiva.

A linha superior no gráfico (tracejado maior) (Figura 1) representa a condição em que a fração C estimada corresponderia exatamente aos valores observados, ou seja, ambas as hipóteses seriam verdadeiras. Entretanto, pode ser notado que esta linha subestima a real fração C, uma vez que se encontra fora da dispersão dos dados. Pela equação obtida, representada pela linha descontínua (tracejado menor) no gráfico, pode-se visualizar o vício em relação aos dados, sendo rejeitadas ambas as hipóteses. Segundo a pressuposição do CNCPS, descrita anteriormente, a linha descontínua ajustou a equação, forçando o intercepto à nulidade e demonstra a falta de relação entre o C estimado e o observado ($r^2 = 0,0458$). A linha contínua refere-se à relação entre a fração C estimada e a observada, sendo o vício da estimativa de 0,89 ($P < 0,0001$), ou seja, a fração C observada corresponde a 1,89 vez à fração C estimada, significando que

a fração C para a cana-de-açúcar não pode ser estimada a partir do fator 2,4 ($r^2 = 0,9843$). Entretanto, para outras gramíneas tropicais como: tifton, capim-elefante, braquiária brizanta, braquiária decumbens, entre outras, Malafaia (1997) afirmou que a estimativa da fração C, pela utilização do fator encontrado em 168 horas de incubação, foi semelhante à obtida pela fórmula do CNCPS.

Ao estabelecer a equação de regressão entre as diferentes estimativas, forçando-se propositadamente o intercepto à nulidade, relação representada pela linha contínua (Figura 1), foi mostrado, em agregação ao procedimento anterior, que o coeficiente de regressão é diferente de 1 ($P < 0,01$). Neste contexto, pode-se definir o vício global no processo de estimação como a diferença entre o valor obtido para este coeficiente e o valor teórico do parâmetro ($\beta_1 = 1$) (Rayburn & Fox, 1993). Dessa forma, obteve-se vício de -0,4799, ou, de outra forma, a utilização da relação de lignina, conforme proposto pelo CNCPS

(Sniffen et al., 1992), leva à subestimação da fração não-degradável dos carboidratos em 47,99%.

Segundo o enfoque abordado, a fração C dos carboidratos, obtida diretamente por submissão da amostra à degradação microbiana, parece fornecer estimativas mais realísticas para inferências acerca do potencial de degradação dos carboidratos fibrosos. No entanto, segundo exposto na Figura 2, uma aproximação poderia ser realizada se correções fossem estabelecidas sobre o fator proposto pelo CNCPS. Segundo a regressão estabelecida, a utilização do fator 4,38 sobre o teor de lignina da amostra, o qual diferiu de 2,4 ($P < 0,01$), pode ser empregado com relativa precisão, para cana-de-açúcar, na ausência de infra-estrutura para realização de ensaios *in vitro* ou *in situ*.

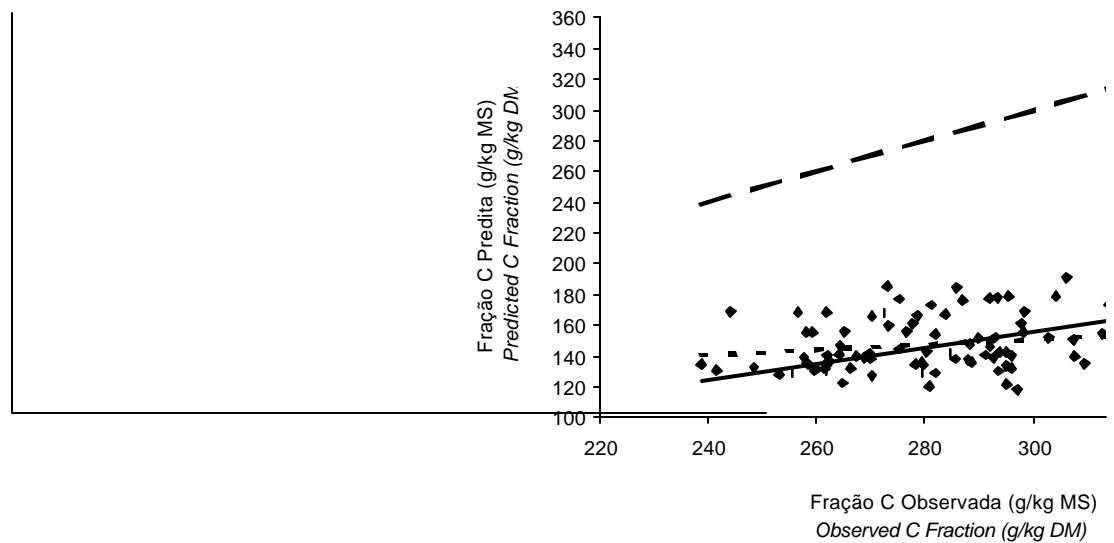


Figura 2 – Relação entre a concentração média de lignina e a média da fração C observada, obtida para a cana-de-açúcar (Linha contínua $\hat{y} = 4,38X$, $r^2 = 0,9842$)

Figure 2 – Relation between the lignin average concentration and observed average C fraction, obtained for sugar cane (Continuous line - $\hat{y} = 4,38X$, $r^2 = 0,9842$)

O avanço na idade ao corte acarretou acréscimo linear do teor dos CT, entretanto, a diferença em termos numéricos foi pequena (Tabela 1 e Figura 3). Além disso, causou aumento linear ($P < 0,001$) da fração C e redução da B_2 ($P < 0,01$). Este último efeito afetaria a disponibilidade de energia para as bactérias que utilizam carboidratos fibrosos (Russell et al., 1992) e o aumento da fração C, provavelmente, reduziria o consumo destas forrageiras, uma vez que esta fração, por ser indegradável, apresentaria lenta taxa de escape, permanecendo por maior período de tempo no ambiente ruminal. A lenta passagem da fração C pelo rúmen afetaria o “turnover”, diminuindo assim a eficiência microbiana, uma vez que haveria maior tempo de retenção da microbiota neste compartimento, fazendo com que grande parte da energia disponível aos microrganismos seja utilizada para fins de manutenção (Russell et al., 1992; Russell & Wallace, 1988).

Embora a cana-de-açúcar apresente elevada fração C de carboidratos e, que esta fração com a idade de corte tenha aumentando linearmente, o incremento é relativamente pequeno, pois, num intervalo de 120 dias, ou seja, do 127 ao 247 dias, houve aumento de apenas 6%, quando comparado ao acréscimo de 24% desta fração, em apenas 25 dias, em pastagens naturais durante a estação chuvosa, observado por Vieira (1998). Este tipo de comportamento confirma os relatos de Lima & Mattos (1993), de que a cana-de-açúcar, ao contrário de outras forrageiras (como *Melinis minutiflora*, *Hyparrhenia rufa* e *Paspalum* sp.), conserva o valor nutritivo por períodos relativamente prolongados.

No que diz respeito aos parâmetros cinéticos, não foram observadas diferenças entre as variedades precoces e intermediárias (Tabela 2). A taxa de digestão média estimada para os CNF foi 0,1835 h⁻¹, considerada muito abaixo da sugerida por Sniffen et al. (1992), que varia de 1 a 4 h⁻¹, para os carboidratos solúveis em água,

sendo obtidas *in vitro*, com *Streptococcus bovis* crescendo em glicose (Russell & Robinson, 1984). Considerando que esta bactéria, em condições normais de alimentação, não representa a população microbiana média do rúmen e que sua taxa de produção de ATP por unidade de tempo é altíssima em relação às demais bactérias (Russell & Hespel, 1985), as taxas sugeridas por estes autores para os açúcares solúveis não devem ser comparadas com as obtidas em estudos realizados com a população microbiana representativa do ambiente ruminal.

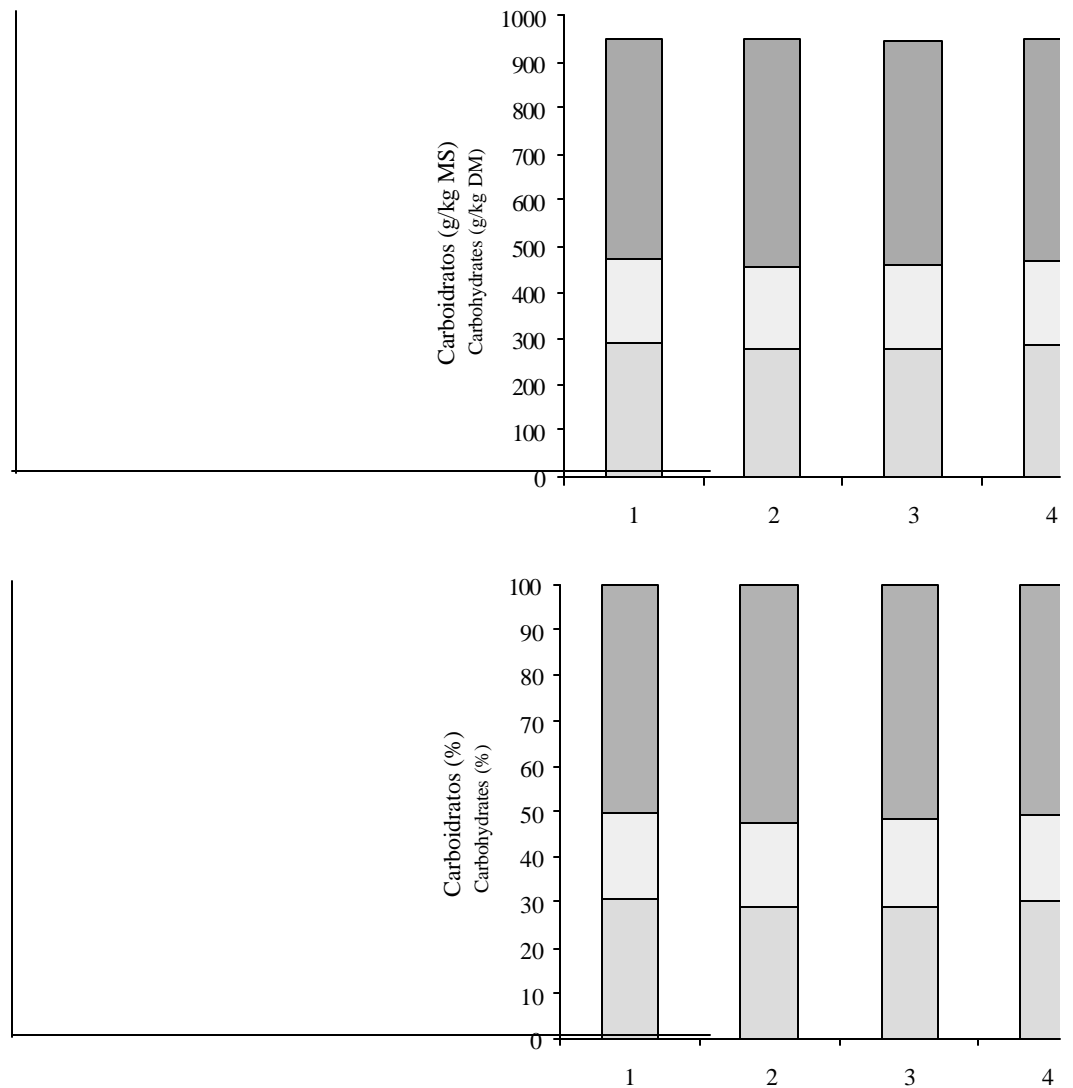


Figura 3 – Teores e composição percentual das diferentes frações de carboidratos da cana-de-açúcar, para os ciclos de produção precoce (1) e intermediário (2) e para as idades de corte de 127 (3), 187 (4) e 247 (5) dias.

Figure 3 – Amount and percentage composition of different carbohydrate fractions of sugar cane for the cycles of production early (1) and medium (2) and for the cut time of 127 (3), 187 (4) and 247 (5) days.

Como consequência da redução da disponibilidade de carboidratos fibrosos, ou seja, aumento da fração C e redução da fração B₂, o volume total de gás foi

reduzido linearmente com o aumento da idade de corte (Tabela 2).

Tabela 2 – Taxas de digestão e volume de gás produzido para as frações dos carboidratos para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e a idade de corte

Table 2 – Digestion rate and gas production for carbohydrate fractions for sugar cane in function of the cycle of production and cut time

Itens ¹	Ciclo de produção ²		Idade de corte			Equações ajustadas ³	r ² /R ²
	Cycle of production ²		Cut time				
	precoce early	intermediária medium	127	187	247		
Vf _t	26,74 ^a	26,93 ^a	28,17	26,42	25,91	$\hat{y} = 30,35 - 0,0188^{***}X$	0,2114
Vf ₁	9,88 ^a	9,86 ^a	10,88	10,08	8,65	$\hat{y} = 13,36 - 0,1864^{***}X$	0,2903
Vf ₂	16,86 ^a	17,06 ^a	17,29	16,33	17,27	$\hat{y} = 25,5157 - 0,0980^{ns}X + 0,000026^{***}X^2$	0,0936
C1	0,1822 ^a	0,1847 ^a	0,1727	0,1743	0,2033	$\hat{y} = 0,1356 + 0,00026^{***}X$	0,1377
C2	0,0227 ^a	0,0227 ^a	0,0234	0,0212	0,0235	$\hat{y} = 0,0432 - 0,00024^{ns}X + 0,00000064^{***}X^2$	0,1290

¹ Vft – volume máximo de gás produzido – mL (Vft – maximum produced volume of gas – mL); Vf₁ - volume máximo de gás da fração de CNF – mL (VF₁ maximum volume of gas of the NFC fraction – mL); Vf₂ - volume máximo de gás da fração de CF – mL (VF₂ - maximum volume of gas of the FC fraction – mL); C1 – taxa de digestão para a fração de CNF – h⁻¹ (C1 – rate of digestion of NFC fraction – h⁻¹); C2 – taxa de digestão para a fração de CF – h⁻¹ (C2 – rate of digestion for FC fraction – h⁻¹).

² Médias na linha, relativas ao ciclo de produção, seguidas por letras desiguais, são diferentes (P<0,05) pelo teste F.

³ ns, *, **: não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

² Means, in a row, according to cycle of production degree, followed by different letters, are different (P<.05) by F test.

³ ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% of probability by t test, respectively.

Na Figura 4 são mostradas as curvas de produção cumulativa de gás para as variedades de cana-de-açúcar. O ajuste do modelo bicompartimental (Schofield et al., 1994) aos dados é ilustrado na curva central, destacada a dispersão dos dados em cada tempo de leitura. No caso da cana-de-açúcar, a utilização deste modelo justifica-se, uma vez que esta gramínea apresenta frações de carboidratos disponíveis muito distintas quanto à taxa de digestão (CNF e B2),

sendo tal fato visualizado no formato das curvas de produção de gás, as quais apresentaram 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. Elevadas concentrações de açúcares no ambiente de incubação também podem afetar a taxa de digestão de polímeros (fração B₂), pela repressão da síntese de enzimas responsáveis pela despolimerização deste compostos, como os complexos enzimáticos de digestão da celulose (Moat & Foster, 1997), pela exaustão de nutrientes (N), ou pela inibição por metabólitos.

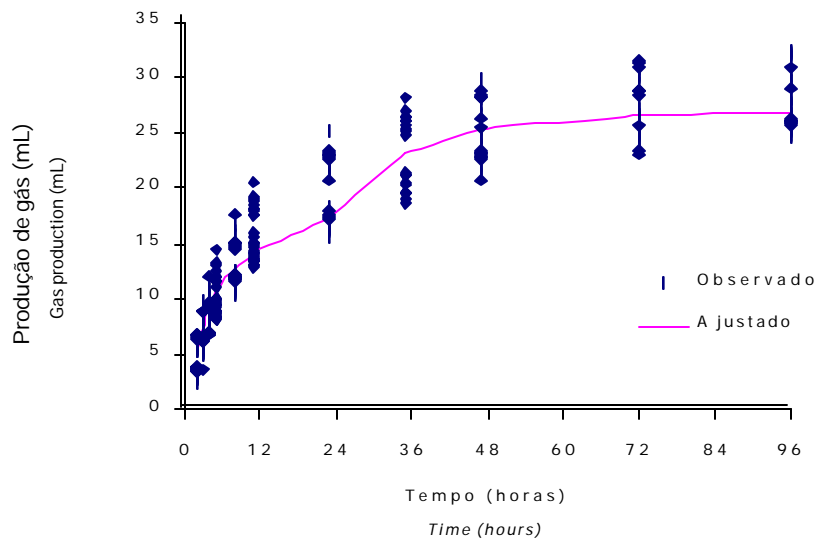


Figura 4 – Curvas de produção de gás dos dados observados do modelo bicompartimental.

Figure 4 – Gas production curves of observed data from bicompartimental model.

A cana-de-açúcar destaca-se pelo elevado teor de CNF (sacarose), que é rapidamente usados por grupos específicos de bactérias no rúmen, chamadas de utilizadoras de CNF, as quais têm seus requisitos em compostos nitrogenados (N)

atendidos em sua maior parte (66%) por aminoácidos e peptídeos (Russell et al., 1992). Dessa forma, o atendimento das exigências em N desses microrganismos, para máximo crescimento microbiano, deveria ser exercido pelo fornecimento de proteína degradada no rúmen, principalmente nas primeiras horas após a alimentação, conforme observado na Figura 2, uma vez que os CNF são, neste período, a principal fonte de energia para a microbiota ruminal. Portanto, a recomendação do uso de uréia em dietas à base de cana-de-açúcar pode não ser a mais eficiente para maximizar o crescimento microbiano a partir da sacarose, pois os microrganismos utilizadores de CNF utilizam preferencialmente aminoácidos e peptídeos como fonte de N (Russell et al., 1992). Além disso, embora os microrganismos que fermentam CF utilizem somente NH_3 para crescimento, devido à lenta taxa de digestão da FDN da cana-de-açúcar (aproximadamente $0,02 \text{ h}^{-1}$), o uso de uréia pode não ser a forma mais adequada de fornecer N, uma vez que esta última é hidrolisada numa taxa muito elevada no rúmen e, dessa forma, fontes protéica de lenta degradação poderia ser mais eficiente.

Conclusões

A estimativa da fração não-degradável (C) dos carboidratos totais, a partir da proposição do CNCPS, foi subestimada para a cana-de-açúcar, devendo ser realizada por biólogos.

As variedades de cana-de-açúcar precoces destacaram-se pela maior fração C e menor teor de CNF, quando comparadas às variedades da cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário.

A idade ao corte teve como conseqüências o aumento da fração C e a redução da fração B_2 .

A cana-de-açúcar destaca-se pelo elevado teor de CNF, que foi rapidamente fermentado. Entretanto, quanto à fração B_2 , a taxa de digestão estimada foi muito inferior aos demais alimentos verificados na literatura nacional.

Referências Bibliográficas

- BROCK, J.M., MADIGAN, M.T., MARTINKO, J.M., PARKER, J. *Biology of Microorganisms*. 7 ed., Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994, 909p.
- CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, et al. 2000. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. *Rev. Bras. Zootec.*, 29(6):2087-2098, (suplemento 1).
- FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, J.C. et al. 2001. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) com diferentes ciclos de produção em três idades ao corte. *Rev. Bras. Zootec* (Submetido).
- FOX, D.G., SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3578-3596.
- LIMA, M.L.M., MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: ANAIS DO 5º SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 1993, São Paulo, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1993, p.77.
- 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: UFV, 1997. 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- McDOUGAL, E.I., 1949. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.*, 43(1):99-109.
- MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1996, Wisconsin, USA. *Proceedings...* Wisconsin, 1996. p.81-92.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. Chap. 2. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, p.13-51.
- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, 64(5):1548-1558.

- MOAT, A.G., FOSTER, J.W., Microbial Physiology. 1º Ed. 1995, New York, USA, 580p.
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 76(9):1063-1073.
- PEREIRA, E.S. *Dinâmica ruminal e pós-ruminal da proteína e de carboidratos: aplicação de um modelo matemático para avaliação de dietas à base de cana-de-açúcar*. Viçosa, MG: UFV, 1999. 95p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- RUSSELL, J.B., O’CONNOR, J.D., FOX, D.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation for cattle diets: Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3551-3581.
- RUSSELL, J.B., WALLACE, R.J. 1988. Energy yielding and consuming reactions, In: P.N. Hobson (Ed.) pp 185-216. The rumen microbial ecosystem. Elsevier Applied Science, London.
- RUSSELL, J.B., ROBINSON, P.H. 1984. Compositions and characteristics of strains of *Streptococcus bovis*. *J. Dairy Sci.* 67(6):1525-1536.
- RUSSELL, J.B., HESPEL, R.B. 1985. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: A spiraling effect that contribute to rumen acidosis. *J. Dairy Sci.*, 68(7):1712-1725.
- SCHOFIELD, P., PITT, R.E., PELL, A.N. 1994. Kinetic of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J. Anim. Sci.*, 72(11):2980-2991.
- SEARLE, S.R. Linear Models. John Wiley e Sons, Inc., New York, 1971, 532p.
- SNIFFEN, C.J., O’CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(7):3562-3577.
- UNIVERSIADE FEDEAL DE VIÇOSA – UFV. 2000. SAEG – *Sistema de análise estatística e genética*. Versão 8.0. Viçosa, MG.
- VAN SOEST, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.*, 26(1):119-128.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. New York: Cornell University Press. Ithaca. 476p.

VIEIRA, R.A.M. *Simulação da dinâmica dos nutrientes no trato gastrintestinal: Aplicação e validação de um modelo matemático para bovinos a pasto.* Viçosa, MG: UFV, 1998. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 1997. p.173-208.

Estimativas da Produção de Leite por Vacas Mestiças (H-Z), Segundo o Sistema CNCPS, em Dietas Contendo Cana-de-Açúcar com Diferentes Valores Nutritivos

Resumo – Objetivou-se neste estudo usar as variações ocorridas nos teores da fibra em detergente neutro (FDN), lignina, nas frações de carboidratos e suas correspondentes taxas de degradação, de 15 variedades de cana-de-açúcar, para avaliar a disponibilidade destes nutrientes em proporcionar alterações na produção de leite de vacas holandesas mestiças, usando-se o sistema CNCPS. Um suplemento alimentar composto de silagem de milho, caroço de algodão, farelo de soja e uréia foi usado para complementar as exigências nutricionais destes animais na produção de 10 kg de leite/dia. Os valores utilizados para prever as respostas na produção de leite foram: FDN (%MS) – 40; 50 e 60, lignina (%FDN) 10; 14 e 18, taxas de digestão (%/h) dos carboidratos não-fibrosos (CNF) – 10; 20 e 30 e taxa de digestão (%/h) dos carboidratos fibrosos (CF) – 1; 2,5 e 4, que correspondem aos valores mínimos, médios e máximos das 15 variedades. A cana-de-açúcar, quando usada como principal volumoso da dieta, acarretou redução na ingestão de matéria seca e energia, limitando a produção de leite destes animais. A predição da quantidade de leite que poderia ser produzida em razão da quantidade de energia metabolizável (EM), fornecida pela dieta, decresceu 24%, quando o teor de FDN aumentou de 40 para 60%, para um percentual de 14% de lignina. Também houve acréscimo de 14% na produção de leite, quando a taxa de digestão dos CF aumentou de 1 para 2,5%/h. Embora as variações nos teores de FDN e lignina e nas taxas de digestão dos carboidratos, das variedades de cana-de-açúcar, tenham ocasionado considerável efeito sobre a produção de leite das vacas mestiças, torna-se necessária a validação destes resultados.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, produção de leite, vacas mestiças.

**Estimates of the Milk Production by Crossbred Holstein Cows, in
Accordance to CNCPS System, in Diets Containing Sugar cane with
Different Nutritive Values**

Abstract – The objective of this present study was to use the observed data on the changes of the neutral detergent fiber (NDF), lignin and carbohydrate fractions and of the related degradation rates of 15 sugar cane varieties, to evaluate this nutrient availability in promoting the milk production of the crossbred Holstein cows using the CNCPS system. A concentrate supplement compose by corn silage, whole cottonseed and soybean meal and urea was used to attend the nutritional requirement of this animals to produce 10 kg of daily milk . The values used to predict the response in the milk production were: NDF (%DM) - 40,50 and 60, lignin (%NDF) 10,14 and 18, digestion rates (% /h) of the non fiber carbohydrates (NFC) - 10,20 and 30 and digestion rate (% /h) of the fiber carbohydrates (FC) - 1, 2,5 and 4, that correspond to the minimum, medium and maximal values of the 15 varieties. The sugar cane, when used as main forage in the diet, caused a reduction in the dry matter intake and energy, limiting the milk production of these animals. The prediction of the amount of milk that could be produced in function of the amount of energy metabolizable (ME), supplied by the diet, decreased 24% when the FDN content increased from 40 to 60%, for a 14% of lignin. There was also an increment of 14% in the milk production when the FC digestion rate increased from 1 to 2,5%/h. Although, the changes in the of NDF and lignin contents and in the carbohydrate digestion rates of the sugar cane varieties, have promoted a great effect on the crossbred Holstein cows milk production, it is necessary to validate these results.

Key Words: sugar-cane milk, production, crossbred Holstein cows.

Introdução

A grande maioria dos produtores de leite, principalmente os que utilizam vacas mestiças, faz uso da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) como principal volumoso da dieta no período que compreende a estação de seca. A cana-de-açúcar possui algumas características que têm justificado a sua escolha como recurso forrageiro, dentre elas, elevada produção por unidade de área cultivada, cultivo relativamente fácil, baixo custo por unidade de matéria seca produzida e coincidência do período de sua maior disponibilidade com a escassez de forragem na forma de pasto.

Outra vantagem de se utilizar a cana-de-açúcar como recurso forrageiro constitui-se no fato de seu valor nutritivo manter-se praticamente constante por períodos de tempo relativamente prolongado, sendo os melhores valores obtidos com intervalos de cortes de 12 a 18 meses, contrastando com outras gramíneas tropicais (Preston, 1986). Porém, a cana-de-açúcar, como alimento para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal (Pate, 1977; Leng, 1988), afetando a produtividade animal, quando se fornecem dietas com elevada proporção desse alimento.

A digestão dos nutrientes no trato gastrointestinal (TGI) é um processo dependente do tempo e, dessa forma, a taxa de digestão de um componente dietético, relativa à sua taxa de passagem, é um fator crítico que afeta a digestibilidade. Nutrientes não-fibrosos, por apresentarem elevada taxa de digestão ruminal, são pouco afetados quanto à digestibilidade, pela variação na taxa de passagem; enquanto os nutrientes fibrosos tendem a ser grandemente afetados pela variação na taxa de passagem, uma vez que apresentam lenta taxa de digestão (Mertens, 1993)

Os carboidratos, em termos nutricionais, foram classificados segundo Mertens (1997), em

carboidratos não-fibrosos (CNF) e fibrosos (CF), cujas características, descritas por Van Soest (1994), foram relatadas no Capítulo 2.

A grande variação dos teores de CF e CNF e a disponibilidade dos CF observada na cana-de-açúcar, de acordo com as variedades e a idade de corte, podem causar respostas variadas na produção de leite, o que justifica o uso de sistemas nutricionais para prever a produção de leite pelas vacas recebendo quantidades elevadas desta forragem.

Atualmente, os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes que dão suporte à formulação de rações exigem que estes sejam fracionados, para melhor caracterizá-los. Os compostos nitrogenados são fracionados em: A (fração solúvel-NNP), B₁

(fração rapidamente degradada no rúmen), B₂ (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B₃ (fração insolúvel, lentamente degradada no rúmen) e C (fração insolúvel no rúmen e não-digerível no intestino). Os carboidratos também são fracionados em : A, B₁, B₂ e C, caracterizados no Capítulo 2. Este fracionamento foi descrito por Sniffen et al. (1992), tendo como objetivo gerar dados para o sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS).

Objetivou-se, portanto, utilizar as variações observadas sobre nos teores de FDN, lignina e nas frações de carboidratos e suas correspondentes taxas de degradação de 15 variedades de cana-de-açúcar, avaliar a disponibilidade destes nutrientes, que poderiam influenciar a produção de leite de vacas holandesas mestiças, usando o modelo CNCPS, versão 3.0.

Material e Métodos

Para se obterem as estimativas da produção de leite por vacas mestiças

holandês-zebu, em função das diferentes variedades de cana-de-açúcar, foi realizado o processo de simulação por meio do modelo CNCPS para gado de leite, versão 3.0, de acordo com Juarez Lagunes et al. (1999).

Os dados referentes às características das vacas, necessários para o “input” do sistema CNCPS, foram fornecidos pelo PDPL-RV (Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira – Região de Viçosa), realizado pelo convênio entre a Universidade Federal de Viçosa, Fundação Arthur Bernardes e Nestlé (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrições do animal e do ambiente usadas pelo sistema CNCPS para avaliação das variedades de cana-de-açúcar

Table 1 – Animal and environment descriptions used in the CNCPS system to evaluate the sugar cane varieties

A produção média por dia de leite do rebanho da Região de Viçosa, que faz uso da cana-de-açúcar como volumoso principal, é da ordem de 10 kg, segundo informações do PDPL. Desse modo, optou-se por usar esta produção para a simulação no modelo CNCPS.

As quinze variedades de cana-de-açúcar utilizadas (cana de ano ou primeiro corte) foram colhidas no campo experimental da Usina de Jatiboca, Município de Ponte Nova – MG.

O fracionamento dos carboidratos e a determinação das respectivas taxas de degradação da cana-de-açúcar, bem como as

análises químicas, foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Inicialmente, as amostras das variedades de cana-de-açúcar foram preparadas para determinar a matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), seguindo os procedimentos padrões (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990), e fibra em detergente neutro (FDN), ácido (FDA) e lignina (Van Soest et al., 1991).

Para obtenção do fracionamento dos carboidratos, conforme o sistema CNCPS, foram determinados os teores de nitrogênio total das amostras (NT), extrato etéreo e matéria mineral (AOAC, 1990). As frações dos carboidratos foram determinadas conforme Sniffen et al. (1992) e as taxas de degradação dos carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não-fibrosos (CNF), por intermédio da produção cumulativa de gás, conforme Pell & Schofield (1993). Os dados oriundos das frações de carboidratos solúveis e da FDN foram interpretados pelo modelo bicompartimental $V = Vf1/(1+\exp(2-4*C1*(T-L))) + Vf2/(1+\exp(2-4*C2*(T-L)))$, em que Vf1 equivale ao volume máximo de gás da fração dos CNF; C1, à taxa de degradação (% /h) desta mesma fração (CNF); Vf2, ao volume máximo de gás da fração dos CF; C2, à taxa de degradação (% / h) dos CF; T e L, aos tempos de incubação (horas) e a latência (horas), respectivamente, proposto por Schofield & Pell (1995).

Para a realização dos ajustes, foi utilizado o processo iterativo do algoritmo de Gauss Newton, usando-se o programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 2000).

Os dados referentes às taxas de degradação das frações protéicas B1, B2 e B3 da cana-de-açúcar, necessários ao “input” do sistema CNCPS, para o cálculo

da degradabilidade dos alimentos, foram extraídos do trabalho de Pereira et al.(2001). Portanto, tais análises não foram realizadas com as 15 variedades de cana-de-açúcar, em decorrência da pouca contribuição destas frações nesta forrageira.

Os valores mínimo, médio e máximo da FDN, da lignina e da cinética de degradação das frações A + B1 e B2 dos carboidratos, das 15 variedades da cana-de-açúcar, foram usados para predizer os efeitos destas variações sobre a produção de leite, usando o sistema CNCPS.

Para a simulação, foi estabelecido um suplemento alimentar (silagem de milho, caroço de algodão, farelo de soja e uréia), para satisfazer as exigências nutricionais dos animais em produzirem 10 kg/dia de leite, de acordo com o sistema CNCPS. A composição da dieta total, em base % da matéria seca, foi a seguinte: cana-de-açúcar (6,2 kg), silagem de milho (2,0 kg), caroço de algodão (2,0 kg), farelo de soja (1,1 kg) e uréia (0,1 kg), em que a cana-de-açúcar correspondeu a 75% do volumoso e a 54% da dieta. Estes alimentos que complementaram a dieta com a cana-de-açúcar, a fim de preencher as exigências nutricionais dos animais, foram escolhidos em razão do uso dos mesmos pelos produtores de leite da região assistida pelo PDPL-RV, que fazem uso da cana-de-açúcar como principal volumoso, principalmente no período da estação seca do ano.

As variáveis de interesse para a interpretação dos resultados, fornecidas pelo sistema CNCPS, foram a quantidade de leite predita a partir da energia metabolizável (EM) disponível para leite e proteína metabolizável (PM)

disponível para leite, balanço de nitrogênio (N) e balanço de peptídeo no rúmen, PM bacteriana e PM oriunda da proteína não-degradada no rúmen (PNDR).

Resultados e Discussão

Os resultados principais das análises químicas e das taxas de degradação das 15 variedades da cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química, fracionamento dos carboidratos e suas taxas de degradação das variedades de cana-de-açúcar (%MS)¹
Table 2 – Chemical composition, carbohydrate fractions and their digestion rates of the sugar cane varieties (% DM)

Variedade	MS	PB	FDN	MM	Lig ²	CT ³	CF(B2)	C	CNF(%/h)
-----------	----	----	-----	----	------------------	-----------------	--------	---	----------

RB855113	29,5	2,6	0,74	49,7	1,4	11,9	95,3	48,7	36,4	14,9	19,5
RB765418	29,1	2,6	0,69	50,0	1,5	12,6	95,2	48,2	35,9	15,9	18,6
RB855536	27,0	3,2	0,72	47,3	1,5	13,5	94,6	50,8	33,0	16,2	22,1
SP79-2233	27,7	3,0	0,65	45,7	1,6	13,5	94,7	52,6	31,7	15,7	19,3
RB845257	28,1	2,4	0,72	48,8	1,4	13,2	95,5	49,7	34,1	16,2	18,4
SP80-180	28,5	2,8	0,68	48,8	1,3	13,4	95,3	49,6	33,9	16,5	18,4
RB855453	28,5	2,7	0,68	51,2	1,8	12,8	94,8	46,8	36,6	16,6	18,9
RB855336	29,4	2,8	0,67	49,4	1,9	13,1	94,6	48,6	35,0	16,4	17,7
SP80-1842	29,3	2,9	0,70	46,6	1,2	14,9	95,2	51,8	30,8	17,5	17,4
SP811763	27,7	2,5	0,72	46,5	1,6	13,9	95,2	52,0	31,9	16,2	18,3
SP80-4445	26,9	2,5	0,70	45,2	1,6	12,6	95,2	53,3	32,4	14,3	18,6
SP79-1011	19,1	2,2	0,67	47,2	1,5	13,0	95,7	51,3	33,3	15,3	16,2
RB739359	27,5	2,5	0,68	44,8	1,8	14,4	95,0	53,6	30,1	16,3	18,1
RB867515	28,9	2,9	0,70	47,9	1,6	13,8	94,8	50,3	33,0	16,7	19,3

¹ Dados obtidos a partir das médias para cada nutriente, das variedades de cana-de-açúcar.

¹ *Data obtained from the averages for each nutrient of the sugar-cane varieties.*

² Lig = lignina como porcentagem da fibra em detergente neutro (FDN).

² *Lign = lignin as percentage of the neutral detergent fiber.*

³ CT = carboidratos totais [100-(PB+EE+MM)].

³ *TC = total carbohydrates [100-(CP+Fat + Ash)].*

Com base nos dados da Tabela 2, pode-se observar que o uso de outros alimentos com melhor qualidade nutricional faz-se necessário quando a cana-de-açúcar é usada como principal volumoso em dietas de vacas leiteiras de alta produção, uma vez que todas as 15 variedades apresentaram baixo teor de proteína bruta e alto teor de carboidratos totais. Apesar de as variedades de cana-de-açúcar apresentarem elevada fração de açúcares solúveis, o que, provavelmente, suportaria rápido crescimento microbiano no rúmen, as mesmas apresentaram baixa taxa de degradação ruminal da fibra potencialmente degradável (B2), com considerável efeito de repleção (Pereira, et al. 2001), o que proporcionaria redução da ingestão de matéria seca e da

disponibilidade de energia,
limitando a produção
desses animais (Tabela 3).

Tabela 3 – Comparação entre a cana-de-açúcar como único alimento e a dieta básica total quanto à capacidade em atender às exigências nutricionais de vacas leiteiras mestiças holandesas, com média de 500 kg PV e produção de 10 kg leite/dia, de acordo com o sistema CNCPS

Table 3 – Comparison among the sugar cane as feed only and the total basal diet with relation to the ability to support the nutritional requirements of Holstein dairy cows, with average 500 kg LW and 10 kg/day of milk production, in accordance to CNCPS system

¹ Admitiu-se que o consumo de cana-de-açúcar de 11,4 kg/d, correspondendo a 100% da MS.

¹ *A intake of sugar-cane of 11,4 kg/d was assumed, corresponding at 100% of the DM.*

² A cana-de-açúcar correspondeu a 54% da dieta total e a 75% do volumoso, sendo fixado um consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o sistema CNCPS.

² *The sugar-cane corresponded to 54% of the total diet and 75% of the forage, being fixed a constant dry matter intake equal to 11,4 kg/day, in accordance to the CNCPS system.*

A forma de
apresentação dos

carboidratos não-fibrosos, como somatório de A e B1, baseia-se no aspecto de praticidade e analítico para efeito de cálculo de rações para ruminantes, uma vez que as metodologias de determinação do amido (B1), na maioria das vezes, não resultam em valores confiáveis e, portanto, não apresentam boa repetibilidade, devido à natureza heterogênea dos tecidos vegetais (Malafaia et al., 1997).

Para predizer as respostas na produção de leite, em razão das mudanças na composição química, no fracionamento e na taxa de degradação dos carboidratos das variedades de cana-de-açúcar, de acordo com o sistema CNCPS, foram usados os valores mínimos, médios e máximos aproximados, observados nestas análises.

Estes valores foram, respectivamente: FDN (% MS) - 40, 50 e 60, lignina (% FDN) - 10, 14 e 18;

taxas de digestão (%/h) dos
CNF (A + B1) - 10, 20 e 30
e taxa de digestão (%/h)
dos CF (B2) - 1, 2,5 e 4, e
encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores máximo, médio e mínimo da composição química,
fracionamento dos carboidratos e suas taxas de degradação, das
variedades de cana-de-açúcar (%MS)¹
*Table 4 – Values of maximum, medium and minimum of the chemical composition,
carbohydrate fractions and their digestion rates of the sugar cane varieties (% DM)*

	MS	PB	FDN	MM	Lig ²	CT ³	CF(B2)	C	CNF(%/h)
Máximo <i>Maximum</i>	32,0	3,7	58,6	2,78	17,7	96,0	41,3	20,6	30,0
Médio <i>Medium</i>	28,3	2,7	47,9	1,56	13,4	95,0	33,5	16,1	18,6
Mínimo <i>Minimum</i>	25,0	1,7	42,7	0,91	10,1	93,7	26,1	12,7	10,0

¹ Dados obtidos a partir das
médias para cada nutriente, das
variedades de cana-de-açúcar.
¹ *Data obtained from the averages
for each nutrient of the sugar-cane
varieties.*

² Lig = lignina como
porcentagem da fibra em
detergente neutro (FDN).

² *Lign = lignin as percentage of the
neutral detergent fiber.*

³ CT = carboidratos totais [100-
(PB+EE+MM)].

³ *TC = total carbohydrates [100-
(CP+Fat + Ash)].*

Fibra em detergente neutro e lignina

Os resultados apresentados pelo sistema CNCPS, em razão das mudanças nas concentrações de FDN e lignina, constam da Tabela 5.

Observa-se que, com a concentração intermediária de lignina (14%), a produção de leite esperada em razão da EM decresceu 24%, quando o valor da FDN aumentou de 40 para 60%. A redução esperada na produção de leite foi devida à diminuição dos carboidratos não-estruturais e ao aumento dos carboidratos estruturais. A PM microbiana diminuiu 19%, em decorrência de menor disponibilidade ruminal de carboidratos; conseqüentemente, a produção esperada de leite, com base na PM, reduziu 37%. O balanço de N no rúmen aumentou devido ao

menor crescimento
microbiano ou seja, não
houve sincronismo entre a
disponibilidade de carbono
e de nitrogênio no rúmen
para permitir máxima
eficiência microbiana. Em
suma, faltaram
carboidratos, que é a fonte
de carbono para os
microrganismos .

Tabela 5 – Respostas esperadas na produção de leite e parâmetros ruminais em
função das mudanças nos teores de FDN e lignina das variedades de
cana-de-açúcar¹

*Table 5 - Expected milk production responses and ruminal parameter, according to changes in
FDN and lignin of the sugar cane varieties*

¹ A cana-de-açúcar correspondeu a 54% da dieta total e a 75% do volumoso, sendo fixado um consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o sistema CNCPS.

¹ *The sugar-cane corresponded to 54% of the total diet and 75% of the forage, being fixed a constant dry matter intake equal to 11,4 kg/d, in accordance to CNCPS system.*

² FDN - porcentagem da matéria seca.

² *NDF - percentage of the dry matter.*

³ Lignina - porcentagem da FDN.

³ *Lignin - percentage of the NDF.*

Na concentração intermediária de FDN (50%), o aumento na concentração de lignina de 14 para 18% causou diminuição de 7% na produção esperada de leite, em razão da EM, porque a

elevação nos teores de lignina diminui a disponibilidade dos carboidratos estruturais. A PM microbiana foi reduzida em 3%, diminuindo a produção de leite em virtude da PM em 10%.

Novamente, o balanço de N no rúmen aumentou porque houve menor crescimento microbiano, o que pode ser verificado pela redução do balanço de PM microbiana e pela não-variação na quantidade de PM oriunda da proteína não degradada no rúmen (PNDR), como consequência da ausência de carboidratos (energia).

À medida que o teor de FDN foi reduzido, ou seja, quando foi aumentado o teor de CNF, diminuíram os balanços de N e peptídeos, porque aumentou a disponibilidade de energia, ou seja, de carboidratos degradáveis e, com isso, aumentou a utilização de N e peptídeo no rúmen pelos

microrganismos, o que pode ser confirmado pelo aumento da PM microbiana. Neste caso, o crescimento microbiano pode estar sendo limitado pelo déficit em peptídeo.

Portanto, a adição de proteína verdadeira à dieta poderá ser benéfica, conforme VAN SOEST (1994), justificando o uso de alimentos com tais características, quando se utiliza a cana-de-açúcar como principal volumoso para vacas em lactação.

Carboidratos - taxas de digestão

As variações apresentadas pelo sistema CNCPS, para as mudanças nas taxas de digestão dos carboidratos, constam da Tabela 6.

Tabela 6 – Respostas esperadas na produção de leite e parâmetros ruminais, de acordo com as mudanças nas taxas de digestão dos carboidratos das variedades de cana-de-açúcar¹

Table 6 – Expected milk production responses and ruminal parameter according to changes in the carbohydrate digestion rates of the sugar cane varieties

¹ A cana-de-açúcar correspondeu a 54% da dieta total e a 75% do volumoso, sendo fixado um consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o sistema CNCPS.

¹ *The sugar-cane corresponded to 54% of the total diet and 75% of the forage, being fixed a constant dry matter intake equal to 11,4 kg/d, in accordance to the CNCPS system.*

A produção esperada de leite em razão da EM e PM disponíveis não sofreu alterações pelas mudanças na taxa de digestão dos carboidratos não-estruturais (fração A +B1), em virtude desta ser totalmente degradada no rúmen, mesmo na menor taxa de digestão (10%/h).

A produção de leite, em razão da EM e PM, foi entretanto sensível às mudanças na taxa de digestão da fração B2 dos carboidratos, quando a taxa de digestão dos CNE foi mantida constante (2,5%/h). Já a produção de leite em razão da EM aumentou 14%, quando a taxa de digestão foi aumentada de 1 para 2,5%, e aumento adicional de 7% foi obtido quando esta taxa foi aumentada de 2,5 para 4%/h.

A produção esperada de leite em razão da PM aumentou de 8,4 para 10,1 kg/d, com o incremento de 1 para 2,5%/h na taxa de degradação de B2, e acrescida para 11,3 kg/d com um aumento nesta mesma taxa de 2,5 para 4%/h. Estes aumentos foram o resultado de maior degradação ruminal dos carboidratos estruturais,

proporcionando maior crescimento microbiano, o que pode ser comprovado pela diminuição do balanço de N no rúmen e pelo aumento da PM microbiana, à medida que se aumenta a taxa de degradação de B2. A fração B2 (CF) da cana-de-açúcar foi, portanto, a que mais afetou a disponibilidade de energia para a predição da produção de leite, estando estes resultados de acordo com Van Soest (1994), que caracterizou a respectiva fração como a mais variável quanto à sua disponibilidade no TGI.

Mudanças nas rações de vacas leiteiras, em função dos diferentes teores de FDN e lignina da cana-de-açúcar

Houve considerável variação nos percentuais de FDN e lignina nas diferentes variedades da cana-de-açúcar, como

observado na Tabela 2. Estas variações conferem diferenças importantes entre as variedades, podendo afetar o consumo destas pelos animais, uma vez que a relação entre a FDN e o consumo é negativa (Mertens, 1987). Em virtude de a lignina ser o componente da parede celular vegetal que mais afeta a disponibilidade dos polissacarídeos fibrosos, o aumento da sua concentração na FDN obrigatoriamente reduz a disponibilidade de energia dos alimentos (Van Soest, 1994).

Para se formularem rações com a finalidade de observar as variações ocorridas na produção de leite, de acordo com os teores de FDN e lignina, das variedades de cana-de-açúcar, a variável de interesse para a interpretação dos resultados fornecidos pelo sistema

CNCPS foi produção de leite, em razão da EM e PM disponíveis na dieta. Os resultados das variações destes nutrientes sobre a composição das rações constam na Tabela 7.

Tabela 7 – Rações para vacas holandesas mestiças com 500 kg PV e produção de 10 kg leite/dia, de acordo com o CNCPS, em função das variações dos teores de FDN e lignina das variedades de cana-de-açúcar¹

Table 7 – Diets for crossbred Holstein cows with 500 kg LW and 10 kg/d of milk production, in accordance to CNCPS, in function of the changes of the FDN and lignin content of the sugar cane varieties¹



¹ Foi estabelecido um consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o sistema CNCPS.

¹ *It was established a constant dry matter intake equal to 11,4 kg/d, in accordance to CNCPS system.*

² FDN - percentagem da matéria seca.

² *NDF - percentage of the dry matter.*

³ Lignina - percentagem da FDN.

³ *Lignin - percentage of the NDF.*

Observa-se que, com a concentração intermediária de FDN (50%), aumento no percentual da lignina de 14 para 18% causou diminuição de 9,8% na quantidade de volumoso

fornecido, ou seja, aumento de 800g no fornecimento de concentrado/animal/dia. Todavia, houve diminuição na necessidade de concentrado, na mesma quantidade, quando o valor da lignina diminuiu de 14 para 10%.

Comparando o mesmo teor de lignina (14%), porém com os diferentes percentuais de FDN, nota-se que as necessidades de concentrado foram de 1,6; 3,2 e 4,6 kg/d, para os valores percentuais de FDN da cana-de-açúcar de 40, 50 e 60%, respectivamente, predito pelo sistema CNCPS, para manter a mesma produção de leite (10 kg/d).

O aumento na concentração de FDN e lignina da cana-de-açúcar foi acompanhado pela redução deste alimento na dieta, ou seja, houve maior necessidade de suprimento

de energia e,
conseqüentemente, maior
exigência de concentrado
na dieta, diminuindo a
relação
volumo:concentrado,
predito pelo sistema
CNCPS.

Conclusões

As variações nas
taxas de degradação dos
carboidratos não-fibrosos
não tiveram efeito sobre a
produção de leite.

Entretanto, a redução na
taxa de degradação dos
carboidratos fibrosos., nas
condições deste trabalho,
fez com que a produção de
leite fosse diminuída.

A elevação do
percentual de FDN e
lignina na cana-de-açúcar
teve como conseqüência a
necessidade de aumentar a
quantidade de
suplementação concentrada

na dieta, para manter o mesmo volume de leite.

Embora os dados apresentados nesta pesquisa permitam visualizar os efeitos decorrentes das alterações das frações de carboidratos no desempenho animal, torna-se necessária sua validação, ou seja, a comparação entre os valores observados e preditos de produção de leite.

Referências Bibliográficas

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

JUAREZ LAGUNES, F.I.; FOX, D.G.; BLAKE, R.W; PELL, A. N. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *J. Dairy Sci.*82:2136-2145.

LENG, R. A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T.R., ROSALES, M. *Siculmas intensivos para la producción animal y energía renovable con recursos tropicales*. Cali, CIPAV, 1988. p.1-24.

MALAFAIA, P.A.M. VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação e avaliação dos componentes nitrogenados em alimentos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, Lavras, 1997. Anais...Lavras: FAEPE, 1997, p.29-54.

- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Animal Sci.* 64:1584-1558.
- MERTENS, D.R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATIFIELD, R.D. et al. (Ed) Forage cell wall structure and digestibility. Madison: America Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America, 1993. p.535-570.
- MERTENS, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463.
- PATE, F.M. Nutritive value of sugar cane at different stages of maturity. *Trop. Anim. Produc.*, Santo Domingo, 2 (1), p.108 (abstracts), 1977.
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 76(9):1063-1073.
- PEREIRA, E.S., QUEIROZ, A.C., PAULINO, M.F. et al. 2001. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. *Rev. Bras. Zootec.*, 30(2):563-572.
- SCHOFIELD, P. PELL, A.N. 1995. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *J. Animal Sci.*, 73:3455-3463.
- 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. *J. Anim. Sci.* 70, p.3562-3577, 1992.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. New York: Cornell University Press. Ithaca. 476p.

RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo determinar a composição químico-bromatológica, os efeitos de repleção ruminal, as frações dos carboidratos e suas taxas de degradação, bem como simular o desempenho de vacas de leite de acordo com as variações ocorridas nos teores da fibra em detergente neutro, lignina e das taxas de degradação dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, considerando os ciclos de produção as idades de corte em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

As amostras das canas-de-açúcar foram obtidas, aleatoriamente, no campo experimental da Usina de Jatiboca, Município de Urucânia, MG. Quanto aos ciclos de produção, foram avaliadas as variedades precoce (RB 765418, RB 855453, RB 855336, SP 80-1842 e SP 81-1763) e intermediária (RB 855113, RB 739359, RB 867515, SP 79-2233 e SP 79-1011). Os cortes das canas foram realizados aos 127, 187 e 247 dias de idade, sendo feita uma desfolha, em cada corte, para a retirada das folhas secas.

No primeiro experimento, foram determinadas as análises da composição químico-bromatológica e realizados estudos sobre o efeito da repleção ruminal das frações potencialmente degradável (B_2) e não-degradável (C) da fibra em detergente neutro (FDN) dos carboidratos totais da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção e idades de corte.

As amostras foram analisadas para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), lignina (LIG), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não-fibrosos (CNF), fração degradável (B_2) e não-degradável (C) dos carboidratos totais, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína solúvel em detergente neutro (PSDN). Os teores de brix das canas foram fornecidos pelo laboratório de análises da Usina de Jatiboca, e o valor dos nutrientes digestível totais (NDT) foi conseguido através da composição química. As frações degradável e não-degradável e a taxa de digestão da fibra, bem como a repleção ruminal, foram estimadas através de parâmetros cinéticos obtidos a partir da incubação *in situ*.

As variedades intermediárias apresentaram maior índice de produção (8,66%), de NDT, de PB, de brix e de taxa de digestão da fibra e menor de FDN (471,03 g/kg MS), FDA (274,54 g/kg MS) e de repleção ruminal total – RRt (37,75 h) em relação às precoces, cujos valores são: FDN (487,56 g/kg MS), FDA (287,87 g/kg MS) e RRt (38,34 h).

Com o avançar da idade de corte, houve aumento dos teores de MS (9,5%), de NDT, da fração não-degradada da FDN e do brix, apenas para o último corte, e redução da fração degradável da FDN.

No segundo experimento, foram determinadas as frações e as taxas de digestão dos carboidratos. No fracionamento, foram calculados os carboidratos totais (CT), carboidratos não-fibrosos (CNF), as frações potencialmente degradável (B_2) e não-degradável (C) da FDNcp. Os parâmetros cinéticos dos CNF e da fração B_2 foram estimados a partir da técnica de produção de gás *in vitro*, das canas-de-açúcar nas mesmas condições do primeiro estudo. Observou-se que os teores de CT e a fração B_2 , bem como os parâmetros cinéticos, não diferiram quanto aos ciclos de produções das canas, porém as variedades precoces apresentaram teores maiores da fração C e menores dos CNF em relação às intermediárias. O avanço na idade de corte causou aumento da fração C e redução da B_2 .

Neste experimento, estabeleceu-se uma relação entre a concentração de lignina obtida e fração C observada, por meio de ajuste de equação de regressão linear simples, sem intercepto, obtendo-se o valor de 4,38, que diferiu de 2,4, sugerido pelo sistema Cornell; portanto, para a cana-de-açúcar, a fração C pode ser mais precisamente estimada a partir da lignina, multiplicada por 4,38.

No terceiro experimento, foram utilizadas as variações ocorridas nos teores de FDN, de lignina, nas frações de carboidratos e suas taxas de degradação das variedades de cana-de-açúcar para avaliar a disponibilidade destes nutrientes em proporcionar alterações na produção de leite de vacas mestiças (H x Z), usando-se o sistema CNCPS. Os valores utilizados para prever as respostas na produção de leite foram: FDN (%MS) – 40; 50; e 60, lignina (%FDN) 10; 14; e 18, taxas de digestão (%/h) dos carboidratos não-fibrosos (CNF) – 10; 20; e 30 e taxa de digestão (%/h) dos carboidratos fibrosos (CF) – 1; 2,5; e 4, que correspondem aos valores mínimos, médios e máximos das 15 variedades. A cana-de-açúcar, quando usada como principal volumoso da dieta, acarretou redução na ingestão de matéria seca e energia, limitando a produção de leite destes animais. A predição da quantidade de leite que poderia ser produzida em razão da quantidade de energia metabolizável (EM), fornecida pela dieta, decresceu 24%, quando o teor de FDN aumentou de 40 para 60%, para um percentual de 14% de lignina. Também houve acréscimo de 14% na produção de leite, quando a taxa de digestão dos CF aumentou de 1 para 2,5%/h.

Embora as variações nos teores de FDN e lignina e nas taxas de digestão dos carboidratos, das variedades de cana-de-açúcar, tenham ocasionado considerável efeito sobre a produção de leite das vacas mestiças, é necessária a validação destes resultados.

Conclui-se que as variedades de cana-de-açúcar com ciclo de produção intermediário apresentaram melhores características nutricionais no que se refere aos efeitos de repleção ruminal total, ao percentual de brix e NDT; além de maior produção. Conseqüentemente, tais variedades devem ser recomendadas quando se pretende utilizar a cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes.

APÊNDICE

APÊNDICE

Tabela 1 – Teores de MS e NDT (%), MM, FDN e FDA (g/kg MS) e lignina (Lig, % FDN) observados para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

15,15	64,55	505,69	251,23	10,12
14,86	60,26	527,07	284,41	14,54
16,14	61,19	500,11	301,76	14,60
13,10	65,54	462,88	287,10	12,03
13,55	62,39	491,20	328,60	13,42
12,57	65,12	477,50	285,60	10,93
17,26	61,06	516,92	301,40	12,55
19,28	60,38	525,84	338,70	12,73

17,00	62,62	494,40	308,70	12,37
-------	-------	--------	--------	-------

21,37	61,65	519,22	273,89	12,01
-------	-------	--------	--------	-------

20,17	60,15	532,80	286,45	13,06
-------	-------	--------	--------	-------

24,39	60,04	502,55	278,14	14,97
-------	-------	--------	--------	-------

17,56	59,37	532,19	320,90	14,43
-------	-------	--------	--------	-------

17,73	62,14	534,81	296,00	10,53
-------	-------	--------	--------	-------

18,20	62,75	512,04	291,30	10,94
-------	-------	--------	--------	-------

16,14	62,73	470,17	287,30	13,95
-------	-------	--------	--------	-------

16,17	62,36	497,91	304,10	12,84
-------	-------	--------	--------	-------

13,16	61,97	509,37	294,20	12,66
-------	-------	--------	--------	-------

17,35	60,17	519,54	317,62	13,94
-------	-------	--------	--------	-------

19,72 62,22 507,60 292,05 11,78

17,16 60,52 486,55 273,34 16,22

23,90 62,36 485,52 292,90 12,45

25,66 61,80 494,94 317,60 12,36

26,81 62,10 503,33 320,20 11,89

12,99 63,72 475,70 279,20 12,19

13,17 62,79 483,65 294,40 13,17

10,41 62,21 491,14 285,00 14,07

13,89 63,17 432,80 264,75 16,71

12,46 63,57 431,47 228,82 16,97

13,29 62,17 450,56 263,59 17,74

11,60	63,68	484,56	282,40	12,23
11,72	63,49	453,82	293,90	14,79
11,78	63,09	487,59	301,90	12,47
11,45	63,70	483,42	305,90	12,47
13,64	61,52	475,92	271,80	15,89
11,15	60,99	497,68	319,90	14,91
22,40	64,04	456,43	252,90	12,54
21,23	63,88	460,55	265,90	12,71
20,44	63,13	443,56	247,30	15,36
16,56	61,75	475,33	260,60	16,03
12,87	62,47	476,99	294,10	14,81

11,62	62,83	494,39	294,00	13,48
-------	-------	--------	--------	-------

14,87	64,61	450,26	261,00	13,46
-------	-------	--------	--------	-------

10,15	65,46	459,39	266,50	12,31
-------	-------	--------	--------	-------

Tabela 1, Cont.

13,37	63,47	464,73	286,60	14,03
-------	-------	--------	--------	-------

16,33	63,66	488,17	258,10	12,04
-------	-------	--------	--------	-------

13,61	63,28	500,02	277,50	12,08
-------	-------	--------	--------	-------

15,23	63,39	487,52	273,20	12,29
-------	-------	--------	--------	-------

12,30	64,70	483,57	292,10	11,34
-------	-------	--------	--------	-------

15,21	63,60	497,81	307,10	11,80
-------	-------	--------	--------	-------

14,71	62,84	514,30	302,10	11,39
-------	-------	--------	--------	-------

11,83	64,16	505,50	266,80	10,66
-------	-------	--------	--------	-------

12,82	62,74	508,64	279,10	12,04
-------	-------	--------	--------	-------

12,44	62,41	490,07	275,50	13,65
-------	-------	--------	--------	-------

16,93	64,74	445,52	260,30	12,56
-------	-------	--------	--------	-------

19,63	63,56	465,00	245,10	12,67
-------	-------	--------	--------	-------

19,39	61,85	463,49	251,10	15,09
-------	-------	--------	--------	-------

16,12	61,02	458,38	258,70	14,90
-------	-------	--------	--------	-------

15,29	64,34	453,18	266,50	11,94
-------	-------	--------	--------	-------

17,47	63,69	475,21	290,10	15,53
-------	-------	--------	--------	-------

13,67	65,36	431,38	243,90	13,41
-------	-------	--------	--------	-------

12,31	65,08	442,54	262,90	13,94
-------	-------	--------	--------	-------

14,14	62,99	477,83	297,60	13,83
-------	-------	--------	--------	-------

15,79	66,12	439,99	264,50	12,81
-------	-------	--------	--------	-------

14,36	64,10	451,43	238,30	14,88
-------	-------	--------	--------	-------

15,15	64,12	435,70	244,90	16,72
-------	-------	--------	--------	-------

19,77	61,85	502,30	264,30	13,33
-------	-------	--------	--------	-------

15,07	63,81	488,17	294,70	12,26
-------	-------	--------	--------	-------

17,81	63,89	506,69	295,50	10,41
-------	-------	--------	--------	-------

11,24	64,10	492,68	250,70	11,63
-------	-------	--------	--------	-------

13,00	64,71	474,07	283,20	12,13
-------	-------	--------	--------	-------

10,80	64,95	470,86	282,70	12,96
-------	-------	--------	--------	-------

27,79	61,63	446,68	242,00	16,24
-------	-------	--------	--------	-------

23,08	64,34	436,52	239,60	13,50
-------	-------	--------	--------	-------

21,87	61,22	458,02	287,90	16,95
-------	-------	--------	--------	-------

16,11	62,42	462,73	272,60	15,85
-------	-------	--------	--------	-------

18,63	64,01	462,88	284,60	12,97
-------	-------	--------	--------	-------

15,04	64,24	454,40	276,40	13,41
-------	-------	--------	--------	-------

13,13	65,52	448,64	275,30	12,61
-------	-------	--------	--------	-------

14,31	65,10	431,11	268,50	14,67
-------	-------	--------	--------	-------

12,37	66,00	432,17	255,50	12,92
-------	-------	--------	--------	-------

17,81	60,71	502,67	271,90	14,57
-------	-------	--------	--------	-------

16,10	59,74	507,05	292,10	16,15
15,68	60,46	492,40	287,10	15,54
17,29	61,77	486,89	297,50	13,77
18,97	63,88	460,33	312,20	12,52
17,88	63,64	485,88	311,90	11,35
12,95	63,06	477,23	282,10	13,04
11,50	64,38	443,53	288,90	14,10
11,05	64,90	457,41	281,80	12,64

¹ Ciclo de Produção (1 = precoce; 2 = intermediário).

² Variedades (1= RB 765418; 2 = RB 855453; 3 = RB 855336; 4 = SP 80-1842; 5 = SP 81-1763; 6 = RB 855113; 7 = SP 79-2233; 8 = SP 79-1011; 9 = RB 739359; 10 = RB 867515).

³ Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias).

⁴ Repetição.

Tabela 2 – Teores de PB (g/kg MS), PIDN, PIDA e PSDN (% PB), EE (g/kg MS) e brix (% cana) observados para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

22,6	19,80	2,74	80,20	6,16	18,60
22,2	17,73	3,89	82,27	7,82	19,10
25,1	13,49	3,47	86,51	8,63	19,00
23,1	11,39	2,50	88,61	6,34	19,90
28,4	12,00	2,55	87,99	6,43	17,40
25,7	9,79	2,88	90,30	6,18	19,10
32,0	14,63	2,71	85,36	6,82	21,50
30,7	12,69	3,04	87,31	7,51	19,00
28,7	13,76	2,85	86,24	6,48	21,50
24,7	19,42	3,35	80,58	6,81	21,00
26,3	17,11	3,29	82,89	7,68	18,70
24,9	15,80	3,72	80,20	6,85	17,50
26,7	13,13	2,74	89,86	6,53	21,30
27,9	18,81	2,48	83,19	7,16	18,50
27,9	9,73	2,96	90,27	6,79	20,60
29,6	12,17	2,31	88,84	6,48	21,90
27,0	16,57	2,75	83,05	6,26	20,90

29,4	12,07	2,76	87,92	6,37	22,50
29,2	14,87	2,77	85,13	7,86	19,20
27,8	14,12	2,92	85,89	7,25	14,30
27,4	12,03	3,15	87,97	7,74	20,10
27,9	10,55	2,81	89,45	6,10	20,20
27,9	12,27	2,95	87,73	6,86	21,50
23,3	11,03	3,07	80,97	5,76	18,70
32,2	14,37	2,31	85,63	6,37	21,30
30,3	11,93	2,57	88,07	6,41	20,00
29,1	12,33	2,69	87,67	6,04	19,80
30,4	10,93	2,74	89,07	6,77	19,10
27,0	10,62	2,46	89,38	7,92	17,40
25,6	14,08	3,01	85,92	6,78	17,90
31,3	10,75	2,06	89,24	6,94	20,80
29,5	13,07	3,02	86,93	6,73	20,40
31,5	10,52	2,46	89,48	7,45	20,60
28,0	14,93	2,86	85,08	6,81	22,90
28,8	11,52	2,73	88,48	6,87	20,30

31,3	11,47	2,87	89,53	6,60	22,00
26,3	13,55	2,90	86,54	7,59	18,80
26,1	15,75	3,00	88,24	7,89	19,10
26,2	11,87	3,38	88,13	6,30	19,60
22,7	11,03	2,67	88,98	7,52	19,10
26,3	12,59	2,57	87,40	7,53	19,20
24,0	13,16	3,03	81,84	7,10	20,40
25,1	14,03	3,02	85,94	6,70	18,00
23,8	12,81	3,06	87,18	7,18	21,10
27,1	13,23	2,98	86,76	6,81	20,30
23,9	15,18	3,65	84,81	7,83	19,10
24,6	16,79	3,35	83,21	7,38	16,90
26,5	15,54	3,00	84,46	7,14	17,90

Tabela 2, Cont.

24,8	15,37	3,07	84,62	7,23	20,50
22,8	15,62	2,82	84,38	7,37	19,70

26	12,87	3,02	87,21	7,93	21,50
25,8	18,01	2,81	81,98	6,84	20,30
27,2	17,33	2,76	82,66	7,12	22,60
28,5	14,99	3,08	85,61	7,32	21,50
30	11,57	1,92	88,43	4,62	17,30
29,2	16,80	2,51	83,20	5,56	18,70
32	14,99	1,96	85,01	5,05	19,80
34,9	9,48	2,66	90,95	7,12	22,00
35,7	10,66	2,08	90,33	7,72	21,00
32,7	11,39	2,04	90,61	7,40	20,80
28,5	10,91	2,41	89,08	6,55	22,90
24	16,98	3,13	83,02	7,25	23,30
26,1	18,27	3,01	81,72	7,23	21,70
17,8	16,53	3,95	83,46	6,81	19,70
21,2	15,04	2,66	84,96	7,17	19,50
17,5	15,97	3,38	84,03	7,11	19,10
22,5	14,32	3,21	85,68	6,78	21,50
22,1	14,82	2,98	85,17	6,37	20,90

23,7	15,52	3,06	83,46	6,17	20,20
25,4	12,29	2,32	87,70	6,62	22,10
23,1	14,91	2,77	82,08	6,99	23,30
23,4	13,82	2,81	86,17	6,47	24,20
29,7	16,75	2,43	83,51	7,23	13,60
26,3	11,61	3,02	88,39	7,40	17,70
26,9	11,81	3,41	88,19	7,02	16,70
24,7	16,02	3,36	83,91	6,44	21,20
24,2	14,21	3,06	85,79	5,91	19,90
26,9	14,29	2,99	87,06	6,57	20,00
26,3	11,84	3,12	88,15	6,94	22,10
22,7	15,33	3,29	84,66	6,87	22,00
25,9	13,77	3,17	86,23	6,77	20,40
27,5	14,31	2,91	85,67	7,12	16,90
25,8	12,88	2,51	87,12	7,04	17,90
29,3	16,03	3,13	83,97	7,47	18,80
30,9	11,97	2,42	88,03	7,66	17,90
29,8	14,55	2,77	85,45	7,14	17,50

28,6	11,73	2,67	88,26	6,93	20,60
31,3	10,35	2,62	91,65	6,20	22,80
30,2	11,92	2,95	88,87	6,79	22,50
27,5	11,41	3,01	88,58	6,39	19,80

¹ Ciclo de produção (1 = precoce; 2 = intermediário).

² Variedades (1= RB 765418; 2 = RB 855453; 3 = RB 855336; 4 = SP 80-1842; 5 = SP 81-1763; 6 = RB 855113; 7 = SP 79-2233; 8 = SP 79-1011; 9 = RB 739359; 10 = RB 867515).

³ Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias).

⁴ Repetição.

Tabela 3 – Frações potencialmente degradável (B_0 , %) e indegradável da fibra (I_0 , %), taxa de digestão (Kd, h), efeito de repleção ruminal da B_0 [RR(B_0), h], da I_0 [RR(I_0), h] e total (RRT, h) observados para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

41,04	58,76	0,0282	8,50	29,15	37,64
44,57	55,38	0,0265	9,55	27,43	36,98
45,38	54,49	0,0276	9,51	27,01	36,52
40,00	61,36	0,0254	8,65	29,97	38,62
36,24	65,10	0,0282	7,39	31,80	39,19
38,92	62,92	0,0287	7,82	30,58	38,40
34,53	65,00	0,0206	8,50	32,33	40,83

31,18	69,22	0,0342	5,71	34,13	39,84
40,21	58,42	0,0172	10,90	29,32	40,22
45,97	54,88	0,0276	9,54	26,94	36,48
44,11	56,16	0,0224	10,33	27,73	38,05
43,52	55,96	0,0239	9,92	27,85	37,77
42,87	58,15	0,0168	11,47	28,50	39,97
44,82	55,89	0,0258	9,68	27,47	37,15
52,71	49,65	0,0197	12,91	24,01	36,92
37,75	62,63	0,0348	6,84	30,89	37,73
41,72	57,80	0,0255	9,17	28,75	37,93
39,07	60,34	0,0268	8,36	30,05	38,41
55,99	45,28	0,0210	13,42	22,13	35,55
43,63	57,06	0,0273	9,12	28,05	37,18
41,94	58,75	0,0398	6,94	28,88	35,83
39,49	61,12	0,0200	9,76	30,07	39,84
40,50	60,63	0,0165	10,91	29,68	40,59
33,67	68,20	0,0330	6,21	33,14	39,36
38,17	62,50	0,0279	7,88	30,74	38,62

40,78	59,33	0,0226	9,52	29,34	38,86
43,39	56,15	0,0173	11,62	27,93	39,55
35,31	64,37	0,0443	5,49	31,97	37,46
43,40	57,94	0,0344	7,84	28,30	36,15
39,36	61,15	0,0394	6,58	30,12	36,70
41,01	59,48	0,0167	11,06	29,30	40,36
43,83	56,84	0,0178	11,47	27,95	39,42
46,66	54,20	0,0188	11,86	26,60	38,46
36,08	63,63	0,0278	7,54	31,59	39,13
38,66	60,00	0,0273	8,25	30,11	38,36
37,62	63,60	0,0193	9,41	31,11	40,51
42,63	58,59	0,0339	7,79	28,65	36,44
43,90	57,60	0,0339	7,99	28,09	36,09
40,14	60,48	0,0327	7,54	29,75	37,30
43,02	57,94	0,0167	11,55	28,41	39,96
43,41	57,67	0,0160	11,86	28,24	40,11
43,81	57,40	0,0153	12,19	28,08	40,27
41,81	58,82	0,0245	9,30	28,94	38,23

41,57	57,47	0,0201	10,41	28,73	39,14
37,60	63,87	0,0391	6,25	31,16	37,41
46,22	53,48	0,0323	8,84	26,56	35,39

Tabela 3, Cont.

40,8700	59,61	0,0300	8,10	29,37	37,47
51,5621	47,35	0,0345	9,53	23,70	33,23
43,9135	55,89	0,0209	10,71	27,72	38,43
47,1222	52,71	0,0152	13,33	26,14	39,47
40,7036	60,29	0,0107	13,04	29,55	42,60
37,5410	62,42	0,0367	6,60	30,91	37,51
43,9642	55,90	0,0208	10,74	27,71	38,45
49,0103	50,39	0,0184	12,77	25,09	37,87
42,6816	57,35	0,0261	9,22	28,38	37,60
48,5661	51,34	0,0323	9,26	25,44	34,70
40,8660	56,90	0,0322	7,98	28,81	36,79
36,5812	64,99	0,0420	5,79	31,68	37,47

37,2796	61,74	0,0259	8,17	30,87	39,03
46,6024	55,09	0,0217	10,94	26,82	37,76
35,4750	64,11	0,0350	6,45	31,87	38,32
31,8582	68,27	0,0417	5,14	33,75	38,89
31,1954	69,06	0,0463	4,68	34,10	38,78
45,0808	56,34	0,0326	8,42	27,50	35,92
42,2114	57,40	0,0322	8,09	28,53	36,61
41,0670	59,31	0,0275	8,58	29,25	37,83
46,7260	55,06	0,0233	10,55	26,78	37,33
48,4980	52,79	0,0218	11,40	25,80	37,20
50,5428	50,24	0,0202	12,41	24,68	37,09
43,1699	57,77	0,0348	7,78	28,33	36,11
45,0386	55,48	0,0282	9,26	27,32	36,58
41,6216	58,60	0,0213	10,01	28,95	38,95
39,0917	60,51	0,0487	5,70	30,07	35,77
33,9046	65,02	0,0435	5,38	32,54	37,92
34,3672	64,75	0,0483	5,06	32,34	37,40
30,3925	69,86	0,0210	7,36	34,50	41,86

37,7657	63,31	0,0230	8,65	31,01	39,66
36,3364	64,47	0,0207	8,81	31,66	40,47
33,9127	65,18	0,0336	6,36	32,56	38,92
38,2480	61,21	0,0259	8,34	30,47	38,81
33,7290	65,98	0,0303	6,70	32,76	39,46
47,8998	52,82	0,0186	12,26	25,96	38,22
38,8459	60,39	0,0348	7,12	30,13	37,24
35,6008	63,88	0,0288	7,30	31,79	39,09
47,6922	53,49	0,0213	11,36	26,17	37,53
46,6490	54,00	0,0174	12,33	26,56	38,89
48,5423	52,90	0,0218	11,39	25,82	37,21
38,7232	31,58	0,0411	8,99	22,24	31,22
37,8784	63,60	0,0302	7,41	31,03	38,43
42,7522	57,59	0,0287	8,71	28,41	37,13

¹ Ciclo de produção (1 = precoce; 2 = intermediário).

² Variedades (1= RB 765418; 2 = RB 855453; 3 = RB 855336; 4 = SP 80-1842; 5 = SP 81-1763; 6 = RB 855113; 7 = SP 79-2233; 8 = SP 79-1011; 9 = RB 739359; 10 = RB 867515).

³ Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias).

⁴ Repetição.

Tabela 4 – Teores de carboidratos totais (CT, g/kg MS), frações C , B₂ e CNF (% CT) observados, fração C e B₂ (% CT) observados para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

956,10	297,14	188,66	470,30	122,88	358,92
955,20	291,89	215,81	447,50	184,08	323,05
950,20	272,51	206,59	471,10	175,20	304,43
960,30	279,39	167,36	513,54	133,68	312,13
951,60	314,42	159,58	477,60	158,16	314,40
955,50	295,19	167,21	493,10	125,28	335,82
944,00	334,25	164,55	445,20	155,76	339,55
942,50	345,95	165,05	431,50	160,56	347,46
947,90	293,77	184,63	469,50	146,64	328,47
947,10	280,32	215,68	451,10	149,76	343,73
945,80	297,78	215,32	432,70	167,04	343,78
943,90	281,18	199,82	462,90	180,48	300,36
949,20	304,15	210,75	434,30	184,32	330,06
947,30	293,55	221,85	431,90	135,12	376,41
947,10	259,64	236,36	451,10	134,40	360,49
947,80	293,08	161,72	493,00	157,44	294,85

950,60	288,23	191,27	471,10	153,36	322,52
951,10	307,37	188,03	455,70	154,80	337,96
945,60	283,80	214,30	447,50	173,76	323,12
945,20	285,63	201,87	457,70	143,52	341,99
947,70	285,88	187,82	474,00	189,36	282,46
942,10	295,90	172,80	473,40	144,96	322,63
939,50	295,11	183,79	460,60	146,88	329,87
944,20	338,22	146,68	459,30	143,52	337,71
948,40	295,08	161,12	492,20	139,20	313,00
950,10	338,33	130,37	481,40	152,88	313,08
954,50	277,72	198,78	478,00	165,84	160,93
948,90	278,55	136,65	533,70	173,52	240,93
952,60	244,19	170,01	538,40	175,92	238,76
954,30	273,11	161,29	519,90	191,76	241,47
952,50	288,00	180,50	484,00	142,08	324,02
952,10	312,71	122,29	517,10	161,04	272,15
949,30	264,23	206,27	478,80	145,92	322,90
953,80	307,59	158,51	487,70	144,72	318,01

950,70	286,97	174,93	488,80	181,44	278,82
950,90	314,00	170,50	466,40	178,08	304,49
943,70	261,50	175,70	506,50	137,28	297,83
944,80	258,29	183,01	503,50	140,40	297,74
947,10	265,18	157,32	524,60	163,44	259,80
953,20	275,39	184,21	493,60	182,88	277,52
953,30	320,40	139,60	493,30	169,44	289,66
957,30	282,01	193,69	481,60	159,84	313,00
953,30	261,98	172,62	518,70	145,44	286,42
958,80	266,31	179,69	512,80	135,84	307,64
952,80	289,93	159,37	503,50	156,48	290,30
951,90	288,48	181,62	481,80	141,12	326,90
954,40	267,40	214,20	472,80	144,96	333,68
951,10	270,03	198,87	482,20	143,76	322,14

Tabela 4, Cont.

955,70	270,28	196,32	489,10	131,52	331,74
--------	--------	--------	--------	--------	--------

954,60	262,39	218,56	473,65	140,88	337,57
951,40	309,51	184,69	457,20	140,40	352,63
955,50	315,53	171,57	468,40	129,36	353,33
952,80	284,66	205,34	462,80	147,12	339,15
951,80	298,07	175,23	478,50	160,56	309,97
948,40	255,49	171,71	521,20	134,40	290,63
945,60	238,73	203,67	503,20	141,36	297,27
943,60	273,33	167,87	502,40	167,76	271,05
941,90	293,33	144,57	504,00	178,56	253,49
941,30	280,85	152,75	507,70	129,84	303,30
942,50	261,74	192,26	488,50	131,52	320,54
951,30	278,25	138,65	534,40	138,72	275,56
956,40	269,70	154,40	532,30	148,08	273,05
952,60	302,88	154,92	494,80	158,64	295,92
959,60	241,51	182,19	535,90	135,36	286,72
957,30	259,24	175,06	523,00	161,28	272,19
960,20	256,58	162,52	541,10	174,72	244,56
950,90	276,57	210,73	463,60	160,56	325,00

956,50	257,72	213,88	484,90	143,52	326,13
952,40	264,70	224,60	463,10	126,48	359,33
956,80	279,71	200,29	476,80	137,52	339,74
956,90	259,76	196,84	500,30	138,00	314,90
959,40	268,92	177,88	512,60	143,28	300,83
937,10	270,30	154,10	512,70	174,00	248,52
943,30	279,45	139,35	524,50	141,36	276,15
944,20	295,50	144,45	504,25	186,24	254,03
952,80	298,40	145,20	509,20	176,16	266,21
951,30	292,60	152,90	505,80	144,00	299,33
951,50	291,13	145,97	514,40	146,16	288,74
956,30	295,94	140,26	520,10	135,84	297,97
956,10	264,30	151,40	540,40	151,92	261,29
954,90	282,01	133,59	539,30	133,92	278,50
947,60	261,86	219,64	466,10	175,68	305,33
951,10	306,18	186,22	458,70	196,56	294,99
947,50	314,55	158,05	474,90	187,20	283,39
944,20	258,25	211,85	474,10	160,80	307,19

944,10	248,52	192,48	503,10	138,24	299,10
946,50	253,11	217,19	476,20	132,24	335,84
949,30	292,00	174,20	483,10	149,28	314,73
951,50	275,37	151,93	524,20	150,00	274,52
955,10	261,77	181,93	511,40	138,72	302,27

¹ Ciclo de produção (1 = precoce; 2 = intermediário).

² Variedades (1= RB 765418; 2 = RB 855453; 3 = RB 855336; 4 = SP 80-1842; 5 = SP 81-1763; 6 = RB 855113; 7 = SP 79-2233; 8 = SP 79-1011; 9 = RB 739359; 10 = RB 867515).

³ Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias).

⁴ Repetição.

Tabela 5 – Teor de FDNcp, taxas de digestão (%/h) dos CNF (K_1) e fração B_2 (K_2), volume de gás (mL) para os CNF (VF_1) e fração B_2 (VF_2) e total (VT) observados para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

485,78	0,2032	0,0295	16,81	14,84	31,65
507,72	0,1842	0,0200	17,96	8,63	26,59
479,10	0,1456	0,0220	19,93	11,35	31,28
446,76	0,1509	0,0196	14,64	10,61	25,25
473,99	0,1728	0,0298	16,47	11,49	27,96

462,36	0,2123	0,0250	18,31	9,73	28,04
498,82	0,1972	0,0214	14,73	8,97	23,70
511,01	0,2196	0,0258	17,15	9,58	26,73
478,44	0,2019	0,0267	19,21	9,08	28,29
496,00	0,1714	0,0257	15,38	12,08	27,46
513,07	0,2189	0,0253	18,92	9,63	28,55
481,02	0,1656	0,0242	17,26	14,52	31,78
514,94	0,1155	0,0154	15,12	7,21	22,33
515,41	0,1551	0,0210	17,09	7,83	24,92
496,05	0,2372	0,0242	17,78	8,65	26,43
454,84	0,1935	0,0186	16,03	7,98	24,01
479,53	0,2319	0,0241	17,97	9,34	27,31
495,44	0,2116	0,0247	17,20	8,38	25,58
498,13	0,1725	0,0241	15,45	9,68	25,13
487,54	0,2159	0,0255	17,16	9,42	26,58
473,69	0,1542	0,0210	17,96	9,93	27,89
468,72	0,1514	0,0184	15,07	11,15	26,22
478,88	0,1339	0,0184	14,89	14,06	28,95
484,87	0,1323	0,0199	14,49	9,00	23,49

456,24	0,2003	0,0220	16,45	7,13	23,58
468,73	0,1880	0,0262	15,11	9,54	24,65
476,55	0,2461	0,0251	18,39	7,76	26,15
415,16	0,1756	0,0256	15,45	12,44	27,89
414,23	0,1872	0,0213	18,59	9,99	28,58
434,36	0,1619	0,0222	15,67	14,88	30,55
468,72	0,1729	0,0201	15,20	8,03	23,23
478,88	0,1251	0,0211	17,04	9,93	26,97
484,87	0,2216	0,0224	17,33	8,97	26,30
466,14	0,1775	0,0206	14,58	7,21	21,79
461,99	0,1454	0,0211	17,46	11,25	28,71
484,50	0,1965	0,0235	18,16	8,63	26,79
437,18	0,1802	0,0258	15,90	10,89	26,79
441,29	0,1703	0,0219	19,71	8,60	28,31
422,53	0,1611	0,0210	17,02	13,17	30,19
459,64	0,1683	0,0185	14,61	8,31	22,92
460,08	0,1659	0,0196	17,02	8,70	25,72
475,74	0,2090	0,0248	18,33	9,04	27,37

434,63	0,1672	0,0191	17,00	7,23	24,23
446,09	0,1934	0,0237	17,76	10,88	28,64
449,31	0,2354	0,0263	19,04	8,83	27,87
470,15	0,1885	0,0273	16,45	9,78	26,23
481,60	0,2582	0,0251	17,80	9,08	26,88

Tabela 5, Cont.

468,89	0,1571	0,0210	18,32	10,47	28,79
466,56	0,1697	0,0179	15,38	9,87	25,25
480,95	0,1430	0,0216	16,83	10,51	27,34
494,25	0,1944	0,0214	16,33	9,22	25,55
487,13	0,1572	0,0190	16,69	7,52	24,21
490,09	0,2155	0,0242	18,34	9,02	27,36
473,35	0,2719	0,0268	19,01	8,74	27,75
427,23	0,1824	0,0277	14,94	9,73	24,67
442,39	0,1600	0,0231	15,81	9,67	25,48

441,22	0,1562	0,0213	18,16	9,79	27,95
437,95	0,1845	0,0199	16,32	9,85	26,17
433,65	0,1988	0,0231	15,86	9,98	25,84
454,05	0,2219	0,0254	17,99	9,71	27,70
416,94	0,1730	0,0208	16,75	7,91	24,66
424,11	0,2061	0,0249	17,05	10,21	27,26
457,88	0,2499	0,0281	15,02	9,06	24,08
423,67	0,1826	0,0257	15,77	12,55	28,32
434,31	0,0816	0,0167	16,82	11,55	28,37
419,15	0,0928	0,0172	18,11	13,55	31,66
487,37	0,1487	0,0180	16,24	10,57	26,81
471,56	0,1375	0,0180	17,47	12,39	29,86
489,29	0,1357	0,0178	17,89	8,74	26,63
480,03	0,1961	0,0232	15,85	8,48	24,33
456,59	0,2232	0,0264	18,75	10,84	29,59
446,84	0,2602	0,0242	20,18	8,86	29,04
424,41	0,2160	0,0300	14,96	9,92	24,88
418,76	0,1800	0,0218	18,43	9,72	28,15
439,95	0,1642	0,0237	17,47	10,12	27,59

443,56	0,1755	0,0210	14,68	12,44	27,12
445,47	0,1488	0,0189	14,35	14,00	28,35
437,04	0,1872	0,0255	17,42	10,88	28,30
436,19	0,1782	0,0224	15,73	7,10	22,83
415,70	0,1387	0,0223	14,18	8,75	22,93
415,65	0,2385	0,0246	19,76	7,59	27,35
481,52	0,1838	0,0265	15,47	10,18	25,65
492,43	0,1634	0,0193	21,04	10,29	31,33
472,57	0,1450	0,0218	19,90	10,06	29,96
470,10	0,2052	0,0217	16,48	10,54	27,02
441,03	0,2125	0,0231	15,81	12,73	28,54
470,29	0,2422	0,0245	17,62	8,35	25,97
466,18	0,1746	0,0192	17,43	7,55	24,98
427,26	0,1916	0,0250	19,02	8,05	27,07
443,70	0,2202	0,0252	18,00	7,91	25,91

¹ Ciclo de produção (1 = precoce; 2 = intermediário).

² Variedades (1= RB 765418; 2 = RB 855453; 3 = RB 855336; 4 = SP 80-1842; 5 = SP 81-1763; 6 = RB 855113; 7 = SP 79-2233; 8 = SP 79-1011; 9 = RB 739359; 10 = RB 867515).

³ Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias).

⁴ Repetição.

⁵ FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteínas (g/kg MS).

Tabela 6 – Composição química das outras 5 variedades de cana-de-açúcar utilizadas, somente no terceiro artigo, adicionalmente às 5 variedades de cana-de-açúcar precoces e 5 intermediárias avaliadas

26,29	2,78	1,66	0,74	43,88	12,26
26,20	2,65	1,64	0,77	45,52	13,74
24,66	2,73	1,98	0,84	44,82	16,54
28,58	3,34	1,31	0,66	53,85	13,72
26,06	3,26	1,64	0,70	51,06	14,03
27,25	3,19	1,59	0,67	49,69	14,44
26,25	3,52	1,60	0,73	44,54	12,41
28,55	3,53	1,27	0,70	46,44	11,48
29,19	3,72	1,12	0,67	45,74	12,45
26,55	2,33	2,10	0,69	48,20	10,91
27,21	2,49	1,93	0,66	51,87	13,39
26,52	2,24	1,83	0,71	51,41	14,30
30,36	2,39	0,99	0,79	46,23	17,17
28,34	2,43	1,00	0,83	45,61	15,24

31,85	2,33	0,91	0,75	51,02	11,64
23,29	2,51	1,39	0,64	47,31	11,49
30,95	2,28	1,24	0,70	48,45	11,81
28,27	2,42	0,98	0,68	49,49	12,84
26,66	2,99	1,59	0,79	49,30	11,74
28,00	2,93	1,34	0,80	49,07	13,76
28,24	2,76	1,40	0,71	47,10	16,10
29,07	2,62	1,29	0,58	48,32	14,86
28,32	2,93	1,14	0,53	50,86	13,23
30,43	2,81	1,24	0,63	48,34	12,72
29,47	2,78	1,27	0,71	48,90	12,16
28,81	2,75	0,92	0,68	49,94	11,94
27,07	2,46	1,33	0,72	47,13	14,56
22,38	2,66	1,70	0,66	42,75	14,97
24,49	2,45	1,51	0,66	42,91	15,00
22,29	2,51	1,89	0,78	44,96	13,63
28,39	2,43	1,21	0,65	46,68	12,07
28,81	2,54	1,19	0,75	48,66	11,06

26,70	2,44	1,08	0,69	49,17	10,31
27,88	2,72	1,80	0,69	43,54	13,21
30,74	2,33	1,91	0,67	43,86	11,54
30,45	2,57	2,06	0,71	44,42	11,57
23,97	2,84	2,28	0,51	54,42	13,62
25,88	2,46	2,16	0,52	55,64	13,64
20,53	2,53	2,34	0,55	51,46	13,68
32,18	2,59	1,76	0,73	52,10	11,06
30,03	2,94	1,64	0,72	48,85	13,46
30,31	2,65	1,50	0,67	48,23	14,31
26,77	2,81	1,12	0,71	44,66	12,77
28,72	2,87	1,88	0,70	48,18	14,45
28,21	3,00	1,07	0,64	44,97	14,12

¹ Variedades (1 = RB855536; 2 = RB845257; 3 = SP80180; 4 = SP804445; 5 = SP8032800).

² Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias).

³ Repetição.

Tabela 7 – Teores de CT (g/kg MS), CNF, B₂calc e Ccalc (% CT), taxas de digestão (%/h) para os CNF (K₁) e fração B₂ (K₂) das outras 5 variedades de cana-de-açúcar utilizadas somente no terceiro artigo, adicionalmente às 5 variedades precoces e 5 intermediárias avaliadas

94,82	57,12	30,00	12,89	16,62	2,77
94,94	54,58	30,22	15,20	19,43	2,37
94,46	55,68	26,36	17,96	13,97	2,32
94,69	45,46	36,35	18,20	23,01	2,24
94,41	48,31	34,08	17,61	25,56	2,59
94,55	50,19	32,24	17,57	24,46	2,68
94,16	54,73	31,58	13,69	25,89	2,03
94,50	53,70	33,28	13,02	19,69	2,49
94,49	54,36	31,72	13,91	30,32	2,74
94,88	52,45	34,84	12,71	18,31	2,66
94,92	48,22	34,88	16,90	15,79	1,82
95,21	49,18	33,04	17,77	13,94	1,95
95,83	54,28	26,59	19,13	18,78	1,81
95,74	55,00	28,27	16,73	19,84	1,96
96,01	49,63	36,07	14,30	22,41	2,14
95,47	53,00	33,80	13,20	11,74	1,71
95,79	51,74	34,36	13,90	17,77	2,10
95,92	50,79	33,80	15,41	26,54	2,65

94,63	51,06	34,89	14,05	17,69	2,50
94,93	51,63	32,06	16,31	16,20	1,97
95,13	53,54	28,17	18,29	14,11	2,01
95,51	52,12	30,51	17,37	18,43	1,84
95,41	49,13	34,50	16,38	16,06	2,10
95,33	51,37	33,63	15,00	23,39	2,28
95,24	51,04	34,44	14,52	19,50	1,91
95,64	49,93	35,51	14,56	19,10	2,43
95,48	52,72	30,51	16,77	21,09	2,49
94,98	58,03	26,55	15,42	16,78	2,59
95,38	58,06	26,50	15,44	25,02	2,30
94,82	55,54	29,62	14,84	17,96	2,58
95,71	53,55	32,81	13,64	17,28	2,04
95,52	51,17	35,70	13,13	16,82	2,34
95,79	51,02	36,68	12,30	18,40	2,53
94,79	56,59	29,38	14,03	14,36	1,93
95,09	55,50	32,03	12,47	14,13	2,10
94,67	55,95	31,56	12,50	26,98	2,61
94,37	45,68	36,22	18,11	18,79	2,40

94,86	44,27	37,21	18,52	17,10	2,20
94,57	49,23	33,67	17,10	16,65	2,17
94,92	47,89	38,05	14,06	15,22	2,02
94,70	50,98	32,93	16,09	18,58	2,03
95,18	51,68	31,52	16,80	22,19	2,15
95,37	55,73	30,44	13,83	12,14	1,79
94,54	51,72	31,23	17,05	17,64	2,18
95,29	55,31	29,26	15,43	25,34	2,54

¹ Variedades (1 = RB855536; 2 = RB845257; 3 = SP80180; 4 = SP804445; 5 = SP8032800).

² Idade de corte (127 dias; 187 dias e 247 dias); ³ Repetição; ⁴ Porcentagem dos CT.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância dos teores (g/kgMS) de matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro corrigida pra cinza e proteína(FDNcp) e nutrientes digestíveis totais (NDT, %), observados para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		MM	FDN	FDNcp	NDT
Ciclo de produção	1	5,12022	6142,318	7469,687	24,43444
Corte	2	172,3852	820,7553	1260,830	16,48608
V/M ₁ ¹	4	57,8645	4028,380	3303,558	22,22024
V/M ₂ ²	4	22,5242	3044,620	3460,133	14,28853
Matur x Corte	2	6,1170	161,6074	65,8050	5,43740
Resíduo	76	8,4150	353,1018	348,2286	135,7253

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

Tabela 9 – Resumo da análise de variância dos teores (g/kg MS) de fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB); e lignina (Lig, % FDN), observados para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		FDA	EE	PB	Lig
Ciclo de produção	1	3993,9890	0,049655	16,95941	23,20544
Corte	2	5513,8998	0,835304	20,87933	1633,274
V/M ₁ ¹	4	1313,131	0,309567	21,84616	797,3313
V/M ₂ ²	4	1220,7850	0,917044	100,9730	781,2141
Matur x Corte	2	304,9303	1,366210	18,71226	37,58011
Resíduo	76	256,6529	0,3520936	5,273815	201,4704

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância dos teores (g/kgMS) de fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB); e lignina (Lig, % FDN), para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		FDA	EE	PB	Lig
Ciclo de produção	1	3993,9890	0,049655	16,95941	23,20544
Corte	2	5513,8998	0,835304	20,87933	1633,274
V/M ₁ ¹	4	1313,131	0,309567	21,84616	797,3313
V/M ₂ ²	4	1220,7850	0,917044	100,9730	781,2141
Matur x Corte	2	304,9303	1,366210	18,71226	37,58011
Resíduo	76	256,6529	0,3520936	5,273815	201,4704

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

Tabela 11 – Resumo da análise de variância dos teores (g/kgPB) de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína bruta solúvel em detergente neutro (PBSDN), para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		PIDN	PIDA	PBSDN
Ciclo de produção	1	1541,736	0,04900	793,8810
Corte	2	3038,299	52,83144	2635,297
V/M ₁ ¹	4	1222,186	12,49944	1027,263
V/M ₂ ²	4	1199,633	73,29078	1697,951
Matur x Corte	2	420,6341	23,39858	187,4410
Resíduo	76	427,9692	11,39858	630,3090

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro: fração potencialmente digestível da fibra (B₀); fração indigestível da fibra (I₀, %), efeito de repleção ruminal da B₀ (RRb, h), efeito de repleção da I₀ (RRi, h), efeito de repleção ruminal total (RRt, h) e taxa de passagem (Kd, %/h), para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios		
		B ₀	I ₀	RRb
Ciclo de produção	1	0,1544138	19,39403	3,410029
Corte	2	143,8540	58,31397	41,09490
V/M ₁ ¹	4	27,33082	24,08019	2,512879
V/M ₂ ²	4	149,8345	167,8305	20,51690
Matur x Corte	2	11,73729	15,05405	1,328442
Resíduo	76	16,53380	25,68602	3,056556
		RRi	RRt ³	Kd

Ciclo de produção	1	0,9738106	8,028409	0,00002148
Corte	2	22,53246	39,69050	0,00009019
V/M ₁ ¹	4	6,220453	0,9518621	0,000000905
V/M ₂ ²	4	38,83859	4,768555	0,00001489
Matur x Corte	2	3,279078	2,955207	0,00004988
Resíduo	76	4,582901	1,975551	0,00004606

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

³ RRt = RRb + Rri.

Tabela 13 – Resumo da análise de variância dos carboidratos totais (CT, g/kgMS), das frações (% CT) C observada (Cobs), C calculada (Ccalc), B₂ observada (B₂obs), B₂ calculada (B₂calc) e dos carboidratos não fibrosos (CNF), para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		CT	Cobs	Ccalc
Ciclo de produção	1	36,48100	4683,309	1115,136
Corte	2	98,33378	2066,035	274,5184
V/M ₁ ¹	4	57,28578	1073,198	274,8184
V/M ₂ ²	4	135,6081	815,8892	389,2256
Matur x Corte	2	49,12533	482,9049	100,6522
Resíduo	76	16,25344	340,6246	281,2444
		B ₂ obs	B ₂ calc	CNF
Ciclo de produção	1	139,4409	1104,041	7444,785

Corte	2	1994,075	4398,259	1025,210
V/M ₁ ¹	4	2059,256	4781,662	4459,852
V/M ₂ ²	4	4185,765	4605,225	2941,287
Matur x Corte	2	665,4569	268,5851	378,9052
Resíduo	76	389,0790	743,5045	385,0973

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

Tabela 14 – Resumo da análise de variância das taxas de digestão (%/h) da fração B₂ dos carboidratos e dos carboidratos não-fibrosos (CNF); do volume de gás (mL) da fração dos CNF (VF₁), da fração B₂ (VF₂) e total (VFT), para a cana-de-açúcar considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios				
		B ₂	CNF	VF ₁	VF ₂	VFT
Ciclo de produção	1	1,464338	0,000001	0,0005601	0,9168784	0,779154
Corte	2	89,3506	0,5178663	38,53557	8,873076	42,09960
V/M ₁ ¹	4	3,877228	0,0858255	1,603787	2,37736	4,153808
V/M ₂ ²	4	17,29918	0,1197478	3,29227	3,950926	7,564912
Matur x Corte	2	10,14022	0,0170877	8,221221	0,230451	9,492385
Resíduo	76	11,63981	0,0920059	2,413745	2,261176	3,75142

¹ Variedade dentro de maturação 1.

² Variedade dentro de maturação 2.

