

**DETERMINANTES DA DEGRADABILIDADE
ENTRE CLONES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO
RÚMEN DE BOVINOS**

CELSO BITENCOURT TEIXEIRA

2004

CELSO BITENCOURT TEIXEIRA

**DETERMINANTES DA DEGRADABILIDADE ENTRE CLONES DE
CANA-DE-AÇÚCAR NO RÚMEN DE BOVINOS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em produção de Ruminantes, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Marcos Neves Pereira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

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

Teixeira, Celso Bitencourt

Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no
rúmen de bovinos / Celso Bitencourt Teixeira. -- Lavras : UFLA, 2004.
72 p. : il.

Orientador: Marcos Neves Pereira.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar. 2. Características químicas. 3. Características
agronômicas. 4. Rúmen. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.61
– 636.20855

CELSO BITENCOURT TEIXEIRA

**DETERMINANTES DA DEGRADABILIDADE ENTRE CLONES DE
CANA-DE-AÇÚCAR NO RÚMEN DE BOVINOS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 5 de março de 2004

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho– DBI/UFLA

Prof. Dr. João Chrysóstomo de Resende Júnior –DMV/UFLA

Prof. Dr. Gustavo Augusto de Andrade - UNIFENAS

**Prof. Marcos Neves Pereira
UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

Ao Senhor Deus pelo caminho iluminado e por tudo.

LOUVO

Aos meus pais, Paulo e Alice, por me apoiarem em todos os momentos da vida.

Aos meus irmãos, Paulinho, Mário, Stella, Mairy, Renata e Alice Cristina.

Aos meus sobrinhos, Juarez Paulo, Plínio, Maurício, Matheus, Ana Alice, Emanuel e Luiz Eduardo.

OFEREÇO

A minha esposa Elaine pelo carinho, incentivo e companheirismo.

Ao meu filho Lucas pelas alegrias trazidas ao nosso convívio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

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

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, pelo afastamento concedido.

Ao Professor Dr. Marcos Neves Pereira, compreensão, dedicação, incentivo, orientação e paciência nos conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Dr. Magno Antônio Patto Ramalho, pela co-orientação, amizade, apoio incondicional, valiosas críticas e sugestões na elaboração e aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Professor Dr. João Chrysóstomo de Resende Júnior, pela amizade, valiosas críticas e sugestões na elaboração e aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Professor Luiz Antônio Bastos pelos esclarecimentos das dúvidas e disponibilidade de ajuda

Ao Professor Prof. Dr. Gustavo Augusto de Andrade pela amizade e disponibilidade de ajuda

Aos Diretores Dr. Mauri dos Santos Manhães e Dr. Gilberto Moreira Riscado, do Campus Dr. Leonel Miranda-UFRRJ, pela oportunidade e apoio.

Ao Dr. Carlos Frederico Meneses Veiga, da Secção de Melhoramento do Campus Dr. Leonel Miranda-UFRRJ, pelo apoio e sugestões no trabalho, e na elaboração do experimento com os clones de cana-de -açúcar.

Aos Técnicos Agrícolas Carmino, Gilson, Leôncio, Marcos Porto e Zilmo pela colaboração na coleta de dados.

À Usina Santa Cruz pelo apoio à instalação e condução do experimento.

Aos Professores Asdrúbal e Nilson Nunes Moraes, pela amizade, ajuda e apoio na realização deste trabalho.

Ao Médico Veterinário Marcelo Hentz Ramos, pela amizade e incansável ajuda durante toda realização do experimento.

À minha esposa Elaine, que não existe frases e nem palavras, para expressar a minha eterna gratidão pela sua contribuição na realização deste trabalho.

Aos colegas do Grupo do Leite, Junior, Bambui e demais colegas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, me apoiaram e desejaram que eu concretizasse o meu sonho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 A tecnologia brasileira em cana-de-açúcar	4
2.2 A cana-de-açúcar como alimento para bovinos	6
2.3 Características agronômicas da cana-de-açúcar.....	11
2.4 Características químicas da cana-de-açúcar.....	14
2.5 Digestibilidade da cana-de-açúcar em bovinos.....	21
2.6 Seleção de forrageiras visando ganho genético em produção e digestibilidade.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....	69

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** Valores médios, mínimos (Min) e máximos (Max) do teor de nutrientes na matéria seca da cana-de-açúcar: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), cinzas (Cinzas) e carboidratos não-fibrosos (CNF) **19**
- TABELA 2** Estimativas de herdabilidade de características agronômicas e químicas da cana-de-açúcar obtidas em diversas populações e locais **27**
- TABELA 3** Precipitação (mm) mensurada no período entre a segunda e a terceira soca das plantas de cana de açúcar (1999/2000) **29**
- TABELA 4** Médias, desvios padrão (DP), valores mínimos (Min) e máximos (Max) e herdabilidades (h^2) com limite inferior (LI) e superior (LS) do intervalo de confiança para características químicas e agronômicas em uma população de 20 clones de cana-de-açúcar **41**
- TABELA 5** Correlações entre as características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal em uma população de 20 clones de cana-de-açúcar **45**
- TABELA 6** Correlações fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G) entre a degradação da matéria seca (DEGMS) e as características comprimento de colmo (CompC), FDA e porcentagem de colmo (Pcolmo) em uma população de 20 clones de cana-de-açúcar..... **50**

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** Produção de matéria seca por hectare (PMS) e a degradação da matéria seca da cana-de-açúcar em 24 horas de incubação ruminal (DEGMS)..... **43**
- FIGURA 2** Teor de fibra em detergente ácido (FDA) e a degradação da matéria seca da cana-de-açúcar em 24 horas de incubação ruminal (DEGMS)..... **51**
- FIGURA 3** Resposta em degradabilidade da matéria seca em 24 horas de incubação ruminal (DEGMS) a variação na degradabilidade da FDN no rúmen (DEGFDN) de 16% a 26% da FDN em um clone hipotético de cana contendo 49,2% de FDN, o valor médio dentre os 20 estudados..... **56**

RESUMO

TEIXEIRA. Celso Bitencourt. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade do valor nutritivo entre clones de cana-de-açúcar, estimar a correlação entre digestibilidade e produtividade da planta e definir quais as características químicas e agronômicas seriam mais importantes na determinação do valor nutritivo. Vinte clones industriais de cana-de-açúcar foram avaliados por delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os clones cultivados em Campos, RJ, foram provenientes do Programa de Melhoramento de Cultivares para Produção de Açúcar e Álcool da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As plantas foram colhidas com Brix superior a 18%, com idade entre 370 e 374 dias após o corte da segunda soca. Nove características agronômicas, dez características químicas e as degradabilidades ruminais *in situ* da FDN e da MS foram avaliadas. A produtividade foi $21,2 \pm 5,67$ toneladas de MS/hectare e a degradabilidade ruminal foi $57,1 \pm 2,64\%$ da MS (média \pm desvio padrão). A % de FDA (r^2 negativo), o comprimento do colmo (r^2 negativo) e a porcentagem de colmos (r^2 positivo) foram as únicas variáveis incluídas no modelo de regressão multivariada correlacionando a degradabilidade ruminal da MS às características químicas e agronômicas. A obtenção de clones que conciliam alta produtividade de colmos com alta digestibilidade foi viável, pois a correlação tanto fenotípica como genética entre esses caracteres foi de pequena magnitude. A h^2 para a característica degradabilidade ruminal da matéria seca foi superior a 85%. A melhoria da digestibilidade via seleção indireta parece não se justificar, pois características indiretamente correlacionadas à digestibilidade apresentaram estimativas de h^2 inferiores à obtida para a característica degradação da matéria seca no rúmen.

¹ Comitê orientador: Marcos Neves Pereira – DZO/UFLA (orientador); Magno Antônio Patto Ramalho – DBI/UFLA; João Chrysóstomo de Resende Júnior – DMV/UFLA; Gustavo Augusto de Andrade - UNIFENAS.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Celso Bitencourt. **Determinants of degradability among sugarcane clones in bovine rumen.** 2004. 72 p. Dissertation (Master in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The objective of this work was to evaluate the variability of nutritive value among sugarcane clones, to estimate the correlation between plant digestibility and productivity, and to define which agronomical and chemical traits would be most important as determinants of nutritive value. Twenty sugarcane industrial clones were evaluated in a completely randomized block design with four replicates. Clones cultivated in Campos, RJ state, originated from the Plant Breeding Program for Sugar and Alcohol Production of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. Plants were harvested when the Brix was superior to 18%, at an age between 370 and 374 days after the second ratoon cut. Nine agronomical traits, ten chemical traits and the ruminal NDF and dry matter (DM) *in situ* degradability were evaluated. Productivity was 21.2 ± 5.67 t DM/hectare and ruminal DM degradability was 57.1 ± 2.64 % of DM (mean \pm standard deviation). The percentage of ADF (negative r^2), stalk length (negative r^2) and stalk percentage (positive r^2) were the only variables included in the multivariate regression model correlating ruminal DM degradability to chemical and agronomical traits. Obtaining clones that conciliate high stalk yield to high digestibility was feasible, since the phenotypic as well as the genetic correlation between these traits were of low magnitude. The estimated h^2 for the ruminal DM degradability trait was superior to 85%. Improving digestibility by indirect selection did not seem justifiable, since traits indirectly correlated to the digestibility had smaller estimated h^2 values than the value obtained for the ruminal DM degradability trait.

¹ Guidance Committee: Marcos Neves Pereira – DZO/UFLA (Advisor); Magno Antônio Patto Ramalho – DBI/UFLA; João Chrysóstomo de Resende Júnior – DMV/UFLA; Gustavo Augusto de Andrade - UNIFENAS.

1 INTRODUÇÃO

A recomendação da cana-de-açúcar como opção forrageira, para alimentação de ruminantes em condições tropicais não é nova (Preston & Leng, 1980). Esta forrageira, quando incluída em dietas formuladas para alto desempenho animal, tem mostrado ser capaz de suportar boa eficiência zootécnica de animais especializados em produção de leite (Andrade & Pereira, 1999; Gallo et al., 2000; Correa et al., 2003). Quando a meta é minimizar o uso de alimentos concentrados por unidade de desempenho, cresce a importância da qualidade da forragem na produção animal.

As cultivares de cana atualmente indicadas para alimentação animal são aquelas de bom desempenho na indústria açucareira (Torres et al., 2001). Este é um exemplo de adequação tecnológica eficiente; neste caso, a produção animal usa uma tecnologia já desenvolvida por outra indústria. No entanto, a meta nos programas de melhoramento de cana visando à produção de álcool e açúcar é a alta produção de sacarose por hectare com a maior eficiência agrônômica e melhor manejo da cultura possível, o que necessariamente não significa alta digestibilidade por unidade de matéria seca, uma meta viável na seleção de cultivares para alimentação animal. Existe variabilidade entre cultivares industriais de cana-de-açúcar quanto ao seu valor nutritivo para ruminantes (Pate & Coleman, 1975; Rodrigues et al., 1997; Molina et al., 1999; Rodrigues et al., 2001; Azevêdo, 2002;), sendo este um assunto de interesse contínuo devido ao constante desenvolvimento de novos cultivares pela indústria açucareira.

Na silagem de milho o relacionamento entre produção de forragem por hectare e valor nutritivo não é marcado, indicando que a seleção de plantas para alta produção necessariamente não afeta a digestibilidade por unidade de matéria seca (Fonseca et al., 2002). Na planta de sorgo existe uma correlação negativa e

média entre produtividade e valor nutritivo, conseqüência da grande variabilidade em morfologia vegetal nesta forrageira (Resende et al., 2003). No sorgo é necessário definir qual a prioridade do sistema de produção quando da escolha de híbridos para cultivo; alta produção por área ou alto valor nutritivo. Conhecer o relacionamento entre a capacidade de produção de matéria seca por hectare, determinante da taxa de lotação animal e o valor nutritivo da forrageira, determinante da necessidade de alimentos concentrados por unidade de desempenho, é necessário nos cultivares de cana-de-açúcar.

Características agronômicas, como ausência de joçal e agressividade nas folhas, possibilidade de pelo menos dois cortes no ano e baixo teor de açúcar, foram empiricamente sugeridas no passado como critérios para seleção de canas para alimentação animal (Cesnik, 1975). Conhecer as características da planta que mais se correlacionam com o valor nutritivo pode ter aplicação prática na escolha dos cultivares para cultivo, tanto em fazendas quanto em programas de melhoramento genético de plantas mais desejáveis. Características altamente correlacionadas permitem o uso da seleção indireta, ou seja, a seleção baseada na característica de mais fácil mensuração visando ganho na outra característica, potencialmente capaz de reduzir o trabalho e o custo de programas de melhoramento.

Uma característica de dietas formuladas com cana-de-açúcar é a indução de baixo consumo diário de matéria seca observado mesmo em dietas formuladas para alto desempenho animal (Andrade & Pereira, 1999; Correa et al., 2003). Atuar sobre a digestibilidade da fibra pode ser um caminho para atuar positivamente sobre o consumo de matéria seca (Oba & Allen, 1999). Parece existir variabilidade em digestibilidade da fibra entre cultivares de cana (Molina et al., 1999; Azevedo, 2002; Costa, 2002). É importante compreender a possibilidade de atuação sobre a digestibilidade da fibra da cana e os possíveis

impactos de ganhos em qualidade fibrosa sobre a digestibilidade da matéria seca nesta forrageira.

Em plantas de milho cultivadas no Brasil parece ser possível o desenvolvimento de programas de melhoramento genético com o objetivo específico de obter ganho em digestibilidade da planta (Gomes, 2003). A herdabilidade da característica degradabilidade ruminal da matéria seca foi superior a 80% neste experimento, ocorrendo predominância de efeitos aditivos na herança desta característica. Para que sejam preconizados programas de melhoramento genético, específico de cana-de-açúcar para o desenvolvimento de cultivares mais adequados à alimentação animal, é necessária a obtenção de estimativas da herdabilidade de características capazes de quantificar o valor nutritivo de clones dessa forrageira.

Os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar a variabilidade de valor nutritivo entre cultivares industriais de cana-de-açúcar; 2) avaliar a correlação entre digestibilidade e produtividade da planta; 3) definir quais as características químicas e agronômicas seriam prioritárias na determinação do valor nutritivo e 4) avaliar a possibilidade de atuação sobre a digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar e o ganho potencial em digestibilidade da planta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A tecnologia brasileira em cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea pertencente ao gênero *Saccharum*. As cultivares comerciais são, primordialmente híbridos obtidos de cruzamento entre as espécies *Saccharum spontaneum* e *Saccharum officinarum* (Cesnik, 1972). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com uma área estimada a ser colhida de 5,213 milhões de ha e uma produção estimada de 365.850.052 t em 2004 (Agrianual, 2004) A agroindústria brasileira da cana gera 3.6 milhões de empregos e representa 3,5% do PIB nacional (UNICA, 2004). A produção nacional de cana se se destina majoritariamente à produção de açúcar e álcool. No levantamento de Arizono (1994), no estado de São Paulo, concluiu-se que a utilização da cana na alimentação animal era crescente no estado, no qual cerca de 50 mil ha eram cultivados para este fim.

A cana se destaca dentre as gramíneas de clima tropical pelo alto potencial de produção de matéria seca e energia por unidade de área em um único corte anual. A produção brasileira de cana-de-açúcar é da ordem de 69 t ha⁻¹ de colmos sem folhas apicais e palhas (IBGE, 2003). Considerando que a porcentagem de matéria seca nos colmos é cerca de 30% (Costa 2002), produtividades em torno de 21 toneladas de matéria seca por hectare são atingíveis nesta forrageira. Loomis & Williams (1963) simularam que a taxa de acúmulo diário de matéria seca de cana por hectare é, teoricamente, 10 vezes superior ao normalmente obtido pela indústria açucareira, o que evidencia o potencial de ganho em produtividade da planta. Na região Sudeste do Brasil, a média da produção de matéria seca de cana por hectare obtida pela indústria açucareira é 30% a 40% superior à obtida com as silagens de milho (Fonseca et al., 2002) ou sorgo (Resende et al., 2003) em boas condições de cultivo.

A primeira tentativa de se iniciar um programa de melhoramento da cana-de-açúcar no Brasil foi a partir de 1910, na Estação Experimental de Escada, PE. No entanto, foi a Estação Experimental de Curado, PE, que obteve maior sucesso com a obtenção de cultivares melhoradas, tendo a IANE 53-33 sido muito cultivada no nordeste (Hoffman, 1997). O primeiro programa de melhoramento que deixou uma contribuição expressiva foi o das variedades “CB” em Campos, RJ, iniciado em 1930. As variedades mais importantes foram a CB 41-76, que chegou a ser a variedade mais cultivada no estado de São Paulo e a CB 45-3, devido ao expressivo cultivo no nordeste brasileiro, Minas Gerais e Rio de Janeiro (RELATÓRIO, 1985).

A partir de 1935, foi criado, no estado de São Paulo, a Seção de Cana-de-Açúcar no Instituto Agrônomo de Campinas e em 1968 e 1970 foram criados os programas da Copersucar e do IAA-Planalsucar, respectivamente (Brieger, 1968). Já no ano de 1975, iniciou-se o programa de melhoramento da Usina da Barra no estado de São Paulo (Nagumo, 1993). Em 1991, uma rede de sete Universidades Federais formada pelas universidades federais Rurais de Pernambuco e Rio de Janeiro e pelas Universidades Federais de Alagoas, Paraná, São Carlos, Sergipe e Viçosa, assumiram as funções do extinto IAA/Planalsucar. Este se tornou o único programa de melhoramento de cana-de-açúcar de abrangência nacional (Hoffmann, 1997).

Atualmente, no país há quatro programas de melhoramento, cujas instituições responsáveis são relacionadas, a seguir, com as respectivas siglas utilizadas nas variedades: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC; COPERSUCAR – SP; Universidades Federais – RB e Usina da Barra – PO (Hoffman, 1997). Estes programas lançaram várias variedades de cana-de-açúcar com o intuito de atender à indústria de açúcar e álcool. Nenhuma instituição brasileira ou estrangeira jamais teve como linha de trabalho o desenvolvimento de canas mais adequadas à alimentação animal, vulgarmente chamadas de canas

forrageiras. Todo o trabalho brasileiro de desenvolvimento de clones foi tutelado pela indústria do açúcar e álcool.

A alta produção de açúcar por unidade de área, normalmente mensurada em toneladas de açúcar por hectare (TAH ou TPH), tem recebido alta ênfase nos programas de melhoramento de cana (Bressiani, 2001). Os componentes envolvidos na produção de açúcar são a tonelagem de cana por hectare (TCH) e o teor de açúcar da cana. Ambos têm a mesma importância, podendo a tonelagem de cana ainda ser subdividida nos componentes número de colmos por hectare e peso por colmo, este último sendo composto pelo diâmetro, altura e densidade. Outros caracteres de importância para o cultivo incluem a brotação rápida, vigorosa e prolongada da soqueira, a tolerância à seca e ao frio, o hábito ereto e a ausência de florescimento dos colmos, além da adaptabilidade à colheita mecânica. A resistência às doenças tem sido o principal fator de substituição de cultivares ao longo dos anos, juntamente com a resistência às pragas.

Segundo levantamento realizado por Pelin (1985) a produtividade de cana-de-açúcar evoluiu de 33,8 para 75,50 t ha⁻¹ no estado de São Paulo, entre a década de 1930 e o ano de 1983. Dados mais recentes mostram rendimentos médios de 81 t ha⁻¹ (Agrianual, 2004) e este estado detém 60 % da produção nacional de cana-de-açúcar. Este aumento na produtividade é atribuído principalmente ao melhoramento genético da cana-de-açúcar que foi eficiente na obtenção de variedades mais produtivas, aliado à melhoria da tecnologia de produção.

2.2 A cana-de-açúcar como alimento para bovinos

A cana-de-açúcar tem sido tradicionalmente recomendada como forrageira para alimentação de bovinos no período seco do ano. Esta estratégia

se baseia na alta capacidade de produção de matéria seca por hectare e na manutenção do mais alto valor nutritivo nessa forrageira, caracterizada pelo máximo conteúdo de energia na forma de sacarose, nesta época do ano e por um período de tempo relativamente longo (Carvalho, 1992). Estas características têm suportado o uso da cana-de-açúcar em regime de corte diário ou quase diário em sistemas de produção de leite baseados em pastagem. Nestes casos, a cana é uma opção simples para suplementação forrageira no período seco de baixa disponibilidade de forragem. A cana suplementada com uréia tem sido enfatizada como uma alternativa viável para a alimentação de bovinos leiteiros de potencial produtivo médio a baixo no Brasil (Torres et al., 2001), apesar da forrageira ter potencial para ser utilizada em rebanhos de animais especializados em produção de leite (Andrade, 1999; Gallo, 2000; Correa et al., 2003)

Segundo Costa Jr. et al. (1982), são escassas as informações sobre as estatísticas da provável contribuição da cana-de-açúcar como alimento para animais. No entanto, observou-se disseminação e popularidade da mesma em fazendas de exploração de gado leiteiro. No levantamento de Alves Neto (1957), de cada 100 estabelecimentos de produção de leite visitados no estado de São Paulo, 75 forneciam cana-de-açúcar aos animais. Sousa & Andrade (1994) observaram que aproximadamente torno de 50% das propriedades rurais no município de Lavras, no sul de Minas Gerais, existia cana-de-açúcar e ainda que cerca de 90% da cana plantada se destinavam à alimentação animal .

Nutricionalmente, a cana-de-açúcar pode ser caracterizada como uma forrageira rica em energia, na forma de sacarose e pobre em compostos nitrogenados, minerais e extrato etéreo (Preston, 1977; Boin, 1985). Estes nutrientes deficientes, mesmo tendo alto custo por unidade de peso, são facilmente suplementáveis, o que torna a correção das limitações nutricionais da cana-de-açúcar relativamente simples (Dijkstra et al., 1996). Apesar da concentração de fibra na matéria seca ser cerca de 50%, baixa para forrageiras

tropicais, esta fibra é de baixa digestibilidade (Preston, 1975). Enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) na silagem de milho tem digestibilidade aparente no trato digestível total em torno de 40%, a digestibilidade da FDN na cana-de-açúcar está em torno de 20% (Andrade, 1999;Correa et al., 2003), provavelmente a menor digestibilidade dentre todas as forrageiras cultivadas para alimentação animal. A baixa digestibilidade da FDN, no entanto, é compensada pela digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos superior a 90% (Costa, 2002), conferindo a esta forrageira um valor de digestibilidade semelhante ao da silagem de planta inteira de milho.

Apesar da digestibilidade da cana-de-açúcar ser semelhante à digestibilidade da silagem de milho, o desempenho animal em dietas baseadas em cana é inferior ao desempenho observado em dietas baseadas em silagem de milho (Andrade, 1999;Correa et al., 2003). Uma característica consensual na literatura, conhecida de longa data (Leng & Preston, 1976), é a propriedade da cana-de-açúcar de induzir baixo consumo de matéria seca, reduzindo, em consequência, o consumo diário de nutrientes.

Andrade (1999) comparou dietas em que a FDN de silagem de milho foi completamente substituída por FDN oriunda de cana-de-açúcar. Vinte e oito novilhas Holandesas foram alimentadas por 8 semanas com dietas isonutricionais baseadas em cada forrageira e formuladas para alto desempenho animal. Os animais alimentados com cana-de-açúcar tiveram ganho diário de peso ao redor de 1 kg, enquanto os animais que consumiram silagem tiveram ganho de 1,2 kg estatisticamente superior. O consumo de matéria seca foi 0,5 kg inferior no tratamento com cana, o que reduziu o consumo de energia sem afetar a digestibilidade por unidade de matéria seca dietética. Mesmo em dietas formuladas para alto desempenho animal, a silagem de milho mostrou ser superior à cana-de-açúcar, no entanto, a cana foi suficiente para propiciar ganho de peso adequado para primeiro parto em torno de 24 meses e com 550 kg de

peso vivo, o recomendado zootecnicamente (Keown, 1986), mostrando ser uma opção viável para a recria de animais leiteiros.

Gallo (2000) avaliou teores dietéticos crescentes de cana-de-açúcar na dieta de novilhas Holandesas e observou queda linear no consumo de matéria seca acompanhando a maior inclusão de forragem na dieta. Este autor observou ganho diário de peso similar ao observado por Andrade (1999), enfatizando a capacidade desta forrageira de manter alto desempenho zootécnico de novilhas leiteiras de raças especializadas. Quando cana, adequadamente cultivada e com baixo teor de FDN, é disponível, apenas a suplementação da forrageira com fontes de nitrogênio e minerais parece ser suficiente para obter ganho de peso adequado em novilhas. Quando o valor nutritivo da cana não for máximo, alguma suplementação energética oriunda de concentrados pode ser requerida.

Resposta similar à observada em novilhas foi obtida por Correa et al. (2003) quando a FDN de cana-de-açúcar substituiu totalmente a FDN da silagem de milho em dietas isonutricionais para vacas leiteiras de alta produção. Neste trabalho os animais produziram cerca de 32 kg de leite por dia quando consumiram dietas formuladas com cerca de 200 g de FDN oriundos de cana por kg de matéria seca, mostrando o potencial alimentar desta forrageira. Entretanto, os animais que consumiram o mesmo teor dietético de silagem de milho tiveram produção de leite 2,5 kg superior. A menor produção na dieta com cana foi aparentemente resultado da queda de 1,5 kg no consumo diário de matéria seca neste tratamento, já que não foi detectada queda na digestibilidade por unidade de matéria seca ingerida.

A baixa digestibilidade da FDN nas dietas com cana-de-açúcar pode explicar o menor consumo em dietas baseadas nesta forrageira. Correa et al. (2003) observaram que a queda acentuada no consumo só foi observada em vacas leiteiras a partir da segunda semana de fornecimento da dieta com cana,

evidenciando que enchimento do trato digestivo por FDN de baixa digestibilidade pode ser um mecanismo envolvido na depressão de consumo, caracterizando limitação física da ingestão diária de forragem (Oba & Allen, 1999). Atuar geneticamente sobre a degradabilidade ruminal da FDN da cana-de-açúcar pode ser um caminho para amenizar a queda no consumo de matéria seca quando cana-de-açúcar é utilizada na dieta, potencialmente capaz de aumentar o consumo de nutrientes e o desempenho animal.

Existe variabilidade na degradabilidade ruminal da FDN entre cultivares de cana-de-açúcar (Molina et al., 1999; Azevêdo, 2002; Costa, 2002). Em sistemas de produção de leite que trabalham com animais de raças especializadas em produção de leite e, portanto, com alta demanda nutricional, dietas à base de cana-de-açúcar invariavelmente requerem a suplementação da forragem com alimentos concentrados (Corrêa et al., 2003). Nestes casos, o alto teor dietético de carboidratos com alta taxa de degradação ruminal pode ter efeito associativo negativo sobre a digestão ruminal da fibra da forrageira (Grant & Mertens, 1992, Pereira & Armentano, 2000). Um ambiente ruminal desfavorável à digestão fibrosa poderia mascarar diferenças genéticas entre cultivares de cana quanto ao potencial de degradação ruminal da fibra, levando a resposta nula em desempenho animal à seleção de canas com alto potencial de digestão.

Costa (2002) avaliou o efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade ruminal de 12 cultivares de cana. Ambientes ruminais teoricamente favorável e desfavorável à digestão fibrosa foram simulados experimentalmente. Apesar da condição desfavorável ter deprimido a digestão ruminal da fibra de todas as cultivares, o ordenamento dos mesmos quanto à degradabilidade da fibra se manteve nos ambientes ruminais distintos. Este resultado mostra que, apesar da digestão ruminal cana ser afetada negativamente pela inclusão dietética de altos teores de alimentos concentrados, a seleção de

cultivares de cana com alto potencial de digestão parece ser aplicável a programas alimentares que resultem em ambientes mais ou menos favoráveis à digestão fibrosa.

2.3 Características agronômicas da cana-de-açúcar

Um dos primeiros relatos brasileiros que tentaram definir características ideais em canas para alimentação animal foi feito por Cesnik (1975). Este autor sugere algumas características desejáveis em canas forrageiras, dentre elas: possibilidade de corte duas vezes por ano, ausência de joçal e agressividade nas folhas, teor de Brix inferior a 12, alta produção de massa verde ao longo do ano e boa digestibilidade. Fica claro que critérios científicos resultantes de experimentação e lógica nem sempre foram utilizados para definir plantas mais desejáveis para uso na alimentação animal. A indústria do leite no Brasil rejeitou a idéia de mais de um corte de cana ao longo do ano, evidenciado pelo fato da cana ser majoritariamente recomendada como forrageira para utilização em um corte anual realizado no período seco de baixa disponibilidade de pastagens. Esta estratégia de utilização automaticamente disponibilizou cultivares industriais para uso animal, já que a indústria sempre buscou o corte da planta neste mesmo período de baixa pluviosidade, capaz de maximizar a produtividade anual de sacarose.

A utilização da cana para bovinos, com a máxima eficiência em produtividade da cultura, requer a colheita no período seco do ano. Sistemas de produção de bovinos que requerem a utilização desta forrageira no período chuvoso do ano deveriam cogitar a colheita da planta na época seca e armazenagem para utilização no período chuvoso do ano, possivelmente por ensilagem (Pedroso, 2003).

Várias características desejáveis em canas para alimentação animal já foram trabalhadas pela indústria do açúcar e álcool. A produção de matéria seca por hectare é fundamental, já que é uma das principais vantagens desta forrageira. A cana ideal deve apresentar alta produtividade no primeiro ano e capacidade de mantê-la ao longo dos anos. A resistência ao acamamento é importante principalmente no uso de colheita mecânica.

A facilidade de despalha e a presença de pouco joçal são também desejáveis na cana, principalmente quando o corte é manual. Cultivares com pouca palha também facilitam o transporte e a moagem na fazenda. A proporção de folhas na planta pode ser importante na definição da qualidade da cultivar. Ao contrário de outras gramíneas tropicais, a cana-de-açúcar apresenta maior teor de FDN nas folhas do que nos colmos (Rodrigues et al., 1997). Este último autor, avaliando 11 cultivares encontrou que a porcentagem de folhas variou de 11,6% a 27,3%, com média de 18,7 %. A variação na porcentagem de FDN na folha foi de 76,6 a 80,8 % enquanto que no colmo foi de 40,5% a 48,9%. A correlação entre a porcentagem de folhas na planta e a porcentagem de FDN na planta inteira foi 0,67 indicando que canas com maior porcentagem de folhas apresentam maior teor de FDN. Já a correlação entre a porcentagem de colmos e a degradação da matéria seca da planta, *in vitro*, foi de 0,46, demonstrando que canas com maior proporção de colmos são mais desejáveis nutricionalmente.

Stupiello (2002) comenta que programas de melhoramento de variedades de cana têm buscado aumentar o teor de sacarose, além de atuar sobre outras características agrônomicas e fitossanitárias desejáveis. Como resultado, as variedades mais recentes de cana-de-açúcar apresentam teor de fibra mais baixo do que as cultivadas do passado. A consequência disso é a diminuição da produção de bagaço necessário para atender à demanda energética da usina, exigindo alternativas como o aproveitamento de canas inteiras não despontadas e não despalhadas. Este fato explica a falta de prioridade do melhoramento em

reduzir a fibra da planta, uma meta que seria desejável nutricionalmente em canas para alimentação animal. Parece que estudos visando detectar cultivares com pouca palha também não são prioritários, já que muitos campos são colhidos depois de queimada. Além disso, devido ao crescimento da colheita mecânica da cana crua, as folhas podem atuar como protetoras dos pontos de brotação nos colmos, o que é desejável agronomicamente.

Um conceito importante na produção açucareira, aplicável à alimentação animal, seria o período de utilização industrial (PUI). O PUI é definido como o período na qual a cana-de-açúcar atinge teores mínimos de sacarose capazes de permitir a extração e a transformação em produtos industriais (Brieger, 1968). Para a utilização energeticamente eficiente, determinada cultivar de cana deveria ser sempre colhida para bovinos dentro do seu PUI. O produtor deveria optar por uma ou mais cultivares adaptadas às condições de solo e clima da propriedade, obviamente resistentes a doenças, com a máxima produtividade ao longo dos anos e adequadas para corte ao longo de todo o período preconizado de colheita o mais próximo possível do estágio vegetativo maduro.

A obtenção de canas dentro do ponto ótimo de maturação é uma combinação de experiência, observação visual, conhecimento da história do campo desde o plantio até determinado momento de corte e de análises de amostras da planta (Barnes, 1974). Brieger (1968) considera a cana-de-açúcar madura para início de safra quando atinge os seguintes valores mínimos: Brix de 18% do caldo e Pol de 13% da cana, pureza de 85% (Pol/Brix) e açúcares redutores de, no máximo, 1% do caldo. Estes valores nunca foram definidos especificamente para bovinos, entretanto, não existem evidências dando suporte à utilização de valores distintos para canas destinadas a bovinos. A amostragem do campo para a avaliação da maturidade da planta deve ser feita com os critérios exigidos pela cultura (Barnes, 1974).

Além da produção de matéria natural, nos trabalhos de pesquisa são avaliados os componentes da produção, tais como diâmetro de colmo, comprimento de colmo, densidade e número de colmos por metro. Zacarias (1977) avaliando 77 clones de cana-de-açúcar verificou a existência de variação para todas as características, exceto para a densidade, que não foi avaliada neste trabalho. O diâmetro de colmo variou de 2,06 a 2,85 cm, com média de 2,58. Já o comprimento de colmo apresentou média de 1,84 m e valor mínimo de 1,14 e máximo de 2,41. A variação para o número de colmos por metro foi de 5,8 a 17,3, com média de 11,30. Também foi avaliado o número de internódios que variou de 15,2 a 24,7, com média de 18,34.

A queda na produtividade ao longo dos cortes é inevitável na cana-de-açúcar (Oliveira, 1999). A queda no vigor produtivo está associada às práticas de colheita, tratamentos culturais, clima e compactação, estando a vida útil de uma cultura bem conduzida em torno de quatro anos, no máximo oito. Em um ensaio de produção realizado por (Mamede et al. 2002) com sete variedades, a média de produção foi de 185,8 t ha⁻¹ para a cana planta e de 133,7 t ha⁻¹ para a primeira soca, uma queda de produção em torno de 28%. Em outro ensaio relatado por Landell (2002) com duas cultivares, IAC 86-2480 e RB 72454, a produção no primeiro corte foi de 129,9 e 143,5 t ha⁻¹, respectivamente; no segundo corte foi 93,9 e 101,6 e no terceiro 94,3 e 106. A queda média de produção das duas variedades no primeiro para o segundo corte, foi de 29,7%; já do segundo para o terceiro a produtividade foi praticamente mantida, provavelmente devido a práticas de manejo e outros efeitos climáticos.

2.4 Características químicas da cana-de-açúcar

Uma vez que a cana-de-açúcar é invariavelmente um alimento pobre em proteína, lipídios e minerais, a variabilidade nestes nutrientes é baixa entre

cultivares e pouco determinante do valor nutritivo. Nesta forrageira isto pode ser constatado em correlações não significativas destas características com a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, a partir dos dados das 66 cultivares de cana avaliadas (Pate & Coleman, 1975). Mais de 90% da matéria seca da cana é composto por carboidratos. Os carboidratos são divididos em fibrosos, mensurados completamente como FDN e não fibrosos, representados majoritariamente pela sacarose, mas também contendo amido e os açúcares redutores glicose e frutose (Barnes, 1974). Quanto menor o teor de sacarose de degradabilidade rápida no rúmen, maior o conteúdo de carboidratos fibrosos de degradabilidade lenta. É incoerente a recomendação de minimização do Brix, uma medida de carboidratos não fibrosos e, ao mesmo tempo, maximização de digestibilidade (Cesnik, 1975), pois estas variáveis são teoricamente antagônicas na cana. Variedades industriais, de riqueza média a alta em açúcar, têm sido recomendadas para alimentação animal (Peixoto, 1986; Torres et al., 2001).

O termo pureza da cana representa a proporção de sacarose dentre todos os constituintes solúveis presentes no caldo da cana. A relação entre a sacarose e os açúcares redutores pode variar de 2:1 a 4:1 (Barnes, 1974). Fatores determinantes desta relação seriam tipo de solo, conteúdo em minerais da água utilizada para irrigação, fertilização, tipo de cultivar e condição do mesmo, clima, processamento durante e após a colheita, dentre outros. O Brix tem sido muito utilizado na literatura zootécnica como indicador do teor de açúcares na cana (Rodrigues, 1997; Azevêdo, 2002). Outros sólidos solúveis não açúcares como aminoácidos, gorduras, ceras, matérias corantes, ácidos orgânicos e sólidos inorgânicos (SiO_2 , K_2O , CaO , MgO , Cl , P_2O_5 , SO_3 , Na_2O), além da sacarose, são mensurados pela técnica de Brix. Apesar da técnica de Brix ainda ser útil, o Pol é mais indicativo do teor de sacarose no caldo e tem sido mais utilizado pela indústria açucareira (Gonçalves, 1987). Logo, do ponto de vista de nutrição animal, o Brix é uma medida mais completa de carboidratos não

fibrosos que o Pol, já que representa todos os carboidratos de alta degradabilidade no rúmen em vez de representar apenas a sacarose.

O Brix é medido primeiramente no campo com refratômetro, pela leitura direta do caldo extraído dos colmos amostrados do talhão. Apesar da sua utilidade, o Brix não deve ser tomado como ponto de referencia exata da maturidade da cana, pois, não mede apenas o teor de sacarose. Além disso, o teor de Brix varia de acordo com a parte do colmo que foi amostrada (Bras, 1975). Após esta avaliação, uma análise mais criteriosa, segundo Payne citada por IAA (1975), é realizada em laboratório, consistindo na amostragem, no campo, de 10 canas representativas do talhão amostrado da avaliação preliminar, as quais são trituradas e uma subamostra de 800 g é retirada para extração do caldo e da fibra industrial. A partir do caldo extraído são feitas leituras no refratômetro, para a obtenção da porcentagem de Brix do caldo. Já para a análise da sacarose, são tomados 200 ml do caldo e adicionados 2 g de subacetato de chumbo que, posteriormente são colocados no tubo polarimétrico. Após a polarização, se calcula o teor de sacarose (Pol) em porcentagem do caldo. Esta quantidade quando relacionada com o peso da amostra de cana analisada indica a Pol em porcentagem da cana. É importante mencionar que a análise de Brix realizada no campo é de baixa precisão. No entanto, Zacarias (1977) verificou correlação positiva da análise de campo com a realizada no laboratório ($r = 0,49$).

Compostos nitrogenados estão pouco presentes na cana-de-açúcar e são representados majoritariamente por aminoácidos (Wiggins, 1949; Wiggins & Williams, 1951). O teor de proteína bruta da cana-de-açúcar (Tabela 1) é inferior ao de outras forrageiras com baixo teor protéico, como a silagem de milho (Allen et al., 1991; Wolf et al., 1993b; Ferret et al., 1997; Prada & Silva, 1997; Fonseca et al., 2002). Mesmo canas de alto teor protéico são forrageiras de baixa proteína e a suplementação protéica em dietas à base de cana-de-açúcar é

necessariamente acentuada. Compostos nitrogenados têm interesse na indústria açucareira, pois contribuem para a cor escura do caldo de cana evaporado e têm algum efeito sobre a cristalinização do açúcar. As folhas da cana têm conteúdo de nitrogênio cinco a seis vezes superior aos colmos, mas como colmos representam cerca de 80% da planta, o teor de proteína bruta na planta inteira raramente ultrapassa 2% da matéria seca (Rodrigues et al., 1997). Entretanto, tentar melhorar o teor de proteína bruta da cana-de-açúcar por aumento na proporção de folhas na cana parece não fazer sentido, desde que folhas têm maior teor de FDN e menor digestibilidade que colmos. As canas desejáveis nutricionalmente deveriam ter baixo teor de proteína, refletindo a alta proporção de colmos, este último positivamente correlacionado com a digestibilidade.

A baixa porcentagem de extrato etéreo na cana é majoritariamente composta pela fina camada de material seroso que recobre o colmo, mais frequentemente concentrada na região dos internódios. Apenas traços de ácidos graxos e esteróis estão presentes no interior da planta. O material seroso externo parece atuar como proteção contra a evaporação excessiva da umidade presente na superfície do caule (Barnes, 1974). A importância da cana como fonte de energia na forma de gordura é praticamente nula.

A proporção de minerais essenciais nas cinzas da cana-de-açúcar é extremamente baixo, principalmente cálcio e fósforo (Boin et al., 1987). O único mineral de importância nutricional presente na cana é o potássio. As cinzas da cana também contêm alto teor de sílica (Barnes, 1974), sem importância nutricional. É pouco provável que variações na composição ou no teor de cinzas na planta sejam determinantes da qualidade nutritiva de cultivares de cana.

O teor de FDN da cana-de-açúcar é baixo (Tabela 1) quando comparado a outras forrageiras tropicais com alto potencial de produção de matéria seca por hectare. Uma variedade de *Pennisetum*, em estágio de maturação próximo

àquele que concilia alta produtividade com valor nutritivo (60 dias), apresentou conteúdo de FDN de 61,3% da matéria seca (Silveira , 1976). Esta é uma das virtudes da cana-de-açúcar, ou seja, a capacidade de alta produção de matéria seca por hectare acoplado ao baixo conteúdo de fibra. O baixo conteúdo de fibra, sinônimo de alto conteúdo energético, propicia baixo uso de alimentos concentrados, normalmente de alto custo, por unidade de desempenho animal, seja ganho de peso ou produção de leite. O conteúdo de FDN da cana é similar ao das silagens de milho e sorgo (Fonseca et al., 2002; Resende et al., 2003).

O conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF) da cana (Tabela 1) é superior ao da silagem de milho, baseado nos dados de 13 híbridos avaliados por Fonseca et al. (2002), e das silagens de sorgo avaliadas por Resende et al. (2003), que foram de 34,1 e 33,6%, respectivamente. Entretanto, CNF no milho e sorgo é representados majoritariamente pelo amido; já na cana, o carboidrato prevalente é a sacarose. É de interesse a diferença entre o valor de CNF calculado por diferença, em torno de 45% da MS (Tabela 1), e a medida de Brix, cujo valor acima de 18% do caldo seria representante de uma cana madura com alto teor de açúcar (Brieger, 1968). A utilização do Brix como parâmetro nutricional capaz de estimar a digestibilidade da planta pode não ser perfeita.

TABELA 1. Valores médios, mínimos (Min) e máximos (Max) do teor de nutrientes na matéria seca da cana-de-açúcar: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), cinzas e carboidratos não-fibrosos (CNF).

PB			EE			FDA			Referência (País)
Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	
1,1	3,1	2,3	0,7	1,9	1,2	28,3	41,5	35,4	Pate & Coleman, (1975) E.U.A
3,3	3,5	3,4	-	-	-	28,3	30,6	29,5	Pate, (1981)-E.U.A
2,1	4,0	2,7	0,5	2,2	1,3	25,9	37,6	30,8	Neves (1995) –Brasil
2,1	2,6	2,4	1,0	1,2	1,1	25,5	27,1	26,3	Oliveira, (1995) – Brasil
1,8	2,3	1,9	0,1	1,1	0,8	27,5	37,5	31,1	Oliveira, (1998).-Brasil
2,3	2,8	2,5	0,9	1,7	1,3	29,5	30,5	30,1	Hernandez, (1998)-Brasil
-	-	-	-	-	-	-	-	34,4	Molina, (1999) –Cuba
0,7	4,3	2,1	0,4	2,9	1,3	-	-	-	Costa, (2002). –Brasil
2,4	2,8	2,5	0,7	0,8	0,7	25,3	27,8	26,8	Azevêdo, (2002).- Brasil
-	-	-	-	-	-	24,3	31,6	27,9	Azevêdo, (2002). Brasil
Média		2,2				1,1			30,3

... continua

.....Continuação

FDN			Cinzas			CNF			N ¹	Referência (País)	
Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média			
42,56	67,70	52,70	2,74	7,12	4,33	20,25	52,94	39,41	66	Pate & Coleman, (1975) E.U.A	
44,48	49,80	47,00	-	-	-	-	-	-	2	Pate, (1981)-E.U.A	
45,00	58,00	51,04	1,70	3,10	2,36	33,60	42,90	42,60	16	Neves (1995) –Brasil	
40,80	42,30	41,60	1,20	1,40	1,30	52,50	54,90	53,70	2	Oliveira, (1995) – Brasil	
45,40	56,00	51,86	1,70	2,80	2,13	38,49	51,00	42,21	16	Oliveira, (1998).-Brasil	
52,00	58,60	54,70	1,90	3,30	2,50	33,60	42,90	39,00	3	Hernandez, (1998)-Brasil	
-	-	56,00	-	-	-	-	-	-	74	Molina, (1999) –Cuba	
33,60	47,80	41,80	1,00	2,60	1,53	48,31	61,00	53,19	12	Costa, (2002). –Brasil (colmos)	
43,83	47,62	46,35	0,97	1,32	1,15				3	Azevêdo, (2002).- Brasil	
43,94	51,24	47,21	-	-	-	-	-	-	16	Azevêdo, (2002). Brasil	
Média		49,03				2,18			45,02		

¹ Número de cultivares avaliadas.

CNF = 100 – (PB + EE + FDN + Cinzas).

2.5 Digestibilidade da cana-de-açúcar em bovinos

Existem evidências da ocorrência de variabilidade entre cultivares na digestibilidade ruminal da cana-de-açúcar em bovinos. Pate & Coleman (1975) avaliaram 66 cultivares comerciais de cana-de-açúcar cultivadas no sul da Flórida e observaram que a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica foi $56,6 \pm 4,47\%$ (média \pm desvio padrão), variando de 40,0% a 64,1%. Molina et al. (1999) avaliaram 74 variedades de cana em Cuba e encontraram valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca em 48 horas de incubação ruminal de $45,4 \pm 5,7\%$ (média \pm desvio padrão), variando de 34,3% a 57,4%. Estes mesmos autores observaram que a degradabilidade ruminal da FDN teve um valor médio $19,5 \pm 5,4\%$, variando de 10,6 a 25,8%. A degradabilidade ruminal da fibra foi aparentemente mais variável entre cultivares que a degradabilidade da matéria seca, já que os coeficientes de variação foram 26,8% e 11,9% para as degradabilidades da FDN e da matéria seca, respectivamente. O coeficiente de variação para a degradabilidade da planta foi 7,9% no trabalho norte-americano (Pate & Coleman, 1975). Molina et al. (1999) estudaram canas em diferentes estádios de maturação, em diferentes anos de corte após o plantio e oriundas de três regiões de Cuba enquanto o estudo da Flórida utilizou apenas canas com idade de corte ao redor de 10 meses de idade e oriundas de um mesmo campo experimental. Fatores ambientais podem explicar a maior dispersão de valores nutritivos observada no trabalho de Molina et al. (1999).

A relação entre carboidratos fibrosos e não-fibrosos é um determinante da qualidade nutritiva da cana-de-açúcar. Pate & Coleman (1975) observaram que as variáveis: fibra bruta, extrativo não nitrogenado, FDA, FDN, celulose, lignina e solúveis em detergente neutro apresentaram correlações com a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica variando de [0,77] a [0,59], mostrando que várias medidas de fibra e carboidratos não-fibrosos se

correlacionam ao valor nutritivo da cana. Avaliando 18 variedades de cana-de-açúcar, Rodrigues et al. (2001) verificaram que a correlação entre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e o teor de FDN foi -0,90. Carvalho (1992) também observou valor similar ($r = -0,88$) para cinco variedades de cana-de-açúcar em cinco épocas de colheita. Similarmente a outras forrageiras (Van Soest, 1994), quanto menor o conteúdo de carboidratos fibrosos maior a digestibilidade ruminal da matéria seca da cana-de-açúcar. A característica primária de uma cana de alta qualidade nutricional parece ser o baixo teor de fibra e o alto teor de sacarose (Boin et al. 1987).

Kung Jr. & Stanley (1982), estudando uma cultivar utilizada pela indústria açucareira no Havaí, observaram que com o avanço do estágio de maturação, ocorreu queda no teor de FDN da planta inteira e aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, semelhante ao observado por Pate (1977) na Flórida. Desde que a correlação entre o teor de FDN e o teor de sacarose é normalmente negativa, a busca de canas com alto teor de sacarose, seja por meio de seleção, época de corte ou tratamentos culturais, invariavelmente aumenta a digestibilidade das variedades.

Costa (2002), estudando colmos de 11 cultivares industriais e de uma cultivar primitiva (Caiana), observou uma correlação de $-0,94$ entre a degradabilidade da matéria seca em 24 horas de incubação ruminal e o teor de FDN nos colmos. Este valor foi praticamente mantido em ambientes ruminais mais ou menos favoráveis à digestão da fibra. Apesar de baixa, a correlação entre teor de FDN e degradabilidade da FDN foi negativa, evidenciando que canas com baixo teor de fibra tenderam a ter FDN de maior digestibilidade. Canas com baixa fibra também tiveram maior digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos, evidenciando a possível ação física da fibra sobre a digestibilidade de outros nutrientes.

Partindo do princípio de que algumas estratégias de manejo ou melhoramento resultaram na obtenção de canas com baixo teor de FDN, uma possibilidade para se obter ganho em digestibilidade seria por atuação sobre a digestibilidade do componente fibroso. A velocidade de degradação da FDN lentamente degradada no rúmen foi em torno de $0,03 \text{ h}^{-1}$ e a FDN indigestível foi cerca de 40% da FDN inicialmente incubada (Azevêdo, 2002), valores bem baixos quando comparadas a outras forrageiras como a alfafa e a silagem de milho (Pereira & Armentano, 2000).

No trabalho de Costa (2002) a degradabilidade ruminal da matéria seca em 24h de incubação ruminal foi cerca de 64% e a da FDN em torno de 22%. Este último valor foi similar ao valor médio de degradabilidade da FDN de várias cultivares cubanas (Molina et al., 1999) e em uma cultivar utilizada em estudo brasileiro (Aroeira et al., 1993; Aroeira et al., 1995). Chama a atenção o fato que este valor é de magnitude semelhante ao valor de 22,5% observado para a digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de novilhas (Andrade & Pereira, 1999) e do valor de 23,1% observado em vacas leiteiras (Corrêa et al., 2001). A semelhança entre valores de digestibilidade da FDN da cana no rúmen e no trato digestivo total evidencia a importância de eventos ruminais para a digestão da cana-de-açúcar. A estimativa da degradabilidade da fibra no rúmen parece ser um indicador seguro do potencial de digestão desta forrageira no trato digestivo. A correlação entre a degradabilidade ruminal da FDN e a degradabilidade da matéria seca foi positiva e média, evidenciando que a obtenção de ganho em digestibilidade do componente fibroso pode resultar em maior disponibilidade de energia para o animal (Costa, 2002).

Parece existir variabilidade na digestibilidade da FDN entre cultivares de cana-de-açúcar. A digestibilidade aparente no trato digestivo total da FDN de uma cultivar de cana com alto teor de fibra e de consistência dura foi comparada à digestibilidade de uma cultivar com baixo teor de fibra e de consistência macia

(Pate, 1981). Quatro garrotes receberam dietas com cerca de 60% de cana-de-açúcar em delineamento do tipo “change-over”. A digestibilidade da FDN da cultivar dura foi de 39,4% e da cultivar macia de 34,7%.

Gooding (1982) sugere que a relação entre FDN e açúcares seria um parâmetro interessante na escolha de variedades de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos. Canas nas quais esta relação é baixa, teoricamente não limitariam tanto a ingestão de forragem e de energia pelo animal, sendo capazes de maximizar o desempenho. Rodrigues et al. (2001) utilizaram a relação FDN/Pol na avaliação de cultivares de cana-de-açúcar para bovinos. A correlação entre esta relação e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 18 cultivares avaliadas foi de $r = -0,85$; $r = -0,56$; $r = -0,63$, aos 12, 15 e 17 meses de idade, respectivamente. A FDN/Pol nas cultivares variou de 2,88 a 4,14 e os autores sugerem que canas com valores inferiores a 3,02 seriam as mais indicadas para bovinos, sendo que este valor foi obtido a partir da média das cultivares que obtiveram menor valor para esta relação e não diferiram entre si pelo teste Tukey. Azevêdo (2002) encontrou os valores 2,73; 2,82; e 2,25; para as variedades SP 801842, RB 845257 e SP 791011, os quais são ainda mais baixos que os obtidos por Rodrigues et al. (2001).

A utilidade de uma relação entre fibra e carboidratos não-fibrosos para a seleção de cultivares mais adequados de cana requer discussão. O teor de proteína, extrato etéreo e cinzas na cana-de-açúcar é baixo e pouco variável. A implicação deste fato é que a porcentagem de FDN define o teor de carboidratos não-fibrosos, e vice-versa, já que a soma destes cinco nutrientes é obrigatoriamente idêntica ao total de matéria seca no alimento (100 %). Logo pouco se ganha com a utilização de uma relação entre carboidratos fibrosos e não fibrosos, proporcionalmente à mensuração de apenas um dos lados da equação. O uso da relação aumenta o tempo laboratorial de análise dos alimentos e nada acrescenta à descrição do alimento. Como metodologicamente

a mensuração do total de carboidratos não-fibrosos não é feita laboratorialmente, sendo obtida pela diferença entre o total de matéria seca e a soma das porcentagens de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e FDN, a avaliação laboratorial da fração fibrosa seria a mais indicada e suficiente para descrever o potencial de consumo e a digestibilidade da forrageira. Mensurações de FDN e ou fibra em detergente ácido (FDA) são utilizadas de longa data para estimar o valor nutritivo para ruminantes de várias forrageiras (Van Soest, 1994). Caso a técnica de Brix ou Pol fossem de maior facilidade e menor custo laboratorial que as técnicas de FDN ou FDA, estas poderiam ser utilizadas para a descrição do valor nutritivo de cultivares de cana, obviamente se apresentassem boa correlação com a digestibilidade da planta.

2.6 Seleção de forrageiras visando ganho genético em produção e digestibilidade

O objetivo dos programas de melhoramento genético é o de identificar, selecionar e multiplicar o genótipo superior de uma população, de forma que este venha a ser cultivado pelos agricultores, isto é, torne-se uma cultivar. Na cana-de-açúcar, o genótipo de cada planta pode ser transmitido integralmente através dos colmos. Assim, o genótipo de cada planta é multiplicado para permitir avaliações com altos níveis de precisão, permitindo a classificação dos genótipos das plantas clonadas e, posteriormente, a seleção e a multiplicação dos indivíduos superiores (Bressiani, 2001).

O sucesso de um programa de melhoramento irá depender da quantidade de variabilidade genética existente na população base a ser explorada, da herdabilidade do caráter que está sendo melhorado e da extensão do ganho genético possível para este caráter. A natureza da variabilidade de uma característica em uma determinada população pode ser avaliada pela estimativa

da herdabilidade (h^2), um dos parâmetros genéticos de maior utilidade para os melhoristas. A herdabilidade permite antever a possibilidade de sucesso com a seleção, uma vez que ela reflete a proporção da variação fenotípica que é herdável (Ramalho et al., 2000).

No caso da cana-de-açúcar, as estimativas de herdabilidade são no sentido amplo (Zacarias, 1977), ou seja, utiliza-se a variância genética total, pois, como já mencionado, trata-se de uma planta de propagação vegetativa. Estimativas de h^2 , obtidas por diversos autores (Tabela 2), apresentam grande amplitude de variação. Para a variável toneladas de cana por hectare (TCH), a variação observada foi de 0,26 a 0,86, por exemplo. Esta variação entre as estimativas de h^2 é esperada, uma vez que a herdabilidade de uma característica não é imutável, ou seja, a sua estimativa depende da população que está sendo avaliada e das condições ambientais a que foram submetidos os indivíduos (Ramalho et al., 2000).

Não há relatos, na literatura, de estimativas de h^2 para as características capazes de descrever a digestibilidade da cana-de-açúcar em bovinos. No entanto, para a silagem de milho existem relatos da existência de variabilidade genética e de alta herdabilidade para produtividade, teor de fibra e digestibilidade da planta (Beegly, 1990; Gomes, 2003). Beegly (1990) avaliou quatro populações de milho e encontrou valores majoritariamente superiores a 80% para a herdabilidade das variáveis teor de FDN, de FDA e de lignina, características associadas à digestibilidade da forragem. Gomes (2003), avaliando 36 linhagens de milho em duas épocas de plantio, encontrou valores de herdabilidade de 66,0% para o teor de FDN na planta e 80,4% para a degradabilidade *in situ* da matéria seca no rúmen. Uma vez que a digestibilidade parece ser herdável em outras forrageiras, parece lógico avaliar a possibilidade de melhoramento para a qualidade nutritiva na cana-de-açúcar.

TABELA 2 Estimativas de herdabilidade de características agronômicas e químicas da cana-de-açúcar obtidas em diversas populações e locais

Característica	h²	País	Fonte
TCH ¹	0,75	Austrália	Adaptado Skinner et al.(1987)
	0,48	Fiji	Brown et al. (1968)
	0,83	Argentina	Mariotti (1971)
	0,86	Argentina	Mariotti (1973)
	0,26	Brasil	Zacarias (1977)
	0,77	Brasil	Bressiani (2001)
TBH ²	0,76	Austrália	Adaptado Skinner et al.(1987)
	0,78	Brasil	Bressiani (2001)
Brix (% do caldo)	0,10	Havaí	George (1962)
	0,43	Fiji	Brown et al. (1965)
	0,65	Brasil	Zacarias (1977)
	0,93	Brasil	Bressiani (2001)
Diâmetro do colmo (cm)	0,49	Havaí	George (1959)
	0,42	Havaí	George (1962)
	0,85	Argentina	Mariotti (1973)
	0,57	Brasil	Cesnik e Vencovsky (1974)
	0,88	Brasil	Zacarias (1977)
Comprimento do colmo (cm)	0,90	Brasil	Bressiani (2001)
	0,63	Havaí	George (1959)
	0,64	Havaí	George (1962)
	0,54	Fiji	Brown et al. (1968)
	0,56	Brasil	Cesnik e Vencovsky (1974)
	0,51	Brasil	Zacarias (1977)

TCH¹ : toneladas de cana por hectare; TBH²: tonelada de brix por hectare.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As cultivares de cana-de-açúcar avaliadas foram cultivadas na Usina Santa Cruz, localizada em Campos dos Goitacazes, estado do Rio de Janeiro, a 21°48' de latitude Sul, 41°20' de longitude Norte e a 13 m de altitude. O clima do município, segundo classificação de Koppen, é AW (IAA/Sonda Técnica, 1983). A precipitação mensal entre a segunda e a terceira soca, aquela de colheita das plantas, é relatada na Tabela 3.

Foi avaliada uma amostra de 20 clones industriais de cana-de-açúcar colhidos entre 370 e 374 dias após o terceiro corte (segunda soca): CB 45-3, NA 56-79, RB 72454, RB 739359, RB 739735, RB 758540, RB 765418, RB 785750, RB 806043, RB 825336, RB 835089, RB 835486, RB 845257, RB 855035, SP 71-1406, SP 79-1011, SP 79-2233, SP 79-2312, SP 80-1842 e SP 81-1763. Os cultivares, provenientes do Programa de Melhoramento de Cultivares para Produção de Açúcar e Álcool da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, foram cultivadas aleatoriamente dentro de quatro blocos no campo. O experimento foi instalado em 21/03/1996 e as unidades experimentais deste trabalho foram colhidas em 21/07/2000. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 10 m, com espaçamento de 1,20 m entre linhas.

A adubação de plantio foi feita com 350 kg da fórmula 04-30-17 + 70 t de torta de filtro por hectare. A adubação de cobertura foi realizada anualmente no início do período chuvoso com 400 kg da fórmula 20-00-20. As práticas culturais foram as normalmente utilizadas para a cultura da cana-de-açúcar (Zambello & Orlando, 1981).

TABELA 3 Precipitação (mm) mensurada no período entre a segunda e a terceira soca das canas (1999/ 2000).

Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Total
14	53	78	220	158	86	104	61	54	18	11	17	874

As seguintes características agronômicas foram avaliadas em cada uma das 80 parcelas experimentais:

- **produção de matéria natural em toneladas por hectare (PMN):** mensurada após corte a 5 cm do solo de 2 plantas por metro linear, totalizando 80 plantas por parcela, as quais foram imediatamente pesadas inteiras no campo;
- **produção de matéria seca em toneladas por hectare (PMS):** Mensurada em 20 colmos aleatoriamente escolhidos dentre os 80 colmos colhidos para estimativa da PMN. A porcentagem de matéria seca dos colmos foi determinada nos colmos moídos em picadeira de forragem marca “Nogueira” por desidratação dos mesmos a 90°C por, no mínimo, 72 horas, sendo o tempo de secagem aquele necessário para a obtenção de peso constante;
- **comprimento do colmo (CompC):** mensurada em 20 colmos aleatoriamente escolhidos dentre os 80 colmos colhidos para a estimativa da PMN. O CompC foi mensurado como a distância em centímetros da base da planta até a extremidade superior da qual a “olhadura” foi eliminada. Considerou-se “olhadura” a extremidade do colmo ainda envolta por folhas verdes, restando um colmo totalmente isento de folhas apicais;

- **diâmetro do colmo (DiamC):** mensurado nos mesmos 20 colmos da mensuração de CompC. O DiamC em centímetros foi mensurado com um paquímetro no internódio central do colmo;
- **densidade do colmo (DensC):** mensurada em uma amostra de 10 colmos aleatoriamente obtida dentre os 20 utilizados para mensurações de CompC e DiamC. A DensC foi determinada por pesagem de 10 internódios centrais. O volume dos internódios foi mensurado por imersão dos mesmos em uma bureta e mensuração dos mililitros de água destilada deslocado. A DensC foi calculada pela relação entre o peso do internódio em gramas e o seu volume em ml;
- **porcentagem de internódios descobertos (PID):** mensurada em 20 colmos, 5 de cada linha da parcela, colhidos para avaliação desta variável. A PID foi determinada no campo, imediatamente após a colheita, evitando-se, desta maneira, a queda de folhas após a colheita. A PID foi considerada como o número de internódios naturalmente despilhados como proporção do total de internódios no colmo sem a “olhadura”;
- **porcentagem de colmo na planta (Pcolmo):** mensurada em 10 colmos aleatoriamente obtidos dentre a amostra de 20 colmos utilizados para mensuração da PID. As folhas secas laterais e as folhas verdes apicais foram separadas manualmente dos colmos. As folhas e os colmos isentos de folhas foram pesados. Posteriormente, cada fração foi moída separadamente em picadeira de forragem “Pinheiro PP 33”. O material moído foi pré-secado em estufa ventilada a 65°C por 72 horas, triturado em moinho tipo Willey com peneira de 5 mm e uma subamostra foi desidratada a 100°C, por 24 horas, para a determinação da matéria seca. A Pcolmo foi calculada pela relação entre o peso de matéria seca de colmos e o peso de matéria seca de colmos adicionadas de folhas;

- **número de internódios (Intern):** mensurado em 20 colmos, 5 de cada linha da parcela, colhidos para a avaliação desta variável. Representa o número de internódios contados no colmo sem a “olhadura”;
- **número de colmos por metro (Colmet):** mensurado por contagem de todos os colmos da parcela, dividida pelo comprimento total do sulco de plantio da parcela.

As características químicas das cultivares, exceto Brix, Pol e açúcares redutores (AR), foram avaliadas em 5 plantas inteiras aleatoriamente amostradas em cada parcela, dentre a população de plantas exceto os brotos e canas tombadas (canas maduras). Estas plantas foram trituradas em uma picadeira de forragem da marca “Pinheiro PP 33.” Aproximadamente 1 kg de amostra de cada parcela foi desidratado em estufa ventilada com temperatura de 55°C por 72 horas. Após a pré-secagem, parte das amostras foi moída em peneira de 1 mm em moinho do tipo Thomas Willey para a realização das análises químicas. O restante da amostra foi moído em peneira de 5 mm para uso no ensaio de degradabilidade ruminal in situ.

As características Brix, Pol e AR foram mensuradas em 10 canas maduras obtidas aleatoriamente de cada parcela, para este fim exclusivo.

O Brix do caldo (Brix) foi determinado por leitura em refratômetro tipo Zeiss. O caldo foi extraído de uma amostra de 800 g de cana moída oriunda de 10 canas representativas do talhão amostrado. Foi extraída a fibra industrial e o Brix foi tomado em porcentagem do peso do caldo (Payne, 1968).

O Pol (Pol) foi mensurado no mesmo caldo extraído para determinação do Brix. Foram adicionados de 1 a 2 g de subacetato de chumbo seco a 300 ml do caldo. Essa mistura foi filtrada e colocada num tubo polarimétrico para leitura. Após a leitura foi feita a correção pelo fator de sólidos refratométricos e calculada a quantidade de sacarose do caldo em gramas. O Pol % da cana foi

determinado pela quantidade da sacarose em g obtida no caldo dividida pelo peso da amostra de cana moída utilizada (Payne, 1968).

O teor de açúcares redutores (AR) foi obtido pela redução dos íons cuprosos pelo açúcar redutor em meio alcalino, conforme a metodologia de Lane & Eynon (1934).

As seguintes características químicas foram analisadas em duplicada em cada uma das 80 parcelas experimentais:

- **porcentagem de matéria seca (MS):** determinada por secagem da amostra pré-seca a 105°C, por 12 horas;
- **proteína bruta (PB):** determinada por aparelho de digestão a vapor Microkjeldahl (A.O.A.C. 1975);
- **extrato etéreo (EE):** determinado segundo o A.O.A.C. (1990);
- **cinzas:** determinado por incineração da amostra a 550°C por 8 horas;
- **fibra em detergente neutro (FDN):** determinada segundo metodologia descrita por Van Soest et al. (1991), sem o uso de α -amilase, mas com adição de sulfito de sódio;
- **fibra em detergente ácido (FDA):** determinada não seqüencialmente à FDN segundo Van Soest et al. (1991);
- **lignina:** determinada no resíduo da FDA, usando permanganato de potássio (A.O.A.C., 1975).

Para o estudo de degradabilidade ruminal “in situ” foram utilizadas 6 vacas não lactantes com cânula ruminal. As vacas foram alimentadas com cana-de-açúcar *ad libitum* e suplementadas com 2 kg de concentrado comercial à base de milho e farelo de soja (24% de PB). Amostras de cinco gramas de matéria pré-seca e moída em peneira de 5 mm, oriundas de cada parcela no campo, foram inseridas em saquinhos de náilon (failet, 100% poliéster) com dimensões

de 9x11 cm. Os saquinhos foram fechados com presilhas plásticas e inseridos em sacolas de renda de poliéster, contendo pesos de chumbo de aproximadamente 300 gramas. Duas sacolas contendo 80 saquinhos foram mantidas conectadas à cânula ruminal por cordões de náilon de 1 metro. A primeira sacola foi removida do rúmen após 24 horas de incubação, para estimativa da degradabilidade efetiva e a segunda foi removida após 96 horas, para estimativa da fração indigestível. Após a retirada do rúmen, as amostras foram imersas em água com gelo e foram imediatamente congeladas. Todas as amostras foram descongeladas simultaneamente e lavadas em máquina de lavar com fluxo constante de água até a obtenção de um efluente límpido.

O resíduo de matéria seca em cada saquinho foi determinado por secagem em estufa ventilada com temperatura de 55°C por 72 horas. A degradação de matéria seca (DEGMS) foi calculada como o desaparecimento de matéria seca em 24 horas de incubação proporcionalmente à matéria seca originalmente incubada em cada saquinho. O resíduo de matéria seca (RESMS) foi calculado como a matéria seca residual após 96 horas de incubação proporcionalmente à matéria seca incubada. Uma amostra composta de resíduos de seis saquinhos de cada parcela, oriundos de cada vaca e em cada um dos dois tempos de incubação, foi formada. Na amostra composta por parcela foi analisada a porcentagem de FDN. A degradação em 24 horas de incubação ruminal da FDN (DEGFDN) e o resíduo após 96 horas de incubação da FDN (RESFDN) foram calculados e expressos como porcentagem da matéria seca originalmente incubada. Para este cálculo foi considerado o total de cada nutriente nos resíduos das seis vacas proporcionalmente ao total de matéria seca inserida no rúmen dos seis animais.

Análises estatísticas

As médias de quadrado mínimo por cultivar (LS means), para as características agronômicas (PMN, PMS, CompC, DiamC, DensC, PID, Pcolmo, Intern, Colmet) e químicas (Brix, Pol, AR, MS, PB, EE, Cinzas, FDN, FDA, Lignina), foram geradas pelo procedimento GLM do SAS (1995), pelo seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_i + c_j + e_{ij}$$

em que:

μ : média geral

b_i : efeito de bloco (i = 1 a 4)

c_j : efeito de cultivar (j = 1 a 20)

e_{ij} : erro experimental, assumido independentemente e identicamente distribuído em uma distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

As médias de quadrado mínimo para as variáveis DEGMS e RESMS foram geradas para cada cultivar, pelo procedimento GLM do SAS (1995), pelo seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + b_i + v_j + c_k + e_{ijk}$$

em que:

μ : média geral

b_i : efeito de bloco (i = 1 a 4)

v_j : efeito de vaca (j = 1 a 6)

c_k : efeito de cultivar (k = 1 a 20)

e_{ij} : erro experimental, assumido independentemente e identicamente distribuído em uma distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

As médias de quadrado mínimo para as variáveis DEGFND e RESFND foram geradas, para cada cultivar, por modelo similar ao anterior, mas sem o efeito de vaca, desde que as amostras de cada parcela experimental por animal em cada tempo de incubação ruminal foram compostas para análise laboratorial da porcentagem de FDN nos resíduos da incubação.

Foram obtidas estimativas de correlação fenotípica entre as médias de quadrado mínimo por cultivar para características agronômicas (9 variáveis), químicas (10 variáveis) e de degradabilidade ruminal (4 variáveis) utilizando o procedimento CORR do pacote estatístico SAS (1995). Estatísticas descritivas básicas (média, desvio padrão, valor mínimo e valor máximo) foram geradas a partir das médias de quadrado mínimo de cada cultivar para cada variável estudada. Equações de regressão linear foram geradas tendo a PMS e a FDA como variáveis independentes e a DEGMS como variável dependente em ambas as regressões.

Regressão do tipo Stepwise (SAS, 1995) foi utilizada para determinar os melhores modelos de predição da DEGMS e da DEGFND a partir das médias de quadrado mínimo das características agronômicas e químicas por cultivar como variáveis independentes. Desde que as variáveis FDN e FDA ($r = 0,74$), Pol e Brix ($r = 0,74$), PID e Pcolmo ($r = 0,67$) e PMS e Colmet ($r = 0,89$) foram altamente correlacionadas, apenas aquela mais correlacionada à degradabilidade foi utilizada (FDA, Pol, PMS e Pcolmo) com o intuito de evitar problemas de multicolinearidade (Chatterjee & Price, 1991). Foi determinado o melhor modelo de regressão utilizando uma variável, duas e assim por diante, até a

maximização do coeficiente de determinação. Apenas variáveis independentes com significância abaixo de 0,15 foram incluídas nos modelos. As seguintes variáveis foram consideradas como independentes: MS, PMS, Dcolmo, CompC, Pcolmo, Inter, DensC, Pol, AR, EE, Cinzas, FDA, Lignina e PB.

Os coeficientes das correlações genéticas ($r_{G(xy)}$) entre a DEGMS (característica Y) e as características CompC, FDA e Pcolmo foram estimados a partir da expressão apresentada por Falconer (1996):

$$r_{G(xy)} = \frac{C\hat{O}V_{G(xy)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{Gx}^2 \cdot \hat{\sigma}_{Gy}^2}}$$

em que:

$C\hat{O}V_{G(xy)}$ = estimativa da covariância genética entre as características X e Y

$\hat{\sigma}_{Gx}^2$ = estimativa da variância genética da característica X

$\hat{\sigma}_{Gy}^2$ = estimativa da variância genética da característica Y

A partir das análises de variância geradas pelo procedimento GLM foram obtidas as estimativas de herdabilidade (h^2) e seus respectivos intervalos de confiança para cada variável estudada, seguindo a metodologia de Knapp et al. (1985). A seguir são apresentadas as expressões para as estimativas de h^2 e para o limite inferior (LI) e superior (LS) dos intervalos de confiança a 95% ($1-\alpha=0,95$), respectivamente:

$$\hat{h}^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

em que:

Q_1 = quadrado médio do efeito de cultivar.

Q_2 = quadrado médio do erro experimental.

$$LI = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{1-\alpha/2; gl_2, gl_1} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

$F_{1-\alpha/2; gl_2, gl_1}$ = valor da distribuição de F para os graus de liberdade gl_2 e gl_1 , tal que a probabilidade de exceder este valor é de $1-\alpha/2$.

$$LS = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{\alpha/2; gl_2, gl_1} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

$F_{\alpha/2; gl_2, gl_1}$ = valor da distribuição de F para os graus de liberdade gl_2 e gl_1 , tal que a probabilidade de exceder este valor é de $\alpha/2$.

O ganho potencial em DEGMS a ganhos obtidos em DEGFDN foi estimado. A equação de regressão quantificando a resposta em DEGMS por unidade de aumento na DEGFDN foi realizada após ajuste para uma porcentagem constante de FDN na cana-de-açúcar. Para tal, a DEGMS foi utilizada como variável dependente em um modelo contendo a porcentagem de FDN na planta e a DEGFDN, nesta ordem, como variáveis independentes. A regressão foi executada pelo procedimento GLM do SAS (1995) e o valor de probabilidade do Tipo I para a inclinação da reta quantificando a resposta em DEGMS em resposta à variação na DEGFDN foi avaliado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 20 clones de cana-de-açúcar avaliados neste trabalho foram colhidos no estágio maduro, a se julgar pelo Brix superior a 18% (Brieger, 1968) (Tabela 4). As amostras avaliadas representavam a terceira soca dos clones, entretanto, dados de produção de colmos por hectare haviam sido coletados por metodologia idêntica à aqui utilizada para a cana planta, a primeira soca e a segunda soca e foram disponibilizados para avaliação da produtividade ao longo dos anos. A produção de colmos na terceira soca foi calculada a partir da porcentagem de colmos na planta e foi, em média, de 55,6 toneladas. A produção média de colmos na cana planta foi 123,2 t ha⁻¹. O vigor produtivo médio caiu 23,2 toneladas linearmente até a terceira soca ($r^2 = 0,97$ para a equação linear, descrevendo a produção média de colmos por hectare ao longo dos quatro anos).

O clone mais produtivo merece ser comentado, apesar desta planta ser mediana em DEGMS (Figura 1). A RB 758540 produziu 39,2 toneladas de matéria seca por hectare na terceira soca, o dobro da produtividade média dos 20 clones (Tabela 4). A produção de colmos por hectare deste clone foi a mais alta dentre todas as plantas avaliadas em todos os quatro anos de condução do experimento. Este clone produziu, em média, 112,9 toneladas de colmos nos quatro anos de cultivo; 145,3 toneladas na cana planta e 87,7 toneladas na terceira soca. A produtividade média dos 20 clones nos quatro anos de experimento foi 85,6 toneladas de colmos por hectare, superior à média brasileira de 69 toneladas de colmos despontados (IBGE, 2003). Na RB 758540, a queda na produtividade de colmos por ano de cultivo também foi linear e da ordem de 19,7 toneladas por ano ($r^2 = 0,97$).

Inferências destes resultados de um ano de avaliação da digestibilidade e em uma única localidade em outras situações de produção, são obviamente questionáveis, entretanto, a extrema superioridade deste clone neste trabalho requer menção. Um dos maiores argumentos positivos ao plantio da cana-de-açúcar para alimentação de bovinos é a alta capacidade de produção de forragem por hectare, determinante da capacidade de suporte animal por unidade de área.

A produtividade da cana-de-açúcar foi superior à obtida com as silagens de milho ou sorgo, ambas forrageiras que também conciliam o alto conteúdo energético ao alto potencial produtivo. A produção de matéria seca por hectare de 18 híbridos de sorgo avaliados por Resende et al. (2003) foi de 13 toneladas, cerca de 60% da produtividade média dos clones de cana em final de vida útil neste trabalho (Tabela 4). Mesmo o híbrido de sorgo mais produtivo (16,6 t ha⁻¹) não alcançou a produtividade média destas canas em terceira soca. A produtividade de matéria seca do milho, cultivado simultaneamente aos híbridos de sorgo acima referidos, foi 16,0 t ha⁻¹; o milho mais produtivo atingindo valores ao redor de 21 t (Fonseca et al., 2002), próximos ao valor médio dos clones de cana neste trabalho. A cana-de-açúcar é imbatível quando a meta é maximizar a taxa de lotação animal em sistemas de produção baseados em plantas tropicais com alto conteúdo energético.

Entretanto, é possível a obtenção de produtividades pouco competitivas na cana-de-açúcar, já que alguns clones tiveram PMS em torno de 10 t ha⁻¹ (Tabela 4). O coeficiente de variação na PMS foi 27%, superior a valores observados para o milho, ao redor de 12% (Fonseca et al., 2002) e, para o sorgo, ao redor de 18% (Resende et al., 2003). Apesar da característica PMS ser afetada por determinantes ambientais, como tratos culturais e ano de corte após o plantio, 65% da variação observada são de natureza genética nesta população de plantas com mesma idade e oriundas de um único campo experimental (Tabela 4).

TABELA 4. Médias, desvios padrões (DP), valores mínimos (Min) e máximos (Max) e herdabilidade (h^2) com limite inferior (LI) e superior (LS) do intervalo de confiança para características químicas e agrônomicas em uma população de 20 clones de cana-de-açúcar.

	Média	DP	Min	Max	h^2 (%)	LI	LS
PMN (t ha ⁻¹)	68,3	15,83	32,3	112,7	55,1	11,2	80,3
PMS (t ha ⁻¹)	21,2	5,67	10,4	39,2	65,4	31,5	84,2
MS (% da MN)	30,9	1,35	28,6	34,9	29,8	-39,1	69,2
DiamC (cm)	2,53	0,12	2,29	2,85	58,3	17,3	81,7
CompC (cm)	189,0	14,42	165,5	223,0	41,4	-16,2	74,7
Colmet (n ⁰ m ⁻¹)	18,4	3,76	12,9	24,2	71,8	35,80	85,8
Pcolmo (% da MS)	81,7	3,76	75,8	87,1	63,1	26,9	83,8
Intern (n ⁰ colmo ⁻¹)	14,3	1,28	12,2	16,7	62,2	25,1	83,4
PID (% no colmo)	25,1	16,77	4,5	60,2	82,8	65,8	92,4
DensC (g ml ⁻¹)	0,92	0,05	0,80	1,01	0,00	-	-
AR (% do caldo)	1,08	0,24	0,68	1,60	65,2	20,8	82,5
Pol (% da cana)	14,2	0,77	13,0	15,8	50,2	13,5	74,8
Brix (% do caldo)	19,7	0,74	19,9	21,1	42,9	-13,1	74,9
EE (% da MS)	1,5	0,42	1,1	2,6	18,8	-60,8	64,4
Cinzas (% da MS)	4,5	0,64	2,7	5,3	48,2	-2,7	77,7
PB (% da MS)	4,0	0,52	3,2	5,2	55,4	11,8	80,4
Lignina (% da MS)	6,2	0,58	5,0	7,0	0,00	-	-
FDA (% da MS)	30,9	1,77	28,0	34,6	19,5	-59,4	64,6
FDN (% da MS)	49,2	2,53	42,8	52,7	23,3	-52,0	66,3
DEGMS (% da MS)	57,1	2,64	52,6	61,6	87,9	78,6	94,3
RESMS (% da MS)	29,6	1,85	26,4	33,9	86,2	75,7	93,6
DEGFDN (% da FDN)	19,8	2,42	16,7	26,0	0,0	-	-
RESFDN (% da FDN)	55,1	3,42	46,0	63,7	22,9	-52,7	66,2

Produção de matéria natural (PMN), produção de matéria seca (PMS), porcentagem de matéria seca na planta (MS), diâmetro do colmo (DiamC), comprimento do colmo (CompC), número de colmos por metro (Colmet), porcentagem de colmo na matéria seca (Pcolmo), número de internódios (Intern), porcentagem de internódios descobertos (PID), densidade do colmo (DensC), açúcares redutores (AR), sacarose (Pol), açúcares totais (Brix), extrato etéreo (EE), cinzas (Cinzas), proteína bruta (PB), lignina (Lignina), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN). Degradabilidade in situ em 24 horas de incubação ruminal da MS (DEGMS), da FDN (DEGFDN). Resíduo de MS (RESMS), de FDN (RESFDN) após 96 horas de incubação ruminal.

Valores de h^2 para a característica produtividade variando de 26 % a 86 % têm sido relatados para a cana-de-açúcar, sendo que o valor médio de 6 trabalhos foi 66 % (Skinner et al., 1987; Brown et al., 1968; Mariotti, 1971; Mariotti, 1973, Zacarias, 1977; Bressiani, 2001). Estes valores de herdabilidade acoplados à aparente existência de variabilidade na característica (Tabela 4), favorecem o desenvolvimento de canas com alta produtividade.

A correlação entre produtividade e valor nutritivo deve ser avaliada quando se preconiza que ambas são desejáveis em qualquer forrageira utilizada para alimentação animal. Caso a seleção para alto valor nutritivo implicasse na necessidade de queda na produção de matéria seca por hectare a utilização da degradação de matéria seca como critério de seleção de canas forrageiras poderia ser questionada. Entretanto, uma forte correlação entre essas duas características parece não existir (Figura 1).

Na cana-de-açúcar, assim como no milho (Fonseca et al., 2002), a qualidade nutritiva e produtividade não são características antagônicas. Isto indica que programas de melhoramento com metas no desenvolvimento de alta digestibilidade por unidade de matéria seca, necessariamente não penalizam a produção por unidade de área. A similaridade em anatomia de plantas entre cultivares de milho e cana parece explicar este relacionamento, menos marcado no sorgo, no qual a ampla variação na morfologia da planta aparentemente induz a um antagonismo entre produtividade e digestibilidade (Resende et al., 2003). Parece ser plausível a meta de maximizar animais por hectare e, ao mesmo tempo, minimizar o gasto com alimentos concentrados por unidade de desempenho animal em sistemas de produção, adotando a cana-de-açúcar como forrageira.

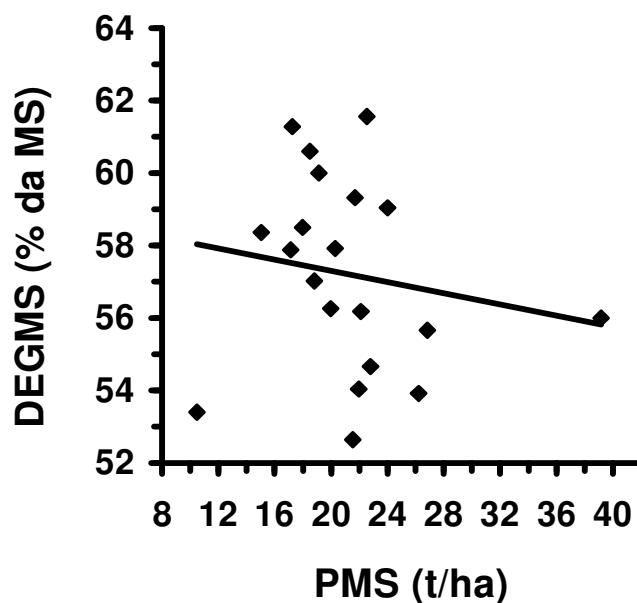


FIGURA 1. Produção de matéria seca por hectare (PMS) e degradação da matéria seca em 24 horas de incubação ruminal (DEGMS).
 $DEGMS = 59,34 - 0,107PMS$, $r^2=0,05$, $P=0,32$

Apesar da característica produtividade ser de mensuração relativamente fácil, o conhecimento de variáveis a ela correlacionadas pode ser útil em casos de seleção indireta ou em condições de fazenda nas quais uma estimativa rápida e/ou mais barata da produtividade se torna necessária. Canas mais produtivas tiveram menor diâmetro do colmo, maior comprimento do colmo e maior número de colmos por metro linear de plantio (Tabela 5). Não se detectou associação entre as características agronômicas número de internódios, porcentagem de internódios descobertos e porcentagem de colmos na planta e a produtividade. Estas observações estão em consenso com a literatura (Zacarias, 1977).

A correlação entre comprimento de colmo e produtividade é facilmente visualizável. O diâmetro do colmo é influenciado por fatores ambientais,

destacando-se a influência do espaçamento utilizado. Pate et al. (2001) comentam que, em plantios adensados os colmos da cana tendem a ser mais longos e com diâmetros menores. Canas muito produtivas e com alta densidade de plantas por metro tendem a ter colmos mais finos. Este relacionamento é confirmado pela alta correlação negativa entre diâmetro e o número de colmos por metro nesta pesquisa (Tabela 5). A variável Colmet foi de h^2 alta (Tabela 4) e poderia ser indicada como uma possível variável indireta para avaliar o potencial produtivo da cana, acoplado também ao fato de ser a mais correlacionada à produtividade (Tabela 5). Entretanto, a produtividade é facilmente mensurável e apresenta variabilidade e herdabilidade altas (Tabela 4), pouco se ganhando com a seleção indireta da característica.

Estes dados não suportam o conceito de que canas com alto teor de folhas seriam desejáveis como forrageiras por terem maior produtividade, um conceito às vezes disseminado popularmente (Tabela 5). Canas com alta proporção de colmo e baixa proporção de folhas e palhas seriam vantajosas operacionalmente por facilitar a colheita, o transporte e a moagem da forragem na fazenda, principalmente quando a primeira e a última atividade são feitas manualmente. A redução por seleção na proporção de palhas e folhas da planta parece ser possível (Tabela 4) e teria vantagens operacionais em fazendas que cultivam a cana para bovinos, sem penalizar a produtividade da planta.

TABELA 5 Correlações entre as características agronômicas, químicas e de degradabilidade ruminal em uma população de 20 clones de cana-de-açúcar

	MS	PMS	DiamC	CompC	Pcolmo	Intern	PID	DensC
PMN	0,45 ²	0,98 ²	-0,53 ¹	0,40	-0,15	-0,05	-0,24	0,04
MS		0,59 ¹	-0,54 ¹	0,49 ²	-0,43 ²	-0,11	-0,40 ³	-0,01
PMS			-0,60 ¹	0,44 ²	-0,21	-0,08	-0,29	0,04
DiamC				-0,02	0,28	0,38 ³	0,16	-0,27
CompC					0,05	0,39 ³	-0,25	-0,11
Pcolmo						0,63 ¹	0,67 ¹	-0,03
Intern							0,29	-0,21
PID								0,04

... Continuação

	Colmet	Brix	AR	Pol	EE	Cinzas	FDA	Lignina
PMN	0,89 ¹	0,09	0,45 ²	-0,39 ³	-0,26	-0,24	0,04	0,18
MS	0,29	0,22	0,28	-0,10	0,12	-0,07	0,38 ³	0,22
PMS	0,86 ¹	0,11	0,48 ²	-0,39 ³	-0,21	-0,23	0,11	0,21
DiamC	-0,70 ¹	-0,03	-0,24	0,16	0,00	0,25	-0,02	-0,36
CompC	0,17	0,37 ³	0,13	-0,03	-0,07	-0,45 ²	0,27	-0,06
Pcolmo	-0,21	0,33	-0,24	0,30	-0,16	-0,24	-0,30	-0,33
Intern	-0,26	0,52 ²	-0,10	0,36	-0,11	-0,45 ²	-0,17	-0,42 ³
PID	-0,18	0,15	-0,47 ²	0,32	-0,12	0,13	-0,38 ³	-0,22
DensC	0,23	0,04	-0,28	0,10	-0,06	0,07	-0,15	-0,16
Colmet		0,02	0,33	-0,34	-0,20	-0,28	-0,07	0,24
Brix			-0,22	0,73 ¹	0,16	-0,52 ²	-0,37 ³	-0,30
AR				-0,65 ¹	0,19	-0,27	0,39 ³	0,22
Pol					0,09	-0,27	-0,53 ¹	-0,33
EE						-0,13	0,21	0,15
Cinzas							0,20	0,20
FDA								0,44 ²

... Continuação

	PB	FDN	DEGFDN	RESFDN	DEGMS	RESMS
PMN	-0,10	-0,13	-0,23	0,05	-0,17	0,19
MS	-0,04	0,12	0,04	0,27	-0,47 ²	0,56 ¹
PMS	-0,11	-0,12	-0,19	0,10	-0,23	0,27
DiamC	0,48 ²	0,36	0,21	0,03	0,06	-0,03
CompC	0,25	0,20	-0,14	0,17	-0,45 ²	0,68 ¹
Pcolmo	0,17	-0,37	-0,06	0,00	0,45 ²	-0,26
Intern	0,31	-0,20	-0,11	0,31	0,13	0,17
PID	-0,17	-0,30	-0,15	-0,17	0,33	-0,34
DensC	0,20	-0,13	0,06	-0,22	0,19	-0,24
Colmet	-0,28	-0,28	-0,25	-0,09	-0,03	-0,03
Brix	0,14	-0,52 ²	0,01	0,19	0,30	-0,04
AR	-0,02	-0,05	0,05	0,49 ²	-0,24	0,28
Pol	0,24	-0,37 ³	0,00	-0,25	0,43 ²	-0,33
EE	-0,19	0,08	0,26	0,25	-0,15	0,11
Cinzas	-0,09	0,47 ¹	0,33	-0,14	-0,09	-0,10
FDA	0,04	0,74 ¹	0,02	0,26	-0,83 ¹	0,78 ¹
Lignina	-0,42	0,22	0,30	-0,23	-0,25	0,14
PB		0,19	0,19	-0,14	0,04	0,03
FDN			-0,02	-0,11	-0,78 ¹	0,62 ¹
DEGFDN				-0,09	0,34	-0,25
RESFDN					-0,20	0,38 ³
DEGMS						-0,89 ¹

Produção de matéria natural (PMN), porcentagem de matéria seca na planta (MS), produção de matéria seca (PMS), diâmetro do colmo (DiamC), comprimento do colmo (CompC), porcentagem de colmo na matéria seca (Pcolmo), número de internódios (Intern), porcentagem de internódios descobertos (PID), densidade do colmo (DensC), número de colmos por metro (Colmet), açúcares totais (Brix), açúcares redutores (AR), sacarose (Pol), extrato etéreo (EE), cinzas (Cinzas), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (Lignina), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN). Degradabilidade *in situ* em 24 horas de incubação ruminal da MS (DEGMS), da FDN (DEGFDN). Resíduo de MS (RESMS), de FDN (RESFDN) após 96 horas de incubação ruminal.

¹Significativo a 0,01.

²Significativo a 0,05.

³Significativo a 0,10.

Uma característica da cana-de-açúcar é seu conteúdo praticamente invariável de matéria seca, ao redor de 30% (Tabela 4). Este teor de matéria seca é similar ao do sorgo e do milho e praticamente o dobro do teor de matéria seca de outras forrageiras tropicais com alto potencial de produção de matéria verde por hectare, como gramíneas dos gêneros *Penisetum* e *Panicum* no ponto de maturidade fisiológica que concilia alto valor nutritivo com alta produtividade (Grant et al., 1974; Azevedo, 1985). O baixo teor de umidade aumenta a eficiência das operações de corte, transporte, processamento e possível estocagem da forragem, maximizando tempo, trabalho, energia ou espaço por unidade de matéria seca colhida. Forrageiras com teor de umidade inferior a 70% também propiciam a ensilagem sem a ocorrência significativa de efluente (Raymond, 1986).

A DEGMS foi, em média, 57,1% da matéria seca, com coeficiente de variação de 4,6% (Tabela 4). O coeficiente de variação da PMS foi cerca de cinco vezes superior a este valor, evidenciado a menor variabilidade no caráter digestivo proporcionalmente à produtividade nesta população de clones industriais (Figura 1). Pate & Coleman (1975) avaliaram 66 cultivares comerciais de cana-de-açúcar cultivadas no sul da Flórida e observaram que a digestibilidade in vitro da matéria orgânica foi $56,6\% \pm 4,47\%$ (média \pm desvio padrão), variando de 40,0% a 64,1%. Molina et al. (1999) avaliaram 74 variedades de cana em Cuba e encontraram valores de degradabilidade in situ da matéria seca em 48 horas de incubação ruminal de $45,4 \pm 5,7\%$ (média \pm desvio padrão), variando de 34,3% a 57,4%. Existe variabilidade em digestibilidade da matéria seca na cana-de-açúcar.

A seleção direta para a variável DEGMS parece ser a mais indicada, pois esta, apesar de não apresentar extrema variabilidade, teve valor de h^2 superior a 85%, semelhante à estimativa da variável que descreveu a fração indigestível do alimento, o RESMS (Tabela 4). Gomes (2003), avaliando 36 linhagens de milho

em duas épocas de plantio, encontrou valor de h^2 para a degradabilidade *in situ* da matéria seca no rúmen de 80,4%. Parece ser plausível que sejam preconizados programas de melhoramento genético específicos para o desenvolvimento de canas mais adequadas nutricionalmente. Estes poderiam ser desenvolvidos simultaneamente a programas de melhoramento de canas industriais, uma possibilidade para aumento na eficiência de desenvolvimento tecnológico. A mensuração da variável DEGMS é simples, rápida e de baixo custo, representando um ônus praticamente irrisório a qualquer programa já estabelecido de avaliação de clones de cana mais desejáveis.

A regressão multivariada do tipo Stepwise foi utilizada para definir variáveis químicas e agronômicas determinantes da DEGMS e da DEGFND. Nenhuma variável apresentou significância inferior a 0,15 necessária para ser incluída no modelo de regressão da DEGFND. O uso de qualquer variável correlacionada para inferências quanto à degradabilidade da fibra da cana-de-açúcar não mostrou ser promissor neste trabalho. A variabilidade em DEGFND dentro desta população de canas industriais pode não ter sido suficientemente alta para apontar relacionamentos significativos.

Três modelos foram gerados tendo a DEGMS como variável dependente:

Modelo 1:

$$\text{DEGMS} = 95,32 - 1,238 \text{ FDA};$$

$$r^2 = 0,69, P < 0,001$$

Modelo 2:

$$\text{DEGMS} = 100,80 - 0,045 \text{ CompC} - 1,139 \text{ FDA};$$

$$R^2 = 0,75, P = 0,07$$

Modelo 3:

$$\text{DEGMS} = 83,48 - 0,052 \text{ CompC} + 0,178 \text{ Pcolmo} - 1,01 \text{ FDA};$$

$$R^2 = 0,81, P = 0,04$$

O Modelo 1 utilizou a FDA como variável dependente, lembrando que a FDN não foi disponibilizada nesta análise por ser altamente correlacionada à FDA, o que poderia causar problemas de multicolinearidade (Chatterjee & Price, 1991). Neste caso, foi utilizada na análise apenas a variável mais correlacionada à DEGMS, a FDA (Tabela 5). A correlação entre a DEGMS e a FDA foi 0,05 superior à correlação com a FDN. Este fato é comum na literatura e tem sido explicado pela maior participação proporcional da lignina indigestível no resíduo de filtragem após digestão em detergente ácido comparativamente à participação deste composto no resíduo do detergente neutro (Van Soest, 1991). A lignina é proporcionalmente um maior participante da FDA que é da FDN, já que apenas o segundo inclui a hemicelulose.

Na Tabela 6 estão apresentadas as estimativas da correlação genética (r_G) e fenotípica (r_F) entre a DEGMS e as características que o stepwise selecionou como explicando a maior parte da variação nessa característica. Observa-se que as estimativas da correlação genética e fenotípica são semelhantes, isto em princípio, indica que tanto os fatores genéticos como ambientais se associam de modo semelhante na expressão conjunta dessas características. A correlação genética superior a 1 obtida entre a FDA e DEGMS não é esperada, contudo, ela ocorre em função do erro associado à estimativa. Nesse caso, provavelmente devido a menor precisão na avaliação da FDA, veja que a herdabilidade para essa característica foi muito pequena (Tabela 4)

As estimativas da correlação genética permitem inferir a respeito da resposta correlacionada a seleção. Falconer e Mackay (1996) mostram que a

resposta indireta no caráter Y pela seleção efetuada em X será superior a seleção direta em Y, quando o produto $r_G \cdot h_x$ for superior a h_y . No presente caso, muito embora o número de clones avaliado fosse pequeno, pode-se inferir que como a herdabilidade para a DEGMS (caráter Y) foi muito alta, $h_y^2 = 0,87$, a seleção efetuada para, por exemplo, reduzir o comprimento de colmos e a FDA ou aumentar a Pcolmo, não proporcionariam ganhos superiores a seleção direta na digestibilidade. Do exposto, mesmo ocorrendo correlação genética expressiva entre essas características e a DEGMS, a seleção deve ser efetuada diretamente nesse caráter, pois além dele permitir uma boa precisão experimental, maior herdabilidade, o ganho direto com a seleção será mais expressivo.

TABELA 6. Correlações fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G) entre a degradação da matéria seca (DEGMS) e as características comprimento de colmo (CompC), FDA e porcentagem de colmo (Pcolmo) em uma população de 20 clones de cana-de-açúcar.

Características	r_F	r_G
CompC	-0,45	-0,71
FDA	-0,83	-1,81
Pcolmo	0,45	0,58

Semelhantemente ao observado nas silagens de milho ou sorgo (Fonseca et al,2002 ; Resende et al. 2003), o teor de fibra foi o maior determinante da degradabilidade da cana-de-açúcar no rúmen (Figura 2). Relatos da correlação entre os teores de FDA e FDN e a degradação de matéria seca no rúmen são altos, negativos e similares numericamente às estimativas deste trabalho (Pate & Coleman, 1975; Carvalho, 1992; Rodrigues et al., 2001; Costa 2002). Pate & Coleman (1975) observaram que mesmo mensurações em desuso de fibra e

carboidratos não-fibrosos, como fibra bruta e extrativo não-nitrogenado, se correlacionaram bem com a digestibilidade in vitro da cana-de-açúcar. Como a soma do teor de PB, EE e Cinzas é baixo e pouco variável na cana (Tabela 4) o conteúdo de fibra de degradação lenta no rúmen determina o conteúdo de carboidratos não-fibrosos de degradação rápida, tornando desnecessária a utilização de relações entre estes dois nutrientes para a obtenção de boas correlações entre estas variáveis e a digestibilidade da matéria seca da forrageira. Quanto maior o conteúdo de carboidratos de degradação lenta, o que resulta invariavelmente em menor conteúdo de carboidratos de degradação rápida, menor a degradabilidade ruminal da forragem. A meta primordial para a obtenção de canas de alto valor nutritivo é a redução no teor de fibra da forragem.

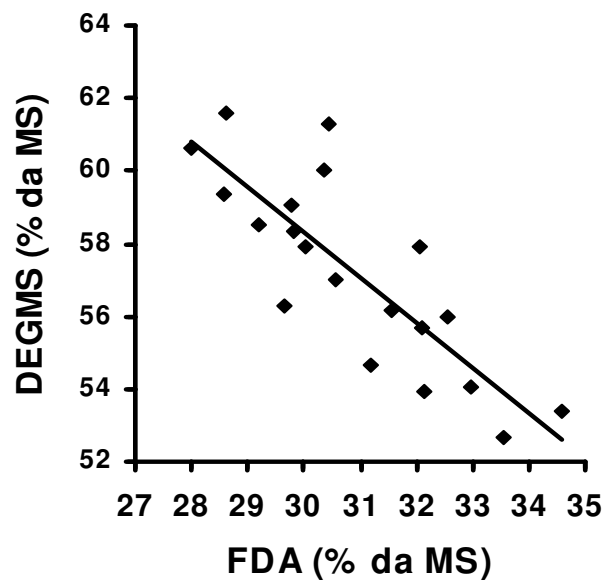


FIGURA 2 Teor de fibra em detergente ácido (FDA) e a degradação da matéria seca em 24 horas de incubação ruminal (DEGMS). $DEGMS = 95,32 - 1.238 \text{ FDA}$, $r^2 = 0,70$, $P < 0,001$

Obter redução no teor de FDN ou FDA da cana-de-açúcar por artifícios genéticos não se mostrou uma estratégia promissora. Estas características foram pouco variáveis nesta população de plantas e apresentaram estimativas de h^2 médias e com alto intervalo de confiança, inclusive com limite mínimo negativo (Tabela 4). A indústria açucareira nunca teve como meta de melhoramento a redução do teor de fibra da planta, já que a seleção sempre almejou a produção de açúcar por hectare (Bressiane, 2001), não necessariamente sinônimo de alto teor de açúcar por unidade de matéria seca. A variabilidade em teor de fibra pode ter sido baixa dentro desta população de clones industriais de cana.

Não há relatos na literatura de estimativas de h^2 para as características teor de FDN e FDA da cana-de-açúcar. Entretanto, utilizando-se os dados da avaliação de 15 variedades comerciais relatados por Azevêdo (2002), foi possível estimar a h^2 do teor de FDN, que foi de 89,8%. Este valor é superior aos valores estimados para a planta de milho por Beegly (1990) e por Gomes (2003). A herdabilidade não é apenas uma propriedade da característica, mas também da população e das condições a que foram submetidos os indivíduos, portanto, não é imutável (Ramalho et al., 2000). O potencial de seleção de canas para baixa fibra talvez não deva ser desprezado, uma vez que materiais não competitivos, como cana caiana, apresentaram teor de fibra bem inferior a materiais industriais (Costa, 2002) e podem existir variações ainda não conhecidas dentro de populações de plantas já melhoradas pela indústria açucareira. Uma estimativa do componente genético herdável da variável FDN ou FDA estimado em uma população mais heterogênea de plantas seria de interesse científico.

O Modelo 2 acrescentou a variável CompC à equação de regressão. Canas de colmos curtos se mostraram mais desejáveis nutricionalmente. Canas de colmos curtos também tiveram menor RESMS (Tabela 5), evidenciando que foi coerente o relacionamento entre CompC e as duas medidas de degradabilidade ruminal. Não é clara a justificativa biológica para este

relacionamento matemático negativo entre comprimento de colmo e digestibilidade. Entretanto, como CompC é um importante determinante da produtividade da planta (Tabela 5) e produção por área é uma justificativa primordial para a adoção da cana-de-açúcar para bovinos, parece ser incoerente penalizar a produtividade, via ações capazes de induzir encurtamento dos colmos, para que se obtenha ganho em digestibilidade da planta.

No Modelo 3 a variável Pcolmo foi introduzida à regressão. Canas com alta proporção de colmos, e conseqüentemente de baixa proporção de folhas apicais e palhas foram mais desejáveis nutricionalmente. Ao contrário de outras gramíneas tropicais, na cana-de-açúcar os teores de FDN são maiores na folha que nos colmos, ricos em sacarose de alta digestibilidade (Rodrigues et al., 1997). Estes autores observaram que a digestibilidade in vitro da matéria seca de folhas em 11 cultivares de cana foi de $51,39\% \pm 4,09$ (média \pm desvio padrão) enquanto que a digestibilidade dos colmos foi $75,45\% \pm 2,98$.

Além dos já citados aspectos operacionais desejáveis relacionados à colheita, transporte e moagem, canas com baixa proporção de palhas aparentemente também são desejáveis nutricionalmente. A redução na proporção de folhas na planta pode ser obtida via melhoramento genético (Tabela 4). Esse relacionamento também sugere que a despalha manual ou por queima pode elevar a digestibilidade da planta. A proporção de colmos tem sido preconizada como critério para seleção de canas para alimentação animal. Rodrigues et al. (1997) sugerem que canas mais desejáveis teriam proporção de colmos na planta superior a 80%. A definição de um limite mínimo neste parâmetro requer mais experimentação, mas dentre os 20 clones aqui estudados, 12 apresentavam proporção de colmos superior a 80%.

O teor de lignina nas canas (Tabela 4) foi semelhante ao da silagem de milho e metade do teor observado na alfafa (NRC, 2001). Forrageiras

temperadas, como a alfafa, têm maior velocidade de degradação e degradabilidade efetiva no rúmen que a silagem de milho de menor teor de lignina (Pereira & Armentano, 2000). A porcentagem de lignina na planta é sabidamente um preditor imperfeito da digestibilidade entre espécies forrageiras, a localização dos tecidos lignificados na planta parece ser mais determinante da digestibilidade que o teor deste constituinte (Akin & Robinson, 1982). Nesta população de canas não se detectou qualquer associação entre lignina e as estimativas de digestibilidade (Tabela 5). Não existe informação básica sobre os fatores intrínsecos à cana-de-açúcar determinantes da baixa digestibilidade da fibra típica desta forrageira. A porcentagem de lignina apresentou h^2 zero (Tabela 4), provavelmente devido à ausência de variabilidade na característica, o que também explicaria a ausência de correlação com todas as variáveis estudadas, com exceção da FDA (Tabela 5). A razão para a porque da baixa digestibilidade da fibra da cana no rúmen requer maior consideração científica.

Dentre as mensurações de carboidratos não-fibrosos rotineiramente executadas na indústria açucareira, AR, Brix e Pol, apenas o Pol se correlacionou positivamente à DEGMS (Tabela 5). Distintamente, tanto o Brix quanto o Pol se correlacionaram negativamente à FDN e à FDA. A utilidade de mensurações de açúcar no caldo como parâmetro de avaliação nutricional mostrou ser menos efetiva que mensurações do componente fibroso da forragem.

A degradabilidade da FDN em 24 horas de incubação ruminal foi cerca de 20% (Tabela 4), típico da cana-de-açúcar e baixo quando comparado a outras forrageiras, como a alfafa e a silagem de milho (Pereira & Armentano, 2000). A degradabilidade ruminal da FDN de 11 cultivares industriais e de uma cultivar primitiva foi em torno de 22% (Costa, 2002), valores similares ao de cultivares cubanas (Molina et al., 1999) e de uma cultivar utilizada em estudo brasileiro (Aroeira et al., 1993; Aroeira et al., 1995). Chama a atenção o fato de que este

valor é de magnitude semelhante ao valor de 22,5% observado para a digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de novilhas (Andrade, 1999) e do valor de 23,1% observado em vacas leiteiras (Corrêa et al, 2001). A semelhança entre valores de digestibilidade da FDN da cana no rúmen e no trato digestivo total evidencia a importância de eventos ruminais para a digestão da cana-de-açúcar. A estimativa da degradabilidade da fibra no rúmen parece ser um indicador seguro do potencial de digestão desta forrageira no trato digestivo.

A DEGFND não se correlacionou a qualquer das variáveis estudadas (Tabela 5) e apresentou h^2 nula (Tabela 4). Não há relatos de outras estimativas de h^2 para esta característica na literatura. Como a DEGMS apresentou um alto componente herdável, com base nestes dados parece ser mais sensato que uma possível busca por clones geneticamente superiores nutricionalmente seja baseada na degradabilidade da matéria seca em vez de se almejar ganhos na digestibilidade da fibra por seleção.

Mesmo sabendo que o potencial de seleção para DEGFND é baixo (Tabela 4), uma simulação foi realizada visando quantificar possíveis ganhos em DEGMS por atuação exclusiva sobre a DEGFND. Partindo do princípio de que canas desejáveis nutricionalmente teriam baixo teor de fibra, um exercício matemático foi executado para quantificar o ganho potencial caso a FDN se tornasse mais digestível (Figura 3). Para estimar o ganho em DEGMS por unidade de ganho em DEGFND, a primeira foi utilizada como variável dependente em um modelo contento a FDN e a DEGFND como variáveis independentes e nesta ordem. A probabilidade do tipo I mostrou que a reta descrevendo o ganho em DEGMS por unidade de ganho em DEGFND tem inclinação positiva e diferente de zero (Figura 3). Uma representação gráfica da resposta foi criada utilizando uma cana com 49,2% de FDN, a média deste trabalho (Tabela 4) e DEGFND variando de 16% a 26%, a amplitude observada nos dados (Figura 4). Um ganho de 10 unidades em digestibilidade da fibra

resultaria em ganho de, aproximadamente, 4 unidades em digestibilidade da matéria seca, assumindo constância no teor e digestibilidade dos outros nutrientes da planta. A significância deste ganho é questionável, já que foi inferior a 10% da digestibilidade da matéria seca para um ganho em DEGFND equivalente a cerca de 3 vezes o desvio padrão para a característica. Entretanto, melhora na digestibilidade da fibra pode ter efeitos positivos sobre o consumo de matéria seca, o maior limite nutricional em dietas à base de cana-de-açúcar (Andrade, 1999;Correa et al., 2001), podendo ter efeitos maiores sobre o consumo de matéria seca digestível que sobre a digestibilidade por unidade matéria seca. Fibra de baixa digestibilidade é sabidamente limitante do consumo de matéria seca em ruminantes (Oba & Allen, 1999).

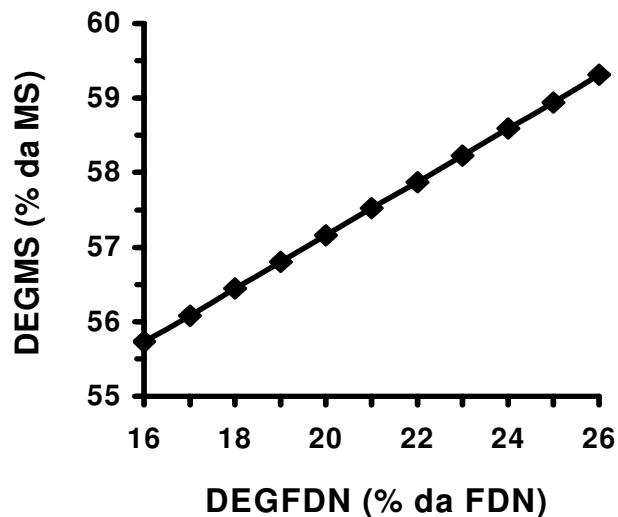


FIGURA 3 Resposta em degradabilidade da matéria seca em 24 horas de incubação ruminal (DEGMS) a variação na degradabilidade da FDN no rúmen (DEGFND) de 16% a 26% da FDN em um clone hipotético de cana contendo 49,2% de FDN, o valor médio dentre os 20 estudados. $DEGMS = 89,703 - 0,807 \text{ FDN} + 0,358 \text{ DEGFND}$, P tipo I para a DEGFND = 0,02

6 CONCLUSÕES

A obtenção de clones que conciliam alta produtividade de colmos e com maior digestibilidade é viável, pois a associação tanto fenotípica como genética entre esses caracteres foi de pequena magnitude.

Entre os caracteres que mais explicam a variação na digestibilidade estão a FDA, o comprimento de colmo e a porcentagem de colmos. No entanto, a melhoria da digestibilidade via seleção indireta não se justifica, pois estas características apresentaram estimativas de h^2 inferiores à obtida para a degradação da matéria seca no rúmen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL, 2004 - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2004. Cana-de-Açúcar, p. 213-231.

AKIN, D. E.; ROBISON, E. L. Structure of leaves and stems of arrow leaf and crimson clovers as related to *in vitro* digestibility. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 24-29, 1982.

ALLEN, M. S.; O'NEIL K. A.; MAIN, D. G.; BECK' J. F. Relationships among yield and quality traits of corn hybrids for silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 221, 1991. Supplement, 1.

ALVES NETO, F. O custo da produção de leite no estado de São Paulo. **Boletim da Industria Animal**, São Paulo, v. 16, p. 11-66, 1957. Único.

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

ANDRADE, M. A. F.; PEREIRA, M. N. Performance of Holstein heifers on fresh sugarcane as the only dietary forage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 91, 1999. Supplement, 1.

ARIZONO H. **Métodos e critérios de seleção adotados na obtenção das variedades de cana-de-açúcar (Saccharum spp.) RB 835089 e RB 835486**. 1994. 96 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemistry**. 12. ed. Washington, 1975. v. 1, 1094 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemistry**. 15. ed. Virginia, 1990. v. 1, 684 p.

AZEVEDO, G. P. C. do. **Produção, composição química e digestibilidade in vitro do capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) Cameron em diferentes idades**. 1985. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

AZEVEDO, J. A. **Avaliação nutricional de variedades de cana-de-açúcar (Saccharum sp.) e simulação do desempenho de vacas leiteiras**. 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

BEEGHLY, H. H. **The effect of all wall Constituents in determining resistance of maize to the European corn borer**. 1990. PhD (Thesis) - University of Wisconsin, Madison.

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

BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana-de-açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar, cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2, p. 805-856.

BRESSIANE, J. A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar.** 2001. 104 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BRIEGER, F. O. Início da safra. Como determinar a maturação. **Boletim Informativo Coperest**, São Paulo, v. 4, p. 1-3, abr. 1968.

BROWN, A. H. D. Correlation between brix in juice and fiber in comercial hybrid sugar cane populations. **Proceedings International of the Society of Sugar Cane Technology**, New York, v. 12, p. 754-759, 1965.

BROWN, A. H. D.; DANTELS, J.; LATTE, B. D. H. Quantitative genetics of sugarcane. I Analysis of variation in comercial hybrid sugarcane population. **Theoretical Applied and Genetics**, Berlin, v. 38, n. 4, p. 361-369, 1968.

CARVALHO, G. J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte.** 1992. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

CESNIK, R. **Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar.** 1972. 50 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CESNIK, R. Melhoramento de canas Forrageiras. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 1, p. 34, jul. 1975.

CESNIK, R.; VENCOVSKY, R. Expected response to selection, heritability, genetic correlations and response to selection of some characters in sugarcane. **Proceedings International of the Society Sugar Cane Technology**, New York, v. 15, p. 96-101, 1974.

CHATTERJEE, S.; PRICE, B. **Regression analysis by example.** New York: John Wiley & Sons, 1991. 278 p.

CORREA, C. E. S.; PEREIRA, M. N.; RAMOS, M. H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 621-629, out./dez. 2003.

CORREA, C. E. S.; PEREIRA, M. N.; RAMOS, M. H.; OLIVEIRA, S. G.; OTA, M. Performance of dairy cows feed corn silage differing in kernel texture or sugar cane as the dietary forage. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 119, 2000. Supplement, 1. Abstract.

COSTA JÚNIOR, E. M. A. et al. **Demonstrativo de atividade leiteira em fazendas acompanhadas na região de Juiz de Fora, Minas Gerais**. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1982. (Documentos).

COSTA, H. N. **Efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade In Situ da cana-de-açúcar**. 2002. 51 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. A. G.; ASSIS, H. D. St. C.; NEAL, O. F.; CAMPOS, L. J.; AROREIRA, M. Simulation of digestion in cattle fed sugarcane: prediction of nutrient supply for milk production with locally available supplements. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 127, pt. 2, p. 247, Sept. 1996.

FALCONER, D. S.; MacKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Longman, 1996. 464 p.

FERRET, A.; GASA, J.; PLAIXATS, J.; CASAÑAS, F.; BOSCH, L.; NUEZ, F. Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages given to sheep from morphological and chemical composition, in vitro digestibility or rumen degradation characteristics. **Animal Science**, Edinburgh, v. 64, n. 3, p. 493-501, June 1997.

FONSECA, A. H.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S.; CARVALHO, G. S. Características agronômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho visando à produção de silagem de alto valor nutritivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 281, p. 41-54, jan./fev. 2002.

GALLO, P. C. S.; PEREIRA, M. N.; ANDRADE, M. A. F. Effect of dietary sugarcane concentration on heifer growth. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 114, 2000. Supplement, 1.

GEORGE, E. F. Effect of environment on components of yield in seedling from five Saccharum crosses. **Proceedings International of the Society Sugar Cane Technology**, New York, v. 10, p. 755-765, 1959.

GEORGE, E. F. A further study as Saccharum progenies in contrasting environments. **Proceedings International of the Society Sugar Cane Technology**, New York, v. 11, p. 488-497, 1962.

GOMES, M. S. **Valor genético de linhagens de milho na produção e digestibilidade da silagem**. 2003. 135 p. (Tese Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GONÇALVES, L. A. C. Influência da fibra e da Pol da cana e da pureza do caldo no processo de fabricação de açúcar e álcool. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 105, n. 4/6, p. 49-64, 1987.

GOODING, E. G. B. Efecto de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para bovinos. **Tropical Animal Production**, Edinburgh, v. 7, n. 1, p. 76-97, Mar. 1982.

GRANT, R. J.; MERTENS, D. R. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on vitro fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2762-2768, Oct. 1990.

GRANT, R. J.; VAN SOEST, P. J.; McDOWELL, R. E.; PEREZ JÚNIOR, C. B. Intake, digestibility and metabolite loss of Napier grass by cattle and buffaloes when fed wilted, chopped and whole. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 39, n. 2, p. 423-434, Aug. 1974.

HOFFMANN, P. H. **Evolução do potencial produtivo das principais variedades de cana-de-açúcar cultivadas no estado de São Paulo nos últimos cinquenta anos**. 1997. 136 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

IAA/SONDOTÉCNICA. Rio de Janeiro. **Projeto de irrigação e drenagem da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense. Estudos de climatologia, relatório técnico setorial**. Rio de Janeiro, 1983. v. 1, 102 p.

IAA. Processo pol ratio de análise da matéria prima método Payne. In: _____. **Manual de técnicas de laboratório e fabricação de açúcar de cana**. Rio de Janeiro, 1975. p. 145-174.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola - estimativas para 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 01 dez. 2003.

KEOWN, J. F. Freshen heifers at 1200 lb. **Dairy Herd Management**, Minnetonka, v. 23, n. 1, p. 18, Aug. 1986

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Extract confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 192-194, 1985.

KUNG JR. L.; STANLEY, R. W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, n. 4, p. 689-696, Apr. 1982.

LANDELL, M. G. de A. et al. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. 36 p. (IAC. Boletim Técnico 193)

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugar by Fehling's solution with methylene blue indication**. London: Norman Rodger, 1934. 8 p.

LENG & PRESTON, T. R. Sugarcane for cattle production present constraints perspectives and research priorities. **Tropical Animal Production**, Edinburgh, v. 1, n. 1, p. 1-22, Mar. 1976.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity: an estimate. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 1, p. 67-72, Jan./Feb. 1963.

MAMEDE, R. de Q. et. al. Potencial produtivo de clones RB de cana-de-açúcar no município de Nova Europa-SP. **STAB**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 32-35, 2002.

MARIOTTI, J. A. Estimaciones de herdabilidade en parcelas clonales en cinco poblaciones híbridas de caña de azúcar. **Revista di Agronomia del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 8, n. 3/4, p. 373-389, 1971.

MARIOTTI, J. A. Experiências de selección clonal en caña de azúcar en la provincia de Jujuy. II. Repetibilidad y heredabilidad de caracteres de intereses agronomico. **Revista di Agronomia del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 10, n. 1/2, p. 61-73, 1973a.

MARIOTTI, J. A. A path-analysis of yield components in sugarcane. Sugarcane Breeder's Newsletter. **International Society Sugarcane Technology**, v. 32, p. 14-18, 1973b.

MOLINA, A.; LEAL, P. P.; VERA, A.; MILANES, N.; PEDROSO, P. M.; TORRES, V.; TRABA, J.; TUERO, O. Forage evaluation of sugar cane industrial varieties. In situ digestibility. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v. 33, n. 4, p. 369-373, Dec. 1999.

NAGUMO, M. **Programa de melhoramento PO Usina da Barra**. Piracicaba: Usina da Barra, 1993. 11 p.

NATIONAL RESERCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dury cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001.

NEVES, D. F. **Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1995. 4 p. (Trabalho de Graduação)

OBA & ALLEN, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 589-596, Mar. 1999.

OLIVEIRA, C.J.P. Estudo da composição químico-bromatológica e características tecnológicas de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 1995. 45p. **(Trabalho de Graduação)**

OLIVEIRA, M.D.S. et al. Efeito de variedades de cana-de-açúcar sobre a composição químico-bromatológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001.

OLIVEIRA, M.D.S. et al. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos.** Jaboticabal, 1999. 128p.

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

PATE, F. M. Nutritive value of sugar cane at different stages of maturity. **Tropical Animal Production**, Edinburgh, v. 2, n. 2, p. 108, 1977.

PATE, F. M.; ALVAREZ, J.; PHILLIPS, J. D. et al. **Sugarcane as a cattle feed:** production and utilization. Florida: University of Florida/Cooperative Extension Service, 2001. 25 p.

PATE, F. M.; COLEMAN, S. W. Evaluation of sugarcane varieties as cattle feed. **Flórida Agricultural Experiment Station**, Orlando, n. 4, Apr. 1975.

PAYNE, J. H. **Sugar cane factory analytical control.** New York: Elsevier Publishing Company, 1968.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*)** 2003. 120 p Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PEIXOTO, A. M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p. 17-47.

PELIN, E. R. O aumento da produtividade agrícola e o custo social da produção do álcool. In: PELIN, E. R. **Avaliação econômica do álcool hidratado carburante no curto e médio prazos.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas, USP, 1985. p. 83-116.

PEREIRA, M. N.; ARMENTANIO, L. E. Replacement of forage with non-forage fiber sources in lactating cow diets. II. Digestion and rumen function. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 12, p. 2876-2887, Dec. 2000.

PRADA e SILVA, L. F. **Avaliação de características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho para silagem**. 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

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

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. P. **Genética na Agropecuária**. São Paulo, 1989. 359 p.

RAYMOND, F. **Forage conservation and feeding**. Madison, 1986. p. 106-107.

RELATÓRIO ANUAL 1985. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1986. 167 p.

RESENDE, J. A.; PEREIRA, M. N.; PINTO, R. V. G.; FONSECA, A. H.; SILVA, A. R. P. Ruminal silage degradability and productivity of forage and grains type sorghum cultivares. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 457-463, jul./set. 2003.

RODRIGUES, A. A. et al. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre o seu valor nutritivo como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 12, p. 1333-1338, dez. 1997.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R.; LANDELL, M. G. A. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba - SP. **Anais...** Piracicaba: SBZl, 2001. p. 1111-1113.

SAS INSTITUTE. SAS User's guide: Statistics. 5. ed. Cary, NC, 1995. 1290 p.

SILVEIRA, A. D. **Contribuição para o estudo do capim-elefante (P. purpureun,schum.) com reserva forrageira no tropico.** 1976. 243 p. Dissertação (Mestrado) – UNESP. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Botucatu.

SKINNER, J. C. et al. Selection methods, criteria, and indices. In: HEINS, D. J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding.** Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 409-453.

SOUZA, K. C. M.; ANDRADE, L. A. de B. Estudo técnico-econômico dos sistemas de cultivo de cana-de-açúcar no município de Lavras-MG. In: SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/CNPQ, 11., 1994, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1994. p. 38.

TORRES, R. A.; COSTA, J. L.; RESENDE, H. Utilização da mistura cana-de-açúcar com uréia na alimentação de bovinos leiteiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 211, p. 69-76, 2001.

UNICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola** - estimativas para 2004. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/unica/estatistica/indicadores/agroindustria/Ispa/default.shtm>>. Acesso em: 01 fev. 2004.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476.

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

WIGGENS & WILLIAMS, J. H. The constituents of cane juice - Part 2: The quantitative examination of the amino-acids of cane juice. **Proceedings of the British World Industry Sugar Technology**, London, p. 40-49, 1951.

WIGGENS, L. F. Sugar-cane wax. **Proceedings of the British World Industry Sugar Technology**, London, p. 24-28, 1949.

WOLF, D. F.; COORS, J. G.; ALBRECHT, K. A.; UNDERSANDER, D. J.; CARTER, P. R. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1353-1359, Nov./Dec. 1993.

ZACARIAS, C. A. B. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*) e suas implicações no melhoramento**. 1977. 77 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ZAMBELLO Jr. E.; ORLANDO FILHO, J. Adubação de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 1-26, 1981.

ANEXOS

- TABELA 1A.** Médias das características agronômicas: matéria Natural (PMN), produção de matéria seca (PMS), matéria seca (MS) diâmetro do colmo (DiamC), comprimento de colmo (CompC), porcentagem de colmo na matéria seca (Pcolmo), número de colmos por metro (Colmet) número de internódios de 20 clones de cana-de-açúcar avaliadas. Campos dos Goitacazes – RJ, 2001. 70
- TABELA 2A.** Médias das características químicas e agronômicas: número de internódios (Intern), porcentagem de internódios descobertos (PID), densidade de colmo (DensC), açúcares redutores (AR), sacarose (Pol), açúcares totais (Brix) extrato etéreo (EE), cinzas (Cinzas), proteína bruta dos 20 clones de cana-de-açúcar avaliadas. Campos dos Goitacazes – RJ, 2001. 71
- TABELA 3A.** Médias das características químicas e de degradabilidade: proteína bruta (PB), lignina (Lignina), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) degradação da FDN(DEGFDN), resíduo de FDN (RESFDN), degradação da matéria seca (DEGMS), resíduo de matéria seca (RESMS) dos 20 clones de cana-de-açúcar avaliadas. Campos – RJ, 2001. 72

TABELA 1A. Médias das características agronômicas: matéria Natural (PMN), produção de matéria seca (PMS), matéria seca (MS) diâmetro do colmo (DiamC), comprimento de colmo (CompC), porcentagem de colmo na matéria seca (Pcolmo), número de colmos por metro (Colmet) número de internódios de 20 clones de cana-de- açúcar avaliadas. Campos dos Goitacazes – RJ, 2001.

Cultivares	PMN (t há⁻¹)	PMS (t há⁻¹)	MS (% MN)	DiamC (cm)	CompC (cm)	Pcolmo (%MS)	Colmet (n^o m⁻¹)
CB 45-3	72,38	21,97	30,42	2,46	171,66	76,33	10,00
RB 72454	71,20	20,26	28,59	2,85	192,75	78,57	7,60
RB 739359	57,20	17,22	30,50	2,55	170,12	84,33	8,03
RB 739735	61,68	18,79	30,47	2,54	169,41	80,36	7,49
RB 758540	112,67	39,18	34,89	2,29	211,16	77,68	7,41
RB 765418	56,49	17,13	30,80	2,66	189,66	82,30	12,83
RB 785750	81,81	26,23	31,82	2,33	192,83	75,76	6,58
RB 806043	32,29	10,44	31,69	2,55	186,95	75,85	12,01
RB 825336	76,08	23,98	31,48	2,43	188,50	79,98	4,43
RB 835089	84,52	26,84	31,82	2,51	204,37	83,25	9,05
RB 835486	64,31	19,94	31,95	2,56	194,79	79,48	9,94
RB 845257	74,97	22,54	29,97	2,41	179,04	84,10	7,37
RB 855035	70,40	21,67	30,31	2,40	198,41	82,15	10,80
NA 5679	61,03	17,99	29,44	2,57	196,58	86,72	10,00
SP 711406	72,50	22,78	31,47	2,51	180,70	80,32	9,66
SP 791011	66,04	19,10	28,87	2,52	165,46	87,13	8,88
SP 792233	57,80	18,51	31,77	2,50	186,13	79,69	7,47
SP 792312	48,70	15,03	30,60	2,66	182,65	86,13	5,42
SP 801842	69,07	21,55	31,57	2,64	223,00	86,93	7,34
SP 811763	72,85	22,11	30,43	2,50	195,83	85,20	8,59
Média	68,25	21,17	30,90	2,53	189,01	81,65	8,50
DPM*	15,83	5,67	1,35	0,12	14,42	3,76	2,04
mínimo ¹	32,29	10,44	28,59	2,29	165,46	75,76	4,43
Máximo ²	112,67	39,18	34,89	2,85	223,00	87,13	12,83

* Desvio padrão da média

¹ valor mínimo

² valor máximo

TABELA 2A. Médias das características químicas e agronômicas: número de internódios (Intern), porcentagem de internódios descobertos (PID), densidade de colmo (DensC), açúcares redutores (AR), sacarose (Pol), açúcares totais (Brix) extrato etéreo (EE), cinzas (Cinzas), proteína bruta dos 20 clones de cana-de-açúcar avaliadas avaliadas. Campos dos Goitacazes – RJ, 2001.

Cultivares	Intern (n.colmo ⁻¹)	PID (%)	DensC (g/cm ³)	AR (%caldo)	Pol (%cana)	Brix (%caldo)	EE (%MS)	Cinzas (%MS)
CB 45-3	13,67	11,67	0,94	1,29	13,01	17,90	1,23	4,58
RB 72454	14,18	6,93	0,89	1,19	14,11	19,10	1,44	4,91
RB 739359	13,32	20,10	1,01	1,05	14,12	19,17	1,69	5,26
RB 739735	13,63	28,25	0,91	0,91	13,74	19,02	1,62	5,20
RB 758540	13,80	5,54	0,90	1,23	13,05	19,77	1,54	4,50
RB 765418	15,03	19,04	0,80	1,60	14,80	20,17	1,07	4,69
RB 785750	12,20	16,47	1,01	0,98	14,26	19,65	1,27	4,68
RB 806043	12,75	4,52	0,89	0,77	13,68	19,02	2,63	4,82
RB 825336	13,82	37,26	0,91	1,26	13,73	19,62	1,24	4,71
RB 835089	15,95	8,44	0,92	1,17	13,34	20,35	1,43	3,87
RB 835486	14,75	26,17	0,95	1,33	15,81	21,02	2,04	4,67
RB 845257	15,31	27,49	0,91	0,68	15,27	21,10	2,35	2,70
RB 855035	13,33	11,69	0,93	1,33	14,28	19,57	1,08	3,40
NA 5679	16,01	58,65	0,91	1,16	14,13	19,55	1,53	4,50
SP 711406	12,97	33,51	0,80	1,07	14,35	19,01	1,85	4,70
SP 791011	13,07	60,21	0,95	0,97	15,36	19,42	1,26	5,32
SP 792233	14,53	21,42	0,94	0,75	15,17	20,24	1,10	4,43
SP 792312	16,66	51,11	0,92	0,94	14,35	20,17	1,28	4,42
SP 801842	15,90	34,74	0,93	1,10	14,11	20,12	1,56	3,67
SP 811763	15,87	17,59	0,86	0,72	13,90	19,42	1,29	4,29
Média	14,33	25,09	0,92	1,07	14,18	19,66	1,53	4,46
DPM*	1,28	16,77	0,05	0,24	0,76	0,74	0,42	0,64
mínimo ¹	12,20	4,52	0,80	0,68	13,00	17,90	1,07	2,70
Máximo ²	16,66	60,21	1,01	1,60	15,81	21,10	2,63	5,32

*Desvio padrão da média

¹ valor mínimo

² valor máximo

TABELA 3A. Médias das características químicas e de degradabilidade: proteína bruta (PB), lignina (Lignina), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) degradação da FDN(DEGFND), resíduo de FDN (RESFND), degradação da matéria seca (DEGMS), resíduo de matéria seca (RESMS) dos 20 clones de cana-de-açúcar avaliadas. Campos – RJ, 2000.

Cultivares	PB (%MS)	Lignina (%MS)	FDA (%MS)	FDN (%MS)	DEGFND (%FND)	RESFND (%FND)	DEGMS (%MS)	RESMS (%MS)
CB 45-3	3,92	7,01	32,97	51,82	17,53	47,37	54,05	30,22
RB 72454	4,76	5,65	30,04	52,14	21,75	51,22	57,93	29,02
RB 739359	4,51	6,20	30,45	49,25	26,00	56,53	61,27	26,,37
RB 739735	4,19	5,33	30,56	48,83	24,35	60,29	57,02	28,17
RB 758540	4,04	7,03	32,54	48,79	23,99	55,06	55,99	33,95
RB 765418	4,22	6,87	32,05	49,68	22,58	57,69	57,89	29,47
RB 785750	3,81	6,18	32,13	51,49	19,67	53,14	53,93	30,76
RB 806043	3,52	6,86	34,59	52,73	22,85	53,42	53,39	30,28
RB 825336	3,28	6,42	29,79	46,98	21,04	55,55	59,05	29,23
RB 835089	3,60	5,46	32,10	48,16	17,28	63,62	55,66	28,77
RB 835486	3,96	6,32	29,64	49,86	19,16	56,00	56,26	29,58
RB 845257	3,84	6,09	28,62	42,84	20,36	58,58	61,57	26,93
RB 855035	4,02	5,96	28,57	45,71	17,29	56,38	59,33	30,39
NA 5679	3,28	6,18	29,21	48,32	20,30	54,61	58,49	28,97
SP 711406	3,19	6,14	31,18	51,31	16,70	47,86	54,66	29,99
SP 791011	3,48	6,62	30,35	47,31	18,97	63,26	59,99	27,19
SP 792233	4,28	5,39	28,01	46,75	20,45	63,74	60,61	29,25
SP 792312	4,66	4,98	29,82	47,96	19,20	58,09	58,36	29,63
SP 801842	5,18	5,68	33,56	52,36	18,03	45,99	52,64	32,30
SP 811763	3,91	6,35	31,58	50,90	17,78	53,94	56,18	31,11
Média	3,97	6,16	30,92	49,19	19,77	55,12	57,08	29,60
DPM*	0,52	0,58	1,77	2,53	2,42	3,42	2,64	1,85
Mínimo ¹	3,19	4,98	28,01	42,84	16,70	45,99	52,64	26,37
Máximo ²	5,18	7,03	34,59	52,73	26,00	63,74	61,57	33,95

* Desvio padrão da média.

¹ Valor mínimo.

² Valor máximo.