Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Avaliação agronômica da cana-de-açúcar submetida a métodos de
colheita para produção animal**

Ana Luiza Bachmann Schogor

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens**

Piracicaba

2008

Ana Luiza Bachmann Schogor

Zootecnista

**Avaliação agronômica da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para
produção animal**

Orientador:

Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba

2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Schogor, Ana Luiza Bachmann

Avaliação agrônômica da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para
produção animal / Ana Luiza Bachmann Schogor. - - Piracicaba, 2008.
165 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Colheita 3. Mecanização agrícola 4. Perdas agrícolas 5. Perfilhament
6. Produção animal I. Título

CDD 633.61
S367a

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

*A todos os integrantes da **Equipe de Qualidade e Conservação de Forragens**, e ao meu orientador, Professor **Luiz Gustavo Nussio**, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho, **DEDICO**.*

*Aos meus pais, Tereza e Francisco, por todo amor e total apoio em cada instante, em cada passo da minha vida, **OFEREÇO**.*

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ), pela oportunidade. Dois anos de experiência profissional e pessoal que transformaram minha vida.

Ao Professor Dr. Luiz Gustavo Nussio, pela orientação, por todos os conhecimentos profissionais e principalmente pessoais que me trouxe, como tanto preza. Eles serão eternos.

Ao Professor Dr. Gerson Barreto Mourão, por toda ajuda, por todos os ensinamentos, pela paciência e prestatividade que sempre teve comigo.

Aos Professores: Dr. Sila Carneiro da Silva, Dr. Carlos Guilherme S. Pedreira, ao querido Professor Dr. Wilson R. S. Mattos, e à Professora Dra. Patrícia M. Santos, pela colaboração e atenção que sempre me deram.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Instituto Agrônômico de Campinas, IAC) – Pólo de Ribeirão Preto, SP, em especial ao Dr. Marcos Guimarães de Andrade Landell e ao Dr. Ivan Antônio dos Anjos, pela oportunidade e atenção dada a mim e minha equipe, durante nossa pesquisa em Ribeirão Preto.

Às empresas Menta Mit Máquinas Agrícolas e Valtra, pelo fornecimento de máquinas e implementos para realização do trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudos e financiamento do projeto.

À Equipe de Qualidade e Conservação de Forragens, em especial à Maity Zopollato, Patrick Schmidt, José Leonardo Ribeiro, Lucas José Mari, Oscar César Muller Queiroz, Mateus Castilho Santos, Vanessa Pillon dos Santos, José Guillermo M. Maldonado, Jhones Onorino Sarturi, Rodrigo Dener R. T. Thiago, Gisele Bonato Muraro, Sergio Gil de Toledo Filho, Thiago F. Bernardes, Rodrigo S. Goulart, Bruna C. Matos, Rafael Camargo do Amaral e João Luiz P. Daniel. Muitos já se foram (e existem os “mais antigos ainda”), outros chegaram depois, mas foram/são vocês os responsáveis pela realização desse trabalho. Obrigado pela ajuda, amizade, pela autenticidade, pelos exemplos, pela oportunidade que me deram de convivência e aprendizado.

Aos demais colegas da pós-graduação, em especial aos amigos/colegas Renata Nave, Bruno Pedreira, Márcio Lara, Diego N. L. Pequeno, Felipe Tonato, Vitor D. Guarda, Salim J. de Souza Jr., Rafael C. Araújo, Adilson Gastadello, Marcos V. Biehl, Arlindo Pacheco Jr., Leandro Grecco, também algumas vezes requisitados para viagens à Ribeirão.

À todos os estagiários que passaram pela equipe, em especial à Mariana P. C. Gallo, ao William Souza Filho, e hoje colega de pós-graduação Marlon Richard H. da Silva. Espero ter de alguma forma retribuído toda ajuda que me deram.

À minhas amigas Renata Nave, Gisele Muraro e em especial à Vanessa P. dos Santos, quem me acolheu desde meu primeiro dia em Piracicaba. À família Mourão: Luciana, Gerson e Gabriel, pelo carinho, acolhimento, por tudo que fizeram por mim, Deus sabe o quanto. Vocês moram no meu coração.

Agradeço a todos meus amigos de longa data! Ao mesmo tempo que estivemos longe, estivemos perto... Em especial, ao Rafael André, obrigado pela força.

Às meninas da “república”: Bárbara, Ciça, Bruna, Carol, Pri, e a Tica (nosso bichinho). Vocês foram valiosas durante essa jornada. Meu agradecimento especial a Bá, minha amiga e companheira, parceira mesmo! Obrigado por todos os momentos!

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial ao Sr. Laureano, por todo apoio dado a Equipe. E à Taninha, pelos cuidados.

Ao meu querido professor de inglês Antônio Augusto Bianchi, pelo exemplo de profissionalismo, determinação, por toda sua alegria, por minha conquista através de seus ensinamentos, e por sempre acreditar no potencial de seus alunos.

Aos meus queridos Professores da UFPR, em especial ao meu Professor e amigo Paulo Rossi Junior. Especialíssimo em minha vida. Obrigada pela amizade, por todos os ensinamentos, pela oportunidade profissional que me deu, e por todo incentivo em ingressar na carreira acadêmica. Um dos meus maiores exemplos.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Tere e Chicão, à Tia Ju, e aos meus primos Zé, Lu, PH, Vivi, Julio, Renan e a Binha.

Ao Ricardo Garrier, quem sempre me apoiou incondicionalmente. Exemplo de crescimento, mudança e disposição em minha vida.

E, por último, mas não menos importante... À Deus, por tornar tudo isso possível!

*"As we sail through life, don't avoid storms and rough waters.
Just let it pass...
Just sail...
Always remember,
Calm seas never make skillful sailors"*
Author unknown

*"Assim como navegamos através da vida, não evite tempestades e águas agitadas.
Apenas deixe-as passar...
Apenas navegue...
Sempre se lembre,
Mares calmos nunca fazem marinheiros habilidosos"*
Autor desconhecido

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	21
LISTA DE SIGLAS	23
1 INTRODUÇÃO	25
Referências	26
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1 Aspectos da cultura de cana-de-açúcar	29
2.1.1 Composição morfológica.....	29
2.1.2 Composição químico-bromatológica	31
2.1.3 Manejo agrônomo da cultura para produção animal.....	32
2.2 Análise de crescimento em plantas forrageiras.....	35
2.3 O ciclo de crescimento da cultura de cana-de-açúcar.....	37
2.4 Ciclo fenológico e composição morfológica da cana-de-açúcar.....	39
2.4.1 Ciclo fenológico da cana-soca.....	40
2.5 Métodos de colheita da cana-de-açúcar destinada à alimentação animal	43
2.5.1 Colheita manual	43
2.5.2 Colheita mecânica.....	43
2.5.3 Perdas ocorridas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar	45
2.5.4 Rebaixamento de soqueiras.....	47
2.6 Hipótese e objetivos	48
Referências	49
3 PERDAS DAS FRAÇÕES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À MÉTODOS DE COLHEITA	57
Resumo	57
Abstract	58
3.1 Introdução	58
3.2 Material e métodos.....	60
3.2.1 Local e período experimental	60

3.2.2 Área experimental.....	61
3.2.3 Clima e solo	62
3.2.4 Variedade	63
3.2.5 Tratamentos.....	63
3.2.6 Estimativa de produtividade.....	64
3.2.7 Avaliação de danos às touceiras	66
3.2.8 Quantificação de perdas	66
3.2.9 Composição morfológica – avaliação destrutiva (biometria).....	68
3.2.10 Delineamento experimental	68
3.3 Resultados.....	70
3.4 Discussão	75
3.4.1 Produtividade colhida, forragem disponível e perdas de colheita	75
3.4.2 Danos de colheita	79
3.5 Conclusões	81
Referências.....	81
4 PERFILHAMENTO E DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS DA VARIEDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR IAC86-2480 SUBMETIDA A MÉTODOS DE COLHEITA.....	85
Resumo	85
Abstract.....	86
4.1 Introdução.....	87
4. 2 Material e métodos	88
4.2.1 Local e período experimental.....	88
4.2.2 Área experimental.....	89
4.2.3 Clima e Solo	89
4.2.4 Variedade	91
4.2.5 Tratamentos.....	92
4.2.6 Avaliação do perfilhamento e da densidade populacional de perfilhos.....	93
4.2.7 Delineamento experimental e análise estatística.....	94
4.3 Resultados.....	96
4.3.1 Perfilhamento total, basal e aéreo	97

4.3.2 Densidade populacional de perfilhos.....	100
4.4 Discussão.....	106
4.4.1 Abordagem estatística dos dados	106
4.4.2 Condições ambientais durante período experimental	107
4.4.3 Evolução do número de perfilhos totais, aéreos e basais na fase inicial de rebrotação e taxas de aparecimento e mortalidade	108
4.4.4 Padrão demográfico de perfilhamento	112
4.4.5 A variedade IAC86-2480 frente às diferentes condições de crescimento e à outras variedades de cana-de-açúcar	114
4. 5 Conclusão	116
Referências	116
5 ACÚMULO DE BIOMASSA E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DA VARIEDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR IAC86-2480 SUBMETIDA A MÉTODOS DE COLHEITA.....	121
Resumo.....	121
Abstract	122
5.1 Introdução	123
5.2 Material e Métodos.....	124
5.2.1 Local e período experimental	124
5.2.2 Área experimental	124
5.2.3 Clima e Solo	125
5.2.4 Variedade	126
5.2.5 Tratamentos	127
5.2.6 Acúmulo de biomassa	128
5.2.7 Composição morfológica destrutiva (biometria)	129
5.2.8 Composição morfológica não destrutiva (biometria)	130
5.2.9 Taxa de crescimento absoluto.....	131
5.2.10 Cálculo do índice de área foliar e índice de maturação da cana-de-açúcar	131
5.2.11 Delineamento experimental.....	132
5.3 Resultados	134
5.3.1 Acúmulo de biomassa e taxa de crescimento absoluto.....	134
5.3.2 Composição morfológica	138

5.4 Discussão	150
5.4.1 Condições climáticas durante o período experimental.....	150
5.4.2 Acúmulo de biomassa e taxa de crescimento absoluto	150
5.4.3 Composição morfológica	151
5.4.4 Padrão de crescimento	155
5.5 Conclusões	157
Referências.....	158
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	163
Referências.....	164
7 CONCLUSÕES.....	165

RESUMO

Avaliação agrônômica da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para produção animal

Os objetivos desta pesquisa foram estudar as perdas de colheita, a composição morfológica, as dinâmicas de acúmulo e perfilhamento e, a densidade populacional de perfilhos sobre a variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480 submetida a três métodos de colheita. No corte manual (MAN), as plantas foram colhidas por meio do corte com podão na base da planta. Para o corte mecanizado (MEC), a colhedora de forragem, regulada para altura de corte de 20 cm, foi tracionada por trator provido de sistema redutor, seguida por vagão forrageiro. Para o corte mecanizado seguido de rebaixamento manual (MEC+MAN), seguiu-se o mesmo procedimento do corte MEC, entretanto, após o corte, os tocos remanescentes foram recepados rente ao solo com uso de podão. A área experimental (0,34 ha) foi constituída por seis blocos, com 3 parcelas cada. As parcelas eram formadas por 8 linhas de plantio com 15 m de comprimento em espaçamento entrelinhas de 1,3 m. A produtividade colhida e a massa de forragem disponível no início do experimento (em t MV e MS/ha) foram similares entre os tratamentos ($P>0,05$). As perdas totais foram superiores ($P<0,05$) para o tratamento MEC+MAN, atingindo 18,5% da MV em relação à produtividade colhida. Entretanto, as perdas se tornaram similares ($P>0,05$) quando relativas à produtividade colhida em MS, variando de 17,7 a 25,7% para os tratamentos MAN e MEC+MAN, respectivamente. As perdas quantitativas e relativas das frações palha e cana ponta foram semelhantes entre os tratamentos ($P>0,05$), sendo a fração colmo responsável pela diferenças entre os tratamentos, gerando valores de perdas relativas à produtividade colhida em MV de 1,5% para MAN, 7,6% para o corte MEC, e de 12,7% para MEC+MAN. O número de toletes danificados foi superior ($P>0,05$) para o corte MEC+MAN, de um a cada 0,7 m. O número de plantas inteiras deixadas a campo foi superior ($P>0,05$) para o corte MEC, de uma a cada 1,5 m. As perdas totais geradas pelo corte MEC+MAN aumentaram em 8 unidades percentuais as perdas em MS, quando comparadas aos outros métodos. Sendo assim, o comportamento da colheita mecanizada (com ou sem rebaixamento) foi considerado satisfatório. Não houve diferença ($P>0,05$) entre a biomassa acumulada em MV e MS entre os tratamentos. O número final de perfilhos por metro foi de 16 para o tratamento MAN, 14 para MEC e 15 para MEC+MAN, e não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos. Os perfilhos basais e de primeira ordem foram os principais componentes da população final de perfilhos. O perfilhamento aéreo apresentou valor máximo de 5 perfilhos/m para o corte MEC e perdurou por até 90 dias após colheita. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para as variáveis de peso de planta inteira e colmo, altura, diâmetro, número de nós, número e peso de folhas verdes, senescentes e mortas, índice de maturação e grau brix. Os métodos de colheita não alteraram a composição morfológica, o padrão de crescimento e de perfilhamento das variáveis durante o primeiro ciclo de avaliação.

Palavras-chave: Colheita manual; Mecanização; Perdas de colheita; Perfilhamento

ABSTRACT

Agronomic traits of sugarcane (*Saccharum* spp.) under different harvesting methods for animal production

This research aimed to study harvesting losses, morphologic composition, dynamics of tillering and accumulation and, tiller density of sugarcane IAC86-2480 variety under three harvesting methods. In manual harvesting (MAN), plants were harvested to ground level, using a cutter. For mechanical harvesting (MEC), the harvester (adjusted for 20 cm from the ground) was pulled by a tractor and had a wagon attached to it to accommodate the harvested material. For mechanical harvesting followed by manual (MEC + MAN), the same procedures for mechanical harvesting were followed, however, after cutting, the remaining stalks were cut to ground level with a cutter. Experimental units (plots) (0.34ha) were composed in complete randomized block design, with six replications. Each plot corresponded to eight 15 m-long rows spaced 1.3 m from each other. The losses were expressed in moisture and dry matter. Productivity and available forage (in t FM and DM/ha) were similar among the treatments ($P>0.05$). Total losses were higher ($P<0.05$) for MEC+MAN treatment, showing 18.5% of FM in relation to productivity. Nevertheless, losses became similar ($P>0.05$) when compared to productivity of DM harvesting, ranging from 17.7 to 25.7% for MAN and MEC+MAN treatments, respectively. Quantitative losses and losses related to straw and stalk fractions were similar among the treatments ($P>0.05$), stalk fractions accounted for the differences, generating values of relative losses in FM of 1.5% for MAN, 7.6% for MEC, and of 12.7% for MEC+MAN. The number of damage stalks was higher ($P>0.05$) for MEC+MAN treatment (one each 0.7 m). The number of whole plants left on the field was higher for MEC treatment (one each 1.5 m). Thus, the transit of the harvester over the crop, in the first cycle, determined the losses and damages increase to the harvest, although it was considered satisfactory. During regrowth and plant growth in the subsequent cycle, characteristics were evaluated monthly, as follows: No difference ($P>0.05$) was found between accumulated biomass in FM and DM among the treatments. MAN harvesting showed DM accumulation rates higher than the others ($P<0.05$). The final number of tillers by meter was 16 for MAN treatment, 14 for MEC and 15 for MEC+MAN, no difference ($P>0.05$) reported among treatments. Basal and linear tillers were the main components of the final population of tillers, being that the aerial tillering remained alive until 90 days after harvesting, and presented 5 tillers/meter maximum for the MEC harvesting. No difference ($P>0.05$) was registered among the treatments in relation to whole plant and stalk weights, height, diameter, knots number, number and weight of green, senescent and dead leaves, maturation rate and brix. Harvesting methods presented no changes in morphologic composition, tillering and growth standards of the variables analyzed during the first cycle of evaluation.

Keywords: Manual harvesting; Mechanical harvesting; Harvesting losses; Tillering

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Representação esquemática das parcelas (8 linhas de plantio) e nomenclaturas adotadas	61
Figura 3.2 - Precipitação (mm), temperatura média (oC) e umidade relativa do ar (UR, %) do município de Ribeirão Preto, SP, no mês de novembro de 2006..	62
Figura 3.3 - Coleta de material remanescente após imposição do sistema de colheita.	67
Figura 4.1 - Representação esquemática das parcelas (8 linhas de plantio) e nomenclaturas adotadas	89
Figura 4.2 - Balanço hídrico diário da cultura de cana-de-açúcar do período de 02 novembro de 2006 a 15 de novembro de 2007 (CAD = 40 mm).	91
Figura 4.3 - Evolução do número total de perfilhos por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem ...	97
Figura 4.4 - Evolução do número de perfilhos aéreos por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem	98
Figura 4.5 - Evolução do número total de perfilhos basais por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem	99
Figura 4.6 - Evolução do número total de perfilhos de primeira ordem, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem	101
Figura 4.7 - Evolução do número total de perfilhos de segunda ordem, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem	101
Figura 4.8 - Evolução do número total de perfilhos de terceira ordem, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem	102
Figura 4.9 - Evolução do número total de perfilhos de quarta e quinta ordens, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem	102

Figura 4.10 - Padrão demográfico de perfilhamento (número de perfilhos/metro) da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a colheita manual de forragem.....	104
Figura 4.11 - Padrão demográfico de perfilhamento (número de perfilhos/metro) da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a colheita mecânica de forragem.....	105
Figura 4.12 - Padrão demográfico de perfilhamento (número de perfilhos/metro) da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a colheita mecânica de forragem seguida de rebaixamento manual dos tocos remanescentes	105
Figura 5.1 - Representação esquemática das parcelas (8 linhas de plantio) e nomenclaturas adotadas.....	124
Figura 5.2 - Balanço hídrico diário da cultura de cana-de-açúcar do período de 02 novembro de 2006 a 15 de novembro de 2007 (CAD = 40 mm)	126
Figura 5.3 - Biomassa acumulada, em t MV/ha, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, na safra 2006/2007, representada por valores observados (pontos) e o ajuste da função logística, de acordo com o método de colheita....	134
Figura 5.4 - Biomassa acumulada, em t MS/ha, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, na safra 2006/2007, representada por valores observados (pontos) e o ajuste da função logística, de acordo com o método de colheita....	135
Figura 5.5 - Taxa de crescimento absoluto em matéria verde, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, durante a safra 2006/2007, de acordo com o método de colheita.....	137
Figura 5.6 - Taxa de crescimento absoluto em matéria seca, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, durante a safra 2006/2007, de acordo com o método de colheita.....	137
Figura 5.7 - Peso da planta inteira e peso do colmo (kg) da variedade IAC86-2480, de acordo com a função logística proposta para cada método de colheita	141
Figura 5.8 - Diâmetro dos colmos da variedade IAC86-2480, de acordo com a função logística proposta para cada método de colheita.....	142
Figura 5.9 - Peso e número de folhas verdes por planta, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita.....	143

Figura 5.10 - Número de folhas em expansão por planta, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita	143
Figura 5.11 - Número de folhas expandidas por planta, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita	144
Figura 5.12 - Peso e número de folhas senescentes por planta, avaliados pelo método destrutivo (lado esquerdo) e não-destrutivo (lado direito) da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita ..	144
Figura 5.13 - Peso e número de folhas mortas por planta, avaliados pelo método destrutivo (lado esquerdo) e não-destrutivo (lado direito) da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita ..	145
Figura 5.14 - Área foliar (m ²) da cultura de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo da cultura, em função do modelo logístico proposto para cada método de colheita.....	146
Figura 5.15 - Índice de área foliar (IAF) da cultura de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo de produção, de acordo com o método de colheita	146
Figura 5.16 - Número de nós dos colmos de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, avaliados por meio de análise destrutiva (esquerda) e não-destrutiva (direita) em função do modelo logístico proposto para cada método de colheita	147
Figura 5.17 - Altura das plantas da variedade de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, em função do modelo logístico proposto para cada método de colheita	148
Figura 5.18 - Graus brix da cana-de-açúcar, variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo da cultura, em função do modelo proposto para cada tratamento	149
Figura 5.19 - Índice de maturação da cana-de-açúcar, variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo da cultura, em função do modelo proposto para cada tratamento	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição média a amplitude de variação de amostras de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ entre os anos de 2000 e 2006	31
Tabela 3.1 - Características de algumas colhedoras de forragem nacionais utilizadas para a cana-de-açúcar	60
Tabela 3.2 - Análise de solo da área experimental situada no Centro de Cana, APTA-IAC, Ribeirão Preto, SP.....	62
Tabela 3.3 - Características biométricas e morfológicas das plantas da área experimental antes da aplicação dos tratamentos	70
Tabela 3.4 - Produtividade colhida, disponibilidade de forragem e perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em t MV/ha.....	71
Tabela 3.5 - Perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em porcentagem da MV em relação à produtividade colhida.....	72
Tabela 3.6 - Produtividade colhida, disponibilidade de forragem e perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em t MS/ha.....	73
Tabela 3.7 - Perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em porcentagem da MS em relação à produtividade colhida.....	73
Tabela 3.8 - Danos causados às linhas de touceiras, em número de toletes remanescentes danificados, arrancados, e o número de plantas inteiras deixadas no campo, de acordo com o método de colheita utilizado	74
Tabela 4.1 - Dados meteorológicos de Ribeirão Preto de novembro de 2006 a novembro de 2007	90
Tabela 4.2 - Análise de solo da área experimental situada no Centro de Cana, APTA-IAC, Ribeirão Preto, SP ¹	90
Tabela 4.3 - Resumo dos valores da probabilidade obtida por meio do teste F para verificação do efeito dos métodos de colheita sobre os parâmetros das	

equações k_a e k_m , relativas ao perfilhamento da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480	96
Tabela 4.4 - Taxas médias diárias de aparecimento (k_a) e de mortalidade (k_m) do número total de perfilhos por metro da variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar, submetida a métodos de colheita de forragem	99
Tabela 4.5 - Taxas médias diárias de aparecimento (k_a) e de mortalidade (k_m) dos perfilhos basais da variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar, quando submetida a métodos de colheita de forragem	100
Tabela 4.6 - Freqüência de ocorrência (%) dos perfilhos aos 365 DAC em cana-de-açúcar submetida a diferentes métodos de colheita, segundo a hierarquia de perfilhamento	104
Tabela 4.7 - Valor da probabilidade encontrada para análises de contrastes realizadas entre os parâmetros dos modelos representados pelas taxas médias diárias de aparecimento (k_a) e taxas médias diárias de mortalidade (k_m) de perfilhos totais.....	112
Tabela 5.1 - Dados meteorológicos de Ribeirão Preto durante o período experimental	125
Tabela 5.2 - Análise de solo da área experimental situada no Centro de Cana, APTA-IAC, Ribeirão Preto, SP	126
Tabela 5.3 - Parâmetros das equações preditivas para acúmulo de biomassa, representados pelo valor assintótico da variável (a_{MV} e a_{MS}), taxa média diária de acúmulo em toneladas de MV (K_{MV}) e MS (K_{MS}), e da probabilidade para esses parâmetros das equações, relativas a variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar, quando submetida a métodos de colheita de forragem	136

LISTA DE SIGLAS

AF – Área foliar

CAD – Capacidade de água disponível

DAC – Dias após colheita

DDP – Densidade populacional de perfilhos

IAF – Índice de área foliar

IM – Índice de maturação

IMI – Índice de maturação inferior

IMS – Índice de maturação superior

MAN – Tratamento corte manual

MEC – Tratamento corte mecânico

MEC+MAN – Tratamento mecânico seguido de rebaixamento manual

MS – Matéria seca

MV – Matéria verde

NPM – Número de perfilhos por metro

TCA – Taxa de crescimento absoluto

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene da família das *Poaceae*s, pertencente ao gênero *Saccharum* (TEIXEIRA, 2004). É uma planta de metabolismo fotossintético C₄, com principal característica a elevada taxa fotossintética, sendo altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química (OLIVEIRA et al., 2004). Essa planta possui, classicamente, quatro fases distintas de crescimento: germinação (ou brotação), perfilhamento, crescimento e maturidade (VAN DILLEWINJ, 1952), sendo uma de suas principais características o perfilhamento abundante na fase inicial de crescimento, e, o acúmulo de sacarose no interior dos colmos, na fase de maturação.

Quando cultivada em sistema extensivo e antrópico, a cultura da cana-de-açúcar passa a ser classificada como semi-perene, ou seja, usualmente requer novo plantio após quatro a cinco colheitas (SUGUITANI, 2006). Isso porque, o efeito das máquinas e veículos durante o período de cultivo e, principalmente na colheita, além de prejudicar diretamente a touceira remanescente, compacta o solo. Estas ações podem prejudicar tanto a brotação como o crescimento normal do sistema radicular, comprometendo a nutrição da planta. Com o avançar dos ciclos, pode haver gradual diminuição do número de plantas e menor crescimento das restantes (socas), levando à queda na produção até limiares ditos antieconômicos (BARBOSA; SILVEIRA, 2006).

A cana-de-açúcar se destaca entre as gramíneas de clima tropical pelo alto potencial de produção de MS e energia por unidade de área em um único corte anual (TEIXEIRA, 2004). O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) mundial. A área cultivada supera 5 milhões de hectares. Estima-se informalmente que 10% destes sejam destinados à produção animal (NUSSIO et al., 2006; LANDELL et al., 2002).

Percebe-se, portanto, que o principal foco da exploração da cana-de-açúcar é direcionado à industrialização da planta, sendo que características particulares à esta finalidade têm preponderância sobre as variáveis relacionadas ao valor nutricional. Entretanto, Matsuoka e Hoffmann (1993) relataram que mesmo sendo reconhecida há tempos como recurso forrageiro, estudos específicos sobre valor nutricional e manejo agrônomo da cana-de-açúcar para uso como forragem foram poucos e descontínuos.

Sendo assim, mesmo com a consolidação do uso da cana como alimento e, de estar dentre as melhores opções de alimento volumoso suplementar para rebanho de corte e leite principalmente, a grande aceitação da cana-de-açúcar em propriedades pecuárias pode ser relacionada ao avanço no setor científico, com o desenvolvimento de opções tecnológicas para expandir e adequar seu cultivo e utilização nas diferentes condições (SCHMIDT, 2008). Segundo Nussio et al. (2006), os benefícios advindos da utilização da cana para alimentação animal foram notados mais intensamente por meio de índices de desempenho zootécnico que no manejo agrônômico propriamente dito. Portanto, esforços conjuntos de pesquisa devem ser convergidos também no sentido de exploração de técnicas agrícolas (manejo agrônômico) que possam expandir a longevidade e produtividade dos talhões destinados à produção animal.

Dentro deste contexto, os objetivos do presente trabalho foram, em sua primeira etapa, quantificar as perdas, danos e impacto de três métodos de colheita adotados e, em sua segunda etapa, avaliar o acúmulo de biomassa, o perfilhamento e densidade populacional, e as características morfológicas da cana-de-açúcar durante seu quarto ciclo de crescimento, nesses talhões submetidos aos métodos de colheita.

Referências

BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: manejo de produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-36.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A.L.B.; MARI, L.J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, DZO, 2006. p. 277-328.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 5, n. 1/2, p. 87-94, 2004.

SCHMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento da cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 3., 2008, Maringá. Maringá: Masson, 2008. p. 117-151.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VAN DILLEWINJ, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 371 p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos da cultura de cana-de-açúcar

2.1.1 Composição morfológica

A cana-de-açúcar quando colhida para o fornecimento aos animais na forma *in natura* ou para posterior conservação, tem toda sua parte aérea colhida (colmo e folhas), sendo que as raízes permanecem nas touceiras remanescentes após o corte. O colmo é a porção de armazenamento de açúcares e fibra, as folhas quando secas compõem a fração palha, e quando verdes representam o ponteiro da cana. Segundo Ripoli e Ripoli (2001) o ponteiro, ou cana ponta, é a parte apical do colmo de cana-de-açúcar, constituído de internódios em formação recobertos pelas bainhas das folhas.

As diferenças em composição da cana-de-açúcar são resultantes da diversidade varietal, longevidade do talhão, maturidade fisiológica, variações ambientais e aos tratamentos a que essa forragem é submetida (NUSSIO et al., 2006), idade cronológica e fisiológica da cultura, época de amostragem, estágio de corte, sanidade das plantas, condições climáticas durante o desenvolvimento e maturação, adubação, irrigação, e tipo de solo (BARBOSA; SILVEIRA, 2006).

Os colmos são compostos por nós, que possuem as gemas, e os entrenós. Diferem quanto à cor, comprimento, diâmetro e forma do entrenó e das gemas e, as folhas apresentam diferenças de tamanho, coloração e formato entre as variedades. Quando cortados transversalmente, nos colmos são visíveis a casca dura, polpa interna (macia) e fibras. A casca dura é formada por camadas de células lignificadas. As fibras são feixes vasculares, sendo nos entrenós quase paralelos uns aos outros, e nos nós freqüentemente separadas (CASTRO; CHRISTOFFOLETTI, 2005). Os colmos de algumas variedades de cana são mais frágeis e mais facilmente quebrados por implementos ou ventos fortes do que os outros. Esta característica está associada à qualidade, a distribuição e ao menor teor de fibras de algumas variedades (CASTRO; CHRISTOFFOLETTI, 2005; BARBOSA; SILVEIRA, 2006).

Até recentemente, havia a recomendação por variedades que apresentassem alta proporção de folhas e palmitos em relação à massa verde total, o que sugeria que o ideotipo dessa espécie deveria assemelhar-se às outras forrageiras utilizadas comumente como pastagens (BOIN et al., 1987).

As pontas, encaradas como subproduto da cultura, hoje são consideradas como opção importante do ponto de vista econômico no aproveitamento da cana-de-açúcar como forragem (PEIXOTO, 1986) podendo ter sua utilização direcionada para alimentação animal (NUSSIO et al., 2007). Para obtenção da massa de pontas, palmito e folhas são separados dos colmos por meio da quebra na região da última gema, conhecido como ponto de quebra (SILVA et al., 2004).

Nussio et al. (2007) comentaram que o segmento de pesquisa já começou a imprimir esforços no sentido de avaliar o valor nutritivo da ponta em variedades modernas de cana-de-açúcar e oferecer estratégias de colheita e conservação dessa fonte de forragem, com o objetivo de que nas grandes áreas de colheita mecanizada a ponta da cana fosse separada do restante da planta, picada e acondicionada para ser utilizada verde ou mesmo conservada na própria região. Com isso a colheita da ponta seria bem facilitada, superando as dificuldades de coleta (manual), manipulação e transporte desse produto que já foi constatada no passado, mostrando-se inviável.

Além dessas folhas vivas ou já em estágio de senescência que o ponteiro possui, a planta como um todo pode apresentar folhas mortas e secas, aderidas aos seus nós, as quais após a colheita são comumente denominadas de palha residual. Essa palha é constituída fundamentalmente pelos mesmos compostos anatômicos e estruturais das folhas, porém sem atividade fisiológica, havendo concentração da fração fibra e alto teor de lignina.

Townsend (2000) sugeriu que no momento do corte as folhas secas deveriam ser retiradas e deixadas nas entrelinhas, servindo como cobertura de solo, auxiliando no controle de plantas invasoras e na retenção de umidade. Além disso, essas folhas secas apresentam baixo valor nutritivo, quando ofertada aos animais. Os ponteiros e as folhas verdes devem ser mantidos na massa colhida, já que contribuem para aumentar o consumo pelos animais.

2.1.2 Composição químico-bromatológica

Quando descrita sob o ponto de vista nutricional, a cana integral é caracterizada por apresentar baixos teores de proteína, extrato etéreo, e da maioria dos minerais essenciais, além da fibra de baixa digestibilidade e degradabilidade (LANDELL et al., 2002; MANZANO et al., 2004; TEIXEIRA, 2004; GROSSI; NÓBREGA, 2006; BARBOSA; SILVEIRA, 2006).

Entretanto, o alto teor de açúcar (sacarose) é o ponto favorável da cana-de-açúcar (MANZANO et al., 2004). Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de composição da cana-de-açúcar.

Tabela 2.1 - Composição média a amplitude de variação de amostras de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ entre os anos de 2000 e 2006

Variável	n	Média	Valor mínimo	Valor máximo
Matéria seca (%)	21	27,7	20,4	33,9
Proteína bruta (% MS)	33	2,73	1,19	4,43
Fibra bruta (% MS)	26	25,4	19,9 ¹	36,4
Extrato etéreo (% MS)	26	0,73	0,31	1,28
Matéria mineral (% MS)	33	3,10	0,81 ¹	6,42
Extrato não-nitrogenado (% MS)	26	68,0	53,3	75,5
NDT estimado (%)	26	64,5	53,9	69,5
FDA	23	30,0	23,8	41,8
FDN	23	47,3	37,9 ¹	63,9
Celulose (% MS)	23	25,3	20,0	35,6
Lignina (% MS)	23	4,73	3, 56 ²	6, 93 ³
pH da forragem fresca	7	6,16	4,07	9,80

¹ Variedade IAC86-2480, hidrolisada com 1% de CaO

² Cana-de-açúcar de variedade forrageira

³ Cana-de-açúcar após florescimento

Fonte: Nussio et al. (2006)

O ponto de maturação buscado pela indústria sucroalcooleira, em termos de compostos químicos como sacarose, representada pelo °Brix da cana, POL, níveis de açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART), pouco contribuem para caracterização dessa planta em composição nutricional. Segundo Leme Filho (2005), o POL da cana-de-açúcar é definido como a sacarose aparente por cento de caldo; o brix como sendo a quantidade de sólidos solúveis por cento de caldo; os AR são compostos pela glicose e frutose, sendo que estes açúcares em meio alcalino têm a capacidade de

reduzir os íons cúpricos e cuprosos e; os ART, definidos pelos AR somados à sacarose, invertendo-se a sacarose através de tratamento ácido à quente.

O parâmetro mais avaliado por melhoristas de cana com vistas à nutrição animal é a relação FDN/Pol. Entretanto, muitas das variáveis analisadas pela indústria não apresentam correspondência na área de produção animal, sendo a recíproca verdadeira. Parece razoável o empenho em pesquisas que permitam a integração do conhecimento, gerando indicadores comuns que possam ser utilizados como critério na seleção de novas variedades e na aplicação prática de cana-de-açúcar na formulação de ração para animais.

Quando descritos por técnicas de avaliação industrial, os colmos são constituídos por caldo e fibra (sólidos insolúveis em água). O caldo contém a água (71,1%) e os sólidos solúveis totais (açúcares e não-açúcares) representados pelo Brix (18%), e a fibra corresponde aos 10,9% restantes, formada por celulose, hemicelulose, lignina e pentosanas. O caldo possui em sua composição basicamente sacarose (15,5%), a glicose e a frutose, que juntas apresentam teor de 0,5%. Ainda, 2% são compostos não-açúcares (HORII, 2004; BARBOSA; SILVEIRA, 2006), propostos por César e Silva (1993) como outros compostos orgânicos como aminoácidos, gorduras, ceras, pigmentos e diversos minerais que também compõe o caldo absoluto. A fibra corresponde cerca de 10 a 16% do total, formada por celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros componentes da parede celular (BARBOSA; SILVEIRA, 2006; CÉSAR; SILVA, 1993).

2.1.3 Manejo agrônômico da cultura para produção animal

A cana-de-açúcar é utilizada como alimento volumoso sendo submetida ao corte verde uma ou mais vezes por ano, e segundo Peixoto (1986), a condução dessa cultura de cana forrageira pouco deveria diferir daquela realizada para fins industriais. Seu uso atualmente é muito difundido no país e, provavelmente, a alimentação animal é o destino principal das lavouras que não são cultivadas para industrialização.

A grande difusão dessa cultura para áreas tradicionais de pastagens tem sido fator de estímulo para o uso dessa planta na alimentação animal. O desenvolvimento

tecnológico propiciou o lançamento de variedades industriais também apropriadas para a produção animal e favoreceu o posicionamento desses materiais aos diversos ambientes de produção. Estes fatores, aliados aos aspectos já consagrados entre os produtores, como facilidade de cultivo e viabilidade econômica ajudaram na expansão desse volumoso para os sistemas de produção animal (NUSSIO et al., 2007).

As vantagens sobre o uso da cana-de-açúcar como recurso forrageiro são amplamente discutidas na literatura. Manzano et al. (2004) apontaram os principais e mais discutidos pontos que justificam a utilização de cana-de-açúcar na alimentação animal: a simplicidade operacional para manutenção e condução da cultura; o pico de produção e o valor nutritivo coincidirem com o período de escassez de forragens verdes nos pastos; a manutenção do valor nutricional por longo espaço de tempo após atingir sua maturidade; o desenvolvimento de tecnologia para seu cultivo, com trabalhos intensos e constantes de melhoramento genético devido à produção de açúcar e álcool; para pequenas e médias propriedades a cultura dispensa investimentos com máquinas e implementos agrícolas e; o baixo custo por unidade de matéria seca produzida.

A escolha da variedade de cana-de-açúcar a ser utilizada para fins forrageiros deve ser estabelecida com base em alguns critérios. Segundo Barbosa e Silveira (2006), esta escolha deve considerar a produtividade de massa (colmos e folhas), qualidade nutricional e facilidade de colheita. Manzano et al. (2004), além de sugerirem a escolha com base em alta produção, adicionaram que a variedade deve apresentar bom perfilhamento após o corte e, alta concentração de açúcar (sacarose) na matéria seca.

A produção pecuária no Brasil vem tradicionalmente rejeitando a idéia de explorar mais de um corte de cana ao longo do ano, com base no fato da cana ser freqüentemente recomendada como forrageira para utilização em um corte anual realizado no período seco, de baixa disponibilidade de pastagens. Esta estratégia de utilização facilitou a recomendação de cultivares industriais para uso animal, já que a indústria sempre buscou o corte da planta neste mesmo período de baixa pluviosidade, também conciliado com maximização da produtividade anual de sacarose (TEIXEIRA, 2004).

A seleção das variedades de cana-de-açúcar para finalidade forrageira considera além do teor de açúcares e da produtividade de massa verde, o teor de fibra (FDN). Outras características adicionais são desejadas, tais como: porte ereto de touceiras, uniformidade biométrica dos colmos, período de utilização mais longo e resistência às doenças e pragas de importância econômica (LANDELL et al., 2002). Este porte ereto deve favorecer tanto a colheita manual como a mecanizada, além de ser dada preferência por variedades que apresentem despalha natural e sem joçal (BARBOSA; SILVEIRA, 2006). Atualmente, já se encontram no mercado variedades adaptadas para colheita mecanizada e em determinadas situações esses equipamentos têm operado com bom desempenho mesmo em canaviais acamados (BALSALOBRE et al., 1999).

Barbosa e Silveira (2006) destacaram que de nada adianta o fato da variedade apresentar perfil forrageiro se não for indicada para a produção em determinada condição de manejo ou ambiente de produção, sob pena de comprometer a produtividade de massa e inviabilizar economicamente o sistema de produção.

Apesar da intensa procura da cana-de-açúcar para fins forrageiros, sua produtividade vem sendo baixa se comparada com aquela destinada às similares da indústria, devido ao manejo aplicado em variedades normalmente selecionadas para o setor agroindustrial (SILVA et al., 2004). Essa baixa produtividade se deve a não-aplicação dos recursos tecnológicos disponíveis, usados com sucesso na cana que se destina à agroindústria, e também ao tímido investimento que se faz em desenvolvimento de estratégias adequadas ao cultivo de cana-de-açúcar para fins forrageiros (LANDELL et al., 2002).

Apesar de alguns aspectos relacionados principalmente ao planejamento e ao manejo da cultura para produção animal ainda serem limitantes, a cana-de-açúcar na alimentação de bovinos tem ocupado importância cada vez maior. Nussio et al. (2007) afirmaram que quando comparada a outras fontes de forragens, a cana-de-açúcar tem se apresentado como alternativa economicamente viável na maioria das simulações de custo de produção e, mais que isso, tem gerado coeficientes de desempenho animal tão satisfatórios quanto qualquer outra fonte de alimento volumoso tradicional.

2.2 Análise de crescimento em plantas forrageiras

Desde 1984, Luchesi dissertando sobre a utilização prática da análise de crescimento de vegetais, afirmou que as técnicas utilizadas para se obter os dados sobre o crescimento das plantas e a escolha dos dados que deveriam ser avaliados variavam bastante, sendo que cada mensuração realizada deveria ser feita em função das características particulares da espécie em questão. O mesmo autor afirmou que por meio da análise quantitativa de crescimento vegetal (a qual estima a produtividade biológica das comunidades vegetais), podem ser avaliados os efeitos dos diferentes tratamentos que estão sendo efetuados, visto que esse tipo de análise fundamenta-se na medição seqüencial de acúmulo de matéria orgânica, em uma ou várias fases de crescimento, podendo ser realizada durante o ciclo todo da planta que está sendo avaliada.

Entretanto, para realização de avaliações de massa produzida, são necessárias análises destrutivas de material, o que necessita de bom planejamento na experimentação científica. Por outro lado, são possíveis de serem realizadas análises de medidas repetidas no tempo, avaliando-se quantidade e medidas lineares de componentes das mais diversas espécies vegetais.

O crescimento da planta como um todo, em termos de aumento de volume, de massa, de dimensões lineares, de unidades estruturais, ocorre em função do que a planta armazena e produz em termos de material estrutural. A análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. A partir dos dados de crescimento, pode-se inferir sobre a atividade fisiológica, isto é, estimar de forma precisa, as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003). De acordo com Gava et al. (2001), a análise de crescimento da cana-de-açúcar tem permitido avaliar os efeitos de diferentes formas de adubação e tratos culturais, sendo realizada por meio de avaliações seqüenciais do acúmulo de fitomassa ou de índices fisiológicos dela obtidos.

Segundo Gomide (1994), o crescimento vegetal pode ser expresso em termos lineares, em que se mede o aumento em altura, por exemplo, ou ponderal, quando se

mede o acúmulo de matéria seca. Esta última forma é considerada por este autor mais objetiva, por representar ganhos reais de substância orgânica, devendo ser preferida.

Entre as dimensões lineares, podem ser citadas: altura da planta, comprimento do caule, comprimento e largura de folhas, comprimento de ramificações, diâmetro de caules, comprimento de entrenós, comprimento e diâmetro de inflorescência e infrutescências. Além disso, podem ser descritas as unidades estruturais morfológicas ou anatômicas, como ramificações, folhas, flores, frutos e raízes. Estas medidas podem fornecer informações importantes quanto à fenologia e são, muitas vezes, usadas para detectar diferenças entre os tratamentos estabelecidos (BENINCASA, 2003). As variáveis a serem mensuradas devem depender do objetivo da pesquisa, da possibilidade de frequência de avaliações, do tamanho da área ou disponibilidade de unidades experimentais, entre outros fatores.

Outra avaliação importante em comunidades de plantas é o acompanhamento do perfilhamento das espécies, e do comportamento dos mesmos ao longo do tempo, definindo como a densidade populacional dos perfilhos. Esta marcação de perfilhos individuais, para entendimento das variáveis morfogenéticas e estruturais das plantas foi considerada por Nascimento Junior et al. (2002), como uma fonte importante de conhecimento, devido ao estudo da morfologia e da dinâmica de folhas e perfilhos fornecerem conhecimentos que podem auxiliar na tomada de decisões relacionadas ao manejo das pastagens.

Vários métodos de monitoramento da dinâmica de perfilhamento têm sido empregados nos estudos sobre demografia de perfilhos. No caso mais simples, são utilizadas as contagens do número de perfilhos por planta ou da população de perfilhos em tempos regulares. Para estudos mais detalhados, o monitoramento de perfilhos marcados permite que mudanças na densidade populacional sejam explicadas a partir da morte e do aparecimento de perfilhos (SBRISSIA, 2004).

Adicionalmente, maior detalhamento pode ser obtido por meio do monitoramento da sobrevivência de gerações sucessivas de perfilhos marcados em áreas fixas ao longo de um dado período de tempo. Como refinamento, para uma análise demográfica completa, é necessário também a organização hierárquica das gerações de perfilhos surgidas. Esta técnica requer geralmente o corte de perfilhos das áreas de

monitoramento, o que exige número muito grande de áreas de amostragem (MATTHEW et al., 2000).

2.3 O ciclo de crescimento da cultura de cana-de-açúcar

Trabalhos que utilizam a análise de crescimento como ferramenta para avaliação de tratamentos testados, durante fases distintas ou ao longo de todo ciclo de produção da cana-de-açúcar são realizados com os mais diferentes intuitos e são amplamente encontrados na literatura. Entretanto, pode-se perceber que além de falta de padronização de métodos para estas análises, muitos dos resultados apresentados possuem comportamentos semelhantes, porém, as abordagens das análises estatísticas e matemáticas diferem muito entre os autores.

Gava et al. (2001) utilizaram a análise de crescimento, com base nas análises de taxa de produção de MS (TPMS) e da taxa de crescimento relativo (TCR), para avaliar a utilização de nitrogênio e a influência da palhada na produtividade da cana-de-açúcar. A variedade SP80-1842 de terceiro corte foi colhida mensalmente para estimativa da produção de fitomassa, sendo que os autores não encontraram alteração de acúmulo de massa nos diferentes estádios de crescimento e na colheita final da cana-de-açúcar. Em estudos semelhantes e complementares, Oliveira et al. (2004, 2005) também estimaram a TPMS, a TCR, além da taxa de alongação da cultura (TEC), o número de perfilhos por metro linear e quadrado, o diâmetro e a estatura média dos colmos e o índice de área foliar (IAF) em cana planta, das variedades RB72454, RB855536 e RB855113. Por meio de análises destrutivas do material (nove colheitas durante o ciclo de produção de 497 dias), foram detectadas, por meio das análises de crescimento realizadas, diferentes curvas para as taxas de crescimento (descritas por função polinomial de segundo grau), bem como fases distintas de crescimento entre as variedades avaliadas. Em outro ensaio semelhante para avaliação de cinco cultivares de cana de primeira soca, no noroeste do Paraná, Silva et al. (2005) utilizaram a análise de crescimento para estimativa de TCR, número de perfilhos por metro, área foliar específica, razão de área foliar e, taxa de assimilação líquida. Os resultados

encontrados não diferenciaram os cultivares entre si quanto aos comportamentos das curvas dos índices estimados.

Hermann e Câmara (1993), com o intuito de gerar a possibilidade de análise de área foliar por meio de medidas não-destrutivas, propuseram uma fórmula para sua estimativa. Atualmente, esta vem sendo muito utilizada como variável resposta da cultura de cana-de-açúcar, frente a diversos tipos de tratamentos. Diversos autores têm apresentado resultados de correlação positiva entre a análise da área foliar da cana e seu padrão de crescimento e produtividade (LEME et al., 1984; ALVAREZ; CASTRO, 1999; OLIVEIRA et al., 2007; FARIAS et al., 2008).

Em uma abordagem distinta com uso da análise de crescimento da cana-de-açúcar, Simões et al. (2005), estimaram a produtividade, a altura, o IAF e o número de perfilhos por metro da variedade SP80-1842, com o objetivo de verificar qual curva melhor descreveu o crescimento dessa variedade em dois ciclos de produção subseqüentes, sendo o modelo de Gompertz, de curva sigmoidal, o modelo que melhor se ajustou para descrever e estimar a produtividade.

Marques et al. (2005), com o objetivo de testar seis cultivares de cana submetidos às condições edafoclimáticas semelhantes, utilizaram a avaliação das variáveis: número de perfilhos por metro, diâmetro e altura do colmo, para verificar diferença no comportamento do desenvolvimento desses cultivares, na região de Presidente Prudente, SP. Os autores não detectaram diferenças no desenvolvimento entre os cultivares durante os oito meses de avaliação. As curvas elaboradas para descrição do crescimento da planta foram funções polinomiais de terceiro grau para número de perfilhos por metro, diâmetro e altura média do colmo e, uma curva de função linear para número de folhas totais por perfilho.

Silva et al. (2004) utilizaram os dados de número de colmos por metro linear, altura e diâmetro médio dos colmos, estimativas de produtividade total, produtividade de colmos e ponteiros e análises químicas, para avaliar sete variedades de cana-de-açúcar e detectar quais delas apresentariam melhor desempenho como recurso forrageiro. As variedades IAC86-2480 e IACSP95-3028 se diferenciaram das demais, apresentando valores mais interessantes para características voltadas à produção animal. Entretanto, a avaliação entre cultivares se deu pontualmente, na colheita destes materiais.

Avaliando o crescimento de cana em dois ciclos consecutivos de produção, submetidas a colheita crua e mecanizada, e colheita manual após a queima, Alvarez e Castro (1999) compararam o padrão de crescimento e as influências climáticas sobre o cultivar SP70-1143. O número de perfilhos por metro, o número de folhas por colmo, o diâmetro e altura do colmo, o IAF, além da % de MS das folhas e dos colmos, foram as variáveis mensuradas. Os dados de diâmetro e número de folhas geraram curvas polinomiais de quarto grau, e os dados de % de MS da folha e do colmo, bem como IAF foram ajustados para curva de Gompertz. Estes modelos foram os que melhor descreveram o comportamento das variáveis ao longo dos ciclos de produção. De acordo com os autores, a curva de crescimento foi semelhante para ambos os tratamentos no primeiro ciclo avaliado, se diferenciando no segundo, onde o crescimento foi maior para cana crua no início do ciclo, enquanto que no final do ciclo foi maior para cana queimada. Além disso, a presença da palha nos ciclos subseqüentes da cana não gerou diferença quanto ao perfilhamento, sendo que a presença da palha não foi prejudicial à rebrota do canavial. E ainda, que os fatores climatológicos não provocaram mudanças entre as variáveis analisadas para cana colhida crua ou queimada.

Ramesh e Mahadevaswamy (2000) avaliaram o efeito da seca severa, moderada e condições ideais de cultivo sobre a mortalidade de perfilhos, características morfológicas, produtividade e qualidade de quatro cultivares de cana-de-açúcar na Índia. Por meio da contagem do número de perfilhos em quatro fases distintas de aparecimento e da mensuração das características morfológicas após a colheita das variedades analisadas, os autores afirmaram que o déficit hídrico durante a fase vegetativa reduziu o número de colmos viáveis para colheita, causou diminuição na altura, no número de internódios e no peso das plantas.

2.4 Ciclo fenológico e composição morfológica da cana-de-açúcar

A fenologia é o estudo dos fenômenos periódicos da vida de uma planta (ou cultura) em relação às condições ambientais (LUCHESI, 1984). Larcher (2006) acrescenta que este estudo pode ser realizado por meio de observações dos estádios

de desenvolvimento externamente visíveis (fenofases) como, por exemplo, a germinação de sementes, emergência de gemas, desenvolvimento de folhas, floração, senescência. Entretanto, devido a diferentes condições climáticas, a duração de cada fenofase pode ser modificada, sendo que cada região ou unidade de produção deve realizar estudos para avaliação no comportamento de variedades de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de produção.

2.4.1 Ciclo fenológico da cana-soca

O processo de perfilhamento é regulado pela auxina, sintetizada na gema apical da planta, sendo seu transporte feito do topo em direção à base em um fluxo contínuo. Induz a elongação de tecidos, podendo inibir a emergência das gemas laterais por meio da dominância apical. Este hormônio, no ápice da planta, promove carreamento preferencial de carboidratos para essa região, em detrimento às gemas laterais. Com alta luminosidade, o fluxo de auxina diminui e observa-se então decréscimo no grau de inibição das gemas laterais, o que resulta em maior formação de perfilhos (CASAGRANDE, 1991; CASTRO; CHRISTOFFOLETTI, 2005).

No ciclo da cana-soca, a fase de germinação é substituída pela fase de brotação da soqueira remanescente após a colheita. O ciclo fenológico da cana-soca dura aproximadamente 12 meses, e apresenta as fases de perfilhamento, acúmulo inicial de sacarose e maturação (CÂMARA, 1993; SEGATO et al., 2006).

A nova brotação é denominada soqueira, a qual se desenvolve a partir da brotação das gemas da base dos colmos colhidos na safra anterior, sob a superfície do solo, sendo o comportamento da rebrota distinto daquele da cana-planta (MATSUOKA; HOFFMANN, 1993). Segundo Suguitani (2006), esse perfilhamento durante a rebrotação varia de espécie para espécie, varia dentro da mesma espécie e de acordo com o manejo cultural adotado.

A fase de perfilhamento inicia-se logo após o corte, sendo que entre 20 a 30 dias, observa-se intensa brotação de colmos primários das soqueiras. O perfilhamento persiste com a brotação de gemas basais localizadas nos colmos primários, originando sucessivos perfilhos, de 2ª, 3ª ordem, podendo chegar a 5ª ordem ou mais (CÂMARA,

1993; SEGATO et al., 2006). Matsuoka (1996) comentou que, dada a grande quantidade de gemas nos rizomas, ocorre normalmente grande quantidade de perfilhos primários em uma mesma touceira, diferentemente da cana-planta, que, além da grande quantidade de perfilhos, se desenvolve com mais rapidez. No final do ciclo, o número de colmos acaba sendo maior na soca do que na cana-planta, devido a maior velocidade de brotação e precocidade na formação de perfilhos e maturação da soqueira.

Segato (2006) afirmou que há grande relação da produtividade da cana com a brotação (dos toletes e das soqueiras) e o perfilhamento, existindo variedades com alta e baixa capacidade de perfilhar. No entanto, há relação entre o perfilhamento, o vigor das raízes e a boa brotação das socas. A formação de perfilhos na cana-de-açúcar se torna importante devido à sua contribuição na produção final da cultura, devido a sua função de armazenamento da sacarose. Algumas variedades perfilham precoce e profusamente, sendo que maioria dos seus perfilhos pode não sobreviver. Os perfilhos mais tardiamente formados podem morrer ou não maturar adequadamente, afetando a qualidade do caldo (RAMESH; MAHADEVASWAMY, 2000).

A fase de perfilhamento intenso da touceira se dá quando é atingido o ponto máximo de produção de perfilhos, chegando algumas variedades a produzir 25 ou mais colmos por touceira. A partir do ponto máximo de perfilhamento, a competição entre os perfilhos pelos fatores de crescimento como luz, espaço, água e nutrientes acentua-se, de maneira que se constata a diminuição e paralisação deste processo, além da morte dos perfilhos mais novos (CÂMARA, 1993; SEGATO et al., 2006).

De acordo com Castro e Christoffoletti (2005), a fase de perfilhamento pode ocorrer até quatro meses após o plantio, e apresentar de 10 a 20 perfilhos por metro. Os mesmos autores comentaram que cultivares de perfilhamento mais intenso, à exemplo da *Saccharum spontaneum*, produzem colmos mais finos. Cultivares de perfilhamento mais reduzido, com caracteres de *S. officinarum*, por produzirem colmos mais grossos devem ser plantados com menor espaçamento, para se aumentar o número de colmos industrializáveis por área. Rocha (1984) observou que as diferenças entre o máximo perfilhamento e o número de colmos nas colheitas são maiores em

solos sob condições mais favoráveis às plantas, indicando ocorrência de perfilhamento mais acentuado.

A partir do final do perfilhamento, os colmos mais desenvolvidos continuam seu crescimento em altura e espessura. Quando os perfilhos mais desenvolvidos atingem em torno de 50 cm de altura (folha +1), inicia-se intensa competição por luz, água e nutrientes entre as plantas. A tendência é de estabilização do número de perfilhos e, mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes, o número decresce com a eliminação dos mais fracos, doentes e mal posicionados (BALIEIRO, 1995). À medida que vão amadurecendo, os colmos que sobrevivem à forte competição da fase de perfilhamento, devido à diminuição do dreno fisiológico dos colmos mais jovens (CÂMARA, 1993), continuam seu crescimento e desenvolvimento, acumulando cada vez mais sacarose em seus internódios. Ao atingir o seu tamanho final, constituem-se colmos industrializáveis, passando a acumular mais intensamente a sacarose produzida pela fotossíntese.

De acordo com Scarpari et al. (2007) a maturação fisiológica da cana-de-açúcar se dá em função de diversos fatores climáticos, fisiológicos, enzimáticos, genéticos e de manejo. Entretanto, o atual conhecimento sobre a influência de alguns destes fatores é escasso, o que torna a modelagem da maturação da cana-de-açúcar uma ferramenta para um planejamento estratégico da melhor época de colheita.

A diminuição da temperatura do ar tem papel fundamental na maturação da cana-de-açúcar, responsável pela redução no ritmo de desenvolvimento vegetativo para o acúmulo de sacarose no colmo (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2004). Na fase de maturação é que se processa a colheita do canavial, devidamente monitorado por análises específicas. Durante um intervalo de tempo, a planta conserva seu ponto máximo de maturação com valor quase inalterado. Esse intervalo é denominado de período útil de industrialização (PUI) (CÂMARA, 1993; SEGATO et al., 2006).

2.5 Métodos de colheita da cana-de-açúcar destinada à alimentação animal

2.5.1 Colheita manual

O corte manual é realizado por operadores munidos de facões ou podões de corte, de diferentes tipos, formatos e tamanhos (FURLANI NETO, 1993). É realizado na base dos colmos, rente ao solo (BARBOSA; SILVEIRA, 2006). Em propriedades de pequeno a médio porte, a colheita é geralmente realizada pelos próprios funcionários, não tendo nenhuma ligação com a sazonalidade de mão-de-obra do setor canavieiro.

Como a cana-de-açúcar tem capacidade de manter seu valor nutritivo durante um período de 4-6 meses após a maturação, essa característica a torna conveniente para pequenas propriedades, que podem utilizá-la fresca, colhida diariamente. Porém em propriedades que exigem grandes volumes, o corte diário é inviável e dificulta muito os tratos culturais, tendo em vista que sempre haverá plantas em diferentes estádios de desenvolvimento (MURARO, 2007), apresentando limitações por dificultar a homogeneidade de rebrotação podendo resultar em menor longevidade do canavial (SANTOS et al., 2006).

2.5.2 Colheita mecânica

Inicialmente, a colheita mecanizada de cana teve por base o uso de colhedoras utilizadas para ensilagem de milho e sorgo, sendo que embora ainda com timidez, nos últimos anos tem havido melhora no desempenho dos equipamentos utilizados para a colheita da cana (BALSALOBRE et al., 1999). Os equipamentos disponíveis no mercado sofreram grandes avanços nos últimos anos, apresentando maior robustez, o que vem facilitando a adoção de corte totalmente mecanizado (MANZANO et al., 2004).

Esses equipamentos são normalmente acoplados ao sistema hidráulico do trator e acionadas pela tomada de potência. Trabalham no campo colhendo e picando a planta forrageira, que é transportada ao silo ou cocho por uma carreta ou vagão forrageiro (SILVEIRA, 1997). As mais comuns são as colhedoras tratorizadas, montadas na lateral do trator, cujo sistema picador apresenta grande variação de

modelos no mercado, desde o tipo de cilindro até discos com 16 facas (BALSALOBRE et al., 1999). Volpato et al. (2002) comentaram que os cortadores de base atualmente utilizados nas colhedoras de cana-de-açúcar e forragens, estão rigidamente fixados à estrutura do equipamento sem recursos adequados para acompanhar a altura do solo durante o processo de colheita. E, que apesar do conjunto cortador basal possuir acionamento hidráulico, para permitir a variação na altura do corte, para cortar colmos em um ponto acima do nível do terreno, a touceira deveria estar sobre um leve caramalhão, para melhorar a eficiência de corte. Além disso, em relação à colheita e levando-se em consideração que não se consegue nível zero de compactação, deve-se insistir para que haja adequado controle de tráfego sobre os talhões, objetivando evitar o tráfego na entrelinha da cana (DEMATTE, 2004).

Máquinas colhedoras de forragens classificadas como de corte preciso dispõem de sistema de colheita e picagem composto por disco ou de tambor, que incorporam determinado tipo de facas que picam o material em tamanhos reguláveis. O disco pode ser localizado na posição horizontal ou vertical. As colhedoras são montadas no sistema hidráulico do trator e colocadas de lado, e muitas delas possuem uma roda de apoio, empregada também para regulagem da altura de corte. Duas guias orientam os caules das plantas diretamente contra o equipamento e ajudam a levantar as plantas tombadas no solo, permitindo maior rendimento de massa verde colhida (SILVEIRA, 1997). As máquinas forrageiras apresentam como característica a pequena abertura da boca de colheita. Obviamente esse espaço na boca de colheita está associado com outras características, como capacidade do sistema picador e capacidade de lançamento do material picado pelo rotor e, posteriormente, pela bica (BALSALOBRE et al., 1999).

De acordo com Balsalobre et al. (1999) uma cultura de cana-de-açúcar ideal para corte mecanizado deveria apresentar menor densidade de colmos na linha de plantio, e não possuir tendência ao acamamento. Para cortes mecanizados, a eficiência do processo de colheita deveria ser representada pelo peso do colmo e não pelo número de perfilhos, pois com menor perfilhamento, um reduzido número de colmos seria cortado por unidade de tempo. No entanto, o menor número de perfilhos pode favorecer

aparecimento de colmos mais grossos e, portanto, maior dificuldade de corte pela máquina (BALSALOBRE et al., 1999).

O aproveitamento da cana-de-açúcar a ser colhida depende da regulagem da altura do dispositivo de corte. Em áreas com preparo de solo precário, onde o relevo se torna irregular, e também em áreas onde o sulco de plantio é profundo, deve se aumentar a altura de corte, o que prejudica o aproveitamento da planta forrageira (BALSALOBRE et al., 1999). Na colheita mecanizada o corte dos colmos ocorre acima do nível do solo, aproximadamente à 10 cm de altura (BARBOSA; SILVEIRA, 2006). Balsalobre et al. (1999) relataram que devido aos equipamentos disponíveis no mercado não apresentarem sistemas de corte eficientes, a altura onde o colmo é cortado pode chegar a 50 cm, sendo comum o corte a 20 cm do solo. A altura de corte do colmo em relação ao solo será maior quanto pior o sistema de cultivo da lavoura.

A falta de um equipamento de maior autonomia de corte e a não adaptação de tratores para corte da cana, leva, na maioria das vezes, à decisões por reduzir as doses de adubação. Dessa forma, a produção da cana seria menor e, portanto, a colheita mecanizada seria favorecida. Obviamente essa é uma decisão adaptada ao mercado, porém questionável (BALSALOBRE et al., 1999).

Empreendimentos com elevadas demandas desse volumoso deverão utilizar o processo de colheita totalmente mecanizada (MANZANO et al., 2004), exigindo a convivência com as dificuldades impostas por esse método.

2.5.3 Perdas ocorridas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar

Devido ao maior avanço tecnológico no setor sucro-alcooleiro, equipamentos e implementos agrícolas para colheita da cana para usinas, possuem mecanismos de regulagem de corte e controle de perdas já bem desenvolvidos. Entretanto, o setor não se descuida em avaliações sobre o desempenho do maquinário, no que diz respeito ao corte basal e perdas de colheita. Salvi et al. (2007) comentaram que na colheita mecanizada de cana-de-açúcar existem algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-planta-máquina, que têm causado preocupações, como as perdas de cana no campo, a redução na qualidade da matéria prima e a redução da longevidade

do canavial. E ainda, que existem perdas de campo, constituídas de massa deixada no campo, sendo que a população de colmos também pode ser reduzida por duas razões: soqueiras destruídas por dano mecânico ou removidas e, por deterioração, devido aos danos por cisalhamento dos tocos, o que facilita a ocorrência de pragas e doenças.

Quando colhida com fins industriais, crua e mecanicamente, as perdas da cana-de-açúcar podem ser divididas em perdas visíveis e invisíveis, em que as primeiras são aquelas que podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, podendo ser colmos inteiros e/ou suas frações, rebolos e tocos resultantes no corte basal. Já as perdas invisíveis são constituídas por caldo, pequenas partículas de cana que ocorrem em razão da ação dos mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana durante o processamento interno nas colhedoras (NEVES et al., 2004).

Souza et al. (2005) comentaram que no sistema de colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiros, além de quantidade variável de pedaços de colmos são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal denominada palha ou palhada.

Neves et al. (2004) trabalhando com cana para fins industriais sugeriram um sistema de classificação das perdas de cana e de palha. Os tocos são as frações do colmo cortadas acima da superfície do solo, com comprimento menor ou igual a 0,2 m, sendo comprimentos maiores considerados pedaços; a cana inteira é a fração de cana com tamanho igual ou superior a 2/3 do comprimento médio estimado dos colmos do local, sendo que este colmo pode estar ou não preso ao solo pelas raízes; a cana ponta é a fração de colmo deixada no solo agregada ao ponteiro; os rebolos são as frações do colmo com corte característico do facão picador ou do corte de base, em ambas as extremidades; as lascas são fragmentos de cana dilacerados e; pedaços, que são todas as variações visíveis de colmos sem as características que definam tocos, colmos inteiros, rebolos, lascas e cana ponta e que, portanto, não se encaixam em nenhuma das definições anteriores.

Balsalobre et al. (1999) sugeriram que o corte da cana realizado acima do nível do solo promoveria perdas de produção de duas formas: redução do perfilhamento e perda de material (toco) não retirado da área. Há relatos de fazendas que realizaram a coleta dos tocos após o corte, em que a quantidade de material foi por volta de oito t/ha.

Como recomendação técnica, Manzano et al. (2004) indicaram que para fins de planejamento do estabelecimento da cultura na propriedade, deve-se considerar perda de 20% do material durante as operações de corte, transporte, fornecimento e sobra de alimentos no cocho, devendo ser aumentada a área de plantio para esta compensação.

Cada sistema de colheita possui vantagens e desvantagens relacionadas às perdas de material, alteração na estrutura do solo, danos à soqueira, exigência de mão-de-obra qualificada, condições climáticas para realização do corte, relação custo benefício. Entretanto, as perdas relativas à colheita mecanizada, visando a utilização da cana-de-açúcar para alimentação animal, dificilmente são quantificadas (MURARO, 2007).

2.5.4 Rebaixamento de soqueiras

O perfilhamento descrito anteriormente ocorre normalmente nas soqueiras de cana-de-açúcar, quando a colheita é realizada rente ao solo, independente do método de colheita empregado. Entretanto, máquinas colhedoras de forragem cortam a planta em alturas de 10 a 20 cm acima da superfície do solo (BALSALOBRE et al., 1999; BARBOSA; SILVEIRA, 2006). A estrutura remanescente desencadeia uma série de processos bioquímicos e fisiológicos na planta, levando à perda da dominância apical, sendo estimulada a emergência das gemas laterais. Concomitantemente com a perda da dominância apical e ocorrência de perfilhamento aéreo, ocorre na base da touceira aumento na luminosidade incidente, uma vez que praticamente toda parte aérea da planta foi removida. Esse aumento de luminosidade, por outro lado, reduz gradativamente o fluxo de auxina que foi ativado por ocasião do corte, e observa-se então a inibição da atividade das gemas laterais, resultando em nova e maior formação de perfilhos basais, ocorrendo o novo perfilhamento das soqueiras.

Dados da literatura sugerem que o corte rente ao solo, ou o rebaixamento das soqueiras, devem ser realizados principalmente devido a problemas fitossanitários, pois a soqueira remanescente favorece a podridão, contaminação de fungos, também é uma fonte de perda de matéria prima e pode dificultar as operações com tratos culturais (TOWNSEND, 2000). Essa fração remanescente e há sugestões de que pode interferir

no padrão de perfilhamento, entretanto, são escassas as informações sobre o manejo correto a ser realizado no canavial após corte. Um único dado encontrado atualmente na literatura é de Barbosa e Silveira (2006), os quais comentaram que, mesmo se deixando os tocos nas soqueiras após a colheita mecânica, na fase seqüencial de rebrotação da cana, prevalecem os perfilhos oriundos das gemas do rizoma da planta. E ainda, que aqueles perfilhos que porventura brotam de gemas localizadas nos tocos remanescentes morrem posteriormente, e por sua vez, os tocos apodrecem até a próxima colheita.

Quando a colheita do canavial é realizada mecanicamente, a altura do corte efetuado pela colhedora não é rente ao solo e, dessa forma, uma porção residual do colmo permanece na base da touceira. Tradicionalmente, a recomendação técnica tem sido pela eliminação do colmo remanescente, e essa opção é realizada manualmente com uso de um podão. O corte de uniformização, quando adotado, é realizado rente ao solo, visando garantir que a rebrota do canavial seja proveniente de algumas gemas basais e não das gemas localizadas no colmo (gemas laterais). Esse procedimento é considerado, até o presente momento, importante, pois acredita-se que as plantas provenientes de gemas basais são bem mais produtivas e persistentes do que as plantas provenientes das gemas laterais (MANZANO et al., 2004).

2.6 Hipótese e objetivos

A resposta funcional das plantas de cana-de-açúcar ao tipo de corte imposto poderá revelar um padrão de resposta dessa comunidade de plantas e de suas unidades de crescimento (perfilhos) similar para diferentes alturas de corte. Com isso, formula-se a hipótese de que o mesmo padrão de resposta seria seguido, independentemente do tipo de corte imposto aos perfilhos, variando a ordem de grandeza e a velocidade dos processos fisiológicos envolvidos em função das características específicas desses perfilhos e do ambiente onde se desenvolverão.

Com base na importância de se gerar um número de informações integradas sobre o cultivo de cana-de-açúcar, destinada à alimentação animal, os objetivos do presente estudo foram: avaliar as perdas e danos de colheita em talhões submetidos

aos métodos de colheita manual, mecânico, e mecânico seguido de rebaixamento manual, e, em seu ciclo de crescimento subsequente, avaliar o acúmulo de biomassa da cultura, o perfilhamento, a densidade populacional de perfilhos e, a composição morfológica da cultura, por meio de análise de crescimento do vegetal, com vistas a elucidar questionamentos atuais sobre o impacto do método de colheita sobre a produtividade e capacidade de rebrotação da cana-de-açúcar.

Referências

ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1069-1079, 1999.

BALIEIRO, J.M. Evolução do perfilhamento em três variedades comerciais de cana-de-açúcar em função da época de corte. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, n. 80, p. 24-31, jun./jul. 1995.

BALSALOBRE, M.A.; FERNANDES, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999a. p. 7-26.

BALSALOBRE, M.A.; SANTOS, P.M.; FERNANDES, R.A. Cana-de-açúcar: quando e como cortar para consumo animal. **Balde Branco**, São Paulo, n. 421, p. 13-19, nov. 1999b.

BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

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.

CÂMARA, G.M.S. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 242 p.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 137 p.

CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFFOLETTI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. (Ed.). **Cigarrinha da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió: INSECTA, 2005. p. 3-48.

CESAR, M.A.A.; SILVA, F.C. A cana-de-açúcar como matéria prima para a indústria sucroalcooleira. In: CAMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 1-73.

DEMATTÊ, J.L.L. Manejo e conservação de solos, na cultura da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 8-17, jan./jun. 2004.

FARIAS, C.H.A.; FERNANDES, P.D.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

FURLANI NETO, V.L. A colheita da cana-de-açúcar. In: CAMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 226-240.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, nov. 2001.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 1-14.

GROSSI, S.F.; NÓBREGA, J.C.M. Cana forrageira: aspectos da produção e alimentação animal. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 387-393.

HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 5, p. 32-34, 1999.

HORII, J. A cana-de-açúcar como matéria prima. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 88-93, jan./jun. 2004.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2006. 531 p.

LEME, E.J.A.; MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Caderno PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 2, p. 3-9, 1984.

LEME FILHO, J.R.A. **Estudo comparativo dos métodos de determinação de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2005. 151 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LUCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 41, p. 181-201, 1984.

MANZANO, R.P.; PENATI, M.A.; NUSSIO, L.G. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. 2. ed. Piracicaba, FEALQ, 2004. 29 p.

MARQUES, T.A.; GODINHO, A.M.M.; ALMEIDA, R.A.M. Atributos morfológicos de seis cultivares de cana-de-açúcar no pleno desenvolvimento vegetativo. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 2, p. 16-22, dez. 2005.

MATSUOKA, S. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar: curso de qualificação em plantas industriais - cana-de-açúcar**. Maringá: UFPR/SENAR, 1996. 34 p.

MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H. P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-36.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMEIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NEBINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB Publ., 2000. p. 127-150.

MURARO, G. **Impacto do espaçamento, número de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para silagem**. 2007. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NASCIMENTO JR., D.; GARCEZ NETO, A.F.; BARBOSA, R.A. Fundamentos para o manejo de pastagens: Evolução e atualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 149-196.

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; OTA, W.M. Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 764-770, 2004.

NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M. Estratégias para produção de bovinos diante da expansão da cultura canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p. 243-272, 2007.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A.L.B.; MARI, L.J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa : UFV, DZO. p. 277-328, 2006.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 5, n. 1/2, p. 87-94, 2004.

_____. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 6, n. 1/2, p. 85-89, 2005.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

PEIXOTO, A.M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8, 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 15-47.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 185, p. 249-258, 2000.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2001. 204 p.

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função das épocas de plantio no estado de São Paulo** 1984. 229 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba 1984.

SALVI, J.V.; MATOS, M.A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de cortes de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 201-209, jan./abr. 2007.

SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C.; ROCHA, G. P. Composição química da cana-de-açúcar e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1184-1189, 2006.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pasto de capim marandu sob lotação contínua**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 6, n. 5, p. 468-491, 2004.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F.; MARCHIORI, L.F.S. Modelagem da maturação e otimização do corte na cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 3, p. 34-38, 2007.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar**. 2006. 229 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 19-36.

SILVA, M.A.; OKAMOTO, F.; PORTO, A.J. CAMPANA, M.P.; SILVA, D.N. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar visando alimentação animal no município de Gália (SP). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 61, n. 2, p. 127-134, 2004.

SILVA, D.K.T.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; OLIVEIRA, R.A. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 6, n. 1/2, p. 47-53, 2005.

SILVEIRA, G.M. **Máquinas para a pecuária**. São Paulo: Nobel, 1997. 167 p.

SIMÕES, M.S.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Growth indices and productivity in sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 23-30, 2005.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos.** 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

TOWNSEND, C.R. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA, CPAF, 2000. p. 2-5. (EMBRAPA. CPAF. Boletim Técnico, RT/21).

VOLPATO, C.E.S.; BRAUNBECK, O.A.; OLIVEIRA, C.A.A. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de cortador de base para colhedoras de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 345-348, 2002.

3 PERDAS DAS FRAÇÕES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À MÉTODOS DE COLHEITA

Resumo

O presente experimento teve por objetivo avaliar o efeito dos métodos de colheita sobre as variáveis de perdas e danos de colheita da cana-de-açúcar, compostas por perdas totais, e das frações palha, cana ponta e colmo, e, de danos causados às touceiras quanto ao número de toletes danificados, arrancados, e ao número de plantas inteiras deixadas à campo após a colheita. As avaliações foram realizadas na variedade de cana IAC86-2480, de terceiro corte, no mês de novembro de 2006. Os tratamentos avaliados foram corte manual basal (MAN), corte mecanizado por meio de colhedora de forragem (MEC) e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual basal (MEC+MAN). A área experimental foi composta por seis blocos, constituídos por três métodos de colheita como tratamentos impostos às parcelas. Cada parcela possuía 8 linhas de plantio com 15 m de comprimento em espaçamento de 1,3 m. Para corte manual, as plantas foram colhidas na base com uso de podão, e amontoadas ao lado das mesmas para posterior transporte. Para o corte com colhedora de forragem, esta foi tracionada por trator provido de sistema redutor, seguida por vagão forrageiro para acondicionamento do material, sendo sua plataforma regulada para altura de corte de 20 cm. Para o corte MEC+MAN, seguiu-se o mesmo procedimento do corte MEC, porém, após a passagem da colhedora, os tocos remanescentes foram recepados rente ao solo com uso de podão. O material recolhido após colheita foi pesado e separado nas frações colmos, cana ponta e palha. Após a separação e pesagem, alíquotas foram secas para estimativa da MS do material. Para avaliação dos danos causados pelos métodos de colheita, foram realizadas contagem do número de toletes danificados, arrancados e o número de plantas inteiras deixadas nas seis linhas centrais de cada parcela. A produtividade colhida e a massa de forragem disponível (em t MV e MS/ha) foram similares entre os tratamentos ($P>0,05$). As perdas totais da MV em relação a produtividade colhida diferiram entre os tratamentos e foram superiores ($P<0,05$) para o tratamento MEC+MAN, de 18,5%, de 12,3% para tratamento MEC e 6,5% para tratamento MAN. Entretanto, as perdas se tornaram similares entre os tratamentos ($P>0,05$) quando relativas à produtividade colhida em MS, variando de 17,7 a 25,7% para os tratamentos MAN e MEC+MAN, respectivamente. As perdas quantitativas e relativas das frações palha e cana ponta foram semelhantes entre os tratamentos ($P>0,05$), sendo que a fração colmo apresentou diferenças entre os tratamentos, gerando valores de perdas relativas à produtividade colhida em MV de 1,5% para MAN, 7,6% para o corte com MEC, e de 12,7% para MEC+MAN. O número de toletes danificados foi superior ($P>0,05$) para o corte MEC+MAN, de um a cada 0,7 m. O número de plantas inteiras deixadas a campo foi superior ($P>0,05$) para o corte MEC, de uma a cada 1,5 m. As perdas totais geradas pelo corte MEC+MAN incrementaram em somente 8% das perdas em MS, quando comparadas aos outros métodos. Sendo assim o comportamento da colheita mecanizada (com ou sem rebaixamento) foi considerado satisfatório.

Palavras-chave: Colheita manual; Colheita mecânica; Perdas de colheita

3 SUGARCANE LOSSES SUBMITTED TO THREE HARVESTING METHODS

Abstract

This experiment evaluated the effects of harvesting methods on sugarcane losses and damage. Total losses included straw, green leaves and stalk fractions; damage included the number of damaged or uprooted remaining stalks, and the number of whole plants left on the field after harvest. Measurements were performed on a three-year-old crop of the IAC86-2480 variety, in November of 2006. The three harvesting methods were: manual (MAN), mechanical (MEC) and mechanical followed by manual (MEC+MAN). The experimental area comprised six blocks, each one containing all three harvesting methods. Each plot within a block consisted of eight 15 meters-long rows spaced 1.3 m from each other. Manual harvest was performed through the use of cutters, and plants were cut to ground level, piled up and hauled to a processing site. Mechanical harvest was accomplished with a tractor pulled harvester with a cutting height adjusted to 20 cm height. The cut material was stored in a wagon. In the mechanical and the manual harvest procedure, the remaining stubbles after the mechanical harvest were manually cut to ground level. The evaluation of damage caused by harvesting methods was accomplished by counting the number of damaged or remaining uprooted stalks, and the number of whole plants left on the field in the six central rows of each plot. The harvested yield (t FM) and available biomass (DM/ha) were similar among treatments ($P>0.05$). Total losses in regard to harvested yield were different among methods, with 18.5% for MEC+MAN, 12.3% for MEC and 6.5% for MAN. However, losses became similar among treatments ($P>0.05$) when DM harvested yield was considered, ranging from 17.7% to 25.7%, in MAN and MEC+MAN, respectively. Straw and green leaves fractions either total amount and relative losses were similar among methods ($P>0.05$). Stalk fraction losses relative to FM harvested yield were different among a method, that is, 1.5% for MAN, 7.6% for MEC, and 12.7% for MEC+MAN. The number of damaged stalks was higher ($P<0.05$) in the MEC+MAN method (one every 0.7 m). The number of whole plants left in the field was higher in the MEC method (one every 1.5 m) as compared to the control. The harvester transit over the crop, in the first evaluation cycle, caused an 8% increase in DM losses compared to the manual method. Thus the mechanical method is considered satisfactory and should be recommended for large scale operations.

Keywords: Tropical grass; Mechanical cutting; Manual cutting; Dry matter losses

3.1 Introdução

A colheita da cana-de-açúcar para alimentação animal é considerada um processo dinâmico. Pode ser realizada com diferentes objetivos e métodos, pois envolve o planejamento desde a época de corte até o fornecimento da cana aos animais ou sua conservação na forma de silagem.

Tradicionalmente, o uso da cana-de-açúcar baseia-se no corte diário e fornecimento imediato da forragem fresca no cocho para posterior consumo pelos animais (NUSSIO et al., 2007). Entretanto, no momento da colheita, o produtor pode optar pelo corte manual e picagem mecanizada, ou pelo corte e picagem totalmente mecanizados. A escolha de um ou outro método depende do número de animais a serem suplementados (MANZANO et al., 2004, MURARO, 2007), uma vez que se opte por fornecimento de forragem fresca. Outra opção seria a ensilagem de cana-de-açúcar, sendo uma ferramenta para situações onde o corte diário é dificultado, ou quando há necessidade de liberação de áreas em curto espaço de tempo (SCHMIDT, 2006).

Independentemente do método de colheita a ser adotado em uma propriedade, particularmente cada um deles apresentam suas vantagens e desvantagens. O corte manual tem como principal vantagem o custo reduzido, porém como desvantagens a desuniformidade de talhões durante a rebrotação, o que dificulta os tratos culturais posteriores, e o tempo gasto para colheita da planta, geralmente realizada por funcionários das próprias propriedades. Por outro lado, o corte mecanizado é capaz de promover maior eficiência do sistema, pela capacidade de corte, sendo uma opção interessante em fazendas que apresentam maior demanda por alimento. Entretanto, os aspectos negativos desse método de colheita são representados pela aquisição e manutenção dos equipamentos, além desse método ainda apresentar questionamentos entre produtores. O manejo correto a ser adotado após o corte mecanizado ainda não está bem estabelecido, pois não se sabe até que ponto os tocos remanescentes poderiam influenciar a rebrotação das novas soqueiras, além de serem fonte de perda de matéria prima.

A capacidade de corte de uma colhedora de forragem é influenciada pelo tamanho da abertura da plataforma de colheita e pela velocidade e taxa de admissão. Quanto maiores estes parâmetros, melhor é a capacidade de colheita do equipamento. Porém, esta regulagem deve estar associada a sua própria capacidade interna, principalmente no que diz respeito à capacidade de corte, picagem do material, e a altura de corte, além da exigência em qualidade da cana-de-açúcar em relação ao tamanho de partícula a ser cortada (BALSALOBRE et al., 1999). Atualmente, no

mercado brasileiro, encontram-se disponíveis alguns modelos e marcas de colhedoras de forragens utilizadas para cana-de-açúcar, apresentados na Tabela 3.1. Normalmente, a opção por equipamento em particular é realizada com base em seu custo e disponibilidade local, sendo que a eficiência de corte é um fator secundário na escolha do equipamento.

Tabela 3.1 - Características de algumas colhedoras de forragem nacionais utilizadas para a cana-de-açúcar

Marca/Modelo	Capacidade de colheita (t/h)	Tamanho de partícula (mm)	Potência mínima exigida (cv)	Peso da máquina (kg)
Menta Colhiflex MFC 1 ¹	40 - 50	5, 8 e 12	86	1450
Menta Premium Doblo ¹	20 - 35	4 a 18	80	700
Menta Robust Plus ¹	30	-	75	-
Nogueira Pecus 9004 Super ²	20 - 30	5, 7, 10 e 14	55	740
Nogueira Pecus 9004 III ²	20 - 30	3, 4, 6 e 8	55	695
JF 92 Z4 ³	23	7 a 25	40	-
JF 192 Z6 ³	30	3 a 18	80	870
Jumil JM 50 Plus ⁴	20	3 a 18	60	550

Fonte: ¹ Menta Máquinas Agrícolas; ² Nogueira; ³ JF Máquinas Agrícolas; ⁴ JUMIL Máquinas Agrícolas

Embora a opção por um ou outro método de colheita a ser adotado em um canavial deva ser realizado com base em fatores de produção, como demanda ou tratamentos culturais, ou relacionados ao custo, nenhum método de colheita é plenamente eficiente em colher todo material disponível.

Com base nessas informações, o objetivo do presente estudo foi avaliar e quantificar as perdas e danos causados pela adoção dos métodos mais tradicionais para colheita da cana-de-açúcar, destinada à alimentação animal.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido em área do Centro Avançado de Tecnologia da Cana, do Instituto Agrônomo de Campinas, IAC (APTA, Agência Paulista de

Tecnologia dos Agronegócios) – pólo Ribeirão Preto, SP. As coordenadas geográficas aproximadas da área são: latitude 21°12'S, longitude 47°52'O; e, 640 m de altitude. A estimativa de produtividade inicial do canavial, a aplicação dos tratamentos e a quantificação de perdas durante a colheita ocorreram no mês de novembro de 2006.

3.2.2 Área experimental

A área experimental continha cerca de 3400 m² e foi dividida em seis blocos, com dimensões de 9,1 m x 63 m (573,3 m²). Em cada bloco foram estabelecidas três parcelas, e cada uma foi considerada uma unidade experimental, onde os tratamentos foram impostos. A representação esquemática da parcela encontra-se na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Representação esquemática das parcelas (8 linhas de plantio) e nomenclaturas adotadas

Cada parcela possuía oito linhas de plantio de 15 metros de comprimento espaçadas 1,30 m uma da outra, totalizando 136,5 m², e eram separadas por um corredor de circulação de nove metros de largura, necessário para o trânsito de máquinas agrícolas. As oito linhas de cada parcela receberam uma nomenclatura para organização da coleta de material e dos dados no campo. As linhas de avaliação foram utilizadas para demarcação de duas réguas transectas para avaliação do perfilhamento, para análise de composição morfológica não-destrutiva, e as linhas de coleta foram destinadas às colheitas mensais da planta para estimativa de produção e análises de composição morfológica destrutiva, apresentadas nos capítulos subseqüentes.

3.2.3 Clima e solo

A classificação climática do município de Ribeirão Preto, segundo o método de Köppen é Aw, caracterizado por elevada pluviosidade, embora apresente inverno seco e verão úmido (ROLIM et al., 2007). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Férrico¹, de acordo com o sistema EMBRAPA (1999).

Os dados meteorológicos de Ribeirão Preto durante o mês de novembro de 2006 e a análise de solo da área experimental encontram-se na Figura 3.2 e Tabela 3.2, respectivamente.

Figura 3.2 - Precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (UR, %) do município de Ribeirão Preto, SP, no mês de novembro de 2006

Tabela 3.2 - Análise de solo da área experimental situada no Centro de Cana, APTA-IAC, Ribeirão Preto, SP²

pH _{CaKCl}	pH _{H2O}	MO	V	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P _{Res}
		---- % ----					cmol _c .dm ⁻³				mg.cm ⁻³
5,1	5,8	1,5	51,35	3,6	0,1	3,0	0,7	0,10	3,84	7,46	15,1

Al = alumínio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; P_{res} = fósforo (determinado por método de resina); MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases

¹ Classificação APTA – Ribeirão Preto. Comunicação pessoal.

² Classificação APTA – Ribeirão Preto

3.2.4 Variedade

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a IAC86-2480, em seu terceiro corte. Essa variedade se caracteriza por apresentar alto teor de sacarose, boa produtividade agrícola, longevidade de soqueira, porte ereto, baixo teor de FDN, baixa relação FDN/Pol, boa digestibilidade *in vitro* da matéria seca, boa conversão alimentar, despalha espontânea, elevado rendimento de corte, resistência a carvão e ao raquitismo da soqueira. Por outro lado, apresenta resistência intermediária à ferrugem e pouca rusticidade, uma vez que possui exigência média a alta quanto à fertilidade de solo e condições climáticas. Essa variedade de cana apresenta baixo teor relativo de FDN dentre as variedades produzidas, e é atualmente cultivada por cerca de 100 mil produtores rurais em todo o território nacional (LANDELL et al., 2002).

3.2.5 Tratamentos

Os tratamentos corresponderam a três métodos de colheita: corte manual (MAN), corte mecanizado (MEC) e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual (MEC+MAN). A aplicação dos tratamentos às parcelas foi realizada em 11 de novembro de 2006, por ocasião da colheita de toda a cana contida nas parcelas experimentais. O tratamento relativo ao corte manual foi efetuado na região do colo da planta, rente ao solo, com uso de podão. Após o corte, o material colhido foi manipulado cuidadosamente para evitar remoção e perda de estruturas da planta, sendo organizado em feixes, fora das parcelas, para posterior recolhimento.

No caso do corte mecanizado, foi utilizada uma colhedora de forragem (marca Menta[®] modelo Colhiflex MFC 1) regulada para altura de corte de 20 cm. Esta foi tracionada por trator de 88 cv de potência, com acoplamento hidráulico e acionada pelo sistema de tomada de potência. Com o objetivo de reduzir a velocidade de deslocamento desse equipamento e evitar danos à soqueira, o trator foi equipado com sistema de redução de rotação para assegurar a captação e corte preciso dos colmos. A velocidade média de deslocamento do conjunto trator-colhedora durante a colheita foi 2,4 km/h, utilizando primeira marcha reduzida e rotação de 1700 RPM no motor. O

conjunto de facas da colhedora foi afiado no início do corte das parcelas pertencentes a cada tratamento. Inicialmente foram colhidas as parcelas com aplicação do corte mecanizado exclusivo e, na seqüência, aquelas referentes ao tratamento de corte mecanizado seguido por rebaixamento manual.

O terceiro tratamento foi aquele em que as plantas foram submetidas ao procedimento de corte mecanizado, conforme descrito acima e, na seqüência, a porção remanescente do colmo (toco) foi cortada rente ao solo com o uso de podão, de forma semelhante àquela descrita para o método de corte manual. O objetivo desse tratamento foi o de simular o rebaixamento do colmo remanescente após corte mecanizado com o propósito de estimular o perfilhamento basal e a uniformidade de rebrotação, mantendo, porém, o impacto de trânsito da colhedora de forragem sobre o talhão.

A combinação de tratamentos foi planejada de forma a permitir que os diferentes impactos causados às áreas colhidas por meio dos diferentes métodos de colheita (manual vs. mecanizado) pudessem ser avaliados, assim como se o rebaixamento ou não do toco remanescente na touceira após colheita mecânica afetava a rebrotação da cana-de-açúcar. Com isso, ao confrontar os tratamentos MAN com MEC, estabeleceu-se a possibilidade de comparações entre os métodos de colheita (manual vs. mecanizado), sendo que no corte MEC o toco permaneceu na touceira. A comparação do MEC com MEC+MAN permitiu inferir sobre o efeito do rebaixamento do colmo remanescente após a colheita mecanizada, e a comparação entre MAN e MEC+MAN gerou a oportunidade para explorar o efeito do corte e deslocamento da colhedora somado à ação do podão sobre os talhões de cana-de-açúcar.

3.2.6 Estimativa de produtividade

Antecedendo o corte de uniformização, para imposição dos tratamentos, foi realizada a contagem do número total de perfilhos das seis linhas centrais de cada parcela experimental.

Após essa contagem, foram identificados e colhidos ao acaso, 20 perfilhos adultos de cada uma das seis linhas centrais da parcela, representativos da população

total, de acordo com o tratamento imposto à parcela. No caso do corte manual a colheita foi realizada na região do colo da planta com uso de podão, segundo método descrito por Furlani Neto (1993), entretanto sem a retirada do ponteiro. Para os tratamentos submetidos ao corte mecanizado da forragem e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual, foi efetuado o corte manual, de forma a reproduzir com fidelidade a altura de trabalho estabelecido pela colhedora mecânica. É importante, entretanto, ressaltar que essa amostragem não teve o objetivo de impor às parcelas o efeito direto da ação da colhedora, mas o de simular a altura de corte determinada pela mesma.

Após a colheita, esses perfilhos foram retirados das parcelas, acondicionados em lonas plásticas para que mantivessem suas estruturas intactas e, pesados em balança de campo do tipo célula de carga com precisão de 200g.

O número de colmos e a produtividade foram calculados por meio das equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{n}^{\circ} \text{ de colmos/ha} = (\text{n}^{\circ} \text{ de colmos/parcela} \times 10.000) / \text{área da parcela (m}^2\text{)} \quad (1)$$

$$\text{Produção ton MV/ha} = (\text{n}^{\circ} \text{ de colmos/ha} \times \text{peso médio do colmo (kg)}) / 1.000 \quad (2)$$

Após a pesagem, 10 perfilhos por parcela foram retirados ao acaso do montante colhido e levados ao laboratório, para análise morfológica a fim de se caracterizar o perfil morfológico das plantas oriundas da área experimental em seu ciclo anterior de produção.

Do restante dos perfilhos colhidos para estimativa de produção, uma amostra adicional de plantas inteiras foi destinada à picagem em unidade estacionária (marca Menta, modelo Super 20T[®]), e posterior homogeneização. Na seqüência, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar regulada para 65° C, por 48 horas. Assim, os valores de produtividade também puderam ser expressos em base seca e em proporção ao conteúdo original de biomassa.

3.2.7 Avaliação de danos às touceiras

Após a aplicação dos tratamentos foram realizadas avaliações quanto ao método de colheita e seu efeito na touceira remanescente. Para tanto, foram contabilizados, nas seis linhas centrais de cada parcela, o número de toletes danificados (dilacerados, esmagados), o número de toletes arrancados (apresentando sistema radicular solto acima da superfície do solo) e o número de plantas inteiras deixadas a campo.

Particularmente nas parcelas onde o corte mecanizado foi realizado, foram tomadas as medidas de altura e número de entrenós de 10 tocos remanescentes, aleatoriamente ao longo de cada uma das seis linhas centrais. O objetivo foi conferir a precisão da altura de corte observada de acordo com a regulação pretendida para a altura da plataforma da colhedora.

3.2.8 Quantificação de perdas

Com vistas a estimar as perdas de frações dos perfilhos ocasionadas por impacto mecânico decorrente do trânsito e operação da colhedora, após o corte de uniformização, foram lançados quatro retângulos de 1 m² em cada parcela, para coleta de material remanescente, segundo o método proposto por Penati et al. (2005) (Figura 3.3). Dentro de cada área descrita pelo retângulo foram coletados todos os resíduos presentes, acondicionados em sacos plásticos, deixando o solo coberto somente com material orgânico em fase de decomposição.

Para padronização da classificação das perdas de colheita, foi utilizada a terminologia definida por Neves et al. (2004), porém considerando somente as seguintes frações para a discussão dos dados: palha, cana ponta, toco e planta inteira.

Imediatamente após a coleta destas amostras, o material foi levado ao laboratório para que fossem separadas as frações: palha, folhas verdes e colmo. Essas foram posteriormente quantificadas em balança com precisão de 5 gramas, para expressar a participação em relação ao conteúdo original de biomassa de acordo com o tratamento imposto à parcela. Após a pesagem das frações, o material foi novamente acondicionado em sacos plásticos para posterior secagem em estufa de circulação

forcada de ar regulada para 65° C, por 48 horas, e posterior pesagem. Assim, os valores também foram apresentados em base seca em relação ao conteúdo original de biomassa.

Figura 3.3 - Coleta de material remanescente após imposição do sistema de colheita

De acordo com Landell e Silva (2004), os componentes de produção determinantes para o potencial agrícola são: a altura do colmo, o número de perfilhos e o diâmetro dos colmos. Considerando a densidade do colmo igual a um, o valor de tonelada de cana por hectare (TCH) pode ser estimado pela equação 3:

$$TCH = (0,007854 \times d^2 \times h \times C) / E \quad (3)$$

Em que:

d = diâmetro médio dos colmos (cm)

h = altura média dos colmos (cm)

C = perfilhamento (nº colmos / m linear)

E = espaçamento entre sulcos (m)

Com base nas medidas tomadas a campo relativas à altura dos tocos após a colheita mecânica, e da análise biométrica dos colmos antes do corte de uniformização, esta equação foi adaptada, para a representação da perda da fração toco remanescente (na soqueira da cana). O uso dessa equação permitiu além da quantificação das perdas, também a ampliação da discussão dos dados quanto à diferença entre os procedimentos metodológicos avaliados.

3.2.9 Composição morfológica – avaliação destrutiva (biometria)

Dos feixes colhidos para estimativa de produção (item 3.2.6), 10 plantas foram retiradas ao acaso do montante para análise de composição morfológica, realizada no laboratório do Centro de Pesquisa de Cana (APTA – Ribeirão Preto).

Foram realizadas as seguintes medidas:

- comprimento dos colmos (altura da planta): mensurado com uso de trena metálica com precisão de 1 mm, sendo o comprimento definido como a distância entre a base da planta (colo) e a última região auricular visível da folha +1, segundo método Küijper (VAN DILLEWINJ, 1952).

- diâmetro médio dos colmos: avaliado com uso de paquímetro, obtendo-se as medidas em centímetros, realizada no internódio central do colmo, de acordo com método proposto por Zacarias (1977).

- número de internódios e de nós: foi realizada a contagem do número de internódios e de nós presentes nos perfilhos, considerando como internódio aquele delimitado nas duas extremidades por nós e sem a presença da folha bandeira, de acordo com metodologia proposta por Teixeira (2004).

- número de folhas: as folhas foram contadas e classificadas como verdes, senescentes e mortas, conforme descritas por Sbrissia (2004);

- peso do colmo: após separação morfológica, os colmos foram pesados em balança de precisão de cinco gramas.

- peso folhas verdes, senescentes e mortas.colmo⁻¹: após separação morfológica, cada categoria de folha foi pesada isoladamente em balança com precisão de 5 gramas.

3.2.10 Delineamento experimental

Para a análise estatística das variáveis de perdas de colheita, da produtividade colhida, da forragem disponível em valores absolutos ou relativos, e, da altura do toco e número de nós remanescentes nas touceiras, foi utilizado o modelo matemático que incluiu os efeitos fixos de bloco e de tratamento, além do efeito aleatório de resíduo,

utilizando-se procedimento MIXED do programa SAS, versão 9.3.1, conforme descrito pela equação 4 a seguir.

$$y_{ijk} = \mu + b_j + t_i + \varepsilon_{ijk} \quad (4)$$

Em que:

y_{ijk} = valor observado no j -ésimo bloco do i -ésimo tratamento;

μ = média geral;

b_j = efeito fixo associado ao j -ésimo bloco, $j = 1, \dots, 6$;

t_i = efeito fixo do i -ésimo tratamento; $i = 1, \dots, 3$;

ε_{ij} = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco do i -ésimo tratamento, assumindo $\varepsilon_{ij} \sim N(0, I\sigma^2_\varepsilon)$, sendo que $I\sigma^2_\varepsilon$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos.

Para as análises das variáveis de danos da colheita (número de toletes danificados, arrancados e número de plantas inteiras deixadas por linha) foi utilizado modelo matemático misto que incluiu o efeito fixo de tratamento, além dos efeitos aleatórios de bloco e resíduo, utilizando-se procedimento GLIMMIX do programa SAS, sob a metodologia dos modelos lineares generalizados considerando a distribuição de Poisson, com função de ligação logarítmica de acordo com Nelder e Wedderburn (1972). Adicionalmente, considerou-se a correção para heterogeneidade de variâncias dos tratamentos. O modelo utilizado está descrito pela equação 5 a seguir.

$$y_{ijk} = \mu + \beta_j + t_i + \varepsilon_{ijk} \quad (5)$$

Em que:

y_{ijk} = valor observado no j -ésimo bloco do i -ésimo tratamento;

μ = média geral;

β_j = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco, $j = 1, \dots, 6$;

t_i = efeito fixo do i -ésimo tratamento; $i = 1, \dots, 3$;

ε_{ij} = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco do i -ésimo tratamento, assumindo $\varepsilon_{ij} \sim N(0, I\sigma^2_\varepsilon)$, sendo que $I\sigma^2_\varepsilon$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos;

Os melhores modelos foram identificados utilizando-se como critério a estatística de verossimilhança, além dos critérios de AIC e BIC (LITTELL et al., 1998).

As comparações entre médias para os efeitos estudados foram realizadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, exceto para as características biométricas e morfológicas das plantas que sofreram corte de uniformização e, altura e número de entrenós nos tocos remanescentes, sendo as comparações realizadas por meio do teste de t ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 Resultados

As características biométricas e morfológicas das plantas disponíveis na área experimental para aplicação do corte de uniformização são apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Características biométricas e morfológicas das plantas da área experimental antes da aplicação dos tratamentos

Variáveis	MAN	MEC	MEC+MAN	EP
Altura, cm	153,4 ^a	137,8 ^b	127,4 ^c	7,41
Diâmetro, cm	2,6	2,5	2,5	0,04
Número de nós	19,5	18,8	18,1	0,80
N° folhas verdes/planta	7,7	7,0	7,1	0,34
N° folhas senescentes/planta	0,2	0,3	0,3	0,08
N° folhas mortas/planta	1,9	0,9	1,1	0,20
Peso planta inteira, kg	1,028 ^a	0,880 ^b	0,799 ^b	0,0463
Peso folhas verdes/planta, kg	0,165	0,163	0,149	0,0051
Peso folhas senescentes/planta, kg	0,004	0,003	0,003	0,0013
Peso folhas mortas/planta, kg	0,013 ^a	0,005 ^b	0,005 ^b	0,0017
Peso colmo/planta, kg	0,846 ^a	0,709 ^b	0,637 ^b	0,0443
Número de plantas por metro	13,5	13,3	12,4	0,50

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si ($P > 0,05$)

A análise estatística das características biométricas e morfológicas foi realizada com o intuito de verificar se, particularmente, o diâmetro e número de plantas por metro diferiam entre as parcelas onde foi realizado o corte de uniformização, constatando que não houve diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Sendo assim, pôde-se considerar que os tratamentos foram realizados em parcelas uniformes quanto ao número de

plantas por metro e diâmetro das mesmas, características facilitadoras de corte pela colhedora de forragem, como sugerido por Balsalobre et al. (1999).

Na Tabela 3.4 estão apresentados os dados de produtividade da área experimental e das perdas de colheita (totais e das frações estudadas), em t MV/ha, de acordo com os tratamentos. Na Tabela 3.5 estão apresentados os dados de perdas totais de colheita e das frações estudadas, em porcentagem da MV em relação à produtividade colhida.

A produtividade colhida foi àquela correspondente a análise realizada a campo. A massa de forragem disponível correspondeu à produtividade colhida somada as perdas totais, representando a quantidade de biomassa que poderia ser retirada do campo se qualquer um dos métodos de colheita fosse plenamente eficiente.

Tabela 3.4 - Produtividade colhida, disponibilidade de forragem e perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em t MV/ha

Variáveis	MAN		MEC		MEC+MAN	
	t MV/ha	EP	t MV/ha	EP	t MV/ha	EP
Forragem disponível ²	94,4	4,30	90,9	4,30	85,8	4,30
Produtividade colhida ¹	88,8	4,26	80,8	4,26	72,5	4,26
Perdas totais	5,6 ^b	0,91	10,1 ^{ab}	0,91	13,3 ^a	0,91
Palha	3,2	0,20	2,9	0,20	2,9	0,20
Cana ponta	1,0	0,15	0,9	0,15	1,1	0,15
Colmos	1,4 ^b	0,85	6,4 ^a	0,85	9,1 ^a	0,85

¹: produtividade estimada a campo;

²: produtividade somada às perdas totais;

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si (P>0,05)

Tabela 3.5 - Perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em porcentagem da MV em relação à produtividade colhida

Variáveis	MAN	MEC	MEC+MAN	EP
	%			
Perdas totais	6,5 ^c	12,3 ^b	18,5 ^a	1,27
Frações das perdas				
Palha	3,7	3,6	4,0	0,31
Cana ponta	1,3	1,1	1,5	0,24
Colmos	1,5 ^c	7,6 ^b	12,7 ^a	1,03

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si ($P>0,05$)

As massas de cana-de-açúcar representadas pelas produtividades colhidas variaram entre 72,5 e 88,8 t MV/ha, e não diferiram entre si ($P>0,05$) de acordo com os tratamentos testados. O mesmo comportamento pôde ser observado para os valores de forragem disponível, os quais variaram entre 85,8 e 94,4 t MV/ha, também não apresentando diferenças entre si ($P>0,05$) de acordo com os tratamentos testados.

Na Tabela 3.6 estão apresentados os dados de produtividade da área experimental, e as perdas de colheita de acordo com os tratamentos impostos, em t MS/ha. Os valores de massa de forragem disponível e de produtividade colhida (t MS/ha) não diferiram entre os tratamentos ($P>0,05$). Na Tabela 3.7 estão apresentados os dados de perdas de colheita, expressos em porcentagem da MS em relação à produtividade colhida.

Tabela 3.6 - Produtividade colhida, disponibilidade de forragem e perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em t MS/ha

Variáveis	MAN		MEC		MEC+MAN	
	t MS/ha	EP	t MS/ha	EP	t MS/ha	EP
Forragem disponível ²	29,9	2,73	33,0	1,37	31,2	1,37
Produtividade colhida ¹	25,7	2,55	27,8	1,28	24,8	1,28
Perdas totais	4,1 ^b	0,37	5,1 ^{ab}	0,37	6,3 ^a	0,37
Palha	2,8	0,17	2,5	0,17	2,5	0,17
Cana ponta	0,9	0,14	0,8	0,14	1,0	0,14
Colmos	0,4 ^b	0,24	1,9 ^a	0,24	2,8 ^a	0,24

¹: produtividade estimada a campo;

²: produtividade somada às perdas totais;

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si (P>0,05)

Tabela 3.7 - Perdas de colheita das frações palha, folhas verdes e colmos remanescentes, em porcentagem da MS em relação à produtividade colhida

Variáveis	MAN		MEC		MEC+MAN	
	%	EP	%	EP	%	EP
Perdas totais	17,7	3,66	18,4	1,83	25,7	1,83
Palha	13,1	1,75	9,0	0,87	10,3	0,87
Cana ponta	3,2	0,90	2,9	0,45	4,1	0,45
Colmos	1,3 ^b	2,23	6,5 ^{ab}	1,11	11,3 ^a	1,11

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si (P>0,05)

As perdas totais foram superiores (P<0,05) para o tratamento MEC+MAN, em t MV/ha, e em t MS/ha (Tabelas 3.4, 3.6 respectivamente), quando comparadas ao tratamento MAN. Quando comparadas em porcentagem da produtividade colhida, as maiores perdas foram encontradas para o tratamento MEC+MAN, seguido pelo tratamento MEC e MAN, nesta ordem (P<0,05).

Na Tabela 3.8 são apresentados os dados de número de toletes danificados e arrancados por linha, e o número de plantas inteiras deixadas à campo, por linha

avaliada (15 m de comprimento cada), após a colheita da cana-de-açúcar com colhedora de forragem.

Tabela 3.8 - Danos causados às linhas de touceiras, em número de toletes remanescentes danificados, arrancados, e o número de plantas inteiras deixadas no campo, de acordo com o método de colheita utilizado

Variáveis	MAN		MEC		MEC+MAN	
	Linha de 15 m	EP	Linha de 15 m	EP	Linha de 15 m	EP
nº de toletes danificados	6,9 ^c	1,39	11,8 ^b	1,01	22,1 ^a	1,04
nº de toletes arrancados	2,5 ^b	0,45	6,7 ^{ab}	1,51	11,7 ^a	2,14
nº de plantas deixadas	1,4 ^b	0,35	10,2 ^a	1,91	2,0 ^b	1,18

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si ($P>0,05$)

O número de toletes danificados, por linha de plantio de 15 m, foi superior ($P<0,05$) para as áreas submetidas ao tratamento MEC+MAN, sendo que o valor de 22,1 toletes danificados por linha de 15 m equivaleu a aproximadamente 1,5 tolete danificado por metro de linha de plantio. Nas áreas submetidas ao corte mecanizado e corte manual (MEC e MAN), o número de toletes danificados por metro foi menor, e equivalente a 0,8 tolete danificado por metro para o tratamento MEC, e 0,5 tolete danificado por metro para o tratamento MAN. Esses valores sugerem o efeito aditivo de dano no tratamento MEC+MAN, uma vez que o valor de 1,5 tolete danificado representa aproximadamente a soma algébrica de 0,8 (MEC) mais o dano de 0,5 tolete danificado (MAN).

O número de toletes arrancados também foi superior ($P<0,05$) nas áreas submetidas ao tratamento MEC+MAN, quando comparado ao tratamento MAN, entretanto, foi considerado semelhante ao efeito do tratamento MEC. A soma algébrica dessas médias também sugere efeito aditivo no arranquio dos toletes no tratamento MEC+MAN.

3.4 Discussão

3.4.1 Produtividade colhida, forragem disponível e perdas de colheita

De acordo com os dados das características biométricas e morfológicas apresentadas na Tabela 3.3, mesmo havendo diferenças de até 20 cm para a altura da planta, de até 230 gramas para peso de planta inteira, e, de até 209 gramas para peso do colmo, essas diferenças não foram suficientes para tornar a produtividade colhida distinta para cada tratamento, conforme dados apresentados na Tabela 3.4.

Os valores de produtividade colhida (Tabela 3.4) foram inferiores ao reportado por Landell et al. (2002), de 94,3 t MV/ha para terceiro corte, em um ciclo de 12 meses, em situação similar a do presente experimento. Demais autores encontraram valores de produtividade superiores para a mesma variedade. Silva et al. (2004) reportaram o valor de 136,5 t/ha, em cana planta em espaçamento de 1,5 m. Schmidt (2006) encontrou o valor de 144,3 t/ha em espaçamento de 1,2 m e ciclo de 15 meses em cana-soca. Esses valores sugerem que maiores produtividades poderiam ter sido atingidas para esta mesma variedade de cana forrageira. Entretanto, devem ser analisados o contexto do manejo e as recomendações agronômicas reportadas por estes autores, bem como analisar as variáveis meteorológicas dos anos agrícolas em questão, para estabelecer base de comparação.

O tratamento MAN, apresentou teor aproximado de 29% de MS, enquanto os tratamentos MEC e MEC+MAN apresentaram teor aproximado de 34% de MS. Esses valores inicialmente já sugerem que, diferentes proporções de partes das plantas participaram na estimativa da produtividade em t MS/ha (Tabela 3.6), e que devido a maior participação da fração colmo no tratamento MAN, essa foi considerada como o primeiro indicador de que diferentes proporções das frações poderiam ser encontradas nas perdas, como será discutido a seguir.

Contudo, conforme descrito na metodologia, o tratamento MEC+MAN contabilizou as perdas das frações palha, cana ponta, e colmos composta por tocos e plantas inteiras. Para o tratamento MEC, contabilizaram-se as perdas da fração palha, cana ponta, e colmos compostos apenas por plantas inteiras que ficaram a campo, pois

nesse caso não houve rebaixamento do toco. Com isso, pode-se inferir que as perdas totais foram semelhantes quando foi realizada a colheita mecânica (com rebaixamento ou não das soqueiras), e que os valores do tratamento MEC+MAN devem ser considerados como sendo os que melhor representam as perdas de colheita mecanizada da cana-de-açúcar, uma vez que a diferença entre as perdas dos tratamentos MEC e MEC+MAN somente considerou os tocos que foram deixados nas touceiras.

Deve-se ressaltar que as perdas totais de colheita foram semelhantes entre os tratamentos se comparadas em porcentagem de MS colhida ($P>0,05$), havendo efeito de tratamento somente sobre a fração colmo ($P<0,05$), variando entre 1,3% para tratamento MAN, a 11,3% para o tratamento MEC+MAN, em relação à MV colhida (Tabela 3.7). Estes resultados indicam que o método de colheita da forragem não modificou a susceptibilidade da planta em perder algumas de suas folhas verdes (fração cana ponta) ou de suas folhas secas (fração palha). De fato, observou-se que as perdas em quantidade de palha e cana ponta foram similares ($P>0,05$) entre os tratamentos testados (Tabelas 3.4 e 3.6) e, que as plantas perderam praticamente todas suas folhas secas durante o processo de colheita, como pode ser observado na Tabela 3.3. Após passar por análise biométrica, o peso médio obtido da palha por planta variou entre 0,005 e 0,013 kg enquanto que o número de folhas secas por planta variou de 0,9 a 1,9, não diferindo entre os tratamentos testados ($P>0,05$). Esta susceptibilidade da perda de palha pela variedade IAC86-2480, constatada no presente trabalho, evidencia a característica de despalha espontânea, como reportado por Landell et al. (2002). Portanto, estas perdas ocorreram independentemente do método de colheita adotado no canavial, e podem ser consideradas intrínsecas ao processo de colheita desta variedade.

Devido ao fato de que as perdas das frações de palha e cana ponta foram uniformes em quantidade ou na participação relativa entre tratamentos testados (Tabelas 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7) e, que houve variação entre os tratamentos somente na participação relativa à MS da fração colmo (Tabela 3.7), duas situações distintas foram consideradas. A primeira foi que, as menores perdas totais que ocorreram durante o processo de colheita da cana-de-açúcar foram na ordem de 6,5% em relação à

produtividade colhida em MV (Tabela 3.5) ou de 17,7% em relação à produtividade colhida em MS (Tabela 3.7), referentes ao corte manual da cana. Por outro lado, quando observado o maior valor de perda em colmo, referente ao tratamento MEC+MAN, houve perdas de 18,5% em relação à produtividade colhida em MV (Tabela 3.5) ou de 25,7% em relação à produtividade colhida em MS (Tabela 3.7). Isso sugeriu que, mesmo quando o método mais eficiente de colheita foi adotado (tratamento MAN), houve no mínimo, perdas totais na ordem de 6,5 % em relação à produtividade colhida em MV (equivalente a 17,7% em relação a produtividade colhida em MS), e que quando se optou pela colheita mecânica, houve acréscimo de 12 unidades percentuais com base na MV ou de 8 unidades percentuais com base na MS.

O maior valor de perdas totais reportado neste trabalho foi de 13,3 t MV/ha, onde 9,1 t do total são referentes à perda em colmos (tocos e plantas inteiras). Esse valor é superior ao reportado por Balsalobre et al. (1999), que relataram perdas de até 8 t MV/ha em tocos deixados no campo após colheita com colhedora de forragem. Muraro (2007) avaliou perdas da fração toco, simulando colheita mecanizada de cana cultivada sob espaçamentos de plantio de 0,9 e 1,3 m, e um ou dois cortes por ano, encontrando perdas de toco de 11,79 a 31,27 t MV/ha. Considerando a perda da fração toco de 11,79 t/ha, referente ao espaçamento análogo de 1,3 m cortado uma vez ao ano, os valores encontrados por esta autora foram numericamente superiores aos do presente trabalho. Provavelmente, isso ocorreu devido ao maior potencial produtivo do canavial por ela estudado (189,01 t MV/ha), da variedade RB72-454. Além disso, a perda da fração toco em valores relativos encontrados pela autora, representou 6,23% da produtividade colhida, inferior ao presente estudo, onde o valor apresentado foi de 12,7% (Tabela 3.5). Esse fato sugere que quanto maior a produtividade da cultura, menor deveria ser a participação relativa do toco remanescente, como resultado da diluição dessa fração na maior massa de forragem.

Neves et al. (2004) quantificaram as perdas de massa remanescente em lavouras de cana submetidas à colheita por meio de colhedora automotriz, operando sob as rotações de 1.200 rpm e 1.500 rpm do ventilador do extrator primário desse equipamento. As maiores perdas foram encontradas para a maior velocidade, sendo de 5,68% para perdas totais (correspondente a perdas em rebolos, tocos, colmos, pedaços

e lascas) e de 17,38% para as perdas de massa foliar, num total de 23,06%, em relação à base úmida. Já para menor velocidade as perdas foram de 2,51% para as mesmas perdas totais e de 10,74% para perdas de massa foliar, num total de 13,25%. Dentro das perdas totais, a fração toco correspondeu a somente 0,08% para 1.500 rpm e 0,14% para 1.200 rpm.

Vitti et al. (2007) comentaram que após a colheita mecanizada de canaviais sem queima prévia (cana-crua), pode permanecer sobre o solo a massa de resíduos culturais ou palhada de 10 a 25 t/ha de material seco da cultura, sendo que os valores encontrados variaram de 6,5 a 9,4 t MS/ha de palhada residual. Franco et al. (2007) também reportaram valor de 9,4 t MS/ha de palhada residual em um canavial submetido à colheita por meio de automotriz operando sem queima prévia.

Os valores relatados sugerem que as perdas que ocorrem durante a colheita com máquinas tradicionalmente utilizadas para colheita de cana com fins industriais podem ser consideradas elevadas, e ainda, superiores às encontradas no presente estudo (6,3 t MS/ha), com a utilização de colhedoras de forragem (Tabela 3.6). Contudo, as diferentes formas de colheita geram diferentes participações das frações de perdas da matéria-prima.

A maior fração das perdas ocorridas durante a colheita com colhedora automotriz correspondeu à massa foliar (MV), variando de 10 a 17%, enquanto que no presente trabalho, as mesmas perdas se apresentaram entre 1,1 e 1,5% (Tabela 3.5). Isso se deve ao fato de que as colhedoras automotrizes dispõem de dispositivo de corte do ponteiro da cana, uma vez que este material é considerado indesejável durante o processo de moagem realizado nas usinas de açúcar e álcool. Situação oposta ocorre quando se colhe a cana para fins de alimentação animal, pois as folhas são desejáveis na composição da massa colhida e são bem aproveitadas como alimento.

Já a fração de perdas totais, em matéria verde, referentes às perdas em diferentes formas do colmo, foram menores na colheita realizada com colhedoras automotrizes (5,6%), quando comparadas a colheita com colhedora de forragem (18,5%).

As menores perdas da fração colmo da cana-de-açúcar quando a colheita é realizada por colhedoras automotrizes se devem à maior preocupação que o setor

sucroalcooleiro mantém em apresentar maior eficiência de colheita dos colmos, apresentando dispositivos que controlam a altura de corte, além de diminuir o recolhimento de impurezas na matéria-prima colhida. Salvi et al. (2007) avaliaram o uso de dispositivos de controle da altura de corte automático ou controle manual da altura de corte de colhedoras automotrizes de cana, e verificaram que o equipamento automático não foi eficiente em manter a altura de corte desejada. As médias encontradas por estes autores variaram entre 2,8 e 4,0 cm. Entretanto, o uso do equipamento promoveu menor incidência de tocos arrancados e deixados no campo, variando de 0,5 a 1,7%. Estes autores ainda comentaram que os tocos arrancados reduziram a longevidade do canavial e, quando incorporados com a matéria-prima colhida para indústria, poderiam aumentar o teor de impureza mineral.

3.4.2 Danos de colheita

Houve superioridade dos valores observados para os danos causados à touceira remanescente pelo efeito da colheita mecanizada, e, o rebaixamento praticamente dobrou os danos causados a estas touceiras. Entretanto, essa avaliação foi somente descritiva, sendo que sua discussão poderá ser realizada quando estes dados foram analisados conjuntamente com os dados de rebrotação do canavial após a aplicação dos tratamentos (corte de uniformização).

O número de plantas inteiras não coletadas por linha de plantio, foi superior ($P > 0,05$) para as áreas submetidas ao tratamento MEC, sendo que não houve diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos MAN e MEC+MAN. Estes valores equivaleram a afirmar que foi deixada uma planta inteira a cada 10,7 m para a colheita manual, uma planta a cada 1,5 m para colheita mecânica, e uma planta a cada 7,5 m para colheita mecânica seguida de rebaixamento manual. Esses dados enfatizam, de outra maneira, os dados de perdas da fração colmo, sendo superiores para o corte mecanizado, conforme dados apresentados nas Tabelas 3.4 e 3.6. Isso se refletiu em melhor eficiência de colheita da cana quando o corte manual foi realizado, ou mesmo o quando rebaixamento das soqueiras, uma vez que houve a oportunidade da retirada de parte das plantas inteiras não captadas pelo equipamento de colheita.

Para caracterização da precisão da altura de corte nas parcelas que sofreram corte mecanizado (tratamento MEC), foram tomadas medidas da altura e número de entrenós dos tocos remanescentes. Os valores observados para altura variaram entre 18,5 e 22,7 cm ($EP = 1,05$), e não houve diferença ($P > 0,05$) entre blocos, sendo que o valor médio estimado da altura de corte foi de 20,9 cm. O número de entrenós remanescentes no campo variou entre 1,2 a 1,8 ($EP = 0,09$), também não apresentando diferença entre blocos ($P > 0,05$).

Devido à tomada de dados das alturas dos tocos remanescentes, do diâmetro médio dos colmos anterior ao corte, e da contagem do número médio de perfilhos por metro (Tabela 3.3), foi possível o cálculo de estimativa da produção de colmo por hectare (TCH) dos tocos remanescentes (equação 3), contabilizados como perda, de acordo com a fórmula proposta por Landell e Silva (2004).

Considerando os dados médios obtidos previamente ao corte de 13,0 perfilhos por metro; 2,5 cm de diâmetro médio dos colmos; 20,9 cm a altura média do toco remanescente pós corte de uniformização, e; 1,3 m do espaçamento entrelinhas, o valor estimado de TCH foi de 10,26, deixadas à campo. Vale ressaltar que, a TCH estimada pelo uso da fórmula somente leva em consideração as variáveis que a compõe. No método adotado para estimativa de perdas de acordo com a massa recolhida do campo após colheita, a fração colmo contabilizou além dos tocos, as plantas inteiras deixadas a campo, assim não correspondendo exatamente às mesmas estruturas.

Entretanto, se tomado o maior valor encontrado de perdas da fração colmo, de 9,1 t MV/ha, este pôde ser considerado semelhante à TCH estimada, devido ao erro padrão correspondente à esta estimativa de 0,91 (Tabela 3.4). Devido aos resultados obtidos, pode-se inferir que, tanto a metodologia proposta por Penati et al. (2005) quanto a fórmula sugerida para cálculo de TCH indicada por Landell e Silva (2004) podem ser utilizadas para estimativa de perdas da fração colmo para colheita mecanizada.

3.5 Conclusões

Nenhum dos métodos avaliados foi plenamente eficiente em colher toda a forragem disponível no campo. Sendo assim, o comportamento da colheita mecanizada da cana seguida ou não de rebaixamento manual dos tocos remanescentes foi considerado satisfatório, uma vez que as perdas geradas por este método foram superiores à colheita manual em somente 12% e 8% no total de perdas relativas à produtividade colhida em MV e MS, respectivamente.

As perdas quantitativas e relativas correspondentes às frações palha e à ponte de cana foram semelhantes entre os métodos de colheita avaliados. A fração colmo, entretanto, foi a que apresentou diferença entre os tratamentos, gerando valores de perdas relativas à produtividade colhida em MS de 1,3% para o corte manual, 6,5% para o corte com colhedora de forragem, e de 11,3% para o corte mecanizado seguido de rebaixamento manual.

Embora a colheita mecânica tenha gerado valores superiores de perdas e danos na colheita, as perdas totais geradas pelo corte MEC+MAN foram superiores em somente 8% da MS em comparação aos outros métodos. Sendo assim, o comportamento da colheita mecanizada (com ou sem rebaixamento) foi considerado satisfatório.

Referências

BALSALOBRE, M.A.; FERNANDES, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 7-26.

BALSALOBRE, M.A.; SANTOS, P.M.; FERNANDES, R.A. Cana-de-açúcar: quando e como cortar para consumo animal. **Balde Branco**, São Paulo, n. 421, p. 13-19, nov. 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FRANCO, H.C.; VITTI, A.C.; FARONI, C.E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de área com cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 6, p. 32-36, 2007.

FURLANI NETO, V.L. A colheita da cana-de-açúcar. In: CAMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 226-240.

JF MÁQUINAS AGRÍCOLAS. Disponível em: <<http://www.jfmaquinas.com/>>. Acesso em: 12 abr. 2008.

JUMIL MÁQUINAS AGRÍCOLAS. Disponível em: <<http://www.jumil.com.br/index.php>>. Acesso em: 12 abr. 2008.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: manejo de produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 18-27, jan./jun. 2004.

LITTEL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1216-1231, Apr. 1998.

MANZANO, R.P.; PENATI, M.A.; NUSSIO, L.G. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2004. 29 p.

MENTA MÁQUINAS AGRÍCOLAS. Disponível em: <<http://www.mentamit.com.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2008.

MURARO, G. **Impacto do espaçamento, número de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para silagem**. 2007. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized liner models. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A, Oxford, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; OTA, W.M. Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 764-770, 2004.

NOGUEIRA MÁQUINAS AGRÍCOLAS. Disponível em: <<http://www.nogueira.com.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2008.

NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M. Estratégias para produção de bovinos diante da expansão da cultura canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p. 243-272, 2007.

PENATI, M.A.; CORSI, M.; LIMA, C.G.; MARTHA JUNIOR, G.; DIAS, C.T.S. Número de amostras e relação dimensão:formato da moldura de amostragens para a determinação da massa de forragem de gramíneas cespitosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 36-43, 2005.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SALVI, J.V.; MATOS, M.A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de cortes de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 201-209, jan./abr. 2007.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pasto de capim marandu sob lotação contínua**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar**. 2006. 229 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e pastagens). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SILVA, M.A.; OKAMOTO, F.; PORTO, A.J. CAMPANA, M.P.; SILVA, D.N. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar visando alimentação animal no município de Gália (SP). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 61, n. 2, p. 127-134, 2004.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VAN DILLEWINJ, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 372 p.

VITTI, A.C.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Balanço de massa e de nutrientes da palhada e da rebrota de cana-de-açúcar dessecada com glifosato. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 3, p. 30-33, 2007.

ZACARIAS, C.A.B. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e suas implicações no melhoramento**. 1977. 82 p. Dissertação de (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

4 PERFILHAMENTO E DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS DA VARIEDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR IAC86-2480 SUBMETIDA A MÉTODOS DE COLHEITA

Resumo

O presente experimento teve por objetivo avaliar o efeito de métodos de colheita sobre o perfilhamento e a densidade populacional de perfilhos de cana-de-açúcar. As avaliações foram realizadas na variedade IAC86-2480 de cana, de terceiro corte, no período de novembro de 2006 a novembro de 2007. Os tratamentos consistiram de métodos de colheita e corresponderam a corte manual basal (MAN), corte mecanizado por meio de colhedora de forragem (MEC) e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual basal (MEC+MAN). Estes foram alocados às unidades experimentais (parcelas) segundo um delineamento de blocos completos casualizados com seis repetições. Cada parcela possuía 8 linhas com 15 m de comprimento e espaçamento de 1,3 m. Para corte manual, as plantas foram colhidas na base por meio de corte com podão, amontoadas e transportadas. Para corte com colhedora de forragem (plataforma de corte regulada para altura de corte de 20 cm), esta foi tracionada por trator provido de sistema redutor e acoplada a vagão forrageiro para acondicionamento do material. Para o corte mecanizado seguido de rebaixamento manual basal, seguiu-se o mesmo procedimento do corte MEC, porém, após a passagem da colhedora, os tocos remanescentes foram recepados rente ao solo com uso de podão. Após a aplicação dos tratamentos foram marcadas aleatoriamente, contíguas às bordaduras de cada parcela, duas réguas de um metro para avaliação do perfilhamento. A avaliação da emissão de perfilhos, basais e aéreos, se deu aos 11, 19, 33, 42 e 60 dias após colheita das áreas (DAC) e foram denominadas de ordens formadoras da população de perfilhos (de primeira a quinta ordem). No dia da avaliação os novos perfilhos foram identificados com uso de fitas metálicas de cores distintas e contados. O balanço entre o total de novos perfilhos surgidos e de perfilhos mortos foi utilizado para o cálculo da densidade populacional. Após a paralisação da emissão de novos perfilhos, a contagem passou a ser quinzenal até o final do ciclo de 365 dias. O número final de perfilhos por metro (NPM) foi 14 para MAN, 15 para MEC e 16 para MEC+MAN, os quais não diferiram entre si ($P>0,05$). Também não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) no perfilhamento total e nas diferentes ordens de perfilhamento ao longo do ciclo da cultura. Perfilhos de primeira ordem foram os principais formadores da população final de perfilhos, contribuindo com mais de 70% do total. As taxas médias diárias de aparecimento e morte de perfilhos foram superiores ($P<0,05$) para o corte MEC, entretanto, não grande o suficiente para gerar diferenças no NPM no final do ciclo. Os perfilhos aéreos emergidos no corte MEC sobreviveram somente até 90 DAC. Embora os métodos de colheita tenham alterado o padrão inicial de perfilhamento, eles não modificaram a densidade populacional final e nem a rebrotação da variedade estudada, sugerindo que a recomendação do rebaixamento das soqueiras após corte MEC deveria ser analisada cuidadosamente, uma vez que os resultados deste primeiro ciclo de avaliação indicaram que ele pode ser um procedimento desnecessário.

Palavras-chave: Colheita manual; Colheita mecânica; Perfilho aéreo; Rebaixamento

4 TILLERING AND TILLER POPULATION DENSITY OF IAC86-2480 SUGARCANE VARIETY SUBJECTED TO HARVESTING METHODS

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the effect of harvesting methods on the tillering and tiller population density of sugarcane. Measurements were performed on a three year old crop of the IAC86-2480 variety, from November 2006 to November 2007. Treatments corresponded to three harvesting methods: manual (MAN), mechanical (MEC) and mechanical followed by manual (MEC+MAN), and were allocated to experimental units (plots) according to a complete randomised block design, with six replications. Each plot corresponded to eight 15 m-long rows spaced 1.3 m from each other. For the manual harvest, plants were cut to ground level using cutters and the material was piled up and transported for later processing. For the mechanical harvest, a harvester was used with cutting height adjusted for 20 cm. The machine was pulled by a tractor and had a wagon attached to it to accommodate the harvested material. For the mechanical followed by the manual harvest, crop was originally harvested by MEC and then with cutters to cut stubble to ground level. After treatments were imposed, two 1 m-long transect lines, contiguous to plot border, were randomly marked per plot for measuring tiller demography. Evaluations regarding tiller appearance and death of basal and aerial tillers were performed at 11, 19, 33, 42 and 60 days after harvesting day (DAC), and were denominated as orders of newly formed tillers (first to fifth order). At each measurement day new tillers were marked with metallic ribbons of different colours. The balance between the total of new formed and dead tillers was used to calculate tiller population density (tillers per linear meter). Once tillering had ceased, tiller counts were made at 15-day intervals until the end of a 365-day crop cycle. The final number of tillers per linear meter (NPM) was 14 for MAN, 15 for MED and 16 for MEC+MAN, which were similar ($P>0.05$). No differences ($P>0.05$) were recorded in tillering as well as in tiller orders throughout the crop cycle. First order tillers were the main constituents of the final tiller population, contributing with over 70% of the total. Rates of tiller appearance and death were higher for MEC than MAN and MEC+MAN ($P<0.05$), but not large enough to generate differences in NPM at the end of the experiment. Aerial tillers produced with the MEC treatment remained alive only until 90 DAC. Although harvest methods had an initial effect on the pattern of tillering, they did not affect either final tiller population or sugarcane regrowth, suggesting that the usual recommendation for cutting stubbles to ground level manually after mechanical harvest need to be carefully considered, since the results from this single year experiment indicated that it may be an unnecessary procedure.

Keywords: Manual harvest; Mechanical harvest; Aerial tiller; Topping

4.1 Introdução

Devido a grande utilização da cana-de-açúcar para a produção de forragem, tem-se sugerido que novas variedades sejam adaptadas para colheita quando esta é realizada com uso de colhedora de forragens. Nesse contexto, o número e o peso de perfilhos por metro linear passam a ter importância na avaliação da variedade, uma vez que essas características definem a densidade da cultura por metro linear (BALSALOBRE et al., 1999). Após o corte (mecânico ou manual) da cana-planta, permanecem no solo as soqueiras de cana-de-açúcar. O corte possibilita a renovação da parte aérea da cultura e, também, do sistema radicular. O ciclo da cana-soca dura aproximadamente 12 meses, sendo que a primeira fase do ciclo fenológico é o perfilhamento, oriundo da intensa brotação das soqueiras e que ocorre durante os primeiros 20 a 30 dias após o corte (SEGATO et al., 2006). O processo de perfilhamento caracteriza-se pela emissão de brotos a partir da porção subterrânea de uma mesma planta, os quais recebem a denominação de perfilhos.

O padrão de perfilhamento varia entre variedades de uma mesma espécie e entre espécies, além de ser influenciado por condições de ambiente e tratos culturais adotados (SUGUITANI, 2001). Variedades com maior influência genética da espécie *Saccharum officinarum* apresentam baixo perfilhamento, enquanto que variedades com maior influência genética da espécie *S. spontaneum* apresentam perfilhamento mais intenso. Apesar do grande destaque da cultura de cana-de-açúcar, diversos aspectos sobre a ciência da ecofisiologia dessa cultura permanecem pouco esclarecidos, principalmente os relacionados à brotação pós-corte e à maturação (CRUSCIOL, 2008).

Os fatores relacionados ao ambiente que afetam o perfilhamento da cana-de-açúcar são: luz, temperatura, umidade, vento, pragas, doenças e plantas daninhas (VAN DILLEWINJ, 1952). Já aqueles relacionados com o manejo são: adubação, controle de plantas invasoras, espaçamento entrelinhas, época de plantio e de colheita da cana-planta ou das socas (SEGATO et al., 2006) e métodos de colheita.

Resultados oriundos da investigação sobre alguns desses fatores são amplamente encontrados na literatura. Entretanto, são informações advindas de pesquisa do setor sucro-alcooleiro, sendo que as características das plantas

selecionadas para a indústria diferem daquelas desejadas para melhorar a qualidade da planta como forragem, uma vez que trabalhos relacionados com produção animal investigam principalmente valores e características nutricionais da planta, e pouco se sabe sobre manejo da cana-de-açúcar destinada à alimentação animal. Em especial, sobre os diferentes efeitos ou conseqüências, a curto, médio ou longo prazo, que os métodos de colheita atualmente utilizados trazem para as áreas cultivadas de cana-de-açúcar destinadas à alimentação animal.

O corte manual é adotado quando a demanda diária por alimento na propriedade é pequena, enquanto que para grandes demandas, o corte mecanizado se torna muito conveniente. O fato de o impacto de cada um dos métodos de colheita ser distinto, e, além disso, de o corte mecanizado deixar nas linhas de plantio parte da base do colmo, dependendo da altura de corte utilizada para regulação da plataforma da colhedora, gera dúvidas quanto ao tipo de influência que os diferentes métodos possam ter sobre a rebrotação do canavial.

Com base no exposto, o presente experimento teve como objetivo avaliar o perfilhamento e a dinâmica populacional de perfilhos em áreas de cana-de-açúcar submetidas à colheita manual, mecânica e mecânica seguida de rebaixamento manual.

4. 2 Material e métodos

4.2.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido em área do Centro Avançado de Tecnologia da Cana, do Instituto Agrônomo de Campinas, IAC (APTA, Agência Paulista de Tecnologia das Agronegócios) – pólo Ribeirão Preto, SP. As coordenadas geográficas aproximadas da área são: latitude 21°12'S, longitude 47°52'O; e, 640 m de altitude. O experimento foi iniciado em novembro de 2006, após corte e remoção da cana da área, e se estendeu até novembro de 2007, por ocasião do novo corte e colheita da cana.

4.2.2 Área experimental

A área experimental media 3400 m² e foi dividida em seis blocos, com dimensões de 9,1 m x 63 m (573,3 m²). Em cada bloco foram estabelecidas três parcelas, e cada uma foi considerada uma unidade experimental, onde os tratamentos foram impostos. A representação esquemática da parcela encontra-se na Figura 4.1.

Figura 4.1 - Representação esquemática das parcelas (8 linhas de plantio) e nomenclaturas adotadas

Cada parcela possuía oito linhas de plantio de 15 metros de comprimento espaçadas de 1,30 m uma da outra, totalizando 136,5 m². As parcelas eram separadas por um corredor de circulação de nove metros de largura, necessário para o trânsito de máquinas agrícolas. As oito linhas de cada parcela receberam uma nomenclatura para organização da coleta de material e dos dados no campo. As linhas de avaliação foram utilizadas para demarcação de duas réguas transectas para avaliação do perfilhamento e para análise de composição morfológica por meio de método não-destrutivo (Cap. 5). Já as linhas de coleta foram destinadas às colheitas mensais da planta para estimativa de produção e análise de composição morfológica por meio de método destrutivo (Cap. 5).

4.2.3 Clima e Solo

A classificação climática do município de Ribeirão Preto, segundo o método de Köppen, é Aw, caracterizado por elevada precipitação, embora apresente inverno seco

e verão úmido (ROLIM et al., 2007). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Férrico³, de acordo com o sistema EMBRAPA (1999). Os dados meteorológicos de Ribeirão Preto durante o período experimental e a análise de solo da área experimental são apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente. O balanço hídrico da área foi calculado para uma CAD de 40 mm, e encontra-se apresentado na Figura 4.2.

Tabela 4.1 - Dados meteorológicos de Ribeirão Preto de novembro de 2006 a novembro de 2007

Mês / ano	T _{máx}	T _{mín} °C	T _{média}	Precipitação mm	UR _{média} (%)
Novembro / 2006	30,2	17,4	23,8	113,7	82,9
Dezembro / 2006	29,8	19,9	24,8	301,1	92,8
Janeiro / 2007	28,7	20,4	24,5	466,5	96,8
Fevereiro / 2007	30,9	20,0	25,5	109,7	87,5
Março / 2007	30,7	19,8	25,3	136,0	85,7
Abril / 2007	30,7	19,1	24,9	15,6	86,8
Maio / 2007	35,4	14,6	25,0	105,9	86,1
Junho / 2007	27,4	15,2	21,3	1,7	81,7
Julho / 2007	26,3	14,8	20,5	78,0	77,8
Agosto / 2007	29,5	16,6	23,0	0,0	69,7
Setembro / 2007	32,3	19,7	26,0	0,0	58,0
Outubro / 2007	33,0	21,1	27,0	42,7	67,7
Novembro / 2007	28,7	21,0	24,8	45,0	91,8

T – temperatura; UR – umidade relativa

Fonte: APTA – Ribeirão Preto (SP).

Tabela 4.2 - Análise de solo da área experimental situada no Centro de Cana, APTA-IAC, Ribeirão Preto, SP¹

pH _{CaKCl}	pH _{H2O}	MO	V	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P _{Res}
		---- % ----					cmol _c .dm ⁻³				mg.cm ⁻³
5,1	5,8	1,5	51,35	3,6	0,1	3,0	0,7	0,10	3,84	7,46	15,1

Al = alumínio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; P_{res} = fósforo (determinado por método de resina); MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases

Em dezembro de 2006, depois de passado um mês do corte de uniformização, foi realizado o cultivo e a adubação da área experimental com o fertilizante 05-20-20 na

³ Classificação APTA – Ribeirão Preto. Comunicação pessoal.

dosagem de 500 kg.ha^{-1} , aplicado em filete contínuo incorporado na entrelinha. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de roçada manual.

Figura 4.2 - Balanço hídrico diário da cultura de cana-de-açúcar do período de 02 novembro de 2006 a 15 de novembro de 2007 (CAD = 40 mm).

4.2.4 Variedade

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a IAC86-2480, em seu terceiro corte. Essa variedade se caracteriza por apresentar alto teor de sacarose, boa produtividade agrícola, longevidade de soqueira, porte ereto, baixo teor de FDN, baixa relação FDN/Pol, boa digestibilidade *in vitro* da matéria seca, boa conversão alimentar, despalha espontânea, elevado rendimento de corte, resistência a carvão e ao raquitismo da soqueira. Por outro lado, apresenta resistência intermediária à ferrugem e pouca rusticidade, uma vez que possui exigência média a alta quanto à fertilidade de solo e condições climáticas. Essa variedade de cana apresenta baixo teor relativo de FDN dentre as variedades produzidas, e é atualmente cultivada por cerca de 100 mil produtores rurais em todo o território nacional (LANDELL et al., 2002).

4.2.5 Tratamentos

Os tratamentos corresponderam a três métodos de colheita: corte manual (MAN), corte mecanizado (MEC) e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual (MEC+MAN). A aplicação dos tratamentos às parcelas foi realizada em 11 de novembro de 2006, por ocasião da colheita de toda a cana contida nas parcelas experimentais. O tratamento relativo ao corte manual foi efetuado na região do colo da planta, rente ao solo, com uso de podão. Após o corte, o material colhido foi manipulado cuidadosamente para evitar remoção e perda de estruturas da planta, sendo organizado em feixes, fora das parcelas, para posterior recolhimento.

No caso do corte mecanizado, foi utilizada uma colhedora de forragem (marca Menta[®] modelo Colhiflex MFC 1) regulada para altura de corte de 20 cm. Esta foi tracionada por trator de 88 cv de potência, com acoplamento hidráulico e acionada pelo sistema de tomada de potência. Com o objetivo de reduzir a velocidade de deslocamento desse equipamento e evitar danos à soqueira, o trator foi equipado com sistema de redução de rotação para assegurar a captação e corte preciso dos colmos. A velocidade média de deslocamento do conjunto trator-colhedora durante a colheita foi 2,4 km/h, utilizando primeira marcha reduzida e rotação de 1700 RPM no motor. O conjunto de facas da colhedora foi afiado no início do corte das parcelas pertencentes a cada tratamento. Inicialmente foram colhidas as parcelas com aplicação do corte mecanizado exclusivo e, na seqüência, aquelas referentes ao tratamento de corte mecanizado seguido por rebaixamento manual.

O terceiro tratamento foi aquele em que as plantas foram submetidas ao procedimento de corte mecanizado, conforme descrito acima e, na seqüência, a porção remanescente do colmo (toco) foi cortada rente ao solo com o uso de podão, de forma semelhante àquela descrita para o método de corte manual. O objetivo desse tratamento foi o de simular o rebaixamento do colmo remanescente após corte mecanizado com o propósito de estimular o perfilhamento basal e a uniformidade de rebrotação, mantendo, porém, o impacto de trânsito da colhedora de forragem sobre o talhão.

A combinação de tratamentos foi planejada de forma a permitir que os diferentes impactos causados às áreas colhidas por meio dos diferentes métodos de colheita (manual vs. mecanizado) pudessem ser avaliados, assim como se o rebaixamento ou não do toco remanescente na touceira após colheita mecânica afetava a rebrotação da cana-de-açúcar. Com isso, ao confrontar os tratamentos MAN com MEC, estabeleceu-se a possibilidade de comparações entre os métodos de colheita (manual vs. mecanizado), sendo que no corte MEC o toco permaneceu na touceira. A comparação do MEC com MEC+MAN permitiu inferir sobre o efeito do rebaixamento do colmo remanescente após a colheita mecanizada, e a comparação entre MAN e MEC+MAN gerou a oportunidade para explorar o efeito do corte e deslocamento da colhedora somado à ação do podão sobre os talhões de cana-de-açúcar.

4.2.6 Avaliação do perfilhamento e da densidade populacional de perfilhos

A avaliação do perfilhamento e da densidade populacional de perfilhos foi realizada em réguas transectas demarcadas nas parcelas logo após a imposição dos tratamentos experimentais. Foram demarcadas, de forma aleatória, duas réguas de um metro linear cada por parcela, as quais foram delimitadas e identificadas por meio de estacas. A estrutura da planta considerada como perfilho foi aquela que, após a fase de brotação, emitiu pelo menos uma folha que, geralmente, era de limbo foliar pequeno, devido ao tamanho dos perfilhos primários emitidos pela planta (VAN DILLEWIJN, 1952).

A identificação de cada ordem de perfilhos foi realizada da seguinte maneira: em cada régua foram marcados todos os perfilhos que emergiram até a data de cada avaliação por meio de fitas metálicas coloridas, amarradas de modo a não restringir o crescimento da planta à medida que esta se desenvolvesse. Foram convencionadas fitas da cor amarela para perfilhos surgidos na primeira avaliação (primeira ordem), vermelha para perfilhos da segunda avaliação (segunda ordem), rosa para perfilhos da terceira avaliação (terceira ordem), verde para perfilhos da quarta avaliação (quarta ordem) e marrom para perfilhos da quinta avaliação (quinta ordem). A mesma convenção foi seguida para emissão dos perfilhos aéreos, porém com uso de uma

etiqueta plástica junto à fita colorida para identificação do perfilho aéreo (adaptado de ROCHA, 1984).

A avaliação da densidade populacional dos perfilhos foi realizada aos 11, 19, 33, 42 e 60 (dias após o corte) DAC por meio de contagem do número de perfilhos emitidos e do número de perfilhos que senesceram ao longo do tempo. Dessa forma foi possível realizar o balanço entre o total de perfilhos surgidos e o total de perfilhos mortos para cada uma das réguas de avaliação. Após a paralisação da emissão de novos perfilhos, a contagem passou a ser quinzenal. Essas avaliações permitiram a descrição do número total de perfilhos por metro linear ao longo do ciclo da cultura, além de permitir estimar a participação de perfilhos basais e aéreos na densidade populacional final. Permitiu, também, a quantificação da participação de cada ordem de perfilhos dentro da população total, assim como de seu padrão de variação ao longo do experimento.

4.2.7 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis repetições. Os dados colhidos foram submetidos à análise para medidas repetidas no tempo, por meio de 25 avaliações não-destrutivas. O perfilhamento total e a densidade populacional de perfilhos foram estudados com uma função não-linear, que seguem a distribuição de Poisson, tendo o logaritmo natural como função de ligação, utilizando-se a teoria de modelos lineares generalizados proposta por Nelder e Wedderburn (1972), sob um modelo misto no qual além dos parâmetros da função para cada tratamento, foram incluídos os efeitos aleatórios de bloco e resíduo, analisados com o procedimento NLMIXED, por meio do programa estatístico SAS, versão 9.1.3.

Para estimativa do perfilhamento total e basal, em número de perfilhos por metro linear, foi utilizado o modelo não-linear referente à equação 6.

$$Y = \exp [i + c (\exp - k_a * DAC) - \exp (-k_m * DAC)] \quad (6)$$

Em que:

c: constante de integração;

i: intercepto;

k_a : taxa média diária de aparecimento;

k_m : taxa média diária de mortalidade;

DAC: dias após a colheita.

Para estimativa do perfilhamento total de acordo com a ordem dos perfilhos, foi utilizado o modelo logístico referente à equação 7.

$$Y = \exp [i + c * \exp (-k_m * DAC)] \quad (7)$$

Em que:

c : constante de integração;

i : intercepto;

k_m : taxa média diária de mortalidade;

DAC: dias após a colheita.

Adicionalmente, para o perfilhamento aéreo, foram consideradas as médias das contagens obtidas até os 90 DAC, devido à morte de todos os perfilhos aéreos após essa data. Foi utilizado o modelo matemático que incluiu os efeitos fixos de tratamento e DAC, além dos efeitos aleatórios de bloco, bloco*tratamento e resíduo, utilizando-se procedimento MIXED do programa SAS, versão 9.3.1, conforme a equação 8 a seguir.

$$y_{ijk} = \mu + \beta_j + t_i + \delta_{ij} + d_k + (td)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (8)$$

Em que:

y_{ijk} = valor observado no k -ésimo DAC, do j -ésimo bloco no i -ésimo tratamento;

μ = média geral;

β_j = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco, $j = 1, \dots, 6$;

t_i = efeito fixo do i -ésimo tratamento; $i = 1, \dots, 3$;

δ_{ij} = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco no i -ésimo tratamento, assumindo $\delta_{ij} \sim N(0, I\sigma^2_\delta)$, sendo que $I\sigma^2_\delta$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos;

d_k = efeito fixo do k -ésimo DAC; $k = 9, 17, 31, 40, 59, 77, 91$;

$(td)_{ik}$ = efeito da interação do i -ésimo tratamento com o k -ésimo DAC;

ε_{ijk} = erro aleatório associado ao k -ésimo bloco, no i -ésimo tratamento e k -ésimo DAC, assumindo $\varepsilon_{ijk} \sim V(0, V\sigma^2_\varepsilon)$, sendo que $V\sigma^2_\varepsilon$ é a matriz de variância e covariância que foi modelada com uma estrutura auto-regressiva de primeira ordem, pois se assume dependência de erros.

Os melhores modelos foram identificados utilizando-se como critério a estatística de verossimilhança, além dos critérios de AIC e BIC (LITTELL et al., 1998). As comparações entre médias para as variáveis estudadas, quando necessárias, foram realizadas por meio do teste de t de Student e nível de significância de 5%. As comparações entre os parâmetros dos modelos foram realizadas por meio de contraste, utilizando-se o teste de F e significância de 5%.

4.3 Resultados

Na Tabela 4.3 estão apresentados os valores de probabilidade obtidos, por meio do teste F, para verificação do efeito dos tratamentos sobre as variáveis estudadas. Pôde-se observar que houve diferença entre os tratamentos somente para o número de perfilhos totais por metro. Sendo assim, os parâmetros das equações referentes a essa variável, bem como a comparação entre os mesmos será apresentada a seguir.

As demais variáveis analisadas foram apresentadas somente em caráter descritivo ao longo do ciclo de produção, e tal abordagem pode ser justificada pelo tratamento estatístico dos dados, que permitiu a elaboração de modelos bem ajustados, auxiliando na interpretação do comportamento de crescimento da planta.

Tabela 4.3 - Resumo dos valores da probabilidade obtida por meio do teste F para verificação do efeito dos métodos de colheita sobre os parâmetros das equações k_a e k_m , relativas ao perfilhamento da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480

Variável	k_a	k_m
Número de perfilhos totais / metro	0,0246	0,0146
Número de perfilhos basais / metro	0,0942	0,0637
Perfilhos 1ª ordem / metro	-	0,5230
Perfilhos 2ª ordem / metro	-	0,4568
Perfilhos 3ª ordem / metro	-	0,0512
Perfilhos 4ª ordem / metro	-	0,8336

4.3.1 Perfilhamento total, basal e aéreo

Na Figura 4.3 está apresentada a evolução do número de perfilhos totais por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 durante a safra 2006/2007, bem como a respectiva função logística gerada para cada tratamento.

Figura 4.3 – Evolução do número total de perfilhos por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

No final do quarto ciclo de produção (terceira soca), que correspondeu a 365 dias, o número de perfilhos por metro linear foi 16, 14 e 15 para os tratamentos MAN, MEC e MEC+MAN, respectivamente, os quais não diferiram entre si ($P > 0,05$). O pico de perfilhamento ocorreu entre 31 e 35 DAC para todos os tratamentos, os quais não diferiram entre si quanto ao número total de perfilhos por metro ($P > 0,05$), atingindo cerca de 60 perfilhos. Depois de atingido o pico de perfilhamento, houve duas fases distintas de redução da população de perfilhos. Inicialmente, sob queda mais acentuada, até cerca de 120 DAC, e em seguida, outra menos intensa até a estabilização do número final de perfilhos por metro linear. Essa estabilização foi atingida primeiramente pelo tratamento MEC, seguida pelos tratamentos MEC+MAN e MAN, nessa ordem.

Na Figura 4.4 está apresentada a evolução do número de perfilhos aéreos por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 durante a safra 2006/2007. Embora não tenha sido detectada diferença entre tratamentos quanto ao número de perfilhos por metro linear, o maior número de perfilhos nas parcelas submetidas ao tratamento MEC, em qualquer momento da avaliação, se deveu à participação de perfilhos aéreos que ocorreram nesse tratamento. Porém, como pode ser observado na Figura 4.4, todos os perfilhos aéreos haviam senescido após 90 DAC.

Figura 4.4 - Evolução do número de perfilhos aéreos por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

Na Tabela 4.4 estão apresentados os valores para taxa de aparecimento (k_a) e mortalidade (k_m) de perfilhos totais para os métodos de colheita avaliados. Uma vez que houve efeito dos tratamentos sobre essas taxas, conforme apresentado na Tabela 4.3, essas taxas de aparecimento e morte de perfilhos se apresentaram maiores para o tratamento MEC ($P < 0,05$) relativamente ao MAN, os quais não diferiram do tratamento MEC+MAN, que apresentou valores intermediários.

Tabela 4.4 - Taxas médias diárias de aparecimento (k_a) e de mortalidade (k_m) do número total de perfilhos por metro da variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar, submetida a métodos de colheita de forragem

Método de colheita	k_a	EP	k_m	EP
MAN	0,0249 ^b	0,00091	0,0252 ^b	0,00092
MEC	0,0287 ^a	0,00088	0,0295 ^a	0,00090
MEC+MAN	0,0268 ^{ab}	0,00081	0,0275 ^{ab}	0,00084

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si ($P>0,05$)

Na Figura 4.5 está apresentada a evolução do número de perfilhos basais por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 durante a safra 2006/2007, de acordo com as funções propostas para cada método de colheita.

Figura 4.5 - Evolução do número total de perfilhos basais por metro linear da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

O número final de perfilhos basais por metro linear não foi influenciado pelo método de colheita ($P>0,05$), e foi equivalente ao número de perfilhos por metro total (de acordo com funções apresentadas na Figura 4.3), visto que no final do ciclo de produção somente foram encontrados perfilhos basais nas touceiras.

Tabela 4.5 - Taxas médias diárias de aparecimento (k_a) e de mortalidade (k_m) dos perfilhos basais da variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar, quando submetida a métodos de colheita de forragem

Método de colheita	k_a	EP	K_m	EP
MAN	0,0244 ^b	0,00091	0,0248 ^b	0,00092
MEC	0,0274 ^a	0,00088	0,0280 ^a	0,00090
MEC+MAN	0,0264 ^{ab}	0,00081	0,0270 ^{ab}	0,00084

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si ($P>0,05$)

De maneira semelhante ao ocorrido com os perfilhos totais, as taxas de aparecimento e morte de perfilhos basais foram superiores ($P<0,05$) para o corte MEC quando comparadas ao corte MAN, os quais não diferiram do tratamento MEC+MAN, apresentando valores intermediários.

4.3.2 Densidade populacional de perfilhos

Nas Figuras 4.6, 4.7, 4.8 e 3.9 estão apresentadas as evoluções dos perfilhos das diferentes ordens e suas respectivas funções logísticas propostas para cada tratamento. Devido ao número reduzido de perfilhos emitidos na quinta avaliação, os dados do número de perfilhos emitidos na quarta e quinta avaliações (quarta e quinta ordens) foram agrupados para a realização das análises estatísticas.

Figura 4.6 – Evolução do número total de perfilhos de primeira ordem, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

Figura 4.7 – Evolução do número total de perfilhos de segunda ordem, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

Figura 4.8 – Evolução do número total de perfilhos de terceira ordem, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

Figura 4.9 – Evolução do número total de perfilhos de quarta e quinta ordens, por metro linear, em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a métodos de colheita de forragem

A curva descritiva para cada ordem teve início a partir do DAC em que foi identificada. Sendo assim, o comportamento para cada uma delas correspondeu ao decréscimo no número de perfilhos desde o início da identificação e durante o monitoramento. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para o número de perfilhos por metro linear, os quais foram semelhantes dentro da mesma ordem para cada tratamento.

Na Tabela 4.5 estão apresentadas as taxas médias de mortalidade dos perfilhos de acordo com sua ordem de aparecimento. Não houve diferença ($P>0,05$) entre tratamentos dentro de ordem de perfilhos, exceto para a terceira ordem, situação em que o tratamento MEC+MAN apresentou mortalidade mais baixa que os tratamentos MAN e MEC ($P<0,05$).

Tabela 4.5 - Taxas médias diárias de mortalidade (k_m) de acordo com a hierarquia de perfilhos em cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 quando submetida a métodos de colheita de forragem

Método de colheita	1ª ordem		2ª ordem		3ª ordem		4ª e 5ª ordens	
	k_m	EP	k_m	EP	k_m	EP	k_m	EP
MAN	0,0085	0,00181	0,0023	0,00131	0,0108 ^a	0,00184	0,0095	0,00184
MEC	0,0102	0,00172	0,0046	0,00128	0,0094 ^a	0,00160	0,0081	0,00164
MEC+MAN	0,0074	0,00174	0,0037	0,00121	0,0052 ^b	0,00148	0,0094	0,00208

EP: erro padrão

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si ($P>0,05$)

Na Tabela 4.6 está apresentada a frequência de ocorrência das ordens distintas de perfilhos aos 365 DAC. Não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$). Entretanto, quando avaliados dentro de cada tratamento, os perfilhos de primeira ordem apresentaram maior frequência de ocorrência que os demais, tendo sido os principais componentes da população final de perfilhos no final do experimento.

Tabela 4.6 - Frequência de ocorrência (%) dos perfilhos aos 365 DAC em cana-de-açúcar submetida a diferentes métodos de colheita, segundo a hierarquia de perfilhamento

Hierarquia de perfilhamento	MAN	EP	MEC	EP	MEC+MAN	EP
1ª ordem	73,8 ^a	0,03	81,9 ^a	0,03	77,1 ^a	0,03
2ª ordem	6,3 ^b	0,02	7,7 ^b	0,02	13,3 ^b	0,03
3ª ordem	10,2 ^b	0,02	7,1 ^b	0,02	3,6 ^b	0,02
4ª e 5ª ordens	9,7 ^b	0,02	3,3 ^b	0,01	6,0 ^b	0,02

EP: erro padrão

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si ($P>0,05$)

De acordo com os modelos matemáticos propostos para cada ordem de perfilhos, foi possível a construção de gráficos do padrão demográfico de perfilhamento, indicando a participação de cada ordem de perfilhos na composição do número de perfilhos por metro para cada tratamento. Essas representações gráficas estão apresentadas nas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12.

Figura 4.10 - Padrão demográfico de perfilhamento (número de perfilhos/metro) da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a colheita manual de forragem

Figura 4.11 - Padrão demográfico de perfilamento (número de perfilhos/metro) da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a colheita mecânica de forragem

Figura 4.12 - Padrão demográfico de perfilamento (número de perfilhos/metro) da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 submetida a colheita mecânica de forragem seguida de rebaixamento manual dos tocos remanescentes

As figuras acima representam o número de perfilhos por metro linear ao longo do ciclo de produção para as ordens distintas que constituíram a população final. O número de perfilhos por metro foi de 11,8; 1,0; 1,6; e 1,6 para tratamento MAN; 11,5; 1,1; 1,0 e 0,5 para tratamento MEC e 11,6; 2,0; 0,5 e 0,9 para tratamento MEC+MAN,

para a primeira, segunda, terceira e quarta+quinta ordens de perfilhos, respectivamente. Assim como não foi observada diferença entre tratamentos para frequência de ocorrência do número de perfilhos por metro de acordo com sua origem, o mesmo comportamento foi registrado para o número desses perfilhos de acordo com sua origem.

4.4 Discussão

4.4.1 Abordagem estatística dos dados

Os modelos matemáticos adotados para descrever os dados de perfilhamento (equação 6 e equação 8) foram os que melhor se ajustaram para descrever o número de perfilhos por metro linear e a participação das diferentes ordens de perfilhos na composição da população final em relação ao número de dias após a colheita da forragem. A interpretação dos parâmetros dos modelos foi semelhante à realizada por McManus et al. (2003), porém estudando crescimento animal.

A adoção da modelagem deveu-se ao fato de que, primeiramente, os dados (medidas longitudinais) seguiram a distribuição de Poisson, freqüentemente usada para descrever dados de contagem. Essa distribuição é capaz de expressar a probabilidade de certo número de eventos ocorrerem em um dado período de tempo, caso esses eventos ocorram com uma taxa média conhecida e caso cada evento seja independente do tempo decorrido desde o último evento (MILONE, 2006). Além disso, a adoção da modelagem matemática fornece flexibilidade na interpretação biológica dos parâmetros das equações propostas. Alguns dos trabalhos encontrados na literatura para descrição do perfilhamento de cana-de-açúcar valeram-se de análises de regressão linear (SUGUITANI, 2006), múltipla ou polinomial (ALVAREZ; CASTRO, 1999; PRADO et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2005; SIMÕES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2007), ou o modelo Gompertz de curva sigmoidal (SIMÕES et al., 2005). Os modelos apresentados por esses autores foram testados para o presente estudo, porém nenhum deles se ajustou aos dados de forma satisfatória. Além disso, as constantes de

multiplicação apresentadas pelos diversos autores não acompanhavam interpretação biológica.

Outra consideração importante a ser realizada é que regressões simples e múltiplas são estabelecidas com base em uma relação linear entre a variável dependente e a variável independente da função e, para o presente trabalho, foram utilizados métodos não-lineares para a determinação dos parâmetros das curvas. Quando a relação é não-linear, o uso de uma regressão linear pode conduzir a previsões incorretas, sendo que, nesses casos, as variáveis independentes precisam ser transformadas para tornar a relação mais linear (MILONE, 2006).

Portanto, a modelagem matemática permitiu, além de melhor ajuste das variáveis a partir dos dados, a geração de taxas para as mensurações estudadas, posteriormente comparadas entre si. Entretanto, devido às características intrínsecas da variedade estudada, principalmente com relação ao rápido e intenso perfilhamento, e à época de corte e fatores climáticos envolvidos, sugere-se que novos experimentos sejam realizados com vistas à aplicação de abordagem estatística semelhante. Dessa forma, os resultados de diferentes experimentos podem ser mais facilmente comparados e complementados. Adicionalmente, com o avanço da tecnologia e desenvolvimento de programas computacionais específicos para a cultura de cana-de-açúcar e de programas estatísticos com maior poder de análise, a modelagem matemática tem se tornado uma ferramenta importante para o estudo do crescimento da cultura canavieira, permitindo a descrição do processo evolutivo do sistema. Segundo Da Silva e Bergamasco (2001), os modelos matemáticos têm contribuído para o melhor conhecimento dos mecanismos fisiológicos da cultura devido ao fato de estarem sendo desenvolvidos de forma cumulativa e gradual, na medida em que a experimentação agrícola avança.

4.4.2 Condições ambientais durante período experimental

A análise de solo revelou que a cultura foi desenvolvida em condições satisfatórias para o atendimento de suas exigências nutricionais. A adubação de cobertura efetuada foi recomendada com base na expectativa de extração de nutrientes

pela cultura e dos teores presentes no solo, segundo o Boletim 100 do IAC (RAIJ et al., 1996).

A temperatura média entre os meses de novembro/2006 e abril/2007, correspondentes aos primeiros 120 dias do ciclo da cultura, oscilou entre 23 a 25°C, sendo que as temperaturas máximas atingiram, em praticamente todos os meses, valores superiores à 30°C. A umidade relativa do ar não foi inferior a 80% (Tabela 4.1) e o balanço hídrico para a cultura apresentou um curto e pequeno período de déficit (Figura 4.2). Sendo assim, as condições ambientais que prevaleceram durante o período experimental foram determinantes para a expressão da capacidade de perfilhamento da variedade.

Segundo Casagrande (1991), o perfilhamento da cana-de-açúcar é favorecido pelo aumento da temperatura, até seu potencial máximo, a valores por volta de 30°C, condição atingida no presente experimento. Além disso, não houve ocorrência de déficit hídrico acentuado. De acordo com Ramesh (2000), a deficiência hídrica na fase de perfilhamento poderia afetar o crescimento, a produção de MS e a produtividade final da cultura. Após os 150 DAC houve ocorrência de déficit hídrico prolongado, como acontece a partir do mês de abril no estado de São Paulo, porém pequeno para a cultura (de até 3 mm) (Figura 4.2). No entanto, a partir desse estágio do ciclo de produção, esse déficit não interferiu diretamente sobre a população de perfilhos para a variedade estudada, mas possivelmente sobre outras características da cultura, que serão discutidas no capítulo de acúmulo de biomassa e composição morfológica (Cap. 5).

4.4.3 Evolução do número de perfilhos totais, aéreos e basais na fase inicial de rebrotação e taxas de aparecimento e mortalidade

No presente experimento, embora os métodos de colheita tenham alterado o padrão inicial de perfilhamento, eles não foram capazes de modificar nem a rebrotação e nem a densidade populacional final da variedade IAC86-2480. Os dados relativos à evolução do número de perfilhos, principalmente na fase inicial de rebrotação,

proporcionou a constatação da ocorrência de alguns processos até hoje desconhecidos quanto ao efeito do método de colheita sobre o perfilhamento da cultura.

No início da rebrotação, o tratamento MEC apresentou maior taxa média diária de aparecimento de perfilhos totais (TMDap) quando comparado ao tratamento MAN (Tabela 4.4). Entretanto, embora tenha apresentado maior TMDap, a diferença não foi grande o suficiente para resultar em maior número de perfilhos por metro durante o pico de perfilhamento, ocorrido entre 31 e 35 DAC para todos os tratamentos, nem ao final do ciclo da cultura. Além disso, a TMDap para o tratamento MEC+MAN assumiu valores intermediários entre MEC e MAN, não diferindo deles. Esse fato não seria esperado, uma vez que esse método de colheita submeteu a planta à ação aditiva de dois procedimentos: primeiramente, a área foi submetida a colheita mecânica e, portanto, ao trânsito de máquinas; e, após esse procedimento, foi somada a ação do podão sobre a soqueira, por ocasião do rebaixamento. Seria esperado que esses fatores desencadeassem processos distintos de rebrotação entre esses dois tratamentos, ou, ao menos, um comportamento para o tratamento MEC+MAN semelhante ao tratamento MAN, representado por menores valores de TMDap.

Do mesmo modo, maiores valores de TMDap ocorreram de forma associada a maiores valores de taxa média diária de mortalidade (TMDmo) de perfilhos totais (Tabela 4.4). Entretanto, devido ao fato de não terem sido detectadas diferenças quanto ao número de perfilhos gerados para os tratamentos, não se pode afirmar que a maior mortalidade foi devida a uma maior quantidade de perfilhos. Nem mesmo o perfilhamento aéreo, ocorrido em quantidade numericamente maior para o tratamento MEC, foi suficiente para gerar diferença significativa entre tratamentos em termos de número de perfilhos por metro. O maior número de perfilhos aéreos pôde ser observado pelo incremento no pico de perfilhamento apresentado na Figura 4.3 para o tratamento MEC, o qual foi detalhado na Figura 4.4, mostrando que o período em que o maior número de perfilhos aéreos foi encontrado para o tratamento MEC coincidiu com o pico do perfilhamento total para esse tratamento. A partir desse pico, o número de perfilhos totais (basais e aéreos) foi sendo drasticamente reduzido, sendo que os perfilhos aéreos desapareceram após 90 DAC.

A análise da evolução do número de perfilhos basais, apresentada na Figura 4.5, sugere que, além de o número de perfilhos aéreos não ter sido suficientemente grande para gerar diferença entre tratamentos, também não foi responsável pelo aumento em TMDap e TMDmo para o tratamento MEC, uma vez que o padrão de variação em aparecimento e morte de perfilhos foi idêntico, considerando-se a população total de perfilhos (aéreos+basais) e apenas os perfilhos basais (Tabela 4.5). Em termos de perfilhos basais apenas, o tratamento MEC também apresentou valores maiores de TMDap e TMDmo em relação ao tratamento MAN, porém sem diferenças para o tratamento MEC+MAN.

Um mecanismo de resposta fisiológica da planta, aliado aos danos que os métodos de colheita ocasionaram às touceiras, poderia de alguma forma, justificar os resultados observados. Primeiramente, devem ser desconsiderados os fatos comuns de que, a intensidade luminosa aumentou na base do dossel por ocasião do corte, aliado a perda de dominância apical pelas plantas antigas, fazendo com que o fluxo de auxina na planta como um todo fosse diminuído. Assim, houve decréscimo no grau de inibição das gemas laterais, ou no caso de corte rente ao solo, das gemas do rizoma das plantas, ocasionando a rebrotação, para todos os tratamentos.

Entretanto, quando o tratamento MEC foi realizado, parte da base da planta e alguns nós ficaram na touceira, os quais desencadearam o crescimento das gemas laterais, as quais provavelmente começaram a produzir sua própria auxina, aumentando seu alongamento (KERBAUY, 2004). Portanto, para este tratamento, foi concomitante o perfilhamento basal e aéreo. Além disso, o toco remanescente poderia estar exercendo a função de fonte de nutrientes para a emissão de novos perfilhos. Esses processos, aliados aos danos nas touceiras causados por este tratamento, poderiam explicar a maior taxa de perfilhamento para este tratamento, como será discutido a seguir.

O fato de o tratamento MEC+MAN ter apresentado taxa média diária de perfilhamento intermediária aos tratamentos MAN e MEC, e não mais lenta ao tratamento MAN, como esperado, poderia ser justificado pela severidade da colheita, a qual para este tratamento foi superior aos demais, pois apresentou maior número de toletes arrancados e danificados (Tabela 3.8). Em uma possível analogia com estudos sobre plantas forrageiras, Lemaire (2001) observou que relvados com desfolha mais

severa tendiam a apresentar maior quantidade de perfilhos e folhas novas. Além disso, segundo Gomide (1997), a recuperação de gramíneas cespitosas após o corte está relacionada com características morfológicas da planta, como altura média do meristema apical e o número de gemas basilares.

A relação seria de que, uma vez que as plantas foram submetidas a maior dano, tiveram maior quantidade de gemas basilares danificadas, e a planta, por uma estratégia de sobrevivência responderia a esses danos, usando de suas reservas para emissão de um número máximo de perfilhos para aquela situação severa de colheita. Assim, tal resposta poderia ter sido explicada, com base na alteração na taxa média diária de aparecimento e mortalidade de perfilhos, pois, quanto maior o dano, maiores taxas. Mesmo assim, esses processos fisiológicos não foram suficientes para explicar a resposta das plantas, sendo possível que tenha ocorrido efeito de outros fatores não controlados no presente trabalho.

Apesar da aparente contradição relativa dos resultados do tratamento MEC+MAN, conforme constatado nas Tabelas 4.4 (perfilhos totais) e 4.5 (perfilhos basais), os resultados podem ser considerados consistentes, uma vez que revelaram coeficientes de variação médios de 3% nas Tabelas 4.4 e 4.5. Além disso, os dados apresentados na Tabela 4.7 revelaram que a análise de contrastes também apontaram para a posição relativa do tratamento MEC+MAN, não diferindo dos demais. O comportamento das variáveis parece não apontar para um padrão definido de resposta da rebrotação da cana quando submetida aos métodos de colheita avaliados, sendo que não foi encontrada, na literatura consultada, explicação razoável para justificar o fato.

Tabela 4.7 - Valor da probabilidade encontrada para análises de contrastes realizadas entre os parâmetros dos modelos representados pelas taxas médias diárias de aparecimento (k_a) e taxas médias diárias de mortalidade (k_m) de perfilhos totais

Tratamentos	k_a			k_m		
	MAN	MEC	MEC+MAN	MAN	MEC	MEC+MAN
MAN	-	0,0074	0,1593	-	0,0042	0,0860
MEC	0,0074	-	0,1071	0,0042	-	0,1258
MEC+MAN	0,1593	0,1071	-	0,0860	0,1258	-

4.4.4 Padrão demográfico de perfilhamento

De acordo com as equações apresentadas nas Figuras 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9, que demonstraram a evolução do número de perfilhos de acordo com sua ordem de avaliação, foi possível a elaboração de gráficos descritivos sobre o padrão demográfico de perfilhamento para cada tratamento, representados pelas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12. Ao final do ciclo de produção, a participação em número de perfilhos por metro, de acordo com a ordem de avaliação, foi apresentada na Tabela 4.6. Os métodos de colheita não modificaram a participação das diferentes ordens de perfilhos na população final de plantas, nem dentro e nem entre tratamentos, sendo que os perfilhos de primeira ordem representaram de dois terços a três quartos da população final de plantas na área, e o restante foi formado pelas demais ordens.

Quando estimadas para cada ordem, as TMDmo não apresentaram diferenças entre si, exceto para o tratamento MEC+MAN, para perfilhos de terceira ordem, a qual pode ser considerada irrelevante (Tabela 4.5). Esses dados, com base em uma abordagem estatística diferente, corroboraram os resultados da análise de variância tradicional, conferindo consistência aos resultados obtidos. Pois, quando as equações e seus respectivos parâmetros foram estimados um a um, para cada respectiva ordem, passaram a não apresentar diferença entre os tratamentos, a qual foi anteriormente

verificada para os parâmetros das equações de perfilhamentos total (Tabela 4.4). De alguma forma, o efeito dos tratamentos antes detectados, deixaram de existir.

A ausência de efeito para a análise de perfilhamento desdobrada para cada ordem, de fato, sugeriu a reflexão de que o número de perfilhos avaliados tenha sido insuficiente. Na Tabela 4.5, o coeficiente médio de variação, cerca de 25% e a amplitude desses coeficientes (entre 17 e 56%) sugerem que para a avaliação do perfilhamento desdobrado para cada origem seria necessária a ampliação do número de perfilhos avaliados. Com isso, pode-se inferir que, tais avaliações conduzidas de outra forma poderiam ter revelado alteração no padrão de perfilhamento em cada ordem, de acordo com os tratamentos impostos. Nesse caso, provavelmente, poderia haver similaridade desse padrão de resposta com aquela observada para o perfilhamento total.

A mortalidade de perfilhos esteve associada à idade dos mesmos, de forma que perfilhos mais velhos, surgidos ainda no início do processo de rebrotação, foram menos susceptíveis à competição por fatores de crescimento que os mais novos, o que refletiu em maior sobrevivência dos mesmos. O fato de a população final de perfilhos ser formada em sua maioria por plantas mais velhas pode conferir, ao final do ciclo de produção, maior qualidade do material colhido caracterizada por maior uniformidade de maturação e maior acúmulo de sacarose. Essa resposta da planta em ter sua comunidade final formada por perfilhos que foram mais precocemente emitidos na rebrotação foi relatada por Ramesh e Mahadewaswamy (2000). Mesmo submetendo variedades de cana-de-açúcar a níveis de déficit hídrico na fase inicial de perfilhamento, 84,5% da população de plantas disponíveis para a colheita foi formada por perfilhos emitidos até os 60 dias após plantio (mesmo período monitorado no presente experimento), sendo que perfilhos emitidos após esse período tiveram participação insignificante.

4.4.5 A variedade IAC86-2480 frente às diferentes condições de crescimento e à outras variedades de cana-de-açúcar

A variedade IAC86-2480 avaliada no presente experimento apresentou, em seu quarto ciclo, sob condições favoráveis de crescimento, o pico de perfilhamento entre 31 e 35 DAC, ponto a partir do qual houve decréscimo acentuado na densidade populacional até cerca de 120 DAC, que tendeu a estabilização por volta dos 230 DAC para o tratamento MEC, 280 DAC para tratamento MAN, com valor intermediário para o tratamento MEC+MAN. Esse padrão de comportamento é diferente daquele reportado por diversos autores em trabalhos que descreveram de maneira generalizada o ciclo de crescimento da cana-de-açúcar. Barbieri (1993) e Câmara (1993), em relatos distintos, porém ambos estudando trabalhos sobre desenvolvimento e produtividade de cana-de-açúcar, afirmaram que o pico da população de colmos ocorre entre o terceiro e quinto mês após o plantio, sendo que 50% desses desaparecem, sendo a população estabelecida por volta de nove meses de idade.

Malli et al. (1982) apud Rocha (1984) e Simões et al. (2005), observaram que o número de perfilhos por planta aumentou continuamente de 60 a 120 dias e decresceu gradualmente a partir desse ponto pelo efeito de competição e sombreamento. De forma semelhante, Ramesh e Mahadevaswamy (2000) encontraram o mesmo período de 60 a 120 dias após o plantio para o período de máximo perfilhamento em áreas submetidas à seca de intensidade severa ou moderada. Entretanto, em condições hídricas ideais, os mesmos autores encontraram máximo perfilhamento aos 90 dias após o plantio, sendo que após esse período ocorreu decréscimo da população de perfilhos.

Balieiro (1995), avaliando o perfilhamento de três variedades de cana-de-açúcar sob influência da época de corte, relatou estabilização no número de perfilhos por metro linear após o sexto mês de perfilhamento, mesmo período relatado por Oliveira et al. (2004), de até 182 dias após o plantio (mês de julho). O dado mais divergente ao presente estudo foi relatado por Suguitani (2006), que encontrou estabilização da população de plantas por metro linear próximo dos 87 dias após o plantio das variedades estudadas.

Embora o perfil das curvas descritivas da evolução do número de perfilhos apresentadas no presente experimento tenha sido semelhante a diversas outras apresentadas na literatura, fatores como época de plantio/colheita, amplitude das curvas e duração das mesmas foram diferentes entre os experimentos estudados. Essas diferenças se devem, basicamente, a alguns fatores: à velocidade de estabelecimento da população de plantas das diferentes variedades que, conseqüentemente, possui relação com o tempo em que cada uma delas inicia seu processo de competição por luz durante a fase de rebrotação; à amplitude dessa curva, que pode ser modificada, em maior ou menor intensidade, devido a fatores climáticos, como intensidade luminosa e déficit hídrico, por exemplo; e, principalmente, ao genótipo ou variedade cultivada, pois uma vez sendo considerada como característica varietal, o perfilhamento provavelmente só será alterado quando a planta for exposta a condições muito favoráveis ou desfavoráveis de desenvolvimento. Sendo assim, pode-se inferir que estratégias de manejo distintas devem ser adotadas levando-se em consideração o perfil de crescimento e desenvolvimento de cada variedade de cana.

Finalmente, para o número de perfilhos por metro linear no final do ciclo de produção, Silva et al. (2004), em experimento realizado para avaliação de sete genótipos de cana-de-açúcar destinada à alimentação animal em condições edafoclimáticas muito semelhantes ao presente experimento, relataram valor de 10,94 perfilhos por metro para a variedade IAC86-2480 para cana planta, o menor entre os genótipos por eles avaliados. Já para ciclos subseqüentes da mesma variedade, Landell et al. (2002) reportaram o valor de 12,52 perfilhos/m como média dos três primeiros ciclos da cultura, também em condições edafoclimáticas semelhantes ao presente experimento. Embora os autores não tenham mencionado os métodos de colheita adotados nesses experimentos, o que se pode observar é que há tendência de aumento do número de colmos por metro ao longo dos ciclos de produção, o que é acompanhado por uma alteração conjunta de suas características biométricas, como será discutido no capítulo a seguir. De maneira geral, o aumento do número de perfilhos por metro resulta em colmos mais leves e mais finos, características essas que podem favorecer a colheita mecanizada das plantas.

4. 5 Conclusão

Os métodos de colheita adotados não prejudicaram a rebrotação das soqueiras, demonstrando que o uso de equipamentos utilizados para colheita não interferiu no restabelecimento da parte aérea das plantas, bem como a presença do toco remanescente, ou o procedimento de rebaixamento de soqueiras. O fato sugere que a recomendação de rebaixamento das soqueiras após corte MEC deveria ser analisada cuidadosamente, uma vez que os resultados deste primeiro ciclo de avaliação indicaram que ele pode ser um procedimento desnecessário.

Referências

- ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1069-1079. 1999.
- BALIEIRO, J.M. Evolução do perfilhamento em três variedades comerciais de cana-de-açúcar em função da época de corte. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, n. 80, p. 24-31, jun./jul. 1995.
- BALSALOBRE, M.A.; FERNANDES, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 7-26.
- BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa**. 1993. 142 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.
- CÂMARA, G.M.S. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 242 p.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 137 p.
- CRUSCIOL, C. A. C. Apresentação do simpósio brasileiro sobre ecofisiologia, maturação e maturadores em cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE

ECOFISIOLOGIA, MATURAÇÃO E MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR, 1, 2008, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 2008. 213 p.

DA SILVA, F.C.; BERGAMASCO, A.F. Levantamento de modelos matemáticos descritos para a cultura da cana-de-açúcar. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 7-14, jan./jun. 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: manejo de produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

McMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C.; MIRANDA, R.M.; MORENO-BERNAL, F.E.; SANTOS, N.R. Curvas de crescimento de ovinos bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1207-1212, 2003.

MILONE, G. **Estatística**: geral e aplicada. São Paulo: Thomsom Learning, 2006. 479 p.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A**, Oxford, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 5, n. 1/2, p. 87-94, 2004.

_____. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 6, n. 1/2, p. 85-89, 2005.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 287-296, 2003.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal of Agronomy and Crop Science**. Berlin, v. 185, p. 83-89, 2000.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 185, p. 249-258, 2000.

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função das épocas de plantio no estado de São Paulo**. 1984. 229 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 19-36.

SILVA, M.A.; OKAMOTO, F.; PORTO, A.J. CAMPANA, M.P.; SILVA, D.N. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar visando alimentação animal no município de Gália (SP). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 61, n. 2, p. 127-134, 2004.

SIMÕES, M.S.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Growth indices and productivity in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 23-30, 2005.

SUGUITANI, C. **Fenologia da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob efeito do fósforo**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

_____. **Entendendo o crescimento e a produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VAN DILLEWINJ, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 372 p.

5 ACÚMULO DE BIOMASSA E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DA VARIEDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR IAC86-2480 SUBMETIDA A MÉTODOS DE COLHEITA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de biomassa, a composição morfológica e a maturação da cana-de-açúcar. As avaliações foram realizadas na variedade de cana IAC86-2480, de terceiro corte, no período de novembro de 2006 a novembro de 2007. Os tratamentos avaliados foram corte manual basal (MAN), corte mecanizado por meio de colhedora de forragem (MEC) e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual basal (MEC+MAN). A área experimental foi composta por seis blocos, constituídos pelos três métodos de colheita como tratamentos impostos às parcelas. Cada parcela possuía 8 linhas de plantio com 15 m de comprimento em espaçamento de 1,3 m entrelinhas. Para MAN, as plantas foram colhidas na base, por meio de cortes com podão, amontoadas e transportadas. Para o corte MEC a plataforma de corte foi regulada para altura de corte de 20 cm, e a colhedora foi tracionada por trator provido de sistema redutor, acoplada a vagão forrageiro. Para o corte MEC+MAN, seguiu-se o mesmo procedimento do corte MEC, porém, após a passagem da colhedora, os tocos remanescentes foram recepados rente ao solo com uso de podão. Após 30 dias do corte, mensalmente foram colhidas amostras de um metro linear, nas duas linhas de coleta, por parcela, no total de 12 colheitas. Os colmos foram colhidos manualmente, e levados ao laboratório para pesagem e contagem do número de perfilhos e estimativa da produtividade. Desse total, 10 plantas tiveram sua composição morfológica avaliada: peso da planta inteira, peso do colmo, peso e número de folhas verdes, senescentes e mortas, altura, diâmetro, número de nós, brix inferior, médio e superior, área foliar e o índice de área foliar. Não houve diferença ($P>0,05$) para o acúmulo de biomassa em MV e MS entre os tratamentos, sendo os valores atingidos de 81,8, 77,9 e 79,9 t MV/ha e de 29,6, 29,6 e 30,4 t MS/ha para os tratamentos MAN, MEC e MEC+MAN, respectivamente, sendo que o acúmulo de MV se estabilizou durante o ciclo, enquanto que para a MS o acúmulo ocorreu até o final do ciclo. Não houve diferença ($P>0,05$) para nenhuma das características de composição morfológica entre os tratamentos ao longo do ciclo de produção. O peso da planta inteira foi de 736, 716 e 717 g e o peso do colmo foi de 662, 633 e 642 g para os tratamentos MAN, MEC e MEC+MAN, respectivamente. A diferença entre essas variáveis representou o peso das categorias de folhas, sendo representadas em sua maioria por folhas verdes. O máximo IAF foi atingido aos 70 DAC para todos os tratamentos. O acúmulo de sacarose, representado pelo grau brix e índice de maturação mostraram que a variedade estudada entrou em período de utilização a partir dos 300 DAC, para todos os tratamentos. Concluiu-se que, o trânsito de máquinas sobre as soqueiras de cana-de-açúcar, bem como a presença ou não do toco remanescente nas soqueiras, não alteraram o acúmulo de biomassa e de sacarose, a massa e número de estruturas das plantas, ao longo do ciclo de produção.

Palavras-chave: Colheita manual; Colheita mecânica; Rebaixamento

5 SUGARCANE BIOMASS ACCUMULATION AND MORPHOLOGICAL COMPOSITION, SUBMITTED TO THREE HARVESTING METHODS

Abstract

This trial evaluated biomass and sucrose accumulation, and morphological composition of sugarcane. Measurements were performed on a three year old crop of the IAC86-2480 variety, from November 2006 to November 2007. The three harvesting methods were: manual (MAN), mechanical (MEC) and mechanical followed by manual (MEC+MAN). The experimental area comprised of six blocks, each one containing all three harvesting methods. Each plot within a block consisted of eight 15 meters-long rows spaced 1.3 meters from each other. Manual harvest was performed through the use of cutters, and plants were cut to ground level, piled up and hauled to a processing site. Mechanical harvest was accomplished with a tractor pulled harvester with a cutting height adjusted to 20 cm height. The cut material was stored in a wagon. In the mechanical and the manual harvest procedure, the remaining stubbles after the mechanical harvest were manually cut to ground level. Thirty days after harvesting and monthly thereafter, during 12 months, samples of 1-m linear, from two lines per plot were collected along the production cycle. The remaining stalks were manually harvested, piled up and hauled to the laboratory for tiller weighing and counting. From this total, 10 plants were randomly picked to evaluate their morphological composition: whole plant weight, remaining stalks weight, weight and number of green, senescent and dead leaves, height, diameter and knots number, high, medium and low brix. Foliar area and foliar area index were also estimated. No differences ($P>0.05$) were found regarding biomass accumulation in FM and DM among treatments; observed values were 81.8, 77.9 and 79.9 t GM/ha and 29.6, 29.6 and 30.4 t DM/ha for treatments MAN, MEC and MEC+MAN, respectively. FM accumulation stabilized during the cycle. No differences ($P>0.05$) were found in any of the morphologic composition among treatments along the production cycle. Whole plant weight was 736, 716 and 717 g and stalk fractions weight was 662, 633 and 642 g for MAN, MEC and MEC+MAN, respectively. Differences between these variables represented the weight of the distinct leaf categories, being green leaves the majority. Maximum LAI was reached at 70 DAC in all treatments. From the sucrose accumulation data it is suggested that this sugarcane variety is ready to be harvested after 300 DAC. It is concluded that machine transit over the crop, as well as the presence or not of stalk fractions did not change biomass or sucrose accumulation, nor the weight and number of plant structures along the production cycle.

Keywords: Manual harvesting; Mechanical harvesting; Topping

5.1 Introdução

A cana-de-açúcar é uma cultura de ciclo longo, a qual dura cerca de 12 meses para atingir seu ponto de colheita. O longo ciclo de produção, intrínseco da espécie, é devido também ao processo de maturação, que ocorre no terço final desse ciclo. O alto teor de sacarose acumulado torna-se o ponto favorável da utilização da cana-de-açúcar para alimentação animal. Soma-se a este fato, a obtenção de grande quantidade de biomassa por unidade de área, sendo resultante de vários componentes fenológicos, tais como o número de perfilhos, altura, diâmetro e densidade dos colmos (SUGUITANI, 2001), sua arquitetura e resistência ao acamamento. Esses componentes estão relacionadas diretamente com a colheita mecanizada (CÂMARA, 1993).

De acordo com trabalhos já realizados pela comunidade científica, o crescimento, a produtividade e características da cana-de-açúcar podem ser avaliadas por diferentes métodos. Zacarias (1977) optou por avaliações morfogênicas para estimar parâmetros de genótipo e fenótipo de cana e estudou as correlações destes com o melhoramento genético das mesmas. Rocha (1984) utilizou a avaliação biométrica das plantas, somado à densidade populacional de perfilhos para caracterizar variedades quanto à sua produtividade. Alvarez e Castro (1999) realizaram avaliações biométricas na parte aérea de cana, com o objetivo de encontrar diferenças de produtividade entre cana colhida crua ou queimada. Silva et al. (2005), estudaram os índices de crescimento de cultivares, utilizando-se de avaliações de área foliar e massa seca de folhas e de colmos das plantas, com objetivo de caracterizar grupos comportamentais de crescimento.

Sendo o conhecimento das características das plantas, quanto à sua composição morfológica, ou biometria, fatores importantes para se avaliar a aptidão de determinadas variedades, os objetivos deste trabalho foram avaliar o acúmulo de biomassa, a maturação e a composição morfológica das plantas ao longo do ciclo de produção, quando submetidas aos métodos de colheita manual, mecânica, e mecânica seguida de rebaixamento manual.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido em área do Centro Avançado de Tecnologia da Cana, do Instituto Agronômico de Campinas, IAC (APTA, Agência Paulista de Tecnologia das Agronegócios) – pólo Ribeirão Preto, SP. As coordenadas geográficas aproximadas da área são: latitude 21°12'S, longitude 47°52'O; e, 640 m de altitude. O experimento foi iniciado em novembro de 2006, após corte e remoção da cana da área, e se estendeu até novembro de 2007, por ocasião do novo corte e colheita da cana.

5.2.2 Área experimental

A área experimental de 3400 m² foi dividida em seis blocos, com dimensões de 9,1 m x 63 m (573,3 m²). Em cada bloco foram estabelecidas três parcelas, e cada uma foi considerada uma unidade experimental, onde os tratamentos foram impostos. A representação esquemática da parcela encontra-se na Figura 5.1.

Figura 5.1 - Representação esquemática das parcelas (8 linhas de plantio) e nomenclaturas adotadas

As parcelas eram constituídas de oito linhas de plantio de 15 metros de comprimento espaçadas 1,30 m uma da outra, totalizando 136,5 m², e eram separadas por um corredor de circulação de nove metros de largura, necessário para o trânsito de máquinas agrícolas. As oito linhas de cada parcela receberam nomenclatura específica

para organização da coleta de material e dos dados de campo. As linhas de avaliação foram utilizadas para demarcação de duas réguas transectas para avaliação do perfilhamento (Cap. 4) e, para análise de composição morfológica não-destrutiva, e as linhas de coleta foram destinadas às colheitas mensais da planta para estimativa de produção e análises de composição morfológica destrutiva.

5.2.3 Clima e Solo

A classificação climática do município de Ribeirão Preto, segundo o método de Köppen, é Aw, caracterizado por elevada precipitação, embora apresente inverno seco e verão úmido (ROLIM et al., 2007). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Fértil⁴, de acordo com o sistema EMBRAPA (1999). Os dados meteorológicos de Ribeirão Preto durante o período experimental e a análise de solo da área experimental são apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente. O balanço hídrico da área foi calculado para uma capacidade de água disponível (CAD) de 40 mm, e encontra-se apresentado na Figura 5.2.

Tabela 5.1 - Dados meteorológicos de Ribeirão Preto durante o período experimental

Mês / ano	T _{máx}	T _{mín} °C	T _{média}	Precipitação mm	UR _{média} (%)
Novembro / 2006	30,2	17,4	23,8	113,7	82,9
Dezembro / 2006	29,8	19,9	24,8	301,1	92,8
Janeiro / 2007	28,7	20,4	24,5	466,5	96,8
Fevereiro / 2007	30,9	20,0	25,5	109,7	87,5
Março / 2007	30,7	19,8	25,3	136,0	85,7
Abril / 2007	30,7	19,1	24,9	15,6	86,8
Maio / 2007	35,4	14,6	25,0	105,9	86,1
Junho / 2007	27,4	15,2	21,3	1,7	81,7
Julho / 2007	26,3	14,8	20,5	78,0	77,8
Agosto / 2007	29,5	16,6	23,0	0,0	69,7
Setembro / 2007	32,3	19,7	26,0	0,0	58,0
Outubro / 2007	33,0	21,1	27,0	42,7	67,7
Novembro / 2007	28,7	21,0	24,8	45,0	91,8

T – temperatura; UR – umidade relativa

Fonte: APTA – Ribeirão Preto (SP).

⁴ Classificação APTA – Ribeirão Preto. Comunicação pessoal.

Tabela 5.2 - Análise de solo da área experimental situada no Centro de Cana, APTA-IAC, Ribeirão Preto, SP

pH _{CaKCl}	pH _{H2O}	MO	V	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P _{Res}
		---- % ----					cmol _c .dm ⁻³				mg.cm ⁻³
5,1	5,8	1,5	51,35	3,6	0,1	3,0	0,7	0,10	3,84	7,46	15,1

Al = alumínio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; P_{res} = fósforo (determinado por método de resina); MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases

Em dezembro de 2006, depois de passado um mês do corte de uniformização, foi realizado o cultivo e a adubação da área experimental com fertilizante 05-20-20 na dosagem de 500 kg.ha⁻¹, aplicado em filete contínuo incorporado na entrelinha. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual.

Figura 5.2 - Balanço hídrico diário da cultura de cana-de-açúcar do período de 02 novembro de 2006 a 15 de novembro de 2007 (CAD = 40 mm)

5.2.4 Variedade

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a IAC86-2480, em seu terceiro corte. Essa variedade se caracteriza por apresentar alto teor de sacarose, boa produtividade agrícola, longevidade de soqueira, porte ereto, baixo teor de FDN, baixa relação FDN/Pol, boa digestibilidade *in vitro* da matéria seca, boa conversão alimentar,

despalha espontânea, elevado rendimento de corte, resistência a carvão e ao raquitismo da soqueira. Por outro lado, apresenta resistência intermediária à ferrugem e pouca rusticidade, uma vez que possui exigência média a alta quanto à fertilidade de solo e condições climáticas. Essa variedade de cana apresenta baixo teor relativo de FDN dentre as variedades produzidas, e é atualmente cultivada por cerca de 100 mil produtores rurais em todo o território nacional (LANDELL et al., 2002).

5.2.5 Tratamentos

Os tratamentos corresponderam a três métodos de colheita: corte manual (MAN), corte mecanizado (MEC) e corte mecanizado seguido de rebaixamento manual (MEC+MAN). A aplicação dos tratamentos às parcelas foi realizada em 11 de novembro de 2006, por ocasião da colheita de toda a cana contida nas parcelas experimentais. O tratamento relativo ao corte manual foi efetuado na região do colo da planta, rente ao solo, com uso de podão. Após o corte, o material colhido foi manipulado cuidadosamente para evitar remoção e perda de estruturas da planta, sendo organizado em feixes, fora das parcelas, para posterior recolhimento.

No caso do corte mecanizado, foi utilizada uma colhedora de forragem (marca Menta[®] modelo Colhiflex MFC 1) regulada para altura de corte de 20 cm. Esta foi tracionada por trator de 88 cv de potência, com acoplamento hidráulico e acionada pelo sistema de tomada de potência. Com o objetivo de reduzir a velocidade de deslocamento desse equipamento e evitar danos à soqueira, o trator foi equipado com sistema de redução de rotação para assegurar a captação e corte preciso dos colmos. A velocidade média de deslocamento do conjunto trator-colhedora durante a colheita foi 2,4 km/h, utilizando primeira marcha reduzida e rotação de 1700 RPM no motor. O conjunto de facas da colhedora foi afiado no início do corte das parcelas pertencentes a cada tratamento. Inicialmente foram colhidas as parcelas com aplicação do corte mecanizado exclusivo e, na seqüência, aquelas referentes ao tratamento de corte mecanizado seguido por rebaixamento manual.

O terceiro tratamento foi aquele em que as plantas foram submetidas ao procedimento de corte mecanizado, conforme descrito acima e, na seqüência, a porção

remanescente do colmo (toco) foi cortada rente ao solo com o uso de podão, de forma semelhante àquela descrita para o método de corte manual. O objetivo desse tratamento foi o de simular o rebaixamento do colmo remanescente após o corte mecanizado com o propósito de estimular o perfilhamento basal e a uniformidade de rebrotação, mantendo, porém, o impacto de trânsito da colhedora de forragem sobre o talhão.

A combinação de tratamentos foi planejada de forma a permitir que os diferentes impactos causados às áreas colhidas por meio dos diferentes métodos de colheita (manual vs. mecanizado) pudessem ser avaliados, assim como se o rebaixamento ou não do toco remanescente na touceira após colheita mecânica afetava a rebrotação da cana-de-açúcar. Com isso, ao confrontar os tratamentos MAN com MEC, estabeleceu-se a possibilidade de comparações entre os métodos de colheita (manual vs. mecanizado), sendo que no corte MEC o toco permaneceu na touceira. A comparação do MEC com MEC+MAN permitiu inferir sobre o efeito do rebaixamento do colmo remanescente após a colheita mecanizada, e a comparação entre MAN e MEC+MAN gerou a oportunidade para explorar o efeito do corte e deslocamento da colhedora somado à ação do podão sobre os talhões de cana-de-açúcar.

5.2.6 Acúmulo de biomassa

Para estimativa do acúmulo de biomassa, ou estimativa de produtividade, mensalmente foram colhidos os perfilhos que estavam contidos em um metro linear, em cada uma das duas linhas de coleta de cada parcela. Esta coleta foi iniciada em uma das extremidades, respeitando-se a bordadura de 1,5 metro. A partir do ponto final de coleta da primeira amostragem, iniciou-se a coleta da segunda no período subsequente, e assim sucessivamente, percorrendo a extensão disponível nas duas linhas de coleta de 12 metros cada, possibilitando a colheita de 12 amostras (12 meses de avaliação).

A colheita foi realizada pelo método manual, rente ao solo, com uso de podão. Após a colheita dos dois metros, os perfilhos foram cuidadosamente acondicionados e enrolados em um feixe por parcela, enrolados por lonas plásticas para que se evitasse a perda de suas estruturas e, imediatamente eram levados ao laboratório do Centro de

Pesquisa de Cana (APTA – Ribeirão Preto). Cada feixe foi pesado, em balança com precisão de 5 g e teve seu número de perfilhos contados.

O cálculo de produtividade foi realizado de acordo com as seguintes especificações: o espaçamento foi de 1,30 m, conseqüentemente admitindo que 1 ha (100 x 100 m) possui 7.692,3 m lineares de plantio. Portanto, a estimativa de produtividade foi calculada pela seguinte equação (eq. 9):

$$P = (NCM \times PMC \times MLP) / 1000 \quad (9)$$

Em que:

P = produtividade, em t MV / ha;

NCM = número médio de colmos / metro;

PMC = peso médio do colmo, em g;

MLP = metros lineares de plantio / ha;

Após a pesagem e contagem dos feixes, 10 exemplares de cada um deles foram retirados ao acaso e foram levados ao laboratório para avaliação da composição morfológica destrutiva, descrita a seguir.

5.2.7 Composição morfológica destrutiva (biometria)

A análise de composição morfológica destrutiva foi realizada mensalmente, em um total de 12 meses de acompanhamento, pela mensuração de 10 plantas retiradas ao acaso dos feixes colhidos para a estimativa de produção mensal, após estes terem sido pesados e o número de perfilhos contados. Esta análise foi realizada no laboratório do Centro Avançado de Tecnologia da Cana (APTA – Ribeirão Preto).

A análise de composição morfológica, destrutiva consistiu nas seguintes avaliações:

- peso de planta inteira: os perfilhos foram pesados em sua estrutura íntegra em balança de precisão de cinco gramas;
- número e peso folhas verdes, senescentes e mortas.colmo⁻¹: cada categoria de folha era contada e pesada separadamente, em balança com precisão de cinco gramas;
- peso do colmo: após separação morfológica, os colmos foram pesados em balança de precisão de cinco gramas.

- folha verde: folha sem ou com lígula visível, expandidas ou não, podendo apresentar sinais de senescência; folha senescente: folha que apresentava até 50% do limbo foliar comprometido pela senescência; folha morta: folha que apresentar mais de 50% do limbo foliar comprometido pela senescência (SBRISSIA, 2004).

- comprimento dos colmos (altura da planta): mensurado com uso de trena metálica com precisão de 1 mm, sendo o comprimento definido como a distância entre a base da planta (colo) e a última região auricular visível da folha +1, segundo método Küijper (VAN DILLEWINJ, 1952).

- diâmetro médio dos colmos: avaliado com uso de paquímetro, obtendo-se as medidas em centímetros, realizada no internódio central do colmo, de acordo com método proposto por Zacarias (1977).

- número de internódios e de nós: foi realizada a contagem do número de internódios e de nós presentes nos perfilhos, considerando como internódio aquele delimitado nas duas extremidades por nós e sem a presença da folha bandeira, de acordo com metodologia proposta por Teixeira (2004).

Para estimativa de área foliar, as folhas +3 (segundo o método Küijper) das 10 plantas tiveram o comprimento e a largura mensurados e a área foliar foi estimada pela fórmula proposta por Hermann e Câmara (1999).

Além da composição morfológica, a análise da maturação da cana-de-açúcar também foi realizada. Para estimativa do índice de maturação, os colmos das 10 plantas foram analisados com uso de refratômetro de campo, segundo método proposto por CONSECANA (2003). Foram tomadas as medidas do brix na base, porção média e superior dos colmos.

Todas essas avaliações permitiram dividir a planta em suas frações formadoras, para posterior avaliação da composição morfológica e da maturação das plantas ao longo do tempo.

5.2.8 Composição morfológica não destrutiva (biometria)

Aos 90 dias após a colheita, foram escolhidas cinco plantas em cada uma das duas linhas de avaliação (Figura 5.1), para análise de composição morfológica, sendo

no total 10 por parcela. Foram escolhidas plantas que continham dois nós visíveis, com vistas a analisar a composição morfológica de plantas sobreviventes após a fase de intenso perfilhamento (aparecimento e senescência de perfilhos). Essas plantas foram identificadas e numeradas ao longo da linha, para a tomada das medidas ao longo do período experimental.

As medidas de altura da planta, número de nós e diâmetro do colmo foram realizadas conforme descritas no item anterior. Entretanto, como se trataram de medidas repetidas no tempo (análises não-destrutivas), a pesagem das estruturas formadoras não foi realizada. E, as folhas de cada uma das plantas foram contadas e classificadas como em expansão, expandidas, senescentes e mortas, conforme descritas por Sbrissia (2004).

5.2.9 Taxa de crescimento absoluto

A partir dos modelos de predição apresentados para os dados de acúmulo de biomassa em MV e MS, foi possível o cálculo da taxa de crescimento absoluto (TCA). Esta foi calculada de acordo com Benincasa (2003), de acordo com a equação 10.

$$TCA = (P_1 - P_2) / t_1 - t_2 \quad (10)$$

Em que:

P_1 e P_2 : peso da MV ou MS entre duas amostragens sucessivas;

t_1 e t_2 : tempo de amostragem

5.2.10 Cálculo do índice de área foliar e índice de maturação da cana-de-açúcar

A partir dos modelos de predição apresentados para o dado de área foliar específica (Figura 5.11), e do número de perfilhos por metro (Figura 4.3, Cap. 4), foi possível o cálculo do índice de área foliar (IAF), de acordo com o proposto por Giacomini (2007), representado na equação 11.

$$IAF = DDP * AF \quad (11)$$

Em que:

DDP = densidade populacional de perfilhos (perfilhos/m²), e;

AF = área foliar (m²).

A partir dos modelos de predição apresentados para os dados de índice de maturação inferior e índice de maturação superior (equações de 15 a 20), foi possível a elaboração do gráfico do índice de maturação (IM), em porcentagem, da cana-de-açúcar, o qual foi calculado de acordo com CONSECANA (2003), representado pela equação 12.

$$IM = IMS/IMI * 100 \quad (12)$$

Em que:

IMS: índice de maturação superior (graus brix), e;

IMI: índice de maturação inferior (graus brix).

5.2.11 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com seis repetições, com as análises realizadas com o programa estatístico SAS, versão 9.1.3.

Para análise das variáveis de peso e número médio das diferentes categorias de folhas (avaliações destrutivas e não-destrutivas), a distribuição dos dados foi considerada normal, e o modelo matemático utilizado incluiu o efeito fixo de tratamento, DAC e interação tratamento*DAC, além dos efeitos aleatórios de bloco, bloco*tratamento e resíduo, realizada com uso do procedimento MIXED do programa, descrito pela equação 13.

$$y_{ijk} = \mu + \beta_j + t_i + \delta_{ij} + d_k + (td)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (13)$$

Em que:

y_{ijk} = valor observado no k -ésimo DAC, do j -ésimo bloco no i -ésimo tratamento;

μ = média geral;

β_j = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco, $j = 1, \dots, 6$;

t_i = efeito fixo do i -ésimo tratamento; $i = 1, \dots, 3$;

δ_{ij} = efeito aleatório associado ao j -ésimo bloco no i -ésimo tratamento, assumindo $\delta_{ij} \sim N(0, I\sigma^2_\delta)$, sendo que $I\sigma^2_\delta$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos;

d_k = efeito fixo do k -ésimo DAC; $k = 11, 19, 31, 42, 61, 79, 93, 107, 121, 135, 156, 170, 185, 198, 213, 226, 249, 262, 275, 289, 310, 325, 338, 353, 365$;

$(td)_{ik}$ = efeito da interação do i -ésimo tratamento com o k -ésimo DAC;

ε_{ijk} = erro aleatório associado ao k -ésimo bloco, no i -ésimo tratamento e k -ésimo DAC, assumindo $\varepsilon_{ijk} \sim V(0, V\sigma^2_\varepsilon)$, sendo que $V\sigma^2_\varepsilon$ é a matriz de variância e covariância que foi modelada com uma estrutura auto-regressiva de primeira ordem, pois se assume dependência de erros.

Para a análise dos dados de acúmulo de biomassa em MV e MS, peso da planta, peso do colmo, área foliar, diâmetro, altura e graus brix, foi considerada a distribuição normal dos dados. Para as análises do número de nós (dados de contagem), utilizou-se metodologia dos modelos lineares generalizados, considerando uma distribuição de Poisson com função de ligação logarítmica de acordo com Nelder e Wedderburn (1972). O valor das variáveis foi estimado pelo procedimento NLMIXED por meio do modelo referente à equação 14.

$$Y = a / [1 + \exp(-c - k * DAC)] \quad (14)$$

Em que:

a: valor assintótico, interpretado como a possível medida da variável à maturidade;

c: constante de integração;

k: taxa média diária de incremento, de acordo com a unidade da variável;

DAC: dias após colheita.

Os melhores modelos foram identificados utilizando-se como critério a estatística de verossimilhança, além dos critérios de AIC e BIC (LITTELL et al., 1998). As comparações entre médias para as variáveis estudadas, quando necessárias, foram realizadas por meio do teste de t de Student e nível de significância de 5%. As

comparações entre os parâmetros dos modelos foram realizadas por meio de contraste, utilizando-se o teste de F e significância de 5%.

5.3 Resultados

5.3.1 Acúmulo de biomassa e taxa de crescimento absoluto

A Figura 5.3 apresenta o acúmulo de biomassa em toneladas de MV e, a Figura 5.4 apresenta o acúmulo de biomassa em toneladas de MS por hectare da cana-de-açúcar durante o período experimental, bem como as respectivas equações preditivas de produção de MV e MS para cada tratamento, de acordo com o método de colheita adotado.

Figura 5.3 - Biomassa acumulada, em t MV/ha, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, na safra 2006/2007, representada por valores observados (pontos) e o ajuste da função logística, de acordo com o método de colheita

Figura 5.4 - Biomassa acumulada, em t MS/ha, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, na safra 2006/2007, representada por valores observados (pontos) e o ajuste da função logística, de acordo com o método de colheita

Não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$) para o acúmulo de MV e MS, representado pelo valor a_{MS} e a_{MV} , bem como entre as taxas médias diárias de acúmulo de MV e MS (k_{MS} e k_{MV}) para a variedade estudada, de acordo com os dados apresentados na Tabela 5.3. No final do ciclo de produção, as quantidades de biomassa acumulada (ou produtividade) encontradas de acordo com a respectiva equação para cada tratamento foram de 81,8 t MV/ha para corte MAN, de 77,9 t MV/ha para MEC e de 79,9 t MV/ha para MEC+MAN. E para a variável MS, a quantidade de biomassa acumulada foi de 29,6 t MS/ha para tratamentos MAN e MEC, e de 30,4 t MS/ha para MEC+MAN (Figuras 5.3).

Tabela 5.3 - Parâmetros das equações preditivas para acúmulo de biomassa, representados pelo valor assintótico da variável (a_{MV} e a_{MS}), taxa média diária de acúmulo em toneladas de MV (K_{MV}) e MS (K_{MS}), e da probabilidade para esses parâmetros das equações, relativas a variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar, quando submetida a métodos de colheita de forragem

Tratamento	a_{MS}	EP	a_{MV}	EP	K_{MS}	EP	K_{MV}	EP
MAN	29,890	1,5488	82,004	3,4474	0,0206	0,03618	0,0244	0,00375
MEC	31,074	2,4674	78,002	3,3241	0,0141	0,00257	0,0246	0,00473
MEC+MAN	33,251	3,2168	80,001	3,9330	0,0124	0,00217	0,0212	0,00410
P > F	0,5782		0,5936		0,7979		0,1410	

Nas Figuras 5.5 e 5.6 estão apresentados os valores da taxa de crescimento absoluto (TCA) em MV e em MS, respectivamente, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 durante o período experimental (safra 2006/2007) de acordo com o método de colheita adotado.

A partir do cálculo da TCA foi possível identificar a partir de que época e qual foi o período de maior acúmulo para os diferentes tratamentos. Devido ao fato desse cálculo ser efetuado em função do acúmulo de biomassa e das taxas referentes a estes processos, pode-se inferir que as TCA seguiram o mesmo comportamento apresentado para as taxas de acúmulo diário para MV e MS, dos tratamentos avaliados, sendo que não houve diferença para o acúmulo em MV e MS (Tabela 5.3).

Figura 5.5 - Taxa de crescimento absoluto em matéria verde, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, durante a safra 2006/2007, de acordo com o método de colheita

Figura 5.6 - Taxa de crescimento absoluto em matéria seca, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, durante a safra 2006/2007, de acordo com o método de colheita

De maneira geral, as TCA mostraram crescimento gradual, e atingiram seus maiores valores para os seguintes períodos: 0,500 t/ha/dia entre os 90 e 100 DAC para

corte MAN; de 0,480 t/ha/dia entre os 86 e 94 DAC para corte MEC; e, de 0,423 t/ha/dia entre os 84 e 95 DAC para corte MEC+MAN para as TCA em MV (Figura 5.5). Os maiores valores encontrados para TCA, em seu respectivo período, para a variável MS foram de 0,154 t/ha/dia para corte MAN entre os 141 e 154 DAC; 0,109 t/ha/dia para corte MEC entre os 140 e 164 DAC; e, 0,103 t/ha/dia para corte MEC+MAN entre os 160 e 187 DAC (Figura 5.6).

5.3.2 Composição morfológica

Os resultados apresentados relativos à composição morfológica estão apresentados de acordo com a metodologia para sua obtenção. As análises destrutivas foram iniciadas aos 31 DAC e as não-destrutivas aos 91 DAC, conforme descrito no item 5.2 (Material e métodos). As análises não-destrutivas tiveram como objetivo observar o crescimento e a composição morfológica daqueles perfilhos sobreviventes após a fase de intenso aparecimento e senescência de perfilhos. O comportamento dessas variáveis ao longo de ciclo de produção pouco se diferiu daquele observado para as análises destrutivas, sendo que os métodos de colheita avaliados não alteraram o padrão de crescimento das plantas, a quantidade ou massa das estruturas das mesmas.

Os tratamentos não apresentaram diferenças entre si para as variáveis de composição morfológica analisadas, verificadas pelo valor da probabilidade referente ao efeito do tratamento sobre os parâmetros das equações preditivas para as variáveis estudadas, de acordo com a Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Valor da probabilidade referente ao efeito do tratamento sobre os parâmetros das equações preditivas, representadas pelo valor assintótico da variável (a) e taxa média diária de acúmulo ou incremento (k) para as variáveis estudadas

Variáveis	a	k
Peso de planta inteira, kg	0,7136	0,9320
Peso do colmo, kg	0,6238	0,8805
Diâmetro do colmo, cm	0,3741	0,1650
Área foliar, m ²	0,5888	0,9672
Graus brix	0,6210	0,3557
Índice de maturação superior	0,7074	0,4017
Índice de maturação inferior	0,9636	0,9545
Número de nós / planta (análise destrutiva)	0,0009	0,1684
Número de nós / planta (análise não-destrutiva)	0,9052	0,4956
Altura, cm (análise destrutiva)	0,6479	0,8057
Altura, cm (análise não-destrutiva)	0,3014	0,1187

De forma semelhante, não foram observadas diferenças entre as variáveis analisadas por meio do teste de comparação entre médias. O valor da probabilidade para os efeitos dos tratamentos e da interação tratamento*idade, encontram-se na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Valor da probabilidade referente ao efeito do tratamento e da interação tratamento*idade sobre as variáveis de composição morfológica estudadas da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480

Variáveis	Probabilidade > F	
	Tratamentos	Tratamento*idade
Peso de folhas verdes / planta	0,6781	0,8315
Peso de folhas senescentes / planta (destrutiva)	0,3733	0,9978
Peso de folhas mortas / planta (destrutiva)	0,8781	0,9662
Número de folhas verdes / planta	0,4961	0,1455
Número de folhas senescentes / planta (destrutiva)	0,1590	0,8549
Número de folhas mortas / planta (destrutiva)	0,6661	0,7885
Número de folhas em expansão / planta	0,7673	0,8452
Número de folhas em expandidas / planta	0,9147	0,5822
Número de folhas senescentes / planta (não-destrutiva)	0,8960	0,4638
Número de folhas mortas / planta (não-destrutiva)	0,8126	0,4372

Figura 5.7 - Peso da planta inteira e peso do colmo (kg) da variedade IAC86-2480, de acordo com a função logística proposta para cada método de colheita

O peso da planta inteira encontrado no final do ciclo de produção foi de 0,736 kg para corte MAN, 0,716 kg para corte MEC e, 0,717 kg para corte MEC+MAN. O peso do colmo estimado no final do ciclo de produção foi de 0,662 kg para corte MAN, 0,633 kg para corte MEC e 0,642 kg para corte MEC+MAN. Não houve diferença entre os tratamentos para ambas as variáveis, bem como entre os parâmetros das equações ($P > 0,05$), descritas na Figura 5.7.

Na Figura 5.8 apresenta o diâmetro dos colmos da cana-de-açúcar, bem como as respectivas equações preditivas dessa variável para cada tratamento.

Figura 5.8 - Diâmetro dos colmos da variedade IAC86-2480, de acordo com a função logística proposta para cada método de colheita

O valor dessa variável se estabilizou por volta dos 120 DAC, em seu maior valor, de aproximadamente 2,1 cm por planta, para todos os tratamentos.

Nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11 estão apresentados o peso e número de folhas verdes, e o número de folhas em expansão e expandidas avaliadas pelo método não-destrutivo das plantas, respectivamente, da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480 ao longo do ciclo da cultura, correspondentes à safra 2006/2007. O número e o peso de folhas verdes, expandidas e em expansão foi semelhante entre os tratamentos, dentro de cada uma das datas de avaliação ao longo do ciclo de produção ($P > 0,05$).

Figura 5.9 - Peso e número de folhas verdes por planta, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita

Figura 5.10 - Número de folhas em expansão por planta, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita

Figura 5.11 - Número de folhas expandidas por planta, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita

Nas Figuras 5.12 e 5.13 estão apresentados o peso e o número de folhas senescentes e mortas por planta, respectivamente, avaliados pelo método destrutivo e o número dessas folhas avaliado pelo método não destrutivo das plantas ao longo do ciclo de produção.

Figura 5.12 - Peso e número de folhas senescentes por planta, avaliados pelo método destrutivo (lado esquerdo) e não-destrutivo (lado direito) da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita

Figura 5.13 - Peso e número de folhas mortas por planta, avaliados pelo método destrutivo (lado esquerdo) e não-destrutivo (lado direito) da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, de acordo com os métodos de colheita

Não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) para o peso e número de folhas senescentes e mortas dentro de cada uma das datas de avaliação, independente do método de análise utilizado.

A área foliar (AF) da cultura se estabilizou por volta dos 120 DAC, em seu maior valor, de $0,25 \text{ m}^2$ por planta, para todos os tratamentos, não havendo diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) para a variável, ao longo do ciclo da cultura, bem como entre os parâmetros das equações, apresentados na Figura 5.14. O IAF foi calculado em função do número de perfilhos e da área foliar, ambos expressos em m^2 , conforme apresentado na Figura 5.15. Para a variável IAF não foi realizada análise estatística.

Figura 5.14 - Área foliar (m²) da cultura de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo da cultura, em função do modelo logístico proposto para cada método de colheita

Figura 5.15 - Índice de área foliar (IAF) da cultura de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo de produção, de acordo com o método de colheita

Não houve diferença ($P>0,05$) para o número de nós por planta entre os tratamentos, bem como para os parâmetros das equações, apresentados na Figura 5.16, quando o método não-destrutivo foi considerado. Por outro lado, as avaliações destrutivas geraram valores numericamente superiores para o número de nós por planta quando comparadas por meio das avaliações não-destrutivas ($P<0,05$) (Tabela 5.4). Os valores médios encontrados foram de 19,2 nós para plantas submetidas ao tratamento MAN, de 18 nós para plantas submetidas ao tratamento MEC, os quais não diferiram entre si e foram superiores quando comparados a 16,4 nós para MEC+MAN. Apesar disso, tanto na Tabela 5.4 como na Figura 5.17, não foi evidenciada alteração de altura das plantas em função dos tratamentos impostos, sugerindo que a diferença encontrada para o número de nós tenha sido possivelmente decorrente de erro experimental na tomada dessa medida.

Figura 5.16 - Número de nós dos colmos de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, avaliados por meio de análise destrutiva (esquerda) e não-destrutiva (direita) em função do modelo logístico proposto para cada método de colheita

Na Figura 5.17 está apresentada a altura das plantas, da variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, bem como as equações preditivas para esta variável, obtida por meio de análises destrutivas e não destrutivas do material. Não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) ao longo do ciclo da cultura para esta variável, bem como entre os parâmetros das equações.

Figura 5.17 - Altura das plantas da variedade de cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, em função do modelo logístico proposto para cada método de colheita

O acúmulo de sacarose, expresso em graus brix da cana-de-açúcar, bem como o índice de maturação, não diferiram entre os tratamentos ($P>0,05$) e estão apresentados nas Figuras 5.18 e 5.19, respectivamente. O índice de maturação foi calculado por meio das equações preditivas dos índices de maturação inferior (IMI) e superior (IMS) das plantas, de acordo com o tratamento, avaliado ao longo do ciclo de produção, de acordo com as equações 15, 16, 17, 18, 19 e 20. Não houve diferença para os IMI e IMS entre os tratamentos ($P>0,05$) ao longo do ciclo da cultura, bem como entre os parâmetros das equações.

$$\text{IMI}_{\text{MAN}} = [27,1577 / 1 + \exp(1,5819 - 0,0131 \cdot \text{DAC})] \quad (15)$$

$$\text{IMI}_{\text{MEC}} = [26,9621 / 1 + \exp(1,7319 - 0,0139 \cdot \text{DAC})] \quad (16)$$

$$\text{IMI}_{\text{MEC+MAN}} = [27,2667 / 1 + \exp(1,5605 - 0,0132 \cdot \text{DAC})] \quad (17)$$

$$\text{IMS}_{\text{MAN}} = [27,3918 / 1 + \exp(2,5888 - 0,0126 \cdot \text{DAC})] \quad (18)$$

$$\text{IMS}_{\text{MEC}} = [29,4905 / 1 + \exp(2,2724 - 0,0104 \cdot \text{DAC})] \quad (19)$$

$$\text{IMS}_{\text{MEC+MAN}} = [26,6895 / 1 + \exp(2,7515 - 0,0137 \cdot \text{DAC})] \quad (20)$$

Figura 5.18 - Graus brix da cana-de-açúcar, variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo da cultura, em função do modelo proposto para cada tratamento

Figura 5.19 - Índice de maturação da cana-de-açúcar, variedade IAC86-2480, ao longo do ciclo da cultura, em função do modelo proposto para cada tratamento

5.4 Discussão

5.4.1 Condições climáticas durante o período experimental

A análise de solo revelou que a cultura foi desenvolvida em condições satisfatórias para o atendimento de suas exigências nutricionais. A adubação de cobertura efetuada foi recomendada com base na expectativa de extração de nutrientes pela cultura e dos teores presentes no solo, segundo o Boletim 100 do IAC (RAIJ et al., 1996).

Nos primeiros quatro meses após a colheita, foram encontradas altas temperaturas (Figura 5.1), e a umidade relativa do ar não foi inferior a 80% (Tabela 5.1). Essas condições ambientais que prevaleceram no início do período experimental foram determinantes para a expressão da capacidade de perfilhamento da variedade. De acordo com Ramesh (2000), a deficiência hídrica na fase de perfilhamento poderia afetar o crescimento, a produção de MS e a produtividade final da cultura, fato que não ocorreu no período do presente experimento.

Além disso, o déficit hídrico reduzido que ocorreu no final do ciclo de produção, provavelmente não alterou o crescimento das plantas, visto que mesmo em áreas irrigadas, o objetivo é o de manter o armazenamento em água do solo acima de 80% da CAD, por praticamente todo o ciclo de produção (SUGUITANI, 2006), o que sugere oferta controlada de água para a planta manter suas funções fisiológicas.

5.4.2 Acúmulo de biomassa e taxa de crescimento absoluto

Os métodos de colheita não alteraram o acúmulo total de biomassa da cana-de-açúcar, tanto expressos em MV (Figura 5.3), como em MS (Figura 5.4), bem como a taxa média diária de acúmulo de MV e MS (Tabela 5.3).

Devido ao fato de as taxas de crescimento absoluto da cultura terem sido calculadas a partir dos dados de acúmulo de biomassa, os quais não foram alterados pelos métodos de colheita adotados e não apresentaram diferença entre os tratamentos, pôde-se considerar que o mesmo comportamento foi observado para as

TCA, tanto expressos em MV como em MS (Figuras 5.5 e 5.6). O perfil das curvas de TCA em MS da cana-de-açúcar foi semelhante ao observado por Gava et al. (2001) para rebrotação de soqueira de cana-de-açúcar e por Oliveira et al. (2005) para crescimento de cana planta, onde o valor máximo de TCA ocorreu por volta de 120 a 140 DAC, embora os autores não tenham apresentado o método de colheita adotado.

As demais variáveis de composição morfológica das plantas não apresentaram diferenças entre os tratamentos, tanto para o valor atingido no final do ciclo de produção, bem como entre os parâmetros das equações para cada variável e entre as médias das mesmas dentro dos meses de avaliação. Assim, a semelhança entre os tratamentos para o acúmulo de biomassa em MV e MS ficou evidenciada, visto que as demais variáveis analisadas quando consideradas em conjunto, compõem a biomassa total acumulada pelas plantas, como será discutido a seguir.

5.4.3 Composição morfológica

Os métodos de colheita adotados não alteraram o padrão de crescimento das diferentes partes da planta, tanto em massa ou em quantidade das estruturas, avaliado por meio da análise de crescimento e de composição morfológica das mesmas, realizada mensalmente no presente experimento. Todavia, os processos de crescimento e interação entre as variáveis puderam ser descritos ao longo do tempo.

Considerando-se o índice de maturação como referência para distinção das fases do ciclo fenológico da cana-de-açúcar, pôde-se observar que foram intensos os incrementos do peso da planta inteira e o peso do colmo (Figura 5.7), o aumento do diâmetro da planta (Figura 5.8) e no número de nós (Figura 5.16) e, conseqüentemente seu aumento em altura (Figura 5.17), em especial para o período entre 120 e 300 DAC, embora o número de nós tenha aumentado intensamente desde o início do ciclo de produção. O período referido seria relativo a fase de crescimento da cultura (CARVALHO et al., 1993) correspondente ao índice de maturação variando entre 60 e 85% (CONSECANA, 2003), apresentado na Figura 5.19, embora o período de maturação se inicie antes, em geral, ao período de crescimento intenso dos perfilhos sobreviventes na touceira.

A altura das plantas determinada por ambas as análises (destrutiva ou não) foram semelhantes entre si. Isso pode ser observado pela equivalência dos resultados obtidos, e, pela comparação dos valores assintóticos dos parâmetros das equações apresentadas na Figura 5.17.

O diâmetro das plantas foi pequeno, o que para este ciclo de produção seria classificado, segundo Câmara (1993), como sendo fino. Balsalobre et al. (1999) comentaram que menores diâmetros poderiam favorecer a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Além disso, Teixeira (2004) estimou que o diâmetro dos colmos pouco interfere sobre as características químicas e nutricionais da cana-de-açúcar, através de análise de correlação entre essas características.

Uma vez atingido o IM superior a 85%, a partir do qual a cana-de-açúcar entrou em seu período de utilização, com cerca de DAC, todas as variáveis mencionadas anteriormente, bem como o acúmulo de sacarose expresso em graus brix (Figura 5.18) tiveram seu incremento reduzido ou até mesmo estabilizado. Segundo Pereira (2008), o período ou época do ano na qual a maturidade da planta é atingida, é uma característica de interesse nutricional, pois mostra a habilidade da variedade de manter alto teor de sacarose ao longo do tempo. Da mesma forma, comportamento semelhante foi observado para o acúmulo de biomassa em MV, que manteve-se estável no final do ciclo de produção (Figura 5.3).

Entretanto, a partir do momento em que a fase de crescimento foi cessada, o acúmulo de MS ainda permaneceu crescente (Figura 5.4), devido principalmente ao acúmulo de sacarose pela planta (Figura 5.18), na fase de maturação. A curva descritiva para acúmulo de MS concorda com o observado por Machado (1987). De acordo com as equações propostas para predição do índice de maturação inferior e índice de maturação superior, e conseqüentemente o cálculo do IM, representado na Figura 5.16, a variedade estudada atingiu o máximo valor para o IM de 93%, para todos os tratamentos, aos 365 DAC (final do ciclo de produção).

Pôde-se observar que a curva que descreveu o peso do colmo apresentou o mesmo comportamento da curva descritiva do peso da planta inteira (Figura 5.7). Machado (1987) e Suguitani (2006) observaram resultado similar, afirmando que esse comportamento é devido ao fato da massa seca de colmos representar porção

significativa da massa seca total da parte aérea, exceto nas primeiras semanas em que a massa de folhas é mais significativa. Essas afirmações confirmam os dados apresentados na Figura 5.9, onde o número de folhas verdes aparece somente nas datas de 31 e 59 DAC devido ao fato de que as plantas até a segunda colheita eram compostas por folhas, apresentado bainhas longas e que encobriam o colmo em desenvolvimento. Sendo assim, o peso de folhas verdes foi equivalente ao peso da planta inteira para estas duas avaliações. Além disso, até aos 59 DAC, as plantas eram muito jovens e não apresentavam folhas em processo de senescência ou mortas. A partir da colheita subsequente (93 DAC, em fevereiro de 2007), para as estimativas de produção e análises de composição morfológica, as plantas já foram separadas em suas frações propostas. A partir desse momento, a diferença entre o peso da planta inteira e peso do colmo, deveria representar a soma dos pesos das diferentes categorias de folhas ao longo do ciclo (Figuras 5.9, 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13). Esse valor correspondeu a cerca de 100 g, a partir do sexto mês de crescimento da cultura. Porém, a oscilação dos dados das diferentes categorias de folhas dificultou a estimativa mais precisa da participação em quantidade e peso dessas estruturas, as quais variaram de forma inconstante ao longo do tempo. Comportamento semelhante para o número de folhas verdes por planta, ao longo do ciclo da cultura, foi reportado por Suguitani (2006).

Embora classificadas de forma diferente, houve semelhança na oscilação do número de folhas das diferentes categorias ao longo do ciclo. Pôde-se observar que a soma do número de folhas em expansão (Figura 5.10) e expandidas (Figura 5.11) por planta corresponderam a um valor próximo ou semelhante ao total de folhas verdes (Figura 5.9), advindos da análise destrutiva, ao longo do ciclo. O mesmo comportamento foi observado para o número de folhas senescentes por planta (Figura 5.12).

A maior variação encontrada para o número de folhas mortas por planta, além do seu número reduzido (Figura 5.13) foi devido à despalha espontânea que a variedade apresenta como uma de suas características (LANDELL et al., 2002), bem como ao manuseio das plantas desde o momento da colheita até sua avaliação em laboratório. De acordo com estas informações, pôde-se considerar que a descrição do número de

folhas mortas no presente experimento foi subestimada, sendo sugerido que para novos estudos, cuidados adicionais sejam tomados para sua avaliação.

Embora a oscilação do número das folhas, em suas diferentes categorias, não tenha possibilitado a modelagem dos dados ao longo do ciclo de produção, a metodologia utilizada para estimativa da área foliar, e conseqüentemente do índice de área foliar, permitiu a descrição dessas variáveis ao longo do tempo. A AF se apresentou máxima e estável por volta dos 120 DAC, entre 0,27 e 0,28 m² por planta, período considerado como de início da fase de crescimento (Figura 5.14). Esse resultado evidenciou que as plantas estabilizaram seu aparato fotossintético nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, com o objetivo de captar a energia solar disponível (Machado, 1987). Por outro lado, o IAF da cultura (Figura 5.15) se tornou estável (150 DAC) a partir do momento em que a população de perfilhos também se tornou estável (150 DAC) (Figura 4.3), visto que seu cálculo foi feito em função dessa variável.

O IAF máximo atingido, por volta dos 70 DAC (Figura 5.15), foi acompanhado por incrementos intensos em altura (Figura 5.17) e diâmetro das plantas (Figura 5.8), bem como de sua área foliar individual (Figura 5.14). A partir desse comportamento, pôde-se inferir que primeiramente houve a competição dos perfilhos na linha e o pico de perfilhamento foi atingido aos 45 DAC (Figura 4.3) e, somente a partir do momento em que as plantas mais desenvolvidas iniciaram seu intenso crescimento é que o IAF máximo foi atingido. A partir da estabilização do número de perfilhos por metro, o IAF máximo foi de 4,6 para o tratamento MAN, 4,2 para o tratamento MEC e de 3,7 para o tratamento MEC+MAN.

A estabilização observada para a AF sugere que o déficit hídrico ocorrido no final do ciclo de produção da cultura não foi suficiente para alterar o número ou tamanho das folhas das plantas, pois, segundo Taiz e Zeiger (2006), a resposta mais significativa das plantas ao déficit hídrico é a ocorrência de decréscimo da produção de AF. E ainda, que ocorre aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Além de o déficit hídrico ocorrido não ter alterado o aparato fotossintético das plantas, segundo Van Dillewinj (1952), Scarpari e Beauclair (2002) e Andrade (2006), para a ocorrência do processo de maturação da cana-de-açúcar, a planta exige temperaturas baixas e/ou déficit hídrico,

para que haja repouso fisiológico e maior acúmulo de sacarose nos colmos. Sendo assim, a interação entre fatores intrínsecos da planta e fatores climatológicos permitiu que a variedade estudada se desenvolvesse normalmente.

5.4.4 Padrão de crescimento

A biomassa produzida na safra 2006/2007 foi próxima a aquela encontrada no ciclo anterior (item produtividade colhida, Tabela 3.4). As variações encontradas entre as safras 2005/2006 e 2006/2007 foram de: -8% para áreas submetidas ao tratamento MAN; -3,7% para áreas submetidas ao tratamento MEC, e; +7,4% para áreas submetidas ao tratamento MEC+MAN. Silva et al. (1999) em avaliação para seleção de clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, encontraram variações da produtividade, em t MV/ha, entre o 3º e 4º cortes entre -1,7% e -23,5%. Mamede et al. (2002) estudaram o potencial produtivo de 25 clones da série RB86 e cinco variedades de cana-de-açúcar mais plantadas no estado de São Paulo, e encontraram variações entre o 3º e 4º corte, entre variedades, de -9,3 a -25,9%, e entre os clones da série RB86 variações entre +0,6% e -33,4%. Barbosa e Silveira (2006) em um estudo sobre o custo de produção da tonelada de MV, de acordo com o número de cortes realizados, consideraram queda de 15% para produção em t MV/ha entre o 3º e 4º corte da cana-de-açúcar. O acompanhamento da queda de produtividade torna-se importante devido ao fato de que, menores índices de decréscimo podem indicar variedades com maior longevidade (SILVA et al. 1999), o que contribui principalmente para diminuição dos custos de produção. O decréscimo de produção encontrado no presente trabalho foi menor quando comparado aos dados reportados, sendo que, para um dos tratamentos, houve inclusive pequeno aumento da produção em t MV/ha. Esse fato sugere que áreas cultivadas da variedade IAC86-2480 podem apresentar maior longevidade quando adequadamente manejados. Para se verificar se a resposta dessa variedade a cortes seqüenciais apresenta realmente menor decréscimo de produção ao longo dos ciclos, sugere-se o acompanhamento de uma mesma gleba ao longo de diversos anos agrícolas.

Os valores observados de biomassa acumulada em ton MV/ha, são similares à produtividade média registrada para o Brasil em 2007, de 77 ton/ha (IBGE, 2008), embora os valores ainda estejam distantes do potencial produtivo biológico da cana-de-açúcar (DARLI et al., 2008). Os valores de produtividade colhida foram inferiores ao reportado por Landell et al. (2002), de 94,3 t MV/ha para terceiro corte, em um ciclo de 12 meses, em situação similar a do presente experimento. Outros autores encontraram valores de produtividade superiores para a mesma variedade. Silva et al. (2004) reportaram o valor de 136,5 t/ha, em cana planta em espaçamento de 1,5 m. Schmidt (2006) encontrou o valor de 144,3 t/ha em espaçamento de 1,2 m e ciclo de 15 meses em cana-soca. Apesar dos valores apresentados sugerirem que maiores produtividades poderiam ter sido atingidas para esta mesma variedade de cana forrageira, devem ser analisados o contexto do manejo e as recomendações agronômicas reportadas por estes autores, bem como analisar as variáveis meteorológicas dos anos agrícolas em questão, para estabelecer base de comparação.

As características morfológicas da variedade estudada estão de acordo com dados reportados na literatura, embora de maneira geral, tenham sido inferiores a diversas outras variedades estudadas. Isso se deve ao fato de que a produtividade alcançada foi menor que muitos dos dados apresentados na literatura, uma vez que essa produtividade, ou acúmulo de biomassa, é composto pelas diversas estruturas e suas respectivas massas. De acordo com Landell e Silva (2004), os componentes determinantes para o potencial agrícola são a altura e o diâmetro do colmo, além do número de perfilhos.

Embora a altura e o diâmetro das plantas tenham sido inferiores quando comparados a outras variedades, segundo Teixeira (2006) colmos menores apresentam maior digestibilidade. Entretanto, a idéia de se produzir canas mais curtas para se obter ganho em digestibilidade induziria perda na produção por área, o que poderia ser questionado como estratégia de seleção de variedades. Silva et al. (2004) reportaram a altura de 221 cm e diâmetro de 2,6 cm para a variedade IAC86-2480, em cana planta. Landell et al. (2002) apresentaram dados médios dos três primeiros ciclos de produção da variedade IAC86-2480 de 222,2 cm de altura e 2,47 cm de diâmetro. Observando sobre o ponto de vista para colheita do material, Balsalobre et al. (1999) comentaram

que para cortes mecanizados, seria interessante que a produção fosse dependente do peso e do diâmetro do colmo, uma vez que plantas maiores poderiam gerar dificuldade de corte pela colhedora. Novamente, plantas menores poderiam trazer vantagens quanto ao método de colheita adotado, porém, com aparente comprometimento da produtividade.

De acordo com Hermann e Câmara (1999) o conhecimento da AF se faz necessário toda vez em que a cana é submetida a avaliações onde, por exemplo, se comparam condições de manejo da cultura que impliquem em alterações morfológicas. No presente experimento, não houve efeito do método de colheita sobre a AF e IAF da variedade estudada. O máximo IAF da cana-de-açúcar IAC86-2480 foi superior aos já reportados na literatura para diversas outras variedades, embora Alvarez e Castro (1999) em estudo comparativo sobre o crescimento de cana variedade SP70-1143 colhida crua ou queimada em seus segundo e terceiro corte, encontraram o IAF da cultura de aproximadamente 9, sendo o mais próximo ao presente trabalho. Beauclair (2006), em revisão geral sobre cana-de-açúcar indicou que o IAF poderia apresentar valores de até 7. Já Irvine e Benda (1980) apud Machado (1987) afirmaram que o IAF máximo varia entre 2 e 8, dependendo da variedade, local de plantio, ambiente e principalmente da densidade de plantio. Segundo Machado (1987), o IAF de 4 é suficiente para interceptação de 95% da radiação solar incidente pela cana-de-açúcar. Ainda, Bezuidenhout et al. (2003) encontraram 95% de interceptação luminosa para cana-de-açúcar por volta de 120 DAC, similares ao período encontrado no presente experimento para estabilização da AF. Pôde-se notar que, embora os valores máximos atingidos tenham sido superiores à maioria dos dados reportados da literatura consultada, as estabilizações da AF e do IAF para a variedade IAC86-2480 se encontraram dentro do padrão de resposta já investigado para a espécie.

5.5 Conclusões

Os métodos de colheita adotados não alteraram o padrão de crescimento da parte aérea e as características morfológicas da cana-de-açúcar, variedade IAC86-

2480, durante seu quarto ciclo de crescimento. Conseqüentemente, também não modificaram sua produção final em MV e MS.

Referências

ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1069-1079, 1999.

ANDRADE, L.A.B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M.G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. Lavras: UFLA. 2006. p. 25-67.

BALSALOBRE, M.A.; FERNANDES, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 7-26.

BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

BEAUCLAIR, E.G.F. **Curso técnico em agropecuária**. Unidade de estudo: cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ, Fundação Bradesco, 2006. 35 p.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BEZUIDENHOUT, C.N.; O'LEARY, G.J.; SINGELS, A.; BAJIC, V.B. A process-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops. **Agricultural Systems**, Barking, v. 76, p. 589-599, 2003.

CÂMARA, G.M.S. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 242 p.

CARVALHO, G.J.; ANDRADE, L.A.B.; EVANGELISTA, A.R.; OLIVEIRA, P.S.R. Avaliação do potencial forrageiro de cinco variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes estádios de desenvolvimento. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n. 4, p. 16-23, abr. 1993.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba, 2003. 115 p.

DARLI, A.B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, C.J.B.; DUENHAS, L.H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, nov. 2001.

GIACOMINI, A.A. **Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente para bovinos de corte**. 2007. 175 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 5, p. 32-34. 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 12 jul. 2008.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 18-27, jan./jun. 2004.

LITTEL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1216-1231, Apr. 1998.

MACHADO, E.C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 56-87.

MAMEDE, R.Q.; BASSINELLO, A.I.; CASAGRANDE, A.A.; MIOCQUE, J.Y.J. Potencial produtivo de clones de RB de cana-de-açúcar no município de Nova Europa-SP. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 32-35, 2002.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized liner models. **Journal of the Royal Statistical Society**. Oxford, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 6, n. 1/2, p. 85-89, 2005.

PEREIRA, M.N. **Potencial da cana-de-açúcar para alto desempenho de bovinos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. Grupo do Leite Online. Disponível em: <http://www.grupodoleite.com.br/materiais/potencial_cana.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 185, p. 83-89, 2000.

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função das épocas de plantio no estado de São Paulo**. 1984. 229 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pasto de capim marandu sob lotação contínua**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 486-491, 2004.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar**. 2006. 229 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SILVA, M.A.; CAMPANA, M.P.; LANDELL, M.G.A.; ZIMBACK, L.; FIGUEIREDO, P. Avaliação de clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 335-340, 1999.

SILVA, M.A.; OKAMOTO, F.; PORTO, A.J.; CAMPANA, M.P.; SILVA, D.N. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar visando alimentação animal no município de Gália (SP). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 61, n. 2, p. 127-134, 2004.

SUGUITANI, C. **Fenologia da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob efeito do fósforo**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 764 p.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VAN DILLEWINJ, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 372 p.

ZACARIAS, C. A. B. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e suas implicações no melhoramento**. 1977. 82 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos no presente experimento, somado às escassas informações obtidas da literatura consultada sobre cana-de-açúcar para pecuária, constatou-se que os métodos de colheita não promoveram alterações suficientes para modificar características morfofisiológicas ou sobre o perfilhamento das plantas durante esse ciclo de produção anual. Por outro lado, são amplamente encontrados na literatura dados sobre fatores de manejo como adubações, irrigação e espaçamento entrelinhas de plantio, capazes de influenciar de maneira mais evidente essas variáveis, sendo que os fatores genéticos e ambientais são os preponderantes em alterar estas características.

A investigação do efeito dos tratamentos realizada por meio da análise de crescimento permitiu, ao menos em parte, confirmar a hipótese testada, de que os métodos de colheita não alterariam o padrão de resposta da comunidade de plantas e de seus perfilhos, independente da altura de corte. A variação da ordem de grandeza e a da velocidade dos processos fisiológicos envolvidos não ficou completamente evidenciada. Portanto, para se verificar o real efeito do tratamento sobre a velocidade dos processos de rebrotação, seria interessante que fossem realizadas avaliações em períodos mais curtos de tempo no início do perfilhamento, como sugerido por Rocha (1984). Além disso, caso se queira investigar o crescimento de plantas individuais por geração, sugere-se que maior número de plantas seja avaliado, devido à alta mortalidade de perfilhos que ocorre principalmente no início do ciclo de produção. Por outro lado, se houver opção de iniciar a avaliação em período mais tardio, após o corte ou plantio, seria correta a escolha de plantas mais desenvolvidas, vigorosas e sadias, pois apresentam mais chances de sobrevivência.

O fato de a estabilização do número final de perfilhos por metro não ter sido sincronizada e ter ocorrido antecipadamente, em cerca de 50 dias, para o tratamento mecanizado, frente aos demais tratamentos, não sugere que as plantas submetidas a este tratamento possam ser colhidas precocemente. Isso se deve ao fato de que, somente após a estabilização do número de perfilhos para todos os tratamentos é que as plantas entraram em seu período de utilização de forma sincronizada entre os

tratamentos, mostrando que a maturação da cana-de-açúcar foi dependente de fatores climáticos.

O período de intensa mortalidade dos perfilhos foi acompanhado, concomitantemente, por intenso crescimento das plantas. No mesmo período em que houve intensa redução do número de perfilhos por metro, entre 45 e 120 DAC, houve grande incremento em peso da planta e do colmo, no número de nós por planta e, conseqüentemente, sobre sua altura. Além disso, nesse período houve também maior incremento na área foliar por planta e o maior índice de área foliar foi atingido, embora tenha, na seqüência, apresentado redução devido ao fato de ser calculado em função do número de perfilhos por área. A visão conjunta dos dados de perfilhamento e crescimento proporcionou a possibilidade de uma avaliação integrada da variedade estudada, sendo que ambas avaliações convergiram para respostas similares das plantas aos tratamentos avaliados.

As aparentes incoerências observadas no presente experimento sobre as taxas médias diárias de acúmulo e de perfilhamento sugerem a necessidade de estudos básicos mais aprofundados sobre a rebrotação no início do ciclo de produção. Além disso, estudos mais prolongados deveriam ser realizados para acompanhar o impacto dos métodos de colheita adotados ao longo de todo o ciclo produtivo da cultura com o objetivo de permitir recomendação definitiva sobre a necessidade desse procedimento.

Referências

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função das épocas de plantio no estado de São Paulo**. 1984. 229 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

7 CONCLUSÕES

Os métodos de colheita avaliados não se apresentaram plenamente eficientes em colher toda a forragem disponível, sendo que no presente experimento o corte mecanizado da cana-de-açúcar incrementou em 8 unidades percentuais as perdas de MS quando comparado a colheita manual da planta forrageira.

Os métodos de colheita adotados em canaviais destinados à alimentação animal, não alteraram o padrão de rebrotação da cana-de-açúcar variedade IAC86-2480, em seu quarto ciclo de produção, não sendo constatadas alterações no número de perfilhos por metro, na densidade populacional de perfilhos, e, os perfilhos aéreos emitidos no início da rebrotação para áreas submetidas ao corte mecânico desapareceram aos 90 dias após a colheita. Também não alteraram o padrão de crescimento das plantas, bem como sua produção final em matéria verde e seca, suas características biométricas e morfológicas.

Sendo assim, o rebaixamento das soqueiras após o corte mecanizado deve ser analisado cuidadosamente, uma vez que os resultados deste primeiro ciclo de avaliação indicaram que essa recomendação pode ser um procedimento desnecessário do ponto de vista morfofisiológico da cultura de cana-de-açúcar. Além disso, sua realização poderia potencializar os danos causados nas linhas de plantio e aumentar o custo de produção da forragem.