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

Aplicação de dessecante na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para colheita mecanizada

Gilda Brasil Camargo Cardoso

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Máquinas
Agrícolas

**Piracicaba
2011**

Gilda Brasil Camargo Cardoso
Engenheira Agrônoma

**Aplicação de dessecante na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para
colheita mecanizada**

Orientador:
Prof. Dr. **TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Máquinas
Agrícolas

**Piracicaba
2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Cardoso, Gilda Brasil Camargo

Aplicação de dessecante na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para colheita mecanizada / Gilda Brasil Camargo Cardoso. - - Piracicaba, 2011.
71 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Cana-de-açúcar 2. Colheita 3. Herbicidas dessecantes 4. Mecanização agrícola
I. Título

CDD 633.61
C268a

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

Aos meus pais,

Luiz de Camargo Cardoso e Elaine Cristine Arcuri Palone,

*Que me incentivaram em todos os momentos de minha vida e
depositaram em mim toda sua confiança.*

*Obrigada pelo apoio incondicional em mais uma etapa da minha
vida.*

Dedico, não só este trabalho, mas também a minha vida!

As minhas irmãs,

*Guida Mariana e Guinéa, pela amizade, compreensão, carinho e
apoio durante todo o caminho; e a minha linda irmã Geórgia (in
memorian), por me guardar e me proteger lá do céu.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador e amigo, Professor Titular Tomaz Caetano Cannavam Ripoli, por ter acreditado em meu potencial e aceitado orientar-me e, principalmente, por tornar este sonho possível e concreto. Agradeço sua confiança e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudo concedida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, por meio do Departamento de Engenharia de Biossistemas, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, pela formação acadêmica de qualidade.

Aos funcionários da Usina Zanin, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. e Esalq-USP, pelo auxílio na realização desse trabalho.

Agradecimento especial aos professores Walter Francisco Molina Junior, Carlos Eduardo Furlani e Casimiro Dias Gadanha Junior pelas sugestões apresentadas no exame de qualificação.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Biossistemas: Casimiro Dias Gadanha Junior, José Paulo Molin, Thiago Libório Romanelli e Walter Francisco Molina Junior, pelos ensinamentos.

Ao Professor Dr. Luiz Antônio Daniel, pelo auxílio, sugestões e apoio na concretização deste estudo.

À Professora Dr. Sônia Maria de S. Piedade, pelo auxílio na análise estatística do trabalho.

Ao amigo Luís Ramos de Lima, por toda confiança depositada em mim. Obrigada!

Agradecimento especial ao querido amigo Hudson de Sousa Nardi, que me acompanhou desde o início do mestrado. Obrigada pelo amor, carinho, dedicação, companheirismo, paciência, pelo respeito ao meu trabalho e pela postura assumida durante o duro período de preparo desta dissertação. Guardarei para sempre os bons momentos que vivemos juntos. Muito obrigada!

Aos amigos Mateus Marrafon, Paulo de Tarso Neves e Raniére Rodrigues Vieira, por estarem sempre presentes. Obrigada!

A amiga Sheila que, com muita paciência, sempre me incentivou a continuar, meu eterno agradecimento pela sua amizade, companheirismo e apoio.

Aos colegas e amigos de turma: Diego Soriano Cavalcante, Gustavo Portz, Samir Elias Zaidan, pela amizade compartilhada e os momentos de excelente convivência.

Aos amigos do programa de pós-graduação: Áureo, Carla, Daniel, João, José Vitor, Luciano, Márcio, Roselane e Vanderson.

Aos funcionários do departamento de Engenharia de Biossistemas: Chicão, Davilmar, Fernanda, Juarez, e Vlamir.

As funcionárias da biblioteca, Eliana e Silvia, pela revisão, auxílio e paciência. Obrigada!

Uma pesquisa jamais é realizada individualmente. Ao longo de seu processo há envolvimento e diversas colaborações. Por isso, deixo aqui o meu imenso agradecimento a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida.

"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.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 A origem da cana-de-açúcar	21
2.2 Importância do setor sucroalcooleiro na economia brasileira.....	22
2.3 Colheita de cana-de-açúcar	23
2.3.1 Evolução do sistema mecanizado de colheita de cana-de-açúcar	23
2.3.2 Sistema de colheita de cana-de-açúcar	24
2.3.3 Conseqüências da colheita mecanizada em cana-de-açúcar	25
2.3.4 Perdas de matéria-prima em razão da colheita mecanizada.....	28
2.4 Aplicação de dessecante em pré-colheita de cana-de-açúcar	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Material.....	33
3.1.1 Local e período experimental	33
3.1.2 Clima e solo.....	33
3.1.3 Variedade	33
3.1.4 Condução do experimento	33
3.1.5 Máquinas utilizadas no campo	34
3.1.6 Equipamentos de mensuração – parte experimental	37
3.1.7 Equipamentos laboratoriais	37
3.2 Métodos.....	38
3.2.1 Caracterização da área experimental.....	38
3.2.2 Granulometria e umidade do solo	39
3.2.3 Caracterização do porte do canavial	40
3.2.4 Determinação de perdas de colheita.....	40
3.2.5 Capacidades Efetivas de colheita	42
3.2.5.1 Capacidade Efetiva Bruta.....	42

3.2.5.2 Capacidade Efetiva Líquida	43
3.2.6 Eficácia de Manipulação	43
3.2.7 Determinação do volume e massa específica da carga.....	44
3.2.8 Determinação de qualidade da matéria-prima colhida.....	46
3.2.9 Umidade da matéria-prima vegetal	47
3.3 Consumo de combustível	48
3.4 Delineamento experimental	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Caracterização do canavial, granulometria e umidade do solo.....	51
4.2 Velocidade efetiva de deslocamento	52
4.3 Qualidade da matéria-prima colhida	52
4.3.1 Quantidade de matéria estranha mineral na matéria-prima.....	53
4.3.2 Quantidade de matéria estranha vegetal na matéria-prima	54
4.3.3 Quantidade de matéria estranha total na matéria-prima.....	55
4.4 Perdas de cana-de-açúcar na colheita	56
4.4.1 Perdas visíveis de cana-de-açúcar na colheita.....	56
4.4.2 Perdas totais de colmos e/ou suas frações na operação de colheita	57
4.5 Capacidades Efetivas de colheita	57
4.5.1 Capacidade Efetiva Bruta de colheita da matéria-prima	57
4.5.2 Capacidade Efetiva Líquida de colheita da matéria-prima.....	58
4.6 Eficácia de Manipulação (%)	59
4.7 Peso específico da matéria-prima transportada	59
4.8 Consumo efetivo de combustível nas Capacidades Efetivas de colheita	60
4.8.1 Consumo de combustível na Capacidade Efetiva Líquida de colheita de matéria-prima	60
4.8.2 Consumo de combustível na Capacidade Efetiva Bruta de colheita da matéria-prima	61
4.9 Consumo efetivo de combustível.....	62
5 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS	65

RESUMO

Aplicação de dessecante na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para colheita mecanizada

A colheita mecanizada da cultura de cana-de-açúcar tem grande relevância no sistema de produção de tal cultura, influenciando na qualidade e nos custos da matéria-prima entregue à usina. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do herbicida Paraquat, aplicado como dessecante em pré-colheita, no sistema de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido em área de Latossolo Vermelho - Amarelo, localizada no município de Boa Esperança do Sul – SP, em canavial sem queima prévia, sistematizado para colheita mecanizada. A área experimental possuía 0,353 ha sendo representada por 24 fileiras, das quais 12 foram tratadas com o dessecante Paraquat e 12 foram consideradas como testemunha. Os tratamentos foram: V1P (área com aplicação de Paraquat e velocidade da colhedora de 4 km h⁻¹); V2P (área com aplicação de Paraquat e velocidade da colhedora de 6 km h⁻¹); V1T (área testemunha e velocidade da colhedora de 4 km h⁻¹) e V2T (área testemunha e velocidade da colhedora de 6 km h⁻¹). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2x2 (2 tratamentos: com ou sem aplicação de dessecante x 2 velocidades da colhedora: 4 e 6 km h⁻¹). Foi constatado estatisticamente que, com a aplicação de dessecante, não houve diferenças mínimas significativas nas seguintes variáveis: Eficácia de Manipulação, perdas de cana-de-açúcar na colheita, quantidade de matéria estranha mineral na matéria-prima colhida e consumo de óleo diesel nas capacidades efetivas de colheita (Bruta e Líquida). Entretanto, a aplicação do dessecante Paraquat diminuiu a quantidade de matéria estranha vegetal presente na matéria-prima colhida, aumentou a capacidade efetiva líquida e bruta de colheita, o consumo de combustível no tratamento V2P e o peso específico da matéria-prima transportada, evidenciando os benefícios da aplicação do produto na cultura de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Perdas durante a colheita; Mecanização; Colheita; agricultura

ABSTRACT

Application of desiccant in the cultivation of sugar cane (*Saccharum spp.*) in mechanized harvesting

The mechanized harvest of sugar cane has great relevance in the production system of the culture, influencing in the quality and in the costs of the product delivers to the plant. The present work had for objective to evaluate the effect of the herbicide Paraquat, applied as desiccant in preharvest, in the system of cut, shipment and transport of sugar cane. The experiment was lead in area of Yellow Red Latossolo, located in the city of Boa Esperança do Sul - SP, in sugar cane plantation without previous burning, systemize for mechanized harvest. The experimental area had 0.353 ha being represented by 24 rows, of which 12 were treated with Paraquat and 12 were considered as control. The treatments had been: V1P (area with application of Paraquat and speed of the sugar cane harvester 4 km h⁻¹); V2P (area with application of Paraquat and speed of the sugar cane harvester 6 km h⁻¹); V1T (area testifies and speed of the sugar cane harvester 4 km h⁻¹) and V2T (area testifies and speed of the sugar cane harvester 6 km h⁻¹). The adopted experimental delineation was entirely randomized, in a factorial 2x2 (two treatments: with or without the application of desiccant x 2 speed of the harvester: 4 and 6 km h⁻¹). It was found that statistically, with the desiccant application, there were no differences in the following variables: Efficacy of manipulation, loss of sugar cane at harvest, amount of foreign matter in mineral raw materials harvested and diesel consumption in the effective capacity of harvest (Gross and Net). However, the application of Paraquat decreased the amount of foreign matter present in raw plant material harvested, increased the effective capacity of net and gross harvest, the fuel consumption in treatment V2P and specific weight of raw material transported, evidencing the benefits of the application of the product in the cultivation of sugar cane.

Keywords: Sugar cane; Losses during harvesting; Mechanization; Crop; Agriculture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicação aérea do dessecante Paraquat (Gramoxone®)	34
Figura 2 - Colhedora Case com rodado de esteiras	35
Figura 3 - Conjunto de transbordos Santal tracionado por trator Valmet, modelo 1780	36
Figura 4 - Carregadora de cana-de-açúcar convencional, da marca Santal	36
Figura 5 - Representação esquemática da área experimental	39
Figura 6 -Critério para determinação do porte do canavial, através de triângulo retângulo (Ripoli, 1996)	40
Figura 7 - Esquematização da área de amostragem para a determinação de perdas de matéria-prima	41
Figura 8 - Área sub-amstral para determinação de perdas de matéria-prima: limpeza da área antes da colheita (a) e área após a colheita (b)	41
Figura 9 - Colheita mecanizada da matéria-prima (a) e recolhimento das perdas nas áreas amostrais (b)	41
Figura10- Pesagem das perdas de matéria-prima remanescente no terreno após a colheita	42
Figura 11 - Nivelamento da carga antes da pesagem do transbordo (a); determinação da altura atingida pela carga (b); balanças, uma sob cada roda (c); “display” de leitura das balanças (d)	45
Figura 12 - Vista frontal do esquema para determinação do volume da matéria-prima colhida	45
Figura 13 - Tambor posicionado dentro da unidade de transbordo no início de cada repetição (a); retirada do tambor contendo a amostra, após a realização da repetição (b e c); pesagem da amostra contida no tambor (d)	47
Figura 14 - Coleta de amostras para determinação das percentagens de umidade de “ponteiros”, “folhas verdes” e “palhas”	48
Figura 15 - Porte do canavial	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidades (km h^{-1}) médias e por repetição da colhedora na operação de colheita de cana-de-açúcar	52
Tabela 2 - Valores médios da matéria estranha mineral, por tratamento, em %.....	53
Tabela 3 - Valores médios da matéria estranha vegetal, por tratamento, em %.....	54
Tabela 4 - Valores médios da matéria estranha total, por tratamento, em %.....	55
Tabela 5 - Valores médios das perdas visíveis de colmos de cana-de-açúcar, por tratamento, em %	56
Tabela 6 - Valores médios das perdas de colmos e/ou suas frações, por tratamento, em %	57
Tabela 7 - Valores médios das capacidades efetivas brutas de colheita, por tratamento, em t h^{-1}	58
Tabela 8 - Valores médios das capacidades efetivas líquidas de colheita, por tratamento, em t h^{-1}	58
Tabela 9 - Valores médios da eficácia de manipulação, por tratamento, em %.....	59
Tabela 10 - Valores médios do peso específico de carga, em kg m^{-3} , para os tratamentos testemunha e com aplicação de Paraquat	59
Tabela 11 - Variação do peso específico de carga ocorrida nos tratamentos, em kg m^{-3}	60
Tabela 12 - Valores médios de consumo efetivo de combustível na capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima (CELmp), em L t^{-1}	61
Tabela 13 – Valores médios de consumo efetivo de combustível na capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-prima (CEBmp), em L t^{-1}	61
Tabela 14 – Valores médios de consumo efetivo de combustível, por tratamento, em L h^{-1}	62

1 INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos, a agricultura tem se tornado cada vez mais exigente no quesito qualidade e desempenho nas operações envolvidas, principalmente no atual cenário da economia, no qual a competitividade tem levado as empresas a buscarem redução de custos, aumento da produtividade agrícola e de mão-de-obra e a obtenção de produtos de qualidade superior.

No caso das usinas sucroalcooleiras, a globalização tem influenciado sobremaneira em todos os sistemas, processos e etapas que são aplicados na produção canavieira.

Os sistemas de colheita destacam-se pelos seus elevados custos envolvidos e pelas dificuldades operacionais, condicionadas a fatores como o clima e a própria perecibilidade do produto. A mecanização da colheita é um fato em culturas que ocupam extensas áreas e/ou apresentam escassez de mão-de-obra ou, ainda, com restrições causadas por questões ambientais, como é o caso da cana-de-açúcar.

Com o crescimento da demanda de cana-de-açúcar, o setor busca maior eficiência, via novas tecnologias, investindo em equipamentos e alternativas que proporcionam menor perda de cana-de-açúcar, melhoria da qualidade da matéria-prima e, conseqüentemente, aumentem a rentabilidade econômica.

Com o intuito de reduzir as perdas decorrentes da colheita mecanizada e contribuir com a melhoria do desempenho operacional do conjunto, o presente trabalho partiu da hipótese que é possível o uso de alternativas, como o uso de dessecante em pré-colheita de cana-de-açúcar, para minimizar esse desperdício. Assim, avaliou-se o efeito do herbicida Paraquat, aplicado como dessecante em pré-colheita, no sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A origem da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene da família *Poaceae*s, pertencente ao gênero *Saccharum* (TEIXEIRA, 2004). É uma planta de metabolismo fotossintético C4, apresentando como principal característica a elevada taxa fotossintética, sendo muito eficiente na conversão de energia radiante em energia química (OLIVEIRA et al., 2004).

Segundo Saranin (1975), a produção de cana-de-açúcar, em escala comercial, teve origem na Ásia, mais provavelmente na Índia e na China, difundindo-se posteriormente para as regiões banhadas pelo Mediterrâneo.

Na época das Grandes Navegações, a busca por novas terras, que pudessem prosperar a cultura da cana-de-açúcar, fazia-se constante, uma vez que eram poucas as terras já encontradas apropriadas para a cultura (ARBEX, 2002).

Mediante a descoberta do Brasil, a cana-de-açúcar foi trazida para a América, na expedição de Martim Afonso de Souza, em 1526, e espalhou-se no solo fértil encontrado no País (LIMA, 2006).

Inicialmente, as unidades eram estabelecidas e administradas pela família, a qual era responsável pelo controle das etapas de produção da matéria-prima e seu processamento. Entretanto, mudanças sociais, políticas e econômicas, ocorridas no final do século XIX, influenciaram a agroindústria açucareira de modo que esta passou a operar em larga escala, com ampliação dos investimentos e com emprego de tecnologias sofisticadas. Estabeleceu-se então uma nova divisão, que passou a ser formada pelo setor agrícola, responsável pela produção de matéria-prima; e a indústria, responsável pela transformação em produto final (MUTTON, 1990).

Com a nova divisão, diversos sistemas de pagamento da matéria-prima começaram a ser desenvolvidos. Segundo Pereira (1982), a adoção do incentivo econômico à matéria-prima de melhor qualidade contribuiu para obtenção dos altos índices de recuperação agro industrial em alguns países.

Na tentativa de regulamentar a qualidade da cana-de-açúcar, foi definida pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) a Resolução nº 109/45, de 27 de junho de 1945, segundo a qual: “A cana-de-açúcar fornecida deverá ser fresca, madura,

convenientemente limpa e despalhada e, seu pagamento deverá ser feito pelo teor de sacarose e pureza” (Valsechi, 1968).

Entretanto, devido à dificuldade crescente de mão-de-obra disponível, tais características começaram a ser questionadas, tornando-se necessário a queima dos canaviais, tendo como objetivo a redução das impurezas e a melhora da capacidade operacional do corte manual (Furlani Neto, 1984).

Azzi (1972) aponta a década de 60 como sendo o período em que houve maior quantidade de impurezas presentes nos carregamentos, resultado este devido ao surgimento das primeiras carregadoras de cana-de-açúcar, que passaram a substituir o carregamento manual.

Surge assim, a necessidade de acompanhamento dos parâmetros relacionados à qualidade da matéria-prima, buscando-se alternativas que permitam o aprimoramento do sistema de colheita.

2.2 Importância do setor sucroalcooleiro na economia brasileira

O Brasil, devido às suas dimensões continentais e condições climáticas favoráveis à cultura canavieira, é líder mundial na produção de cana-de-açúcar e seus derivados. O segmento foi responsável, em 2008, por 1,76% do PIB (Produto Interno Bruto) agrícola Nacional (Embrapa, 2009).

Dados da União da Indústria de cana-de-açúcar – UNICA (2010) fornecem o *ranking* nacional de produção de cana-de-açúcar, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor, com cerca de 346,292 milhões de toneladas, representando cerca de 60% da cana-de-açúcar processada em todo o Brasil; seguido pelos Estados do Paraná, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Alagoas.

A produção da safra nacional nos anos 2008/2009 foi próxima de 569,062 milhões de toneladas, volume este quase 13% maior que a safra anterior, que deteve de uma produção de 495,723 milhões de toneladas. Os Estados do Centro-Sul são responsáveis pelo processamento de quase 90% da produção e os do Norte e Nordeste pelo restante (UNICA, 2010).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2009), um dos fatores que influenciou o crescimento da produção de cana-de-açúcar na última safra

foram as 28 milhões de toneladas de cana-de-açúcar madura remanescentes da safra de 2008, as quais foram moídas no ano de 2009. Outros fatores apontados pela CONAB foram a inserção de mais 25 usinas no setor de produção e o aumento das áreas de canaviais destinadas à indústria sucroalcooleira, que passou de 7,08 milhões de hectares para 7,79 milhões de hectares.

Segundo Neves et al., (2009), em relação aos empregos formais, em 2008, foram contabilizados 1,28 milhões de postos de trabalho, sendo 38% no cultivo de cana-de-açúcar e 62% na produção de açúcar e etanol. Considerando os empregos informais, estima-se que tenham existido 1,43 milhões de empregos no setor. Entre empregos diretos e indiretos, chega-se à marca de 4,29 milhões de pessoas alocadas em trabalhos relacionados à cana-de-açúcar, evidenciando a importância do setor.

2.3 Colheita de cana-de-açúcar

2.3.1 Evolução do sistema mecanizado de colheita de cana-de-açúcar

Após a segunda guerra mundial, em 1945, houve um aumento da escassez de mão-de-obra para a colheita de cana-de-açúcar na Austrália. Diante disso, diversos fornecedores inventaram colhedoras para colher suas próprias lavouras de cana-de-açúcar. As primeiras colhedoras, produzidas pelos irmãos Toft, colhiam cana-de-açúcar inteira e as deixavam em montes de 750 a 1000 kg (NEVES, 2003).

Em 1968 foi introduzida no mercado a primeira colhedora de cana-de-açúcar picada, a CH200, tornando possível juntar em um único processo as operações de corte e carregamento. Este benefício proporcionou à colhedora de cana-de-açúcar picada um grande diferencial, pois a mesma permitia transportar uma maior quantidade de cana-de-açúcar no transbordo.

Segundo Furlani Neto (1977), a introdução das primeiras colhedoras automotrizes para a colheita de cana-de-açúcar no Brasil, em escala comercial, deu-se em no ano de 1973, no Estado de São Paulo, progredindo a seguir ao Rio de Janeiro e Alagoas.

A partir de 1973, quando se iniciaram as operações com colhedoras de cana-de-açúcar comercialmente, há uma enorme revolta por sindicatos de trabalhadores rurais e

órgão de imprensa, apontando tal tecnologia como razão de desemprego de grande contingente de mão-de-obra (RIPOLI, 1981).

A introdução da série 1000, em 1977, provoca uma mudança no conceito de colhedora de cana-de-açúcar. Todos os complexos mecanismos mecânicos da colhedora foram substituídos para mecanismos hidráulicos. Além disso, reduziu-se em 40% o gasto de combustível, o conforto do operador foi bastante aprimorado e houve um grande aumento de produtividade.

Surge então outro grande desafio, a necessidade de se colher cana verde. Em 1985 a Toft, já com o nome de Austoft, lança no mercado a série 7000, a qual permanece até os dias atuais com a nova marca, Case New Holland (CNH). Paralelamente, nos EUA, a Cameco, atual John Deere, lança em 1994 a colhedora CH 2500, estruturalmente mais reforçada e equipada com um circuito hidráulico para serviço de campo mais pesado, permitindo menos intervenção de manutenção em seus componentes durante a colheita.

2.3.2 Sistemas de colheita de cana-de-açúcar

Sistema de colheita e transporte de cana-de-açúcar é o conjunto de operações que englobam desde a queima do canavial (quando houver), até a colocação da matéria-prima na unidade fabril (VOLPATO, 2001).

A realização e planejamento da operação de colheita de cana-de-açúcar envolvem inúmeros fatores, qualificando a operação agrícola como uma atividade bastante complexa (LOPES, 1995).

Segundo Ripoli & Segalla (1981), no Brasil são encontrados três sistemas básicos de colheita e transporte de matéria-prima, classificados em: manual, semi-mecanizado e mecanizado. O sistema manual, descrito pelos autores, é aquele em que o corte e o carregamento se processam manualmente, podendo haver transporte intermediário por tração animal. O sistema semi-mecanizado envolve corte manual com carregamento feito por gruas carregadoras mecânicas autopropelidas ou montadas em tratores, sendo o transporte feito por caminhões. No presente trabalho utilizou-se o sistema mecanizado, no qual o corte e o carregamento são realizados por máquinas, sendo o transporte realizado por caminhões.

A operação de colheita de cana-de-açúcar destaca-se pelos altos custos demandados para sua realização, seja esta conduzida de forma manual, semi-mecanizada ou mecanizada (NUNES JÚNIOR et al., 2005). Diante disto, enfatiza-se a importância do uso racional de máquinas e implementos agrícolas, visando o aumento da produtividade e a redução dos custos operacionais (RIPOLI & MIALHE, 1980).

Rodrigues (2008) encontrou valores de US\$ 3,06 t⁻¹ para o custo de colheita mecanizada e US\$ 7,74 t⁻¹ para a colheita manual, ambos de colheita de cana crua, observando-se redução de 60,46% em favor do custo da tonelada colhida mecanicamente.

Segundo Chaves (2004), as atividades de colheita e transporte consomem cerca de 35% das despesas totais da produção agrícola e entrega da cana-de-açúcar para moagem, sendo de grande importância no balanço econômico das empresas.

A área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente tem apresentado grande crescimento nos últimos anos. O aperfeiçoamento do sistema demanda maior qualidade do ponto de vista operacional, além da qualidade da matéria-prima colhida, que se torna superior daquela colhida pelos sistemas manual e semi-mecanizado (VOLPATO, 2001).

2.3.3 Conseqüências da colheita mecanizada em cana-de-açúcar

Segundo Fernandes et al. (1978), a colheita mecanizada resolveu parte do problema de escassez de mão-de-obra, por outro lado, resultou em uma menor qualidade tecnológica da matéria-prima entregue ao processamento industrial, devido à maior incidência de impurezas. Os mesmos autores citam ainda que os efeitos mais prejudiciais das impurezas na indústria foram: a redução da capacidade de moagem, extração da sacarose, aumento nos custos de manutenção e quebras de equipamentos.

Desta forma, destaca-se a importância de obtenção de informações sobre desempenho operacional no gerenciamento da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, auxiliando as tomadas de decisões. Segundo Taylor et al. (2002), a habilidade de uma máquina para desempenhar eficientemente sua função é um critério importante que afeta decisões sobre o seu gerenciamento.

Ripoli (1996) designa desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar como o conjunto de atributos que caracterizam o grau de habilitação da máquina para execução da colheita. O autor salienta que a análise do desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar não deve limitar-se apenas a capacidade efetiva, devendo-se levar em consideração a qualidade da matéria-prima, bem com as suas perdas e a capacidade operacional.

Irvine & Fernandes (1986), comparando a colheita mecanizada por colhedoras combinadas Dedini-Toft com corte manual e carregamento mecanizado com a variedade NA56-79, verificaram que as máquinas conduziram 3,2% a mais de impurezas para a usina.

Burleigh et al. (1988) afirmam que cada 1% de acréscimo de impurezas na cana-de-açúcar determina um decréscimo de 1,3 a 1,4% de açúcar recuperável e um aumento proporcional nos custos de transporte. Os autores afirmam ainda que em sistemas de colheita manual, os níveis de impurezas típicos são de 2 a 5%, enquanto que em colheita mecanizada, estes índices variam de 5 a 8% em cana-de-açúcar de porte ereto e, em cana-de-açúcar queimada, tais índices podem ficar na faixa de 10 a 20%.

Ripoli et al. (1999) avaliaram o desempenho de colhedora de cana-de-açúcar em canavial sem queima prévia, operando a quatro velocidades diferentes (1,5; 3,0; 5,0 e 7,0 km h⁻¹). Concluíram que a elevação da velocidade de deslocamento da colhedora resultou em aumentos da capacidade efetiva bruta e líquida e diminuiu o consumo de combustível. Concluíram também que a Eficácia de Manipulação e as perdas de matéria-prima no campo não foram influenciadas.

Segundo Molina Jr (1991), a utilização de máquinas inapropriadas à colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia pode comprometer a operação. Segundo o autor, a utilização de máquinas produzida para operar em canaviais com queima prévia em canaviais sem queima prévia pode agregar cerca de 37,59 a 49,21% de material não industrializável à matéria-prima colhida.

Shaw & Brotheron (1992) avaliaram a colhedora Austoft 7000, operando em cana-de-açúcar crua durante a safra de 1991. Os resultados dos testes apontaram perdas de 8,2 t ha⁻¹, com 12% de matéria estranha em cana-de-açúcar de porte ereto.

Moraes (1992), em estudo realizado com as colhedoras Dedini DM 6000 e Santal Rotor III-A, verificou que a cana-de-açúcar processada por colhedoras de cana-de-açúcar picada apresenta índices de impurezas 2,7 vezes maiores que a cana-de-açúcar cortada manualmente.

Furlani Neto et al. (1996) realizaram ensaios com a colhedora de cana-de-açúcar Santal Amazon, em canaviais com e sem queima prévia, em Ribeirão Preto. Concluíram que a uma velocidade da colhedora de $4,65 \text{ km h}^{-1}$, as perdas visíveis de matéria-prima atingiram níveis da ordem de 4,53%, a matéria estranha mineral atingiu 0,7% e a matéria estranha vegetal 8,1%.

Lima (1994), trabalhando com as colhedoras E-6000 e E-8000, ambas da marca Engeagro, em canaviais com queima prévia, obteve os seguintes resultados: 0,4% de matéria estranha mineral e 4,5% de matéria estranha vegetal, para a colhedora E-6000 e 0,2% de matéria estranha mineral e 5,5% de matéria estranha vegetal, para a colhedora E-8000.

Moraes & Neves (1997) estudaram o desempenho de três colhedoras de cana-de-açúcar de modelos diferentes, em canaviais sem queima prévia. Os resultados apontaram níveis de perdas da ordem de 4%, 9,9% de impurezas vegetais e 0,3% de impurezas minerais.

Carvalho Filho (2000), em estudo com colheita mecanizada em cana-de-açúcar em canavial sem queima prévia, concluiu que a velocidade de colhedora de $5,4 \text{ km h}^{-1}$ apresentou menores perdas no campo e menor índice de matéria estranha.

Ripoli et al. (2001) realizaram testes de campo com 2 colhedoras Claas (Ventor e CC3000), trabalhando com a variedade de cana-de-açúcar RB 83-5089, sem queima, e operando com as máquinas em 4 velocidades distintas ($1,7$; $3,3$; $5,4$ e $7,5 \text{ km h}^{-1}$) e concluíram que, o custo da tonelada de cana-de-açúcar colhida diminuiu e as capacidades efetiva e operacional de campo aumentaram com o aumento da velocidade das máquinas.

Mazzonetto (2004) avaliaram o desempenho operacional da colhedora de cana-de-açúcar Cameco CHT 2500, operando a uma velocidade de $6,0 \text{ km h}^{-1}$. Os autores obtiveram os seguintes resultados: capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-

prima da ordem de $59,2 \text{ t h}^{-1}$, capacidade efetiva líquida de colheita de matéria-prima de $56,47 \text{ t h}^{-1}$, perdas totais de 4,69% e matéria estranha vegetal de 6,3%.

2.3.4 Perdas de matéria-prima em razão da colheita mecanizada

Segundo Ripoli (1996), para qualificar a qualidade do processo de colheita, é preciso quantificar as perdas de cana-de-açúcar industrializável que fica no campo após a passagem da máquina. Segundo o autor, existem dois métodos para determinar essas perdas, o direto e o analítico. Pelo método direto, quantifica-se a matéria-prima perdida no campo por catação manual de todas as frações que se encontram em uma determinada área. No método analítico, as perdas são avaliadas confrontando-se a quantidade de matéria-prima industrializável, contida no produto *in natura* e aquela recolhida no veículo de transporte, determinada por catação manual na carga.

Dados do CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, apontam que em colheita mecanizada de cana-de-açúcar, cerca de 10% da matéria-prima colhida é perdida no campo, representando prejuízo da ordem de US\$ 450 milhões por ano (MAGALHÃES et al., 2006).

Segundo Braunbeck (1999), as perdas de cana-de-açúcar durante o processo de colheita podem chegar a valores próximos a 10%, e as quantidades de terra incorporadas aos colmos a valores entre 3 a 5 kg t^{-1} .

Branquinho et al. (2002c) estudaram as perdas decorrentes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem queima prévia, na região de Piracicaba, São Paulo. A colhedora utilizada foi uma Cameco de rodado de esteiras. Os tratamentos foram: colhedora operando regularmente com todos os sistemas de limpeza em funcionamento (T1) e colhedora com exaustor e ventilador desligados (T2). Concluíram que a máquina no tratamento T2 apresentou 6,53 vezes menos perdas que o tratamento T1.

Neves (2003), na busca de alternativas para reduzir as perdas invisíveis, observou variação de 2 a 11% nessas perdas. O autor define perdas visíveis como aquelas passíveis de quantificação no campo. A definição para perdas invisíveis resume-se

naquelas impossíveis de serem levantadas no campo, caracterizadas na forma de caldo, serragem e estilhaços de cana-de-açúcar.

Carvalho Filho (2000), estudando colhedoras auto-propelidas sobre a condição de cana-de-açúcar crua, obteve de 2 a 4% de perdas deixadas em campo.

Como recomendação técnica, Manzano et al. (2004) indicaram que para fins de planejamento do estabelecimento da cultura na propriedade, deve-se considerar perdas de 20% do material durante as operações de corte, transporte e carregamento de cana-de-açúcar.

Garcia et al. (2006), ao estudarem o desempenho operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar inteira, obtiveram números próximos a 7,7% de perdas na colheita durante as avaliações. No mesmo estudo, considerando os mecanismos de carregamento e transporte, esse percentual atingiu 29% de perdas.

Matos et al. (2006) estudaram o custo operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar e a interação entre a velocidade e as perdas na colheita. Verificaram que com o aumento da velocidade de operação ocorreu à diminuição do custo operacional devido à maior quantidade de matéria prima colhida. Porém, segundo os autores, existe uma faixa de velocidade ótima para a redução das perdas, em torno de $6,5 \text{ km h}^{-1}$.

A velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno, assim a máquina com uma velocidade elevada, sua capacidade operacional será maior. Segundo as especificações do fabricante, as colhedoras podem trabalhar com velocidades de até $9,0 \text{ km h}^{-1}$, mas atualmente na empresa não têm ultrapassado os $6,0 \text{ km h}^{-1}$, possivelmente devido à falta de sistematização dos talhões, as maiores velocidades levam um aumento de perdas, por conter maior massa a ser processada pela colhedora, assim a velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão, porte do canavial e produtividade do canavial (RIPOLI & RIPOLI, 2004).

2.4 Aplicação de dessecante em pré-colheita de cana-de-açúcar

Dessecantes são aplicados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, sem queima, com o objetivo principal de diminuição de impurezas (CHRISTOFFOLETI et al., 1993).

Cruciani et al. (1996) afirmam que no Brasil esses produtos são comercializados com autorização e registro no Ministério da Agricultura, e que são definidas normas quanto a manipulação e cuidados no uso dessas substâncias. A aplicação deve ser feita de modo a causar o mínimo de impacto possível nos mais diversos agroecossistemas. Um exemplo de dessecante bastante utilizado é o Paraquat.

O Paraquat, cujo nome comercial é Gramoxone[®], é considerado o herbicida mais tóxico à saúde humana e, paradoxalmente, é o terceiro mais usado no mundo. Tal fato é atribuído ao menor custo quando comparado com os demais dessecantes do mercado (CHEE et al., 1993).

Segundo Brown et al. (2004), o Paraquat destaca-se devido sua atividade não sistêmica de amplo espectro, ação rápida e a desativação em contato com o solo.

O Paraquat é considerado um produto não sistêmico, pois apesar de atuar em diferentes vegetações, desidrata somente as folhas com as quais entra em contato, não atuando nas raízes das plantas. A desidratação das folhas ocorre rapidamente, principalmente na presença de luz e oxigênio. Segundo Conning (1969), as moléculas de Paraquat desviam os elétrons dos centros de ferro-enzofre do fotossistema I do cloroplasto e são reduzidas. O Paraquat reduzido reage com o oxigênio formando superóxido que, por sua vez, gera radical peróxido de hidrogênico que ataca as membranas celulares da planta e leva à desidratação completa da planta em poucos dias.

Quando em contato com o solo, é rapidamente absorvido pelos minerais argilosos (TSAI, LAI e HSIEN, 2003a). Esta forte interação com os minerais reduz drasticamente a atividade do produto e, conseqüentemente, sua mobilidade (RYTWO et al., 2002).

A aplicação do dessecante em cana-de-açúcar atua na secagem das folhas, facilitando dessa maneira a colheita mecanizada. Outro fator positivo em relação a sua aplicação na cultura é a diminuição da matéria estranha vegetal (NEVES et al., 2004).

Diversas pesquisas foram realizadas sobre o efeito dos dessecantes na fase de pré-colheita em diferentes culturas.

Arvier (1970) afirma ser comum na Austrália a queima dos canaviais para a realização da colheita de cana-de-açúcar. O autor realizou uma pesquisa ao longo de sete safras sobre a aplicação do Paraquat para a facilitação da colheita e diminuição de folhas em cana-de-açúcar. Verificou-se a aplicação do dessecante promoveu a queima mais limpa do canavial, facilitando o corte e diminuindo a presença de impurezas e perdas.

Segundo Humbert (1974), o uso de Paraquat em cana-de-açúcar, no Havaí, proporcionou aumentos na capacidade de corte manual em 50% e, na colheita mecanizada, entre 15 e 25%.

Fernandes & Ripoli (1975), analisando duas dosagens de Paraquat (2,0 e 1,5 litros do produto ha^{-1}), usado como dessecante para a cultura da cana-de-açúcar, obtiveram reduções de impurezas da ordem de 7,53% para a dose de 1,5 l de Paraquat ha^{-1} e 40% para a dose de 2,0 l ha^{-1} , em comparação com a testemunha.

Samuels & Beale (1976) estudaram a aplicação aérea do Paraquat durante a pré-colheita da cana-de-açúcar em Porto Rico, entre dois a sete dias antes da queima do canavial. Os autores afirmam que o uso do dessecante além de facilitar o processo de queima, reduziu as impurezas entre 3,5 e 5,08%. Além disso, o teor de fibra diminuiu em até 1%. As percentagens de sacarose e pureza não foram afetadas.

Furlani Neto (1984) desenvolveu um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho do sistema mecanizado, comparativamente com o corte manual, em função da qualidade da matéria prima entregue para moagem. Em um dos locais pesquisados incluiu a aplicação do Paraquat como dessecante para redução de impurezas vegetais nas cargas avaliadas. Observou que a aplicação do dessecante não interferiu na qualidade da matéria prima até 144 horas após a aplicação do produto.

Christoffoletti et al. (1993) afirmaram que três dias após aplicarem Paraquat em pré-colheita na cana-de-açúcar, as plantas já apresentavam sintomas severos de dessecação, pelo fato do dessecante ter afetado a taxa fotossintética das folhas. A redução não interferiu os teores de sólidos solúveis, sacarose, fibra e açúcares redutores presentes nos colmos até este momento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Local e período experimental

O experimento foi realizado em área agrícola pertencente à Usina Zanin, no município de Boa Esperança do Sul, Estado de São Paulo, denominada Fazenda Jangada Brava. As coordenadas geográficas da área são: latitude 21°56' S e longitude 48°19' O. A altitude média é de 490 metros em relação ao nível do mar. O experimento desenvolveu-se em março de 2009, em um canavial sem queima prévia, sistematizado para colheita mecanizada, com declividade de 3%.

3.1.2 Clima e solo

A classificação climática do município de Boa Esperança do Sul, 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-Amarelo, de acordo com o sistema EMBRAPA (1999).

3.1.3 Variedade

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 867515, em seu primeiro corte.

3.1.4 Condução do experimento

No estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar, sete dias antes da colheita, realizou-se a aplicação aérea do dessecante Paraquat (Gramoxone®) a 1,5 L ha⁻¹ em 30 L de calda. Para tanto, utilizou-se de um avião Ipanema com barra de pulverização de 15 m e 32 bicos tipo D8 46 (Figura 1).

Figura 1 - Aplicação aérea do dessecante Paraquat (Gramoxone®)

3.1.5 Máquinas utilizadas no campo

Foram utilizados diversos equipamentos para efetuar o ensaio, cujas características técnicas e de funcionamento são descritas a seguir.

Colhedora

A colheita foi realizada pela máquina Case IH, modelo A8800, ano de fabricação 2007, de rodado de esteira (Figura 2).

Figura 2 – Colhedora Case com rodado de esteira

Tratores e Veículos de Transbordo

Foi utilizado um trator Valmet, modelo 1580, como fonte de potência, para a tração dos veículos de transbordo.

Para o recolhimento da matéria-prima colhida pela colhedora foram utilizados veículos de transbordo Santal, modelo VT-12, com capacidade de carga líquida de 12.000 kg. Os veículos de transbordo foram instrumentados com células de carga para obtenção da massa da matéria-prima colhida (Figura 3).

Figura 3 – Conjunto de transbordos Santal tracionado por trator Valmet, modelo 1780

Carregadora de cana-de-açúcar

Para a retirada dos tambores, que serviram de amostradores para a determinação da qualidade da matéria-prima colhida, utilizou-se uma carregadora de cana-de-açúcar convencional, da marca Santal (Figura 4).

Figura 4 – Carregadora de cana-de-açúcar convencional, da marca Santal

3.1.6 Equipamentos de mensuração – parte experimental

Para medição de distâncias, demarcações de áreas, determinação de massas e tempos, utilizaram-se dos seguintes equipamentos:

- 4 balanças de plataforma com células de carga marca Vesta, com capacidade máxima de leitura de 18.000 kgf e 2 kgf de fundo de escala;
- Célula de carga marca Kyowa, com capacidade máxima de leitura de 2.000 kgf e fundo de escala de 0,1 kg;
- Fluxômetro marca Oval, modelo LSF41, com capacidade máxima de leitura 100 L h⁻¹, fundo de escala de 1 mL por pulso;
- Sistema de aquisição de dados, modelo CR10X, marca Campbell de 10 canais;
- Cronômetro digital marca Casio, com capacidade de leitura de 0,1 s;
- Trens flexíveis e compasso de madeira, com capacidade de abertura máxima de 2 m;
- Triângulo retângulo de ferro de catetos de 1 m de lado;
- Tripé de ferro para suporte da célula de carga;
- Ganchos de ferro, cordas, fita crepe, facões, estacas, lonas plásticas e sacos plásticos de diversos tipos e tamanhos, latas de alumínio com tampas, nível de bolha, estacas de madeira, correntes de ferro, encerados de plástico e três baterias 12 v.

3.1.7 Equipamentos laboratoriais

Os instrumentos de laboratório utilizados foram:

- Microcomputadores com programas de planilha eletrônica, específico para conversão de dados do CR10 e Estatístico SAS;
- Balança Metler, com capacidade de leitura de 4,9 kg e fundo de escala de 0,001 g;
- Estufa marca Tecnal e Fanen;
- Peneiras padrão para análise granulométrica de solo;
- Mufla.

3.2 Métodos

No presente trabalho foram determinadas as seguintes variáveis, seguindo-se a metodologia proposta por Ripoli & Ripoli (2004):

- Velocidade efetiva de deslocamento da colhedora (km h^{-1});
- Quantidade de matéria estranha mineral na matéria-prima (%);
- Quantidade de matéria estranha vegetal na matéria-prima (%);
- Quantidade de matéria estranha total na matéria-prima (%);
- Perdas de cana-de-açúcar na colheita (%);
- Capacidade Efetiva Bruta de colheita da matéria-prima (t h^{-1});
- Capacidade Efetiva Líquida de colheita da matéria-prima (t h^{-1});
- Eficácia de Manipulação (%);
- Peso específico da matéria-prima transportada (kg m^{-3});
- Consumo de combustível na Capacidade Efetiva Líquida de colheita da matéria-prima (L t^{-1});
- Consumo de combustível na Capacidade Efetiva Bruta de colheita da matéria-prima (L t^{-1});
- Consumo efetivo de combustível (L h^{-1}).

3.2.1 Caracterização da área experimental

A área experimental possuía 0,353 ha sendo representada por 24 fileiras, das quais 12 foram tratadas, por via aérea, com o dessecante Paraquat (Gramoxone®) e 12 foram consideradas como testemunhas. Cada fileira foi considerada uma repetição. A representação esquemática das unidades experimentais encontra-se na Figura 5.

Foram considerados quatro tratamentos:

- Área com aplicação de Paraquat e velocidade efetiva da colhedora por volta de 4 km h^{-1} – V1P
- Área com aplicação de Paraquat e velocidade efetiva da colhedora por volta de 6 km h^{-1} – V2P
- Área testemunha e velocidade efetiva da colhedora por volta de 4 km h^{-1} – V1T

- Área testemunha e velocidade efetiva da colhedora por volta de 6 km h^{-1} – V2T

Figura 5 – Representação esquemática da área experimental

Os tratamentos, denominados V1P e V2P foram realizados em fileiras de 110 metros de comprimento, e os denominados V1T e V2T nas fileiras de 100 metros de comprimento, ambos com 1,40 metros de espaçamento. A razão desta diferença de comprimentos foi devido à adequação do estudo aos talhões disponíveis. Realizou-se seis repetições por tratamento.

3.2.2 Granulometria e umidade do solo

Na área experimental, após as operações das máquinas, foram coletadas, ao acaso, cinco amostras de solo, por tratamento.

Em ambos os casos, o solo amostrado foi de 0 a 5 cm de profundidade, a partir da superfície do terreno, sendo coletados e acondicionados hermeticamente em latas de alumínio.

Foram determinadas as percentagens de umidade das amostras com base no método gravimétrico padrão, no qual as amostras são mantidas em estufa por 24 horas, sob uma temperatura entre 105 a 110 graus centígrados, no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, conforme Kiehl (1979).

3.2.3 Caracterização do porte do canavial

A caracterização do porte do canavial foi efetuada segundo metodologia proposta por Ripoli et al. (1977), na qual se utiliza um triângulo retângulo como gabarito para determinação do percentual de colmos eretos, acamados e deitados (Figura 6).

Para determinar o estado de acamamento do canavial foram tomadas ao acaso doze locais da área experimental e, em cada um deles, determinou-se o número de colmos de acordo com suas posições relativas ao nível do solo e ao instrumento de medição, procedendo à contagem e as anotações do número de colmos eretos, acamados e deitados.

Os colmos que estiverem entre 0° e $22^\circ 5'$ têm seu porte considerado como deitado, entre $22^\circ 5'$ e 45° seu porte é considerado acamado e acima de 45° os colmos são considerados eretos.

Figura 6 – Critério para determinação do porte do canavial, através de triângulo retângulo (Ripoli 1996)

3.2.4 Determinação de perdas de colheita

Em cada uma das repetições, tomou-se 3 sub-amostras, casualizadas, de 2,80 metros (na fileira de plantio) x 7 metros (transversalmente à mesma fileira de plantio), perfazendo-se uma área de $19,60 \text{ m}^2$ (Figura 7, 8 e 9). Em cada área, previamente limpa de material vegetal em sua superfície, após a ação da colhedora, recolheu-se,

ensacou-se, etiquetou-se e pesou-se todo o material sobre ela existente (Figura 10). Estas amostras forneceram as perdas decorrentes da operação mecanizada.

Figura 7 – Esquematização da área de amostragem para a determinação de perdas de matéria-prima

Figura 8 – Área de uma sub-amostra para determinação de perdas de matéria-prima: limpeza da área antes da colheita (a) e área após a colheita (b)

Figura 9 - Colheita mecanizada da matéria-prima (a) e recolhimento das perdas nas sub-amostras (b)

Figura 10 - Pesagem das perdas de matéria-prima remanescente no terreno após a colheita

3.2.5 Capacidades Efetivas de colheita

3.2.5.1 Capacidade Efetiva Bruta

A Capacidade Efetiva Bruta ocorre quando se considera diretamente a quantidade de material liberado no veículo de transporte, sem levar em consideração as perdas no campo e a matéria estranha contida na carga recolhida, e pode ser calculada através da eq. (1).

$$CEB = \frac{M}{t} \quad (1)$$

Onde:

CEB = Capacidade Efetiva Bruta ($t \cdot h^{-1}$);

M = Massa da matéria-prima colhida referente ao percurso efetivo realizado (t);

t = tempo efetivo consumido para realizar o percurso (h).

3.2.5.2 Capacidade Efetiva Líquida

A Capacidade Efetiva Líquida pode ser obtida por cálculos tendo como base o parâmetro qualitativo denominado eficácia de manipulação, e pode ser obtido pela eq. (2).

$$CEL = CEB \times EM \quad (2)$$

Onde:

CEL = Capacidade Efetiva Líquida ($t\ h^{-1}$);

CEB = Capacidade Efetiva Bruta ($t\ h^{-1}$);

EM = Eficácia de Manipulação (%).

Foram efetuados cálculos para determinação das seguintes Capacidades Efetivas de colheita:

- CEBmp = Capacidade Efetiva Bruta de colheita de matéria-prima ($t\ h^{-1}$);
- CELmp = Capacidade Efetiva Líquida de colheita de matéria-prima ($t\ h^{-1}$);

3.2.6 Eficácia de Manipulação

A Eficácia de Manipulação de colhedoras de cana-de-açúcar combinadas (EM%) vem a ser a relação entre a quantidade (T_c) de rebolos de colmos colocados na unidade de transporte e a quantidade (TC) de colmos existentes na fileira de plantio, *in natura*, obtido pela eq. (3).

$$EM(\%) = \left(\frac{T_c}{TC} \right) \times 100 \quad (3)$$

Para colhedoras de cana-de-açúcar, a quantidade de colmos industrializáveis (na forma de rebolos) no veículo de transporte (T_c) é função também das perdas ocorridas (P_c), obtida na eq. (4).

$$T_c = TC - P_c \quad (4)$$

Substituindo-se na eq. (3) a eq. (4) e efetuando-se as simplificações, obtêm-se a eq. (5).

$$EM (\%) = \left[1 - \left(\frac{P_c}{T_c} \right) \right] \times 100 \quad (5)$$

A Eficácia de Manipulação qualifica a operação de colheita. Reflete a quantidade de perdas que permaneceu no campo após a passagem da colhedora.

3.2.7 Determinação do volume e massa específica da carga

Ao final de cada repetição, o material colhido era descarregado no veículo de transbordo instrumentado com as balanças de plataforma com células de carga. A cada duas repetições, nivelava-se a superfície da carga e determinava-se a altura média atingida pela carga, efetuando-se medidas de profundidade da carga, a partir da borda superior do veículo de transbordo em 3 posições: na frente, na metade do comprimento e na traseira (Figuras 11 e 12).

Figura 11 - Nivelamento da carga antes da pesagem do transbordo (a); determinação da altura atingida pela carga (b); balanças, uma sob cada roda (c); “display” de leitura das balanças (d)

Figura 12 - Vista frontal do esquema para determinação do volume da matéria-prima colhida

O volume da matéria-prima colhida foi obtido segundo a eq. (6).

$$VOL.mp = \left(\frac{B+b}{2} \right) \times h \times C \quad (6)$$

Sendo:

VOL. mp = volume da matéria-prima colhida (m³);

B = base maior do transbordo (m);

b = base menor do transbordo (m);

h = altura da carga presente no transbordo (m);

C = comprimento do transbordo (m).

Para cálculo do peso específico da matéria-prima colhida, utilizou-se a eq. (7).

$$P.mp = \frac{M}{VOL.mp} \quad (7)$$

Sendo:

P.mp = peso específico da matéria-prima colhida (kg m⁻³);

M = massa da matéria-prima contida no transbordo (kg);

VOL.mp = volume da matéria-prima contida no transbordo (m³).

3.2.8 Determinações de qualidade da matéria-prima colhida

Antes do início de cada repetição, o transbordo recebeu dois tambores de metal, posicionados em seu piso (Figura 13a). Após o término da mesma, utilizando-se da carregadora de cana convencional, retiraram-se os dois tambores do transbordo (Figura 13b e 13c), pesando-os sobre o pneu do transbordo instrumentado com as balanças de plataforma (Figura 13d).

Figura 13 - Tambor posicionado dentro da unidade de transbordo no início de cada repetição (a); retirada do tambor contendo a amostra, após a realização da repetição (b e c); pesagem da amostra contida no tambor (d)

As amostras contidas nos tambores foram ensacadas e encaminhadas ao Laboratório de análises tecnológicas da Usina Zanin, para determinação da percentagem de matéria-estranha vegetal e mineral.

3.2.9 Umidade da matéria-prima vegetal

Avaliou-se a umidade de “folhas verdes”, “ponteiros” e “palhas” de 2 sub-amostras, por tratamento, as quais foram embaladas, hermeticamente, em sacos plásticos (Figura 14). Tais sub-amostras tiveram determinadas, em laboratório do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Esalq, suas percentagens de umidade, mantidas por 72 horas em estufa, sob uma temperatura entre 65 a 70°C.

Figura 14 - Coleta de amostras para determinação das percentagens de umidade de “ponteiros”, “folhas verdes” e “palhas

3.3 Consumo de combustível

A mensuração do consumo de combustível foi realizada utilizando-se do fluxômetro ligado em um sistema de aquisição de dados, modelo CR10X, marca Campbell de 10 canais para registro eletrônico das informações que permitiu o controle e mensuração em tempo real.

O consumo horário de combustível foi obtido por meio da eq. (8).

$$Ch = 3,6 \times \frac{Vc}{tp} \quad (8)$$

Sendo:

Ch = Consumo horário (L h⁻¹);

Vc = Volume consumido na parcela (mL);

tp = Tempo de percurso na parcela (s).

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 2 (2 tratamentos - com ou sem aplicação de dessecante x 2 velocidades da colhedora - 4 e 6 km h⁻¹), com seis repetições por tratamento, totalizando 24 repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento GLM do software estatístico SAS[®] (SAS, 2009). Foi utilizado o LSMEANS para obtenção de médias ajustadas das variáveis, e efetuadas comparações pelo Teste de Tukey (P<0,05), quando pertinente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do canavial, granulometria e umidade do solo

A Figura 15 mostra a condição do canavial, que foi considerado como ereto, tendo apresentado 69,35% de colmos eretos.

Figura 15 – Porte do canavial

Nas áreas em que ocorreu o ensaio, as umidades médias obtidas do solo foram de 9,25% e 8,68% para os tratamentos testemunha e com Paraquat, respectivamente. Observa-se que entre os tratamentos houve pouca variação de umidade do solo, permitindo afirmar que essas umidades não influenciaram na variação das percentagens de terra arrastada na matéria-prima, nos diferentes tratamentos.

A análise granulométrica do solo apresentou, sem aplicação do dessecante, 10,69% de argila, 2,78% de silte e 86,53% de areia. Já para a área em que ocorreu a aplicação do dessecante, os resultados foram de 8,26% de argila, 2,75% de silte e 88,99% de areia. Os resultados permitiram afirmar, que os valores obtidos não interferiram nas diferenças entre tratamentos, ou seja, foram consideradas variáveis independentes.

A produtividade agrícola média do canavial foi de 97,90 t ha⁻¹ de colmos industrializáveis, o que segundo Ripoli (1996), enquadra-se dentro das condições ideais para a realização do ensaio.

4.2 Velocidade Efetiva de deslocamento

A Tabela 1 mostra o quadro de análise de variância para as velocidades operacionais utilizadas no ensaio de campo. Os valores apresentados mostram que mesmo sendo pré-estabelecida a velocidade dentro de cada tratamento (4 e 6 km h⁻¹), houve para ambos os tratamentos, uma pequena variação da velocidade efetiva de deslocamento.

Tabela 1 - Velocidades (km h⁻¹) médias e por repetição da colhedora na operação de colheita de cana-de-açúcar

Tratamentos	Velocidade da colhedora nas repetições (km h ⁻¹)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	3,84	3,96	4,17	3,96	3,84	4,71	4,08	B
V1T	4,56	4,29	4,68	4,34	4,86	4,39	4,52	B
V2P	6,49	6,29	5,91	5,50	5,91	5,74	5,97	A
V2T	5,71	6,21	6,55	6,21	5,90	6,32	6,15	A

Médias seguidas de letras distintas indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

A variação observada entre os tratamentos Testemunha e Paraquat reflete-se na diferença estatística observada entre as médias gerais, colocando V2T e V2P como os tratamentos que apresentaram as maiores médias de velocidade, como desejado.

Cabe esclarecer que, para colhedoras de cana-de-açúcar, é muito difícil obter-se velocidades precisas. Assim, as variações ocorridas foram consideradas dentro dos limites aceitáveis.

4.3 Qualidade da matéria-prima colhida

A análise da qualidade da matéria-prima colhida foi realizada conforme descrito no Capítulo 3. Material e Métodos.

4.3.1 Quantidade de matéria estranha mineral na matéria-prima

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos da análise de variância para as médias de percentagem de matéria estranha mineral encontrada na matéria-prima em virtude à variação de velocidades da colhedora nos tratamentos.

Tabela 2 - Valores médios da matéria estranha mineral, por tratamento, em %

Tratamentos	Matéria estranha mineral (%)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	0,75	0,82	0,62	1,04	0,80	0,64	0,78	A
V1T	0,89	0,80	0,57	1,23	1,15	0,75	0,90	A
V2P	1,43	0,67	0,77	1,00	0,67	0,53	0,85	A
V2T	1,02	0,50	0,90	1,12	0,79	1,00	0,89	A

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

Para a análise comparativa das médias de matéria estranha mineral em cada um dos tratamentos, a Tabela 2 mostra que não foi encontrada influência da velocidade da colhedora, tratamento ou de sua interação na quantidade de matéria estranha de origem vegetal na matéria-prima.

Assim, não é possível creditar a nenhuma das causas de variação estudadas (velocidades e tratamento), as diferenças percentuais de matéria estranha mineral na matéria-prima.

Os valores encontrados para as médias de matéria estranha de origem mineral estão de acordo com aqueles encontrados na bibliografia, situando-se entre os limites máximos e mínimos citados por vários autores.

Furlani Neto et al. (1996) trabalhando com colhedoras Santal, em canaviais com e sem queima prévia, na região de Ribeirão Preto, SP, encontraram valores de matéria estranha mineral da ordem de 0,7%, com a colhedora operando a uma velocidade média efetiva de 4,65 km h⁻¹.

Moraes e Neves (1997) estudaram o desempenho de três colhedoras, operando em duas velocidades diferentes, em canavial sem queima prévia. Obtiveram índices de matéria estranha da ordem de 0,3%.

Belardo (2010) estudou o desempenho de três colheras de cana-de-açúcar, em canavial sem queima prévia, na região de Clementina, SP, com a colhedora operando a uma velocidade efetiva de 5 e 7 km h⁻¹. Obteve resultados da ordem de 0,5 a 0,92% de matéria estranha mineral.

Ripoli (2010) obteve valores entre 0,64 e 1,74%, para colhedora Case 8800, operando a duas velocidades efetivas.

4.3.2 Quantidade de matéria estranha vegetal na matéria-prima

A percentagem de matéria estranha vegetal presente na matéria-prima refere-se à somatória das frações ponteiro, folhas verdes, palhas e raízes, representando estatisticamente, o reflexo do que foi encontrado individualmente para cada uma das frações. A Tabela 3 mostra a análise comparativa do percentual médio de matéria estranha vegetal encontrada em cada um dos tratamentos. A Tabela 3 mostra estatisticamente que o tratamento V1T foi o que mais material adicionou à matéria-prima, em oposição à V1P.

Tabela 3 - Valores médios da matéria estranha vegetal, por tratamento, em %

Tratamentos	Matéria estranha vegetal (%)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	2,68	2,18	1,57	2,27	2,28	1,99	2,16	B
V1T	4,03	2,46	2,65	3,27	3,71	2,56	3,11	A
V2P	1,30	2,90	3,19	1,96	2,02	2,11	2,25	AB
V2T	2,63	1,87	2,58	2,75	1,77	1,63	2,20	AB

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

Quando comparados com os valores obtidos por Ripoli (1991), Furlani Neto et al. (1996) e Belardo (2010), verifica-se que os resultados médios obtidos neste estudo apresentaram-se bastante inferiores aos então apresentados, creditando tal fato às afirmações de Ripoli e Villanova (1992) a respeito da evolução tecnológica das máquinas.

Por sua vez, Ripoli (2010) obteve valores semelhantes aos apresentados no estudo, variando de 0,43 a 2,14% de matéria estranha vegetal, com a colhedora

operando em canavial sem queima prévia, sob diferentes espaçamentos e velocidades efetivas.

4.3.3 Quantidade de matéria estranha total na matéria-prima

A Tabela 4 mostra a análise de variância para a percentagem total de matéria estranha encontrada na matéria-prima.

Tabela 4 - Valores médios da matéria estranha total, por tratamento, em %

Tratamentos	Matéria estranha total (%)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	3,43	3,00	2,19	3,30	3,08	2,62	2,94	B
V1T	4,92	3,26	3,22	4,50	4,86	3,31	4,01	A
V2P	2,73	3,57	3,96	2,96	2,69	2,64	3,09	AB
V2T	3,64	2,37	3,48	3,87	2,55	2,63	3,08	AB

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

A análise estatística dos resultados mostra que a contaminação da matéria-prima com matéria estranha total foi maior no tratamento V1T e menor no tratamento V1P, tendo V2P e V2T colocado-se em posição intermediária entre essas duas.

Os valores obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Furlani Neto et al. (1996), que obtiveram valores entre 3 a 8% de matéria estranha total e inferiores aos valores encontrados por Abramo Filho et al. (1993), que estudaram os resíduos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua e encontraram 6,92% de matéria estranha.

Os resultados obtidos contradizem as afirmações de Herrera e Linares (1986), citados por Molina Jr. (1991), que afirmam que a quantidade de matéria estranha aumenta com o incremento da velocidade.

4.4 Perdas de cana-de-açúcar na colheita

Foram consideradas como perdas de colheita a quantidade de colmos de cana-de-açúcar e/ou suas frações, que tenham passado pelo mecanismo de processamento da colhedora. As perdas foram subdivididas em: visível, invisível e total.

Para as perdas invisíveis, que ocorrem na colheita mecanizada, admitiu-se o menor valor obtido por Neves (2003), ou seja, 1,0%.

4.4.1 Perdas visíveis de cana-de-açúcar na colheita

Considerou-se como perdas visíveis de cana-de-açúcar os colmos industrializáveis ou suas frações que permaneceram sobre o talhão após a operação de colheita e que não são retirados, do talhão, por catação manual (RIPOLI E RIPOLI, 2009).

A Tabela 5 mostra a quantidade média percentual de perdas de cana-de-açúcar. A análise estatística dos valores apresentados indica que não há diferença entre as velocidades e tratamentos. Os valores encontram-se dentro dos parâmetros aceitáveis pela maioria das usinas que segundo Belardo (2010) é de no máximo 4 a 5%.

Tabela 5 - Valores médios das perdas visíveis de colmos de cana-de-açúcar, por tratamento, em %

Tratamentos	Perdas visíveis de colmos de cana-de-açúcar (%)						Médias
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
V1P	1,03	1,25	0,84	1,33	0,96	0,79	1,03 A
V1T	1,40	1,31	0,67	2,12	0,79	1,18	1,24 A
V2P	0,61	0,94	0,58	0,42	0,50	1,16	0,70 A
V2T	0,75	0,64	1,16	0,77	0,81	3,00	1,19 A

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

Confrontando-se os valores obtidos neste trabalho com os encontrados na bibliografia, observou-se que os resultados das médias obtidas são similares aos valores encontrados por Ripoli (2004), de 0,86 a 1,72%.

Os valores encontrados foram inferiores aos obtidos por Neves et al. (2004), que relataram perdas visíveis no campo da ordem de 5%.

4.4.2 Perdas totais de colmos e/ou suas frações na operação de colheita

A Tabela 6 mostra os valores médios de perdas totais de colmos e/ou suas frações nos tratamentos. Pode-se verificar que as velocidades e os tratamentos não influenciaram, estatisticamente, a percentagem de perdas totais.

Os resultados obtidos são menores que os encontrados na bibliografia, entre eles o de Nery (2000) entre 6,1 a 9,98%; De Léon (2000) entre 3,93 e 7,43% e Mazzoneto (2004) entre 3,5 a 4,5%.

Tabela 6 - Valores médios das perdas de colmos e/ou suas frações, por tratamento, em %

Tratamentos	Perdas totais de colmos de cana-de-açúcar (%)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	2,03	2,25	1,84	2,33	1,96	1,79	2,03	A
V1T	2,40	2,30	1,67	3,12	1,79	2,18	2,24	A
V2P	1,61	1,94	1,58	1,42	1,50	2,16	1,70	A
V2T	1,75	1,64	2,16	1,77	1,81	4,00	2,19	A

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

4.5 Capacidades efetivas de colheita

4.5.1 Capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-prima

A Tabela 7 mostra os resultados da capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-prima. A análise dos resultados permitiu verificar que houve diferenças mínimas significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos, tendo o tratamento V2P apresentado maior média em oposição ao tratamento V1P.

Os resultados para os tratamentos em que a velocidade da colhedora foi de 4 km h^{-1} (V1P e V1T) encontram-se próximos aos valores encontrados por Rozeff (1989), que obteve valores de capacidade efetiva bruta de colheita da ordem de 91,6 t h^{-1} , De Léon (2000), que obteve valores da ordem de 93,11 t h^{-1} , Belardo (2010), que obteve resultados da ordem de 91,13 t h^{-1} e Nery (2000), que obteve resultados da ordem de 87,66 t h^{-1} .

Os resultados obtidos encontram-se acima dos valores obtidos por Romero et al. (1993), que obteve valores de capacidade efetiva bruta de colheita entre 51 e 58 t h⁻¹ e Mazzonetto (2004), que obteve valores de 59,2 t h⁻¹.

Tabela 7 - Valores médios das capacidades efetivas brutas de colheita, por tratamento, em t h⁻¹

Tratamentos	Capacidade efetiva bruta de colheita (t h ⁻¹)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	60,26	59,40	70,33	55,08	58,16	80,31	63,92	B
V1T	69,54	62,74	97,62	40,86	75,31	70,95	69,50	AB
V2P	106,82	95,54	83,93	80,90	95,96	87,03	91,70	A
V2T	96,57	87,52	78,28	107,13	74,36	57,22	83,51	AB

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas (P<0,05) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

4.5.2 Capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima

A Tabela 8 mostra os resultados da capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima. A análise dos resultados permitiu verificar que houve diferenças mínimas significativas (P<0,05) entre os tratamentos. O tratamento V2P apresentou maior média de capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima em oposição à V1P.

Tabela 8 - Valores médios das capacidades efetivas líquidas de colheita, por tratamento, em t h⁻¹

Tratamentos	Capacidade efetiva líquida de colheita (t h ⁻¹)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	59,05	58,08	69,05	53,81	57,03	78,89	62,65	B
V1T	67,89	61,31	96,00	39,60	73,97	69,42	68,03	AB
V2P	105,12	93,70	82,61	79,76	94,54	85,17	90,15	A
V2T	94,89	86,10	76,61	105,25	73,03	54,95	81,81	AB

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas (P<0,05) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

Confrontando os valores com os encontrados na bibliografia, verifica-se que os tratamentos V1P e V1T apresentam-se superiores aos encontrados por Mazzonetto (2004), que obteve resultado da ordem de 52,83 t h⁻¹ de capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima. Já os tratamentos V2P e V2T são semelhantes aos resultados obtidos por De León (2000), que operando com colhedoras a uma velocidade de 5,4 km h⁻¹ obteve resultados entre 88,45 e 94,51 t h⁻¹.

Nery (2000), operando a uma velocidade efetiva de colheita de $5,27 \text{ km h}^{-1}$, obteve resultados de capacidade efetiva líquida da ordem de $79,01 \text{ t h}^{-1}$.

4.6 Eficácia de Manipulação (%)

A Tabela 9 mostra os valores médios da Eficácia de Manipulação para a colhedora utilizada no ensaio. A análise dos resultados permitiu verificar que não houve diferenças mínimas significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Os resultados encontrados assemelham-se aos de Belardo (2010) entre 96,54 e 98,38%, Canicaña (1997) de 96,35%, Mazzonetto (2004) entre 87 e 97% e Ripoli (2010) entre 96,86 e 98,22%.

Tabela 9 - Valores médios da Eficácia de Manipulação, por tratamento, em %

Tratamentos	Eficácia de Manipulação (%)						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	97,99	97,77	98,18	97,69	98,06	98,22	97,99	A
V1T	97,63	97,71	98,34	96,91	98,23	97,84	97,78	A
V2P	98,41	98,07	98,43	98,60	98,51	97,86	98,32	A
V2T	98,26	98,38	97,86	98,25	98,21	96,04	97,83	A

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

4.7 Peso específico da matéria-prima transportada

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios do peso específico da matéria-prima transportada, em kg m^{-3} , para os tratamentos testemunha e com aplicação de Paraquat.

Tabela 10 - Valores médios do peso específico de carga, em kg m^{-3} , para os tratamentos testemunha e com aplicação de Paraquat

Tratamentos	Peso específico da matéria-prima (Kg m^{-3})				Médias	
	R1	R3	R5	R _{extra}		
Paraquat	394,78	386,00	407,20	385,42	393,35	A
Testemunha	336,14	346,43	351,32	343,68	344,39	B

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

Por outro lado, na Tabela 11 pode-se verificar diferenças mínimas significativas ($P < 0,05$) para a interação entre os tratamentos e as velocidades.

Tabela 11 – Variação do peso específico de carga ocorrida nos tratamentos, em kg m^{-3}

Tratamentos	Peso específico da matéria-prima (Kg m^{-3})				Médias	
	R1	R3	R5	R _{extra}		
V1P	391,25	393,32	416,09	406,31	401,74	A
V1T	332,71	339,06	374,50	354,35	350,15	B
V2P	398,32	378,69	398,32	364,52	384,96	A
V2T	339,56	353,81	328,13	333,02	338,63	B

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey.

Os resultados apontam que as médias, para a variável peso específico de carga, foram superiores nos tratamentos em que houve aplicação do dessecante. Comparando-se os tratamentos, verifica-se aumento no peso específico de carga, em kg m^{-3} , da ordem de 12,45%. Tal valor é perfeitamente esperado, uma vez que o dessecante reduziu, efetivamente, o grau de umidade na matéria estranha vegetal acarretando, conseqüentemente, uma maior quantidade de matéria-prima transportada à usina.

Confrontando-se o valor obtido com os apresentados por Ripoli (2010), em experimento realizado em três usinas paulistas nos anos de 2008 e 2009, em que o aumento do peso específico da matéria-prima transportada atingiu 15%, verificou-se comportamento semelhante.

4.8 Consumo efetivo de combustível nas Capacidades Efetivas de colheita

4.8.1 Consumo de combustível na capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima

Para as médias de consumo efetivo de combustível na capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima (CELmp), observou-se na Tabela 12 que a interação velocidade e tratamento não foi significativa ($P > 0,05$).

Confrontando os valores obtidos com os encontrados por Ripoli et al (2001), no qual houve uma variação no consumo de diesel da ordem de 0,61 a 2,92 L t⁻¹, verifica-se que os valores encontram-se dentro dos limites apresentados pela bibliografia.

Os resultados obtidos foram superiores ao de Belardo (2010), que encontrou valores de consumo efetivo de combustível na capacidade efetiva líquida de colheita da ordem de 0,52 a 0,77 L t⁻¹.

Tabela 12 - Valores médios de consumo efetivo de combustível na capacidade efetiva líquida de colheita da matéria-prima (CELmp), em L t⁻¹

Tratamentos	Consumo efetivo de combustível - Capacidade efetiva líquida (L t ⁻¹)						Médias
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
V1P	1,34	1,31	1,17	1,36	1,31	0,97	1,24 A
V1T	1,13	1,21	0,77	1,93	1,03	1,06	1,19 A
V2P	0,85	0,88	1,00	1,00	0,88	0,91	0,92 A
V2T	0,84	0,93	1,02	0,76	1,04	1,37	0,99 A

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas (P<0,05) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey

4.8.2 Consumo de combustível na capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-prima

Os valores referentes ao consumo de combustível na capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-prima são apresentados na Tabela 13. A análise dos resultados permitiu verificar que não houve diferenças mínimas significativas (P>0,05) entre os tratamentos.

Tabela 13 - Valores médios de consumo efetivo de combustível na capacidade efetiva bruta de colheita da matéria-prima (CEBmp), em L t⁻¹

Tratamentos	Consumo efetivo de combustível - Capacidade efetiva bruta (L t ⁻¹)						Médias
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
V1P	1,31	1,28	1,14	1,33	1,29	0,95	1,22 A
V1T	1,10	1,19	0,76	1,87	1,01	1,04	1,16 A
V2P	0,83	0,86	0,99	0,99	0,87	0,89	0,90 A
V2T	0,82	0,91	1,00	0,74	1,03	1,31	0,97 A

Médias com letras diferentes indicam diferenças estatísticas (P<0,05) entre os tratamentos pelo Teste de Tukey

Os valores obtidos encontram-se superiores ao alcançados por Nery (2000), que obteve consumo de $0,69 \text{ L t}^{-1}$ e $0,61 \text{ L t}^{-1}$, com a colhedora operando a uma velocidade de $5,3$ e $7,68 \text{ km h}^{-1}$, respectivamente e aos resultados de Belardo (2000), que obteve valores da ordem de $0,47$ a $0,70 \text{ L t}^{-1}$.

Por sua vez, Ripoli (2010) obteve consumo efetivo de combustível entre $0,35$ e $1,31 \text{ L t}^{-1}$.

4.9 Consumo efetivo de combustível

A Tabela 14 apresenta os consumos de combustível para os tratamentos realizados. A análise dos resultados permitiu verificar que houve diferenças mínimas significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos. O tratamento V2P foi o que obteve maior consumo de combustível, em oposição aos tratamentos V1P e V1T, confirmando que o aumento da velocidade de deslocamento leva a um maior consumo de combustível por hora.

Tabela 14 - Valores médios de consumo efetivo de combustível, por tratamento, em L h^{-1}

Tratamentos	Consumo efetivo de combustível (L h^{-1})						Médias	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
V1P	79,06	76,21	80,53	73,12	74,83	76,33	76,68	B
V1T	76,83	74,49	74,20	76,34	76,04	73,62	75,25	B
V2P	89,06	82,51	83,01	79,75	83,28	77,22	82,47	A
V2T	79,51	80,07	78,09	79,70	76,31	75,16	78,14	AB

Os valores obtidos foram superiores aos encontrados por Ripoli (2010), que obteve valores médios de consumo efetivo de combustível entre $60,84$ e $69,98 \text{ L h}^{-1}$, com a colhedora operando em canavial sem queima prévia, em duas velocidades efetivas de colheita.

Ripoli (2004) obteve valores médios de consumo efetivo de combustível entre $42,04$ e $72,56 \text{ L h}^{-1}$, com uma colhedora Case 7700, operando em canavial sem queima prévia.

5 CONCLUSÕES

As análises do uso do dessecante Paraquat, nas condições de campo existentes na área de ensaio, permitiram concluir que:

- O aumento do peso específico da carga transporta até a usina foi significativo.
- Os tratamentos apresentaram desempenho semelhante entre si, com relação à Eficácia de Manipulação.
- Os níveis de quantidade de matéria estranha de origem mineral na matéria-prima foram semelhantes entre os tratamentos. Entretanto, houve uma diminuição significativa de matéria estranha de origem vegetal e total no tratamento V1P.
- Os níveis de perdas visíveis e colmos e/ou suas frações na operação de colheita apresentaram desempenhos semelhantes entre si.
- Comparando-se a capacidade Efetiva Líquida e Bruta de colheita de matéria-prima verifica-se que os tratamentos V1P apresentaram as menores médias, para ambas as capacidades efetivas.
- O consumo de óleo diesel nas Capacidades Efetivas de colheita (Bruta e Líquida de colheita de matéria-prima) foram semelhantes entre os tratamentos.
- Os tratamentos V1P e V1T apresentaram menores consumos efetivos de combustível ($L h^{-1}$).

REFERÊNCIAS

ARBEX M.A. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação da cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara.** 2002. 188 p. Tese (Doutorado em Patologia) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ARVIER, A.C. Pre-harvest desiccation of sugarcane with Paraquat in Queensland, **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 6, p. 309-317, 1970.

AZZI, G.M. **Incidência de matéria estranha nos processos de carregamento da cana-de-açúcar.** 1972. 112 p. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

BELARDO, G.C. **Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) sem queima.** 2010. 136 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

BRANQUINHO, A.; JACOB, R.; RIPOLI, M.L.C.; RIPOLI, T.C. Perdas de colheita mecanizada em cana sem queima prévia. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 10., 2002, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: EDUSP, 2002c. 1 CD-ROM.

BRAUNBECK, O.A. Proposta brasileira de colheita mecanizada. In: SEMINÁRIO SOLUÇÕES E NOVIDADES NA MECANIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: IDEA, 1999. p. 56-60.

Brown et al. **O PARAQUAT EM PERSPECTIVA.** Outlooks on Pest Management. 2004. Disponível em:
<http://www.Paraquat.com/Portals/22/downloads/Paraquat_in_perspective_port.pdf>, acesso em:16 abril 2010.

BURLEIGH & ASSOCIATE. **A comparative evaluation of sugar cane harvesting and transport systems for use in the Brazilian sugar industry.** São Paulo: Coopersucar, 1988.p 35-42

CENICAÑA. **Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colômbia.** Cali, v. 19, n 1, p. 7-10. jan./abr. 1997.

CARVALHO FILHO, S.M. **Colheita mecanizada:** desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CHEE, Y. S., TAN, J. T., CHAN, T. (1993). **Planters' Bulletin**. p. 216, 80-86. Disponível em: < <http://paraquat.com/portugues/banco-de-conhecimentos/dados-e-fatos-sobre-paraquat>>. Acesso em: 18 dez 2009.

CHRISTOFFOLETTI, P.J.; SACOMANO, J.; SOFFNER, R.; CATTANEO, S. Avaliação do uso de Paraquat como dessecante na cultura da cana-de-açúcar em condições de pré-colheita. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 68, n 3, p. 271-286, 1993.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Previsão da safra de cana-de-açúcar do ano de 2009**. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2cana_de_acucar.pdf>. Acesso em: 18 dez 2009.

CRUCIANI, D.E.; BAPTISTA, G.C.; CHRISTOFFOLETTI, P.J.; MINAMI, K. **Comportamento de herbicida em solo de várzea com drenagem subterrânea**. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, 1996.

DE LÉON, M.J. **Avaliação de desempenho operacional de duas colhedoras de cana (*Saccharum spp*) crua**. 2000. 111 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento agroecológico de cana-de-açúcar**. Disponível em: < http://www.cnps.embrapa.br/zoneamento_cana_de_acucar/ZonCana.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2009.

FERNANDES, A.C.; IRVINE, J.E. Comparação da produtividade da cana-de-açúcar por colheita mecanizada e por corte manual. **Revista da STAB**, Piracicaba, v. 4, n.6, p.112-116, 1986.

FERNANDES, A.C.; OLIVEIRA, E.R. ; QUEIROZ, L. **Sugarcane trash measurements in Brazil**. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: The Executive Committee of The ISSCT Congress, 1978. v.2, p. 1963-1973.

FERNANDES, J; RIPOLI, T.C.C. **Estudos preliminares de dessecantes em cana-de-açúcar (paraquat)**. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DAS AGROINDÚSTRIAS AÇUCAREIRAS, Águas de Lindóia, 1975. p.315-328.

FURLANI NETO, V.L. **Incidência de matéria estranha e perdas no campo nos processos de corte manual e com colhedoras – amontoadoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1984. 120 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

FURLANI NETO, V.L.; FERNANDES, J.E.; MIALHE, L.G. Ensaio preliminar com colhedora Massey Fergusson 201 – cane commander. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 90, p. 11-15, 1977.

FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.C.; VILLA NOVA, N.A. Avaliação de desempenho operacional de colhedora em canaviais com e sem queima prévia. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 2, p. 18-23, Nov./dez. 1996.

GARCIA, A.P.; ALBIERO, D.; CAPPELLI, N.L.; MACIEL, A.J.S.; UMEZU, C.K. **Avaliação das perdas na colheita de cana-de-açúcar e demanda de potência de uma colhedora de cana inteira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006. João Pessoa. **Anais...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006. 1 CD-ROM.

HERRERA, M. de A; LINARES, S.O. La incidencia del rendimiento Agrícola en la eficiencia de limpieza y las pérdidas de la KTP-1 cosechando em verde. **Cuba Azucar**, La Habana, v. 8, n. 2, p. 13-16, ene/mar, 1986.

HUMBERT, R.R. Improving Burns with desiccants as an aid to mechanical harvesting. In: CONGRESS OF CANE TECHNOLOGISTS, Durban, 1974. p. 1065-1073.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

LIMA, A.D. **Modelos matemáticos aplicados a problemas na cultura da cana-de-açúcar e no aproveitamento da energia da biomassa**. 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

LIMA, L.T. Fatores que Influenciam na Colheita Mecânica. In: SEMINÁRIO DE COLHEITA MECÂNICA, 1994. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 1994. 10 p.

LOPES M.B. **Simulação de um sistema de carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MAGALHÃES, P.S.G.; MILAN, M.; MOLIN, J.P.; SOUZA, Z.M.; VOLPATO, C.E.; SIMÕES, J. Colheita de cana-de-açúcar e palha para a produção de Etanol. In: WORKSHOP - COLHEITA, TRANSPORTE E RECUPERAÇÃO DE PALHA, 2., 2006, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2006. 19 p.

MAZZONETTO, A.W. **Colheita integral de cana (*Saccharum SSP*) crua, análise de desempenho operacional**. 2004. 88 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

MOLINA JR, W.F. **Enfardamento de resíduo de colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): avaliação dos desempenhos operacional e econômico**. Piracicaba, 1991. 101 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração: Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

MORAES, E.E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*Saccharum Spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecanizada**. 1992. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

MORAES, E.E.; NEVES, J.L.M. Colheita de cana crua: avaliação de perdas invisíveis nos sistemas com colhedoras de cana picada. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1997. p. 288-297.

MUTTON, M.J.R. **Efeitos de impurezas sobre a sistemática de pagamento de cana-de-açúcar pela qualidade**. 1990. 113 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

NERY, M.S. **Desempenhos operacional e econômico de uma colhedora em cana crua**. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

NEVES, J.L.M. **Avaliação de perdas em colhedora de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 2003. 104 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

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.

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, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n3/a30v24n3.pdf>>. Acesso em: 24 nov 2009.

NEVES, M.F.; CONEJERO, M.A. Sistema Agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 587-604, 2007.

NUNES JUNIOR, D.; PINTO, R.S.A.; KIL, R.A. **Indicadores de desempenho da agroindústria canavieira: safra 2003-2004**. Ribeirão Preto: IDEA, 2005. 195 p.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATORIBAS, 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.

PEREIRA, J.F.G. **Relatório Técnico – Pagamento da Cana pelo Teor de Sacarose – IAA/PLANALSUCAR**. Pernambuco, dez., 1982. 19 p.

RIPOLI, M.L.C. **Ensaio de dois sistemas de obtenção de biomassa de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para fins energéticos**. 2004. 213 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

RIPOLI, T.C.C. **Utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) – Equacionamento dos balanços energético e econômico**. 1991. 150 p. (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

RIPOLI, T.C.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996. cap. 13, p.635-673.

RIPOLI, T.C.C. **Ensaio padrão de colhedora em espaçamento alternado em duas velocidades**. Piracicaba: ESALQ-USP. ago., 2010. 79 p (Relatório Técnico, 79).

RIPOLI, T.C.C. **Ensaio padrão de máquina com gauge Wheel em diferentes espaçamentos e velocidades**. Piracicaba: ESALQ-USP. 79 p. ago. , 2010. (Relatório Técnico, 79)

RIPOLI, T.C.C. **Ensaio padrão de protótipo de colhedora de cana-de-açúcar AGCO**. Piracicaba: ESALQ-USP. jun., 2010. 130 p (Relatório Técnico, 130) .

RIPOLI, T.C.C.; MIALHE, L.G. Evaluation of same performance parameters of three combine harvester of sugar cane (*Saccharum spp.*) in Alagoas. Brazil. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 17., 1980..Manilla. **Proceedings...**Manilla, 1980. 15 p.

RIPOLI, T.C.C.; PARANHOS, S.B. **Máquinas para Corte e Carregamento de Cana**. Centro Acadêmico Luiz de Queiroz - Departamento Editorial. Piracicaba-SP, 1990. 46 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicab:Esalq, 2004. 222 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa da cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. 2. ed. Piracicaba, 2009. 333 p.

RIPOLI, T.C.; NOVAES, H.P.; MIALHE, L.G. Avaliação, por via úmida, de material mineral agregado em toletes de colmo de cana-de-açúcar colhidos mecanicamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 4., 1977, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 1977. 8 p.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; De LEÓN, M.J.; PIEDADE, S.M.S. Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua em função da velocidade de avanço. **Engenharia Agrícola: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 199–207, 1999.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; MOLINA Jr, W.F.; RIPOLI, M.L.C. Operational and economic performance of a Green cane chopped harvester, in Brazil. 2001. Sacramento In: ASAE INTERNATIONAL ANNUAL MEETING, 2001, Sacramento. **Proceedings...** Sacramento: ASAE, 2001. p. 718-726.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba, 2007. 310 p.

RODRIGUES, E.B. **Comparação técnico-econômica da colheita de cana-de-açúcar na região de Bandeirantes – PR**. 2008. 130 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G. 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.

RYTWO, G.; TROPP, D.; SERBAN, C. Adsorption of diquat, Paraquat and methyl green on sepiolite: experimental results and model calculations. **Applied Clay Science**, Amsterdam, v. 20, p 273-282, 2002.

SAMUELS, G.; BEALE, A. Paraquat as a preharvest desiccant for sugarcane in Puerto Rico. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, Porto Rico, v. 60, p. 262-270, 1976.

SARANIN, A.P. sugarcane payment systems. **Sugar Techn. Rev**, v.3, p.155 – 238, 1975.

SHAW, G.R.; BROTHERTON, G.A. Green cane harvesting – a dilemma. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14., 1992. Mackay, **Proceedings...** Brisbane: Watson Fergusson, 1992. p. 1-7.

TAYLOR, R.K.; SCHROCK, M.D.; STAGGENBORG, S.A. **Extracting machinery management information from GPS data**. St. Joseph: ASAE, 2002. 9 p. (ASAE Paper, 021008).

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.

TSAI, W.T.; LAI, C.W.; HSIEN, K.J. The effects of pH and salinity on kinetics of Paraquat sorption onto activated clay. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**. cidade, v.224, p. 99-105, 2003a.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Produção de cana-de-açúcar do Brasil.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

VALSECHI, O. Considerações gerais relativas ao pagamento da cana-de-açúcar, face à Lei 4870, de 1/12/1965. In: VALSECHI, O.; OLIVEIRA, E.R. de; STUPIELLO, J. P.; DELGADO, A.A.; CÉSAR, M.A.A.; OLIVEIRA, A.J. de; NOVAES, F.V. **Análise em cana-de-açúcar para efeito de pagamento.** Piracicaba: ESALQ/IAA, 1968. p. 3-13.

VOLPATO, J.L.M. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar.** 2001. 204 p. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.