

**PROTÓTIPO DE CORTADORA-AMONTOADORA:  
DESEMPENHOS OPERACIONAL E ECONÔMICO  
EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*)  
COM QUEIMA PRÉVIA**

**JOSÉ MAURÍCIO ORSOLINI**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Máquinas Agrícolas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo – Brasil  
Julho – 2002

**PROTÓTIPO DE CORTADORA-AMONTOADORA:  
DESEMPENHOS OPERACIONAL E ECONÔMICO  
EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*)  
COM QUEIMA PRÉVIA**

**JOSÉ MAURÍCIO ORSOLINI**

Engenheiro Mecânico

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

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Máquinas Agrícolas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo – Brasil

Julho – 2002

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

Orsolini, José Maurício

Protótipo de cortadora-amontoadora : desempenho operacional e econômico em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) com queima prévia / José Maurício Orsolini. - - Piracicaba, 2002.

79 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

Bibliografia.

1. Análise econômica 2. Cana-de-açúcar 3. Cortadora-amontoadora  
4. Desempenho operacional 5. Mecanização agrícola I. Título

CDD 633.61

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

À Thelma, Caio,  
Heloísa e Maurício pelo  
constante incentivo e apoio  
incondicional, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao orientador e amigo, Prof. Titular Tomaz Caetano Cannavam Ripoli pela orientação, estímulo e sugestões seguras durante o estudo.

À diretoria da Usina Costa Pinto (Grupo Cosan) e aos seus engenheiros agrônomos Rodolfo Geraldi, Elder Zotelli, João Américo Beltrame, José Carlos Matyis e ao Técnico Agrícola José Waldir Pupin, pelo apoio e infra-estrutura disponibilizados, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

À diretoria da Motocana Máquinas e Implementos Ltda., nas pessoas de Luciano Almeida e Félix de Castro Neto, pelo apoio técnico, material e acompanhamento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Walter Francisco Molina Júnior pelas sugestões e apoio de campo durante o desenvolvimento do projeto.

Aos colegas de pós-graduação Marco Lorenzo Cunali Ripoli, Hamilton Fernando Torrezan, Sérgio Bizuti e Juliano Crivelenti Garcia Leal, pela colaboração.

Aos demais professores do Setor de Mecânica e Máquinas Agrícolas do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, Luiz Antonio Balastreire, Marcos Milan, Casimiro Gadanha Júnior e José Paulo Molin, pelo estímulo.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xi
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Colheita da cana-de-açúcar.....	3
2.2 Mecanização da colheita.....	4
2.3 Legislação referente às queimadas.....	5
2.4 Aspectos a serem considerados para implantação da colheita mecanizada.....	6
2.5 Perdas de matéria-prima e produtividade agrícola.....	8
2.6 Qualidade da matéria-prima.....	9
2.7 Desempenho operacional.....	10
2.8 Desempenho econômico.....	14
2.8.1 Consumo de combustível.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Material.....	18
3.1.1 Especificações técnicas do protótipo.....	18
3.1.2 Condições de campo da área de ensaio.....	20
3.1.3 Equipamentos e utensílios para determinações ponderais.....	21
3.1.4 Utensílios para determinações dimensionais e temporais.....	21

3.1.5 Equipamentos de laboratório .....	21
3.1.6 Outros equipamentos e materiais .....	21
3.2 Métodos .....	22
3.2.1 Desempenho operacional .....	22
3.2.2 Perdas e qualidade da matéria-prima colhida .....	27
3.2.3 Raio e espaço de giro .....	29
3.2.4 Análise tecnológica da matéria prima colhida.....	29
3.2.5 Estimativa de desempenho econômico .....	30
3.2.6 Informações fornecidas pelo fabricante do protótipo .....	32
3.2.7 Informações fornecidas pela Usina Costa Pinto .....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1 Dados originais.....	34
4.2 Dados tabulados.....	34
4.3 Análise econômica .....	50
4.4 Raio e espaço de giro .....	52
4.5 Análise em relação às características do projeto do protótipo .....	53
5 CONCLUSÕES.....	59
ANEXOS .....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Vista frontal do protótipo Motocana® Phoenix CM500i estudado .....	19
2 Vista lateral do protótipo no carreador, no momento do descarregamento dos colmos. ....	19
3 Vista lateral do protótipo, mostrando alguns de seus componentes: (1)despontador; (2)discos de corte basal; (3)esteiras de borracha; (4)bombas hidráulicas; (5)caçamba; (6)motor e (7)cabine.....	20
4 Etapas do percurso considerado para um ciclo operacional, onde: (1 a 2) é o percurso cortando as fileiras de cana; (2 a 3) o deslocamento para fora do talhão; (3) o descarregamento do material colhido no carreador e (3 a 4) o deslocamento para retornar ao talhão, encerrando-se o ciclo. ....	23
5 Vista parcial da área de estudo, mostrando o porte do canavial e a qualidade da queima de pré-colheita....	36
6 Visão do canavial, tomada da cabine do operador durante operação da máquina .....	36
7 Exemplo de separação de uma amostra de perdas, resultando nas frações de colmos não colhidos, e matéria estranha que se encontrava agregada a eles, além de particulados de difícil separação.....	41
8 Percentagem dos componentes do custo operacional estimado para o protótipo .....	50



9	Detalhe mostrando as perdas de matéria-prima pelas esteiras (A) condutoras de colmos, da cortadora-amontoadora.....	55
10	Matéria-prima deixada após o corte mecanizado, constituindo-se de perdas na soqueira e de colmos inteiros e/ou suas frações não colhidos .....	56

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Parâmetros de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar (Lima, 1998).....	11
2 Parâmetros de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar(Carvalho filho,2000).....	12
3 Resultados médios de Capacidade Efetiva-CE ( $\text{kN.h}^{-1}$ ), de Índices de Matéria Estranha Vegetal-IV (%), Mineral-IM (%), Não identificada-II (%), Total-IT (%) e perdas da matéria-prima para cortadoras e colhedoras de cana-de-açúcar.....	12
4 Desempenho operacional das colhedoras Gladiator e CC2000, trabalhando sob diferentes variedades de cana-de-açúcar (Romero et al, 1993).....	13
5 Resultados da caracterização do porte do canavial, em percentagens de colmos industrializáveis.....	35
6 Resultados da análise granulométrica e de umidade do solo da área de ensaios.....	37
7a Resultados de perdas de colmos e/ou suas frações, em $\text{kN.ha}^{-1}$ e, em percentagem, e produtividade agrícola obtida por ciclo operacional (repetições) I.....	39
7b Resultados de perdas de colmos e/ou suas frações, em $\text{kN.ha}^{-1}$ e, em percentagem, e produtividade agrícola obtida por ciclo operacional (repetições) II.....	40
8 Quantidade de matéria-estranha presente na matéria-prima colhida, obtida pelas amostras da sonda da usina.....	42

9	Determinação de velocidades efetivas da ação de corte e de ciclos operacionais .....	43
10	Tempos consumidos (em %) em cada etapa dos ciclos operacionais estudados.....	44
11	Consumo de combustível obtido por ciclo operacional .....	45
12	Valores médios relativos ao carregamento do treminhão <sup>1</sup> com a matéria-prima cortada e amontoada .....	46
13	Valores determinados e referentes ao Desempenho Operacional do protótipo.....	48
14	Custos horário e anual estimados para o protótipo, em Reais .....	51
15	Estimativas de custos operacionais do protótipo por kN de cana cortada, para diferentes Eficiências de Campo, com Capacidade Efetiva de 413,07kN.h <sup>-1</sup> (real) e custo horário de R\$80,22.h <sup>-1</sup> .....	52
16	Resultados de projeção do aumento da Capacidade Efetiva decorrente da modificação proposta no projeto mecânico do protótipo .....	54
17	Estimativas de custos operacionais do protótipo para diferentes Eficiências de Campo, com Capacidade Efetiva Estimada de 937,05kN.h <sup>-1</sup> e custo horário de R\$80,22.....	58

---

<sup>1</sup>Determinação dada pelo Setor Sucroalcooleiro para os veículo de transporte de cana-de-açúcar compostos por um cavalo mecânico tracionando três carretas.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

A = custo, por ano, com abrigo

a = percentagem do valor inicial ( $V_i$ ) da máquina para cobrir os custos com abrigo

AA = área amostrada

AR = açúcares redutores

C = peso de matéria-prima carregada

Cap = capacidade

$C_{ec}$  = capacidade efetiva de cortadoras

CE = capacidade efetiva

$CE_b$  = capacidade efetiva bruta

$CE_l$  = capacidade efetiva líquida

Ch = consumo horário de combustível

CHE = consumo horário efetivo

CHO = consumo horário operacional

CHr = consumo horário por ciclo

$c_i$  = colmos não colocados sobre o eito

cm =centímetro

CN = colmos não colhidos

CNS = frações de colmos da soqueira

CNPq = Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CO = capacidade operacional

COL = colhedora

COR = cortadora

COR/AM = cortadora/amontoadora

$c_r$  = colmos com frações de colmos remanescentes na soqueira  
Cto = consumo total  
CV = coeficiente de variação  
D = Custo da depreciação horária  
D = distância  
D.Ciclo = percurso realizado durante a ocorrência do ciclo operacional  
DE = distância efetiva  
DP = desvio padrão  
 $D_c$  = Peso médio de cana na linha (peso de colmos por metro linear de fileira)  
Dt = despesas totais  
Ef = eficiência de campo  
EM = eficácia de manipulação  
ESALQ = Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
FEALQ = Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz"  
H = período de tempo, em horas.  
ha = hectare  
HP = *horse power*  
IAA = Instituto do Açúcar e Alcool  
IF = índice de folhas e palhas  
II = matéria estranha não identificada  
IM = matéria estranha mineral  
IR = índice de raízes  
IT = matéria estranha total  
IV = matéria estranha vegetal  
IW = índice de material não selecionado  
IDEA = Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial  
J = Custo por ano, com juros  
L = litro  
kN = quiloNewton (onde 1kgf = 9,807N)  
km = quilômetro

kW = QuiloWatt

m = metro

m<sup>3</sup> = metro cúbico

mm = milímetro

MC = material colhido

MEM = matéria estranha total

MET = matéria estranha mineral

MEV = matéria estranha vegetal

ml = mililitro

MNI = material não identificado

Nº = número

N = newton

N<sub>e</sub> = Número de linhas por eito colhido pela máquina

P = prêmio do seguro

PA = produtividade agrícola de colmos

PADCT = Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PC = *personal computer*

PA = quantidade de ponteiros (frações) aderidos aos rebolos e/ou colmos

PL = quantidade de ponteiros livres na carga

PNIT = Plano Nacional da Indústria de Tratores

q<sub>o</sub> = quantidade de colmos industrializáveis cortados e colocados no eito

Rep = repetição

rpm = rotações por minuto

R\$ = reais

s = segundo

S = *south* (sul)

S = custo do seguro, por ano

S.A. = Sociedade Anônima

Soq = soqueira

SP = Estado de São Paulo

Su (R\$) = Valor de sucata no fim da vida útil

T = tempo

t = tonelada

$t_s$  = quantidade de solo que acompanhou a matéria prima na carga

T.Ciclo=tempo total correspondente ao percurso de um ciclo operacional

Tco = tempo de corte

Tde = tempo de descarga do material colhido

Ten = tempo de retorno do talhão

Tf = quantidade de folhas e palhas

TP = total de perdas

Tp = tempo de percurso na parcela

Tsa = tempo de saída do talhão

US\$ = dólares americanos

USP = Universidade de São Paulo

V = velocidade

Vc = volume consumido na parcela

Var. = variedades

Vciclo = velocidade do ciclo

Vcorte = velocidade de corte

$V_{ens}$  = Velocidade da máquina na parcela padrão, durante o ensaio

Vi = valor inicial da máquina

Vu = vida útil da máquina

W = *west* (oeste)

$W_e$  = Peso do material colhido, lançado no veículo de transporte durante o ensaio

**PROTÓTIPO DE CORTADORA-AMONTOADORA: DESEMPENHOS  
OPERACIONAL E ECONÔMICO EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum  
spp*) COM QUEIMA PRÉVIA**

Autor: JOSÉ MAURÍCIO ORSOLINI

Orientador: Prof. Titular TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI

**RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo efetuar a análise dos Desempenhos Operacional e Econômico do protótipo de uma cortadora-amontoadora para cana-de-açúcar, comparando-os com valores obtidos na bibliografia e referentes ao corte manual realizado em cana-de-açúcar, com queima prévia e sugerir modificações no projeto mecânico do espécime. O protótipo analisado é apresentado como uma opção para a substituição da mão-de-obra responsável pelo corte dos canaviais. Para tanto foram utilizadas as metodologias propostas por Ripoli (1986) e Molina Jr. (2000). O protótipo em questão foi o Phoenix CM500i<sup>®</sup>, fabricado pela empresa Motocana<sup>®</sup> Ltda<sup>2</sup>. Os testes foram realizados na Usina Costa Pinto, localizada no município de Piracicaba, interior de São Paulo, durante o mês de julho de 2.000. Foram determinados os seguintes parâmetros: Capacidade Efetiva de Corte (média de 398,27kN.h<sup>-1</sup> ou 40,61t.h<sup>-1</sup>); Eficácia de Manipulação (média de 93,84%); Perdas (média

---

<sup>2</sup> A citação de marcas e modelos, ao longo deste trabalho, não representa preferência ou sugestão do autor. Apenas serve para caracterização dos equipamentos.



de 6,59%, de canas não colhidas e/ou suas frações remanescentes na soqueira); Matéria Estranha média de 3,75% e Custo estimado de R\$0,194.kN<sup>-1</sup> (ou R\$1,90.t<sup>-1</sup>) na Capacidade Efetiva de Corte, o que, se comparado ao custo de R\$0,306.kN<sup>-1</sup> (ou R\$3,00.t<sup>-1</sup>) do corte manual representa uma redução de 36,6% no custo da operação. Por se tratar de um protótipo, foram realizados, ainda, exercícios de projeção com base nas modificações sugeridas e referentes ao seu projeto mecânico. Estes estudos apresentaram novos valores estimados de Capacidade Efetiva de Corte de R\$0,083.kN<sup>-1</sup> (ou R\$0,81.t<sup>-1</sup>) de cana cortada, ou seja, uma redução da ordem de 85% nos custos em relação aos custos da utilização da mão-de-obra para este mesmo fim.

**PALAVRAS-CHAVE:** protótipo, desempenho operacional; desempenho econômico; cortadora-amontoadora; cana-de-açúcar; mecanização.

**CHOPPER-PILE PROTOTYPE: OPERATIONAL AND ECONOMIC  
PERFORMANCES IN BURNED SUGAR CANE  
(*Saccharum spp.*)**

Author: JOSÉ MAURÍCIO ORSOLINI

Adviser: Full Professor TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI

**SUMMARY**

The present study had the objective to analyze the Operational and Economic Performances of a chopper-pile prototype for sugar cane, comparing them with the found values in the bibliography and referring to the manual cut in burned sugar cane and suggest modifications on the machine mechanical project. The analyzed prototype is presented as a substitution option for the hand workers, which are responsible for the sugar cane cut. The methodologies that had been used in this study were proposed by Ripoli (1986) and Molina Jr. (2000). The prototype was the Phoenix CM500i<sup>®</sup>, manufactured by Motocana<sup>®</sup> Ltd<sup>3</sup>. The tests had been carried out in Costa Pinto Sugar Mill, located in Piracicaba county, São Paulo State, during the month of July 2.000. The following parameters had been determined: Cut Effective Capacity (average of 398,27kN.h<sup>-1</sup> or 40,61t.h<sup>-1</sup>); Manipulation Effectiveness (93,84% average); Losses (6,59% average, not harvested sugar cane and/or its remaining fractions in the stubble); 3,75% of Strange Matter Harvested and a Estimated Cost of

---

<sup>3</sup> The mark and model citation does not represent the author's preference or suggestion. It only serves as a equipment characterization matter.

R\$0,194.kN<sup>-1</sup> (or R\$1,90.ton<sup>-1</sup>) in the Cut Effective Capacity, which if compared with the R\$0,306.kN<sup>-1</sup> (or R\$3,00.ton<sup>-1</sup>) manual cut cost represents a 36,6% cost reduction of the operation costs. Dealing with the prototype, projection's exercises had been made on the basis of the suggested modifications referring to in its mechanical project. These studies had presented Cut Effective Capacity estimated values of R\$0,083.kN<sup>-1</sup> (or R\$0,81.ton<sup>-1</sup>) of cut sugar cane, a 85% cost reduction in relation with the use of hand workers for this same end.

**KEYWORDS:** prototype, operational performance; economic performance; chopper-pile; sugar cane; mechanization.

## **1 INTRODUÇÃO**

Na colheita da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), no Brasil, a tendência para a mecanização é irreversível, como tem mostrado as pesquisas realizadas e a crescente dificuldade e custo de mão-de-obra empregada no corte manual.

Existem poucos estudos de desempenhos de máquinas cortadoras de cana-de-açúcar. Pode-se citar Ripoli et al. (1975) e Furlani Neto (1997), entre outros, como autores de pesquisas sobre desempenho dessas máquinas, hoje obsoletas, além de outras poucas publicações bastante defasadas.

Ripoli (1996) observa que são várias as implicações da adoção da colheita mecanizada, que não consiste unicamente na operação de um equipamento, mas que prevê a implantação de todo um sistema operacional, logístico, econômico e social.

De acordo com Molina Jr. (2000), mesmo os estudos realizados com colhedoras, que são máquinas de diferente funcionamento das cortadoras, pois realizam todo um processamento do material colhido durante a operação, inclusive com o picamento dos colmos em rebolos, tiveram a descrição de procedimentos na caracterização dos parâmetros necessários sempre feita de maneira não padronizada e de acordo com a necessidade e possibilidade de cada autor. Como a colheita manual de canaviais sem queima prévia torna-se muito cara e encontra resistências por parte dos trabalhadores, mudanças no processo de colheita da cana com a queima prévia se fazem necessárias.

Segundo o mesmo autor, a utilização de máquinas colhedoras implica em muitos cuidados e alterações nos processos de carregamento, transporte, estocagem e recepção, o que não é o caso de quando se tem uma cortadora que apenas substitui o corte manual, aproveitando-se dos mesmos sub-sistemas de carregamento e transporte convencionais.

O presente estudo teve por objetivo efetuar a análise dos desempenhos operacional e econômico de um protótipo de uma cortadora-amontoadora auto-propelida para cana-de-açúcar, comparando-os com valores obtidos na bibliografia e referentes ao corte manual, ambos em cana queimada, além de oferecer sugestões de modificações no projeto mecânico do protótipo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Colheita de cana-de-açúcar**

A operação de colheita de cana-de-açúcar, segundo Ripoli (1986), envolve três sub-sistemas que devem operar no melhor sincronismo possível: de corte e carregamento, de transporte e de recepção da matéria-prima para o seu processamento industrial.

Ao lado de um bom projeto de sistematização, Noronha et al. (1991) dizem ser importante que ocorra o devido treinamento de operadores de máquinas, uma vez que o Brasil carece de mão-de-obra especializada, fato este responsável por um dos maiores problemas para uma eficaz mecanização agrícola. Fabricantes dedicados ao setor sucroalcooleiro têm buscado, ao lado de produtores, soluções que atendam às diversas situações e cumpram os objetivos econômico-financeiros. Destacam, ainda, a qualificação da mão-de-obra, bem como a relativa escassez deste recurso como uma das dificuldades para a implantação da mecanização.

Câmara & Oliveira (1993) dizem que no Brasil, a prática predominante para a colheita de cana-de-açúcar, ainda, é a tradicional de colheita manual após a queima prévia do canavial, na qual, os trabalhadores braçais, munidos de facões, executam o corte basal dos colmos, seguindo-se do corte apical, para retirada dos ponteiros e, por fim, a despalha. Esta operação é seguida do enleiramento dos colmos sobre o solo, os quais posteriormente são carregados mecanicamente. Nesta operação, quantidades de matéria estranha (palhas, ponteiros,

folhas, terra, etc) acompanham a matéria-prima. Existem dois sistemas básicos quanto à colheita mecanizada de cana: o primeiro por meio de cortadoras caracteriza-se, simplesmente, pela realização dos cortes basal e apical dos colmos, deixando os colmos sobre o terreno, para posterior transporte e, o segundo, operando com máquinas auto-propelidas, que cortam, picam e limpam, parcialmente, os colmos, carregando-os diretamente em unidades de transporte.

Para Ripoli (1996) inúmeros fatores são ponderáveis para se optar pela colheita mecanizada, dentre eles as condições de relevo e características físicas do solo; o investimento necessário; a disponibilização de assistência técnica e mão-de-obra especializada. Devido aos custos de implantação da colheita mecanizada serem elevados, deve-se proceder a uma escolha criteriosa e um estudo cuidadoso do terreno, além dos tratos culturais mais adequados para tal prática.

## **2.2 Mecanização da colheita**

Humbert (1974) afirma que a primeira cortadora auto-propelida foi introduzida no estado americano do Havaí, por Henry G. Gicana, em 1906, tendo executado o primeiro programa completo de corte mecânico no ano de 1937.

Ripoli & Paranhos (1987) citam que, segundo o *The Sugar Journal*, de 1961, coube a empresa norte-americana Thompson Machinery Co., introduzir pela primeira vez no mundo, em 1936, uma cortadora auto-propelida com resultados satisfatórios. Estes autores relatam que o desenvolvimento de estudos e projetos de máquinas, para colheita de cana-de-açúcar, deveu-se a dois fatores: o primeiro, à crescente dificuldade juntamente com o encarecimento da mão-de-obra para o corte manual e, o segundo, ao interesse na obtenção de aumento nos desempenhos das operações de colheita, com o esperado barateamento das mesmas.

Ripoli & Paranhos (1987) e Ridge (1994) comentam que na Austrália, toda a área canavieira é colhida mecanicamente. Ridge (1994) cita que a passagem do corte manual para o mecânico na Austrália teve início, aproximadamente, em 1960 e, até meados 1975, 98% da safra já era cortada por colhedoras. Apenas os colmos destinados para mudas, eram colhidos manualmente.

No Brasil, as primeiras iniciativas de introduzir uma colhedora de cana no mercado acompanharam a tendência à nacionalização da produção brasileira de tratores, que foi impulsionada pelo Plano Nacional da Indústria de Tratores Agrícolas (PNIT), criado em novembro de 1959 e, “favorecida pela existência de um parque automobilístico nascente, pelas facilidades de importação oferecidas para a implantação da indústria de tratores e, seguramente, pela reserva de mercado vigente a partir de 1960” (Noronha et al., 1991).

Segundo Ripoli & Villanova (1992), a Santal<sup>®</sup> Equipamentos Ltda., de Ribeirão Preto, foi a primeira empresa brasileira a produzir, em escala industrial, equipamentos destinados à colheita mecanizada de cana-de-açúcar (cortadora e colhedora), em 1973, partindo-se de tecnologia importada da Austrália. Anteriormente, registra-se experiência pioneira da empresa Motocana<sup>®</sup>, localizada em Piracicaba, Estado de São Paulo, que em 1962, desenvolveu uma cortadora-amontoadora, porém sem resultados satisfatórios.

### **2.3 Legislação referente às queimadas**

Publicado no Diário Oficial da União, o Decreto Lei nº2.661 de 08 de julho de 1998 regulamenta o parágrafo único do artigo 27 da Lei nº4.771 de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas à utilização do fogo em práticas florestais e agropastoris, ampliando o prazo das queimadas para mais 20 anos.



Ripoli & Mialhe (1987) estudando a queima prévia de canaviais, apontam alguns pontos positivos desta prática, tais como melhor limpeza do canavial, facilitando o corte manual, reduzindo o esforço físico do trabalhador e os riscos de acidentes ocupacionais, com o conseqüente aumento de sua capacidade de trabalho e, ainda, eliminando grande parte dos animais e insetos peçonhentos presentes.

A proibição das queimadas no Estado de São Paulo decorre de estudos oriundos de vários campos do conhecimento, dentre eles aqueles realizados na área de saúde, que comprovam os efeitos danosos da poluição atmosférica no desenvolvimento de doenças humanas e a participação da fumaça e de particulados finos dispersos na atmosfera (principalmente proveniente de queima de canaviais) em diferentes patologias, inclusive o câncer de pulmão (Cury, 1997).

Nunes Jr. (1998) discorre sobre a questão da prática das queimadas no Estado de São Paulo, dizendo que ela já está regulamentada desde 1997, estabelecendo o prazo máximo de oito anos para o seu fim, para áreas com declividades de terreno até 12% e de 15 anos, para aquelas acima de 12%, a partir da data de publicação do decreto.

Mesquita (2001) ressalta que, recentemente, foi aprovada em outubro de 2.000, a Lei nº 10.547 que define novas medidas, objetivando o fim das queimadas no prazo de vinte anos.

#### **2.4 Aspectos a serem considerados para a implantação da colheita mecanizada**

Para Azzi (1972), o aumento percentual de terra na matéria-prima colhida no sistema semi-mecanizado (corte manual e carregamento mecânico) deve-se, principalmente, a fração argila do solo.

Segundo Mialhe & Ripoli (1996), a simples aquisição de equipamentos não traz a solução definitiva para a implantação da colheita

mecanizada da cana-de-açúcar, porque “não é, simplesmente, uma substituição do trabalho manual pelas máquinas”, mas uma substituição de um sistema de colheita. Dessa forma, há necessidade de se contemplar estudos das condições das áreas cultivadas (solo, clima, declividade, etc.), bem como de fatores que concorrem direta e indiretamente, para a redução de custos e qualidade final do produto, como a organização da base física do canavial, uma seleção varietal de cana adequada, além de aspectos relativos à produtividade agrícola, tipos de máquinas, manejo, entre outros.

Segundo Ripoli & Paranhos (1987), para utilização e escolha de colhedoras de cana-de-açúcar deve-se levar em conta inúmeros fatores, a saber:

Fatores de máquinas: centro de gravidade; capacidade dos órgãos ativos de corte e de condução; velocidade de deslocamento; características dos processos de levantamento de canas acamadas, de picamento e ventilação; potência do motor e tipo de rodado.

Fatores de campo: variedade; porte do canavial; tipo de preparo de solo, de plantio e espaçamento; comprimento das linhas de plantio e estado dos carregadores; formato dos talhões e declividade do terreno.

Fatores administrativos: retaguarda de reparos e manutenção, aptidão do operador, tipos de transporte e sistema viário, coordenação e sincronismo dos sub-sistemas envolvidos e desempenho operacional da colhedoras ou cortadoras.

Ripoli et al. (1978) propuseram um critério para avaliação de um canavial, onde que definem o que são colmos eretos, acamados e deitados. Para caracterização de um talhão, deve-se tomar 20 amostras por hectare, de 1 metro linear de sulco cada, contando-se os colmos em cada uma dessas condições e determinando-se suas porcentagens. Para efetuar esta análise, utiliza-se de um triângulo retângulo padrão, com catetos de 1 m de comprimento, classificando-se de colmos eretos,

quando estes encontram-se com uma inclinação igual ou maior a 45°; em relação ao terreno; acamados quando o colmo apresentar inclinação entre 22,5° e 44°; e deitado, quando a inclinação for inferior a 22,5°.

## **2.5 Perdas de matéria prima e produtividade agrícola**

Furlani Neto et al. (1981) observaram que as quantidades de cana deixadas no campo (perdas), após o corte manual e carregamento mecânico (sistema semi-mecanizado), foi, em média de, 17,06kN.ha<sup>-1</sup>, enquanto que para o corte mecânico (sistema mecanizado) foi, em média, de 37,56kN.ha<sup>-1</sup>.

Furlani Neto et al. (1989), em estudos realizados sob condição de cana crua e queimada, não constatou diferenças significativas em termos de perdas de colmos, entre estas condições. Adicionalmente, apontam, para a condição de cana crua, um percentual maior da presença de palhiço de 1,9% e perdas deixadas no solo de 73,55 a 107,95kN.ha<sup>-1</sup> após a colheita. Os autores encontraram, no corte manual uma perda de 27,06kN.ha<sup>-1</sup> de colmos e suas frações deixadas no campo. No mesmo trabalho, observaram um índice maior de perdas de matéria-prima em sistemas de colheita mecanizada do que em semimecanizada, 5,03% e 2,31%, respectivamente.

Tillmann (1994) observa que, na condição de cana crua, o palhiço remanescente no terreno após a operação de colheita, constitui-se em uma significativa quantidade de biomassa disponível para aproveitamento energético. Em contrapartida, há baixo desempenho dos cortadores de cana e excessivas perdas de frações de colmos deixadas nas soqueiras (tocos). A operação de corte manual em cana crua implica em maiores índices de perdas de matéria-prima e maior presença de resíduos vegetais sobre o solo. Informa que obteve 80,42% de massa de colmos industrializáveis na colheita manual efetuada em cana crua, e 86,72% em cana queimada. Obteve 9,93% de massa de folhas úmidas em cana crua e

8,26% em cana queimada. Sobre a massa de palha, 4,92% em cana crua e 0,27% em cana queimada. Com relação a ponteiros, 4,71% de massa em cana crua e 4,76% na cana queimada. Colmos e frações de colmos perdidos pós colheita, 3,71% na cana crua e 0,8% na cana queimada, para uma determinada área e condições de campo.

Carvalho Filho (2000) observa que a eficácia da colheita mecânica, fator associado à qualidade da matéria-prima recebida pela usina, é definida pelo índice de perdas de matéria-prima deixada no campo e de perdas denominadas "invisíveis" (frações de rebolo, lascas etc.), assim como pela presença de matéria estranha vegetal e mineral. O mesmo autor, estudando colhedoras auto-propelidas sobre a condição de cana crua, obteve de 2 a 4% de perdas deixadas em campo e, capacidades efetivas da ordem de  $838\text{kN.h}^{-1}$  à velocidade média de  $3,67\text{km.h}^{-1}$  e  $756,4\text{kN.h}^{-1}$  à velocidade média de  $4,04\text{km.h}^{-1}$ . Destaca, ainda, que outros trabalhos, na avaliação de perdas totais deixadas no campo, apresentam valores díspares e heterogêneos, evidenciando a carência de padronização metodológica.

## **2.6 Qualidade da matéria-prima**

Fernandes & Oliveira (1977), estudando duas safras, no Estado de São Paulo, compararam a colheita semi-mecanizada (corte manual e carregamento mecânico) com a mecanizada de cana-de-açúcar, previamente queimadas, procurando estabelecer parâmetros para a avaliação da qualidade tecnológica da matéria-prima, por meio dos índices de matéria estranha mineral e vegetal encontrados nas unidades de transporte. Determinaram que as percentagens de matéria estranha total atribuídas ao carregamento mecânico variaram de 1% a 20%. Os índices médios de matéria estranha vegetal foi de 3,5% enquanto que a matéria estranha mineral atingiu valor médio de 2,5%. Observaram, ainda, que após um período chuvoso, ocorre um aumento na percentagem dessa

matéria estranha, devido a operação de carregamento mecânico de cana-de-açúcar. Os elevados níveis de matéria estranha vegetal podem ser atribuídos não somente ao carregamento mecânico, como também e, principalmente, ao inadequado corte inadequado dos ponteiros dos colmos.

Segundo Brasil (1983), a indústria sucroalcooleira é vista como um sistema complexo, em razão da matéria-prima envolvida ter prazos limitantes para ser processada, antes que infestações microbiológicas levem a inversões de sacarose, resultando em menor rendimento do processo.

Para Tillmann (1994) um elevado índice de matéria estranha mineral, é indesejável, uma vez que onera a indústria com custos de lavagem, desgaste de moendas, quebras, etc.

Ripoli (1996) estabelece para fins de qualificação, como parâmetros para a avaliação do desempenho operacional de máquinas envolvidas nos sub-sistemas de colheita de cana-de-açúcar em condição de cana queimada, valores máximos para índice de ponteiros: 1,0%; índice de folhas e palhas: 1,0%; índice de raízes: 0,5%; índice de matéria estranha vegetal: 3,0%; índice de matéria estranha mineral: 1,5%; índice de material não selecionado: 0,5% e índice de matéria estranha total: 5,0%.

## **2.7 Desempenho operacional**

Ripoli (1986) considera que o reflexo das condições de campo no desempenho operacional de colhedoras será sempre significativo, seja qual for o sub-sistema adotado para colheita. O autor descreve o ciclo operacional de máquinas como a ordem dos eventos de manejo. Por exemplo, para o desempenho de uma carregadora, em um ciclo operacional, vários fatores vão interferir, tais como, o tipo de máquina, a capacidade da garra, o relevo do terreno, a habilidade do operador, a

condição de esteiramento ou amontoamento dos colmos (eitos), a produtividade física do canavial e o posicionamento da unidade de transporte em relação à carregadora.

Tillmann (1994) ressalta, que o desempenho operacional das operações de corte manual e carregamento mecânico na condição de cana queimada é superior ao verificado para cana crua. Concluiu que, tanto para cana crua como para cana queimada, o tempo consumido, o número de ciclos e a capacidade operacional apresentam comportamentos similares, evidenciando que não há relação entre a presença de palhço e o tempo de carregamento, estando este último mais vinculado à quantidade de matéria-prima carregada por ciclo. No corte manual ocorreu a substituição da despalha manual pela queima prévia do canavial, promovendo uma melhor limpeza o trabalho dos cortadores, além de beneficiar a capacidade diária que, de 9,08 a 19,61kN passou para 39,66 a 58,84kN de cana cortada, ocasionando com isso, melhoria em sua remuneração.

Lima (1998), efetuou um levantamento com vários produtores brasileiros e observou o comportamento de várias colhedoras operando em condição de cana crua, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar (Lima, 1998).

Parâmetros	Amazon <sup>®</sup>	Brastoft <sup>®</sup>	Cameco <sup>®</sup>	Claas <sup>®</sup>
kN.safr <sup>a</sup> - <sup>1</sup>	36.10 <sup>4</sup> -79.10 <sup>4</sup>	48.10 <sup>4</sup> -118.10 <sup>4</sup>	89.10 <sup>4</sup> -121.10 <sup>4</sup>	80.10 <sup>4</sup> -93.10 <sup>4</sup>
kN.dia <sup>-1</sup>	2.011,0-4.326,2	2.374,0-6327,4	4061,3-5719,2	3806,2-4483,1
L.kN <sup>-1</sup>	0,07-0,15	0,08-0,15	0,08-0,11	0,07-0,10
US\$.kN <sup>-1</sup>	0,09-0,20	0,09-0,17	0,09-0,12	0,11-0,13

Carvalho Filho (2000) cita dados obtidos sobre o desempenho de uma colhedora Claas<sup>®</sup> CC2000, durante a safra 95/96, apresentados

em um dos relatórios internos da Usina Guarani , conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar (Carvalho filho,2000).

Parâmetros	Valores
Dias de safra (colheita mecanizada)	152
Total de horas trabalhadas	14.926
Produtividade do canavial ( $\text{kN.ha}^{-1}$ )	702,29
Cana colhida (kN)	4.590.746,4
Capacidade Operacional média ( $\text{kN.h}^{-1}$ )	307,54
Eficiência global média (%)	42,26
Consumo total de combustível (L)	284.659
Consumo médio de combustível ( $\text{L.h}^{-1}$ )	19,07
Consumo médio de combustível ( $\text{L.kN}^{-1}$ )	0,06
Perdas médias ( $\text{kN.ha}^{-1}$ )	46
Perdas médias (%)	6,56

Ripoli (1996) apresenta alguns resultados da operação de corte e/ou colheita mecanizada em cana queimada, encontrados na bibliografia, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados médios de Capacidade Efetiva-CE ( $\text{kN.h}^{-1}$ ), de Índices de Matéria Estranha Vegetal-IV (%), Mineral-IM (%), Não identificada-II (%), Total-IT (%) e perdas da matéria-prima para cortadoras e colhedoras de cana-de-açúcar.

Autores	Máquinas	CE	IV	IM	II	IT	Perdas	
		kN	(%)	(%)	(%)	(%)	$\text{kN.ha}^{-1}$	%
Betancourt (1967)	COL	-	3,93	0,31	-	4,20	-	-
Ripoli et al.(1975)	COR	300	-	-	-	-	-	-
Ripoli et al.(1975)	COR/AM	214	-	-	-	-	-	-

Tabela 3. Resultados médios de Capacidade Efetiva-CE ( $\text{kN.h}^{-1}$ ), de Índices de Matéria Estranha Vegetal-IV (%), Mineral-IM (%), Não identificada-II (%), Total-IT (%) e perdas da matéria-prima para cortadoras e colhedoras de cana-de-açúcar.

Autores	Máquinas	CE	IV	IM	II	IT	Perdas	
		kN	(%)	(%)	(%)	(%)	$\text{kN.ha}^{-1}$	%
Ripoli et al.(1975)	COL	144	-	-	-	-	-	-
Tambosco et al.(1977)	COL	-	10,00	0,20	0,30	10,50	-	-
Furlani Neto et al.(1977)	COL	-	-	-	-	-	35,31	-
Furlani Neto et al.(1978)	COL	-	3,20	0,10	0,50	4,20	-	-
Freitas et al.(1979)	COL/AM	247	4,50	0,26	1,00	5,80	32,66	-
Ripoli & Mialhe (1980)	COL	390	7,28	0,83	0,74	9,10	-	16
Furlani Neto et al.(1996)	COL	579	5,59	0,46	-	6,00	-	-
Furlani Neto et al.(1996)	COL	675	5,30	0,67	-	5,90	-	-

Fonte: Adaptado de Ripoli (1996). COL=colhedora; COR=cortadora; COR/AM=cortadora/amontadora.

A Tabela 4 mostra os resultados de ensaios de desempenho operacional realizados em Tucuman, na Argentina, com colhedoras Claas<sup>®</sup> Gladiador e Claas<sup>®</sup> CC2000, em canaviais sem queima prévia. Com estes ensaios, Romero et al. (1993) observaram uma variação na produtividade colhida de 588,6 a 1.373,4 $\text{kN.ha}^{-1}$  nos canaviais estudados.

Tabela 4. Desempenho operacional das colhedoras Gladiador e CC2000, trabalhando sob diferentes variedades de cana-de-açúcar (Romero et al, 1993).

Colhedoras	Var.	Velocidades de Trabalho ( $\text{km.h}^{-1}$ )	Capacidades Efetivas ( $\text{kN.h}^{-1}$ )	Perdas de Matéria Prima (%)	Trash (%)	Eficiências de limpeza (%)
Gladiador	CP65577	4,9	392,40	4,7	10,0	64,0
	TUC6727	3,6	392,40	2,8	13,0	62,0
	NA5679	5,7	500,31	7,0	10,7	65,5



Tabela 4. Desempenho operacional das colhedoras Gladiator e CC2000, trabalhando sob diferentes variedades de cana-de-açúcar (Romero et al, 1993).

Colhedoras	Var.	Velocidades de Trabalho (km.h <sup>-1</sup> )	Capacidades Efetivas (kN.h <sup>-1</sup> )	Perdas de Matéria Prima (%)	Trash (%)	Eficiências de limpeza (%)
	CP65357	5,6	549,36	5,7	12,0	60,0
CC2000	CP65357	5,8	568,90	6,6	7,8	56,0
	TU7742	3,5	696,51	7,2	5,3	71,0

Fonte: Adaptado de Romero et al.(1993). Var.=variedades.

Ripoli & Berto (1981) avaliando as colhedoras Santal<sup>®</sup>-115, Dedini Toft<sup>®</sup> R-300 e, MF<sup>®</sup>-201, na região de Campos, Estado do Rio de Janeiro, obtiveram uma Capacidade Operacional média das máquinas da ordem de 322,84kN.h<sup>-1</sup>, em cana queimada.

Ripoli & Mialhe (1982) em estudo realizado no Estado de São Paulo, na safra 81/82, em 50 colhedoras combinadas (13 Dedini Toft<sup>®</sup>, 26 Santal-115<sup>®</sup> e 11 Santal Rotor<sup>®</sup>) determinaram uma Capacidade Operacional média de 348,45kN.h<sup>-1</sup>.

Mialhe (1996) define como raio de giro, de máquinas agrícolas, “o menor círculo descrito por um ponto da intersecção do plano vertical médio da roda mais externa do trator, colhedora ou qualquer outra máquina auto-propelida, com o plano de apoio, em nível, sobre o qual a máquina desloca-se em círculo, com o volante de direção totalmente esterçado à direita ou à esquerda, com freios direcionais aplicados ou não”.

## 2.8 Desempenho Econômico

Segundo Mialhe & Ripoli (1976), de todos os parâmetros considerados no estudo de máquinas cortadoras e colhedoras de cana-de-

açúcar, o que apresenta maior importância econômica é a Capacidade Efetiva, a qual leva em conta a Eficácia de Manipulação. Na prática, o conceito de Capacidade Efetiva não leva em conta a qualidade de matéria-prima carregada e nem as perdas decorrentes do não carregamento.

Ripoli & Mialhe (1982) mostram valores referentes aos custos operacionais de colhedoras de cana de US\$0,32.kN<sup>-1</sup>, US\$0,22.kN<sup>-1</sup> e US\$0,19.kN<sup>-1</sup> para 981.000kN, 962.000 e 2.943.000kN de cana colhida, respectivamente. Definem desempenho econômico de uma máquina como sendo a associação dos dados de custo hora, formados pela estimativa de gastos da propriedade e gastos operacionais (orçamentação de custos), com os dados de desempenho operacional.

Noronha et al. (1991), recomenda a abordagem da orçamentação de custos pelo chamado método de "custo anualizado equivalente (CAE)", desenvolvido a partir do conceito de anuidade equivalente, para o cálculo do custo anual do maquinaria.

Mialhe & Carraro Neto (1993) descrevem o projeto de custo anualizado equivalente, como um critério que se baseia na estrutura de fluxo de caixa que espelhe o investimento inicial de uma colhedora de cana-de-açúcar, em todas as despesas previstas durante sua permanência na empresa e o seu valor de revenda ou sucateamento, depois de ter cumprido um razoável período de vida útil.

Todos os métodos utilizam um período de vida esperado para cada tipo de máquina como estimativa de depreciação, conforme descrito por Moreira & Menezes (1973), não levando em consideração a intensidade do uso da colhedora. Portanto, os métodos de cálculos de depreciação são aproximações da depreciação real da máquina.

Tillmann (1994) afirma que, o sistema semi-mecanizado de colheita (corte manual e carregamento mecânico) em canavial previamente queimado, apresenta custos da ordem de 17% menores quando comparados com operação em cana, sem queima.

Balastreire (1995) mostra vários métodos utilizados para determinação do ponto de renovação ou substituição de uma máquina agrícola. O autor cita, entre outros métodos, o do custo mínimo anual equivalente e conclui que em todos os métodos de cálculo de custo operacional, existe a necessidade de se controlar os diversos componentes de custos dos usos das máquinas.

Gamero & Lanças (1996) descrevem o tempo consumido por uma máquina como um fator importante do custo de operação, paralelamente ao dispêndio energético. Destacam ainda, que uma análise predominantemente econômica de equipamentos pode recomendar uma solução nem sempre viável para todas as culturas.

Carvalho Filho (2000) cita que foram apresentados na Agrishow 98, como Boletim Técnico de dados da colhedora Brastoft (1998), valores oriundos da média de 26 usinas de açúcar e álcool, com 85 máquinas mostrando que a média da participação, em porcentagem, do componente do custo hora de uma colhedora de cana é 39,3% relativo à depreciação; 23,6% ao combustível; 1,8% ao lubrificante; 27,2% a manutenção e 8,1% a mão-de-obra do operador da máquina.

### **2.8.1 Consumo de combustível**

Moreira & Menezes (1973) consideram que o custo referente ao consumo de combustível deve ser obtido por meio de dados reais, por operação mecanizada específica. Não sendo isso possível, recomendam a obtenção destes dados segundo a porcentagem de carga no motor com relação a sua máxima potência.

Resultados obtidos em estudos realizados em 1981 numa usina da região centro-sul do país, Brasil (1983) responsabilizou a operação do corte mecânico por 4,21% do consumo total de diesel das operações mecanizadas na cultura canavieira. Informa, ainda, que o consumo de óleo diesel foi de  $3,6\text{L.kN}^{-1}$  de cana produzida.

Noronha et al. (1991), em estudo de estimativas de custo, destacaram o combustível representa de 20 a 50% do custo-hora de tratores agrícolas.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Material**

#### **3.1.1 Especificações técnicas do protótipo**

As Figuras de 1 a 3 mostram o protótipo ensaiado, o qual apresentava as seguintes especificações técnicas:

- Equipamento: Cortadora-amontoadora auto-propelida;
- Modelo: Phoenix CM500i®;
- Fabricante: Motocana Máquinas e Implementos Ltda. (Piracicaba,SP);
- Motor: Volvo Penta de 165kW a 1.900rpm;
- Rodado: Pneumáticos, triciclo;
- Volume da caçamba: 25m<sup>3</sup>;
- Tara, abastecido: 126,804kN;
- Comprimento: 10,90m;
- Largura: 3,05m;
- Altura: máxima=5,15m; mínima=3,32m;
- Eixo motriz: dianteiro, com pneus 18,4x15-38;
- Eixo traseiro: com dois pneus 10,5x80-18;
- Órgãos ativos: Dois discos de corte basal, com 6 facas cada um, pantográficos para ajuste ao rés do solo, elevadores com dois pares de esteiras de borracha condutoras de colmos;
- Direção: Hidrostática no eixo dianteiro;

- Cabine: Translacional, com visibilidade permanente de operação por sobre o canavial;
- Caçamba: De báscula traseira.



Figura 1 - Vista frontal do protótipo Motocana® Phoenix CM500i estudado.



Figura 2 - Vista lateral do protótipo no carreador, no momento do descarregamento dos colmos.



Figura 3 – Vista lateral do protótipo, mostrando alguns de seus componentes: (1)despontador; (2)discos de corte basal; (3)esteiras de borracha; (4)bombas hidráulicas; (5)caçamba; (6)motor e (7)cabine.

### 3.1.2 Condições de campo da área de ensaio

A área de estudo foi um canavial com queima prévia e, segundo informações oferecidas pela Usina Costa Pinto, localizada em Piracicaba, Estado de São Paulo, a área é codificada como talhão 04, zona 24, que abrange 2,64ha de uma área com 7% de declividade e, sua localização geográfica é: Latitude 22°38'09"S, Longitude 47°47'03"W e uma altitude de 507m. A variedade de cana-de-açúcar existente na área era a RB84 5257, em seu segundo corte, com onze meses de idade e uma produtividade agrícola informada, pela usina, de 784,56kN.ha<sup>-1</sup>. O espaçamento de plantio foi de 1,50m.

### **3.1.3 Equipamentos e utensílios para determinações ponderais**

Para as determinações de campo foram utilizados os seguintes equipamentos e utensílios: célula de carga, marca Kiowa<sup>®</sup>, com capacidade máxima leitura de 9.807N e fundo de escala de 0,1N; balança de plataforma para caminhões, com capacidade máxima de 294.210N e fundo de escala de 49,05N; duas buretas graduadas de capacidade máxima de leitura de 0,5 e 1,0L e fundo de escala de 0,005L, respectivamente.

### **3.1.4 Utensílios para determinações dimensionais e temporais**

Para obtenção destas determinações foram utilizadas duas trenas de fibra de vidro, marca Eslon<sup>®</sup>, uma de 25m e outra de 50m de comprimento, com fundo de escala de  $10^{-2}$ m e dois cronômetros digitais, marca CASIO<sup>®</sup>, com fundo de escala de  $10^{-2}$ s.

### **3.1.5 Equipamentos de laboratório**

Utilizou-se dos laboratórios de análises tecnológicas de cana-de-açúcar da Usina Costa Pinto e do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ-USP. Os equipamentos utilizados foram: balança analítica de laboratório, marca Metler<sup>®</sup>, de capacidade máxima de leitura de 49,03N e fundo de escala de  $98,1^{-1}$ N; forno de laboratório, marca Fanem<sup>®</sup>; cadinhos para análise de umidade; computadores PC's; softwares como Word<sup>®</sup>, Power Point<sup>®</sup>, Excel<sup>®</sup> e Photo Impact<sup>®</sup>, scanner e câmera digital.

### **3.1.6 Outros equipamentos e materiais**

Foram utilizados uma carregadora de cana, da marca Motocana<sup>®</sup>, montada em um trator MF295; três caminhões basculantes e



um treminhão para carregamento e transporte do material colhido pelo protótipo.

E mais, triângulo retângulo de aço, com 1m de catetos; sacos plásticos e de aniagem; facões; sonda auto-propelida, da marca CODISTIL<sup>®</sup>, para amostra de matéria-prima na usina; tripé metálico de suporte para célula de carga e lonas plásticas.

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Desempenho operacional**

Para caracterização do canavial, quanto ao porte e à qualidade da queima de pré-colheita, adotou-se a metodologia proposta por Balastreire & Ripoli (1975), a qual propõe a utilização de um triângulo retângulo metálico para se obter amostragens para a determinação do porte do canavial. Realizou-se 12 repetições, casualizadas, de 10 metros lineares cada uma.

Para a quantificação do número de colmos nas fileiras de plantio foram tomadas 12 amostras, casualizadas, de 10 metros lineares cada uma.

A produtividade agrícola real do canavial foi obtida pela pesagem total do material colhido, carregado e transporte até a balança de plataforma da usina, somada ao peso correspondente as perdas de colheita, transformadas em  $N.ha^{-1}$ .

Para caracterização das condições da área do ensaio e determinações relativas aos parâmetros de desempenho operacional do protótipo analisado, utilizou-se da metodologia proposta por Ripoli (1996). Foram realizadas 12 repetições, cada uma delas constituindo-se de um "ciclo operacional", o que vem a ser o percurso correspondente e realizado para efetuar as seguintes etapas: deslocamento do protótipo para a ação de corte, limpeza parcial e carregamento dos colmos no caçamba da

máquina; o seu deslocamento para sair do talhão; o descarregamento do produto colhido e o seu deslocamento para retornar ao talhão, no ponto de início do próximo ciclo operacional, em nova fileira de plantio. A Figura 4 ilustra, esquematicamente, este ciclo operacional e suas etapas.

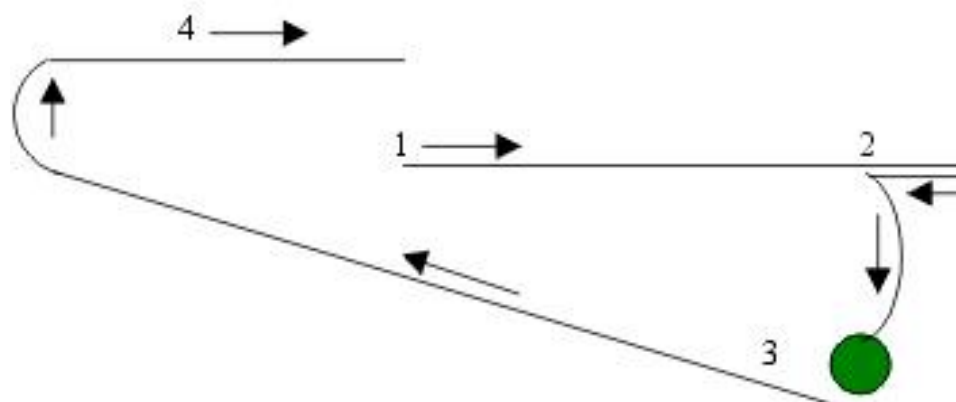


Figura 4 - Etapas do percurso considerado para um ciclo operacional, onde: (1 a 2) é o percurso cortando as fileiras de cana; (2 a 3) o deslocamento para fora do talhão; (3) o descarregamento do material colhido no carreador e (3 a 4) o deslocamento para retornar ao talhão, encerrando-se o ciclo.

Em cada ciclo operacional foram determinados os tempos parciais de cada uma de suas etapas, com a obtenção das distâncias percorridas correspondentes. No início de cada ciclo, o reservatório de combustível do protótipo foi completado até uma marca conhecida, em seu bocal. Ao final de cada ciclo, utilizando-se de buretas graduadas, completou-se o volume de óleo diesel correspondente ao consumido, obtendo-se desta forma, a quantia consumida, em mililitros.

Cada ciclo apresentou um percurso diferenciado em função do local (variável, por repetição) em que as cargas foram descarregadas no carreador e, em função das posições relativas das fileiras (repetições) de plantio subsequentes. De maneira geral, os percursos de entrada e saída do talhão apresentaram configurações geométricas trapezoidais

(Repetições 2 a 8) e triangulares (Repetições 1 e de 9 a 12). No caso do percurso estimado triangular foram determinadas as distâncias (comprimentos dos catetos), obtendo-se, por trigonometria, a hipotenusa correspondente. No caso de percursos de forma trapezoidal foram determinadas as bases maiores, correspondentes às distâncias percorridas colhendo as fileiras; as bases menores, relativas às distâncias entre cargas descarregadas no carreador e, por fim, a altura desse trapézio equivalendo às distâncias das cargas até o início das repetições correspondentes. Ao valor total desses perímetros, acrescentou-se 3m (duas fileiras de plantio, no espaçamento de 1,5m, para cada repetição) que corresponderam ao início de um novo ciclo operacional, em fileiras mais distantes.

Após a ocorrência de cada ciclo, trabalhadores braçais, realizaram a coleta e ensaque de todo material remanescente no terreno, tais como: colmos, frações de colmos, pedaços de colmos remanescentes nas soqueiras (tocos), os quais não foram recolhidos durante a operação de corte. Esse material remanescente, de cada repetição foi, separadamente, por repetição, recolhido e ensacado como "colmos e suas frações" e "frações de colmos da soqueira". A soma destas duas frações é denominada de perdas de colheita. Com a célula de carga, determinou-se os pesos correspondentes, após a eliminação de ponteiros ou suas frações agregados aos colmos.

Cada carga colhida e descarregada no carreador correspondente a um ciclo foi, separadamente, carregada mecanicamente pela carregadora, nos caminhões basculantes, os quais se dirigiram à usina para a obtenção do peso líquido correspondente da matéria-prima colhida e carregada. Por sua vez, cada uma das operações de carregamento, correspondente a cada ciclo do protótipo, foi cronometrada, por ciclo operacional de carregamento, anotando-se o número de vezes em que a garra da carregadora executou a ação.

Além das 12 repetições de ciclos operacionais do protótipo da cortadora-amontoadora, um treminhão realizou o transporte de material colhido restante na área de ensaio até o laboratório de análises tecnológicas da usina. Obteve-se o peso líquido de cada uma das 3 carretas, além da retirada de 20 amostras, pela sonda da usina, para determinação da qualidade da matéria-prima colhida e realização de análise tecnológica.

Dessa quantidade de amostras, 10 foram ensacadas e transferidas para laboratórios da ESALQ/USP, onde, sobre encerados plásticos, realizou-se a separação manual do material, nas seguintes frações: "colmos", "ponteiros e palhas" e "material não identificável", obtendo-se, posteriormente, seus pesos correspondentes.

De posse dos dados originais obtidos no campo e em laboratório, realizou-se inúmeras tabulações para a obtenção dos parâmetros definidos por Ripoli (1996), a saber:

A Capacidade Efetiva consiste na quantidade de matéria-prima processada pela máquina por unidade de tempo, na parcela padrão de ensaio. Diz-se Capacidade Efetiva Líquida ou Calculada quando obtida por cálculos e tendo como base o parâmetro qualitativo denominado Eficácia de Manipulação. A Capacidade Efetiva é dita Bruta quando se considera diretamente a quantidade de material colhido e carregado no veículo de transporte, sem levar em conta as perdas no campo e as quantidades de matéria estranha, vegetal e mineral, contidas na carga recolhida. Esses dois tipos de Capacidades Efetivas são calculados através das Equações 1 e 2 e, 3 e 4, respectivamente.

a) Capacidade Efetiva Líquida ou Calculada ( $CE_l$ ), em  $N.s^{-1}$ :

$$CE_l = D_c \times N_e \times V_{ens} \times \frac{EM}{100} \quad (1)$$

$$CE_l(kN.h^{-1}) = CE_l(N.s^{-1}) \times 3,6 \quad (2)$$

onde:

$D_c$  ( $N.s^{-1}$ ) = Peso médio de cana na linha (peso de colmos por metro linear de fileira);

$N_e$  = Número de linhas por eito colhido pela máquina;

$V_{ens}$  ( $m.s^{-1}$ ) = Velocidade da máquina na parcela padrão, durante o ensaio;

EM (%) = Eficácia de manipulação (porcentagem de matéria-prima industrializável, disponível na parcela padrão, que a colhedora foi capaz de recolher e processar, durante o ensaio).

b) Capacidade Efetiva Bruta ( $CE_b$ ), em  $N.s^{-1}$ :

$$CE_b = \frac{W_e}{T_e} \quad (3)$$

$$CE_b (kN.h^{-1}) = CE_b (N.s^{-1}) \times 3,6 \quad (4)$$

onde:

$W_e$  (N) = Peso do material colhido, lançado no veículo de transporte durante o ensaio;

$T_e$  (s) = Tempo cronometrado de ensaio, durante o qual recolheu-se o peso  $W_e$ .

A Capacidade Operacional (CO), dada em  $kN.h^{-1}$ , consiste no produto de uma Capacidade Efetiva Bruta ( $CE_b$ ), em  $kN.h^{-1}$ , por uma Eficiência de Campo (Ef), em porcentagem, como mostra a Equação 5.

$$CO = CE_b \times Ef \quad (5)$$

A Capacidade Efetiva de Cortadoras ( $Cec$ ), em  $kN.h^{-1}$ , é expressa pelo peso, em kN, de matéria-prima (C) carregada no veículo de transporte, subtraindo-se o peso de matéria estranha total (IT), em kN, em um período (H) trabalhado em ciclos operacionais, multiplicado pela Eficácia de Manipulação (EM), em porcentagem, conforme a Equação 6.

$$Cec = [(C - IT) \times H^{-1}] \times EM \quad (6)$$

Para o caso de máquinas cortadoras, conforme a Equação 7, a Eficácia de Manipulação ( $EM_c$ ), em porcentagem, é expressa pela relação entre a quantidade (N) de colmos industrializáveis cortados e colocados na unidade de transporte ( $q_o$ ), a soma das quantidades desses colmos com frações de colmos remanescentes na soqueira ( $c_r$ ) e colmos não colocados sobre no transporte. ( $c_i$ ).

$$EM_c = [ q_o / (q_o + c_r + c_i ) ] \times 100 \quad (7)$$

### 3.2.2 Perdas e qualidade da matéria-prima colhida.

Foram avaliados, quantitativamente, as perdas de colheita (colmos, frações de colmos e restos de colmos na soqueira), a matéria estranha não eliminada pela máquina e a qualidade tecnológica da matéria-prima que chegou à usina. Tais perdas foram separadamente determinadas em “colmos e/ou suas frações” e “pedaços de colmos na soqueira(tocos)”.

Segundo Ripoli (1996), estas variáveis são assim caracterizadas:

O Índice de Ponteiros (IP), em porcentagem, é a razão entre a soma da quantidade (N) de ponteiros livres na carga (PL) e a quantidade de ponteiros (ou suas frações) aderidos aos rebolos e/ou colmos (PA) e a quantidade C (N) correspondente à matéria-prima, na unidade de transporte. Essa matéria-prima é constituída de colmos (inteiros, fracionados ou em rebolos) industrializáveis e de matérias estranhas diversas (Equação 8).

$$IP = [ PL + ( PA \cdot C^{-1} ) ] \cdot 100 \quad (8)$$

O Índice de Folhas e Palhas (IF), em percentagem, analogamente, vem a ser a relação entre a quantidade de folhas e palhas (Tf) e a quantidade C (N) de matéria-prima na unidade de transporte (Equação 9).

$$IF = ( Tf \cdot C^{-1} ) \cdot 100 \quad (9)$$

O Índice de Raízes (IR) expressa, em percentagem, o peso de raízes, contida na carga C e é obtido pela Equação 10.

$$IR = ( R \cdot C^{-1} ) \cdot 100 \quad (10)$$

O Índice de Matéria Estranha Vegetal (IV) expressa, em percentagem, vem o ser o somatório dos três índices anteriores, representando a quantidade total de matéria estranha vegetal que acompanha os colmos industrializáveis, na unidade de transporte (Equação 11).

$$IV = IP + IF + IR \quad (11)$$

O Índice de Matéria Estranha Mineral (IM), em percentagem, é obtido pela Equação 12, e consiste na relação entre a quantidade  $t_s$  (N) de solo que acompanhou a matéria-prima C (N), na unidade de transporte.

$$IM = ( t_s \cdot C^{-1} ) \cdot 100 \quad (12)$$

O Índice de Material Não Selecionado (IW), em percentagem, é o resultado do processo de separação da amostra de matéria-prima retirada da carga da unidade de transporte, e que, devido ao pequeno tamanho de seus componentes, não permitem a sua separação e qualificação (Equação 13).

$$IW = ( W \cdot C^{-1} ) \cdot 100 \quad (13)$$

O Índice de Matéria Estranha Total (IT) é a soma dos Índices de Matéria Estranha Vegetal – IV (%), Material Não Selecionado – IW (%) e de Matéria Estranha Mineral – IM (%), calculados pelas Equações 12, 13 e 14, respectivamente. Representa o total de material que não deveria ter sido carregado e transportado juntamente com a matéria-prima (Equação 14).

$$IT = IV + IM + IW \quad (14)$$

### **3.2.3 Raio e espaço de giro**

Foram realizadas, ainda, determinações referentes ao Raio e Espaço de Giro do protótipo, segundo o método proposto por Mialhe (1996). O autor define "Raio de Giro como o raio do menor círculo descrito por um ponto de intersecção do plano vertical médio da roda mais externa de uma máquina auto-propelida, com o plano de apoio, em nível, sobre o qual a máquina desloca-se em círculo, com o volante de direção totalmente esterçado à direita e/ou à esquerda. Espaço de Giro é o espaço circular expresso através do raio de sua circunferência como 'Raio do Espaço de Giro', delimitado pelo ponto de intersecção da perpendicular baixada pelo ponto mais externo da máquina, com o plano de apoio em nível, sobre o qual o espécime desloca-se em condições idênticas às definidas para o Raio de Giro".

### **3.2.4 Análises tecnológicas da matéria prima colhida**

As análises tecnológicas das 10 amostras obtidas pela sonda da usina tiveram por objetivo determinar a quantidade de terra que acompanhou a matéria-prima colhida e carregada, não apresentando



correspondência direta com as repetições de ciclos operacionais analisados. Assim foram realizadas de maneira a agilizar o processo de obtenção dos dados de campo e de laboratório.

### 3.2.5 Estimativa de desempenho econômico

A metodologia adotada para determinação da estimativa dos custos operacionais do protótipo foi a preconizada por Hoffmann et. al. (1976), onde as variáveis econômicas utilizadas para esta estimativa são apresentadas a seguir:

- Valor inicial da máquina ( $V_i$ ): US\$130.000,00 ou R\$249.600,00 (US\$1,00 = R\$ 1,92);
- Valor final ou sucata ( $S$ ): 10,0% do valor inicial (R\$24.960,00);
- Vida útil: 5 anos ou 11.250 horas (utilização de 2.250 horas por ano);
- Taxa de Seguro: 1,0% do valor inicial;
- Taxa de Abrigo: 0,5% do valor inicial;
- Depreciação: método linear;
- Juros: 12% ao ano;
- Taxa de administração: R\$ 0,017.kN<sup>-1</sup> ou R\$7,05.h<sup>-1</sup>;
- Lubrificantes e filtros, óleo hidráulico: Para lubrificantes e filtros, foram adotadas as recomendações técnicas de fabricantes de colhedoras de cana (0,126L.h<sup>-1</sup> e R\$3,40.L<sup>-1</sup>). Para óleo hidráulico, utilizou-se o consumo médio obtido em várias usinas do Estado de São Paulo, de 0,0017L.kN<sup>-1</sup> ou 0,716L.h<sup>-1</sup> (R\$3,70.L<sup>-1</sup>);
- Mão-de-obra mecânica: Estimativa de 300 horas de trabalho por ano, sobre 40% do salário do operador (R\$7,212);
- Mão-de-obra de operador: R\$0,043.kN<sup>-1</sup> ou R\$18,03.h<sup>-1</sup>;
- Peças de reposição: Utilizou-se o valor anual de R\$0,0155.kN<sup>-1</sup> ou R\$6,395.h<sup>-1</sup>, conforme recomendação do fabricante.

De acordo com a metodologia adotada, as equações de 14 a 17 foram utilizadas para a obtenção das seguintes valores desejados:

a) Seguro:

$$S = ( p . Vi ) \quad (14)$$

onde:

S (R\$) = Valor de seguro, por ano;

p = Prêmio do seguro (percentagem do valor inicial estimado em 1% a.a.);

Vi (R\$) = Valor inicial da máquina.

b) Taxa de abrigo:

$$A = ( a . Vi ) \quad (15)$$

onde:

A (R\$) = Custo por ano com abrigo;

a (%) = porcentagem do valor inicial (Vi) da máquina para cobrir os custos com abrigo, estimados em 0,5% ao ano;

Vi (R\$) = Valor inicial da máquina.

c) Depreciação

$$D = ( Vi - Su ) . Vu^{-1} \quad (16)$$

onde:

D (R\$) = Custo da depreciação horária;

Su (R\$) = Valor de sucata no fim da vida útil, estimado em 10% do Vi;

Vu (anos ou h) = Vida útil;

Vi (R\$) = Valor inicial da máquina.

d) Juros:

$$J = [ ( V_i - S_u )^2 ] \cdot i \quad (17)$$

onde:

J = Custo por ano com juros;

$V_i$  (R\$) = Valor inicial da máquina;

$S_u$  (R\$) = Valor de sucata no fim da vida útil, estimado em 10% do  $V_i$ ;

$i$  = Taxa de juro anual.

### 3.2.6 Informações fornecidas pelo fabricante do protótipo

Por se tratar de um protótipo, as variáveis de custo, para determinação de desempenho econômico, partiram das estimativas fornecidas pelo fabricante, em R\$.kN<sup>-1</sup> de material colhido:

- Estimativa de custo de manutenção anual (peças de reposição): R\$1,48.kN<sup>-1</sup>;
- Estimativa de custo de operador: R\$0,043.kN<sup>-1</sup>;
- Estimativa de taxa de administração: R\$0,017.kN<sup>-1</sup>.

### 3.2.7 Informações fornecidas pela Usina Costa Pinto

A Usina Costa Pinto, na safra 1999/2000, obteve os seguintes valores médios referentes ao corte manual, carregamento mecânico e transporte de cana queimada:

- Capacidade média no corte manual: 98kN.homem dia<sup>-1</sup>;
- Custo do corte manual (empreita): R\$0,306.kN<sup>-1</sup>;
- Capacidade média no carregamento mecânico: 4.414kN.dia<sup>-1</sup> (considerando 1 dia com 24 horas);
- Custo do carregamento mecânico: R\$0,07.kN<sup>-1</sup>;

- Custo de transporte por treminhão na distância de 8km:  
R\$0,09.kN<sup>-1</sup>;
- Peso médio de cana carregada por ciclo de garra:  
5.383,85N.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Dados originais**

Os dados originais obtidos em campo e laboratório, que dão fundamentação para as análises de Desempenho Operacional e Econômico do protótipo, são apresentados nos Quadros 1 a 9, do anexo.

### **4.2 Resultados tabulados**

Neste tópico são apresentadas as tabulações dos dados originais que foram obtidos no campo e em laboratório, visando a obtenção dos resultados de desempenho operacional e econômico do protótipo.

Faz-se uma importante ressalva sobre os valores presentes nas bibliografias citadas, durante a discussão deste trabalho, os quais servem para efeitos ilustrativos, apenas, não correspondendo, ou indicando, qual das máquinas (protótipo estudado ou colhedoras) é melhor ou pior. Sabe-se que ambas são máquinas que operam de forma diferente, porém constituem-se nas poucas opções existentes para corte mecanizado de cana-de-açúcar.

De posse dos resultados apresentados na Tabela 5 e, segundo o critério proposto por Balastreire & Ripoli (1975), o porte do canavial foi considerado ereto, pois apresentou 94,81% dos colmos posicionados com inclinações acima de 45° em relação ao nível do terreno, condição esta ideal para o corte mecanizado, e básico para ensaio padronizado com

máquinas de colheita. Os colmos acamados representaram, apenas, 5,08% e os deitados, somente, 1,08% (Figuras 5 e 6).

Tabela 5. Resultados da caracterização do porte do canavial, em percentagens de colmos industrializáveis.

Repetições	Colmos Eretos (%)	Colmos Acamados (%)	Colmos Deitados (%)
R1	100,00	0,00	0,00
R2	100,00	0,00	0,00
R3	96,55	3,45	0,00
R4	97,81	2,19	0,00
R5	98,48	1,52	0,00
R6	91,52	7,63	0,85
R7	100,00	0,00	0,00
R8	95,77	4,23	0,00
R9	89,80	8,84	1,36
R10	98,36	1,64	0,00
R11	89,76	9,04	1,20
R12	79,64	16,77	3,59
Médias	94,81	4,61	0,58
DP	6,12	5,08	1,08
CV	6,45	110,24	185,05

DP=Desvio Padrão, CV=coeficiente de variação.



Figura 5 - Vista parcial da área de estudo, mostrando o porte do canavial e a qualidade da queima de pré-colheita.



Figura 6 - Visão do canavial, tomada da cabine do operador durante operação da máquina.

De acordo com a análise granulométrica, o solo foi classificado como franco-arenoso. A umidade do solo, no perfil de 0-5cm, no momento dos ensaios, encontrava-se dentro de valores recomendados por Ripoli (1974) para a mecanização do corte. De acordo com o autor, o solo arenoso, ou franco-arenoso, leva a um menor arraste junto ao material colhido, em função de sua menor tendência agregadora aos colmos, concorrendo, dessa forma, à diminuição do índice de terra. Os resultados da análise granulométrica e de umidade do solo são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados da análise granulométrica e de umidade do solo da área de ensaios.

Repetições	Umidades (%)	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)
R1	13,26	71,86	9,73	18,41
R2	12,46	66,29	13,70	20,01
R3	9,50	66,26	14,28	19,46
R4	9,24	65,73	11,80	22,47
R5	11,69	60,81	18,54	20,65
Médias	11,23	66,19	13,61	20,20
DP	1,79	3,92	3,28	1,51
CV	15,93	5,92	24,12	7,48

DP=desvio padrão, CV=coeficiente de variação.

A produtividade agrícola média real obtida do canavial foi de 871,92kN.ha<sup>-1</sup>, enquanto a fornecida pela usina, foi de 784,56kN.ha<sup>-1</sup>, ou seja, 8,05% inferior a primeira. Pode-se justificar essa diferença, perfeitamente aceitável, considerando-se os seguintes aspectos, associados entre si e impossíveis de serem detalhados para se saber qual interferiu em quanto: a usina determina a produtividade de um canavial com base apenas no peso de matéria-prima colhida em dada área e que



chega até a balança de plataforma. Dessa forma, não é levada em conta a quantidade, em peso, das denominadas "perdas de colheita", as quais foram consideradas neste estudo.

A usina, além do mais, não desconta, dos pesos obtidos nas cargas que até ela chegam, a quantidade, em peso, de matéria estranha (vegetal e mineral) que acompanhou a matéria prima, o que, neste estudo foi efetuado.

Dessa forma, a diferença de 8,05%, a mais, entre os resultados obtidos nas determinações de campo e o obtido pela usina, demonstra que o método de amostragem aplicado neste estudo e para este fim foi bastante adequado.

As Tabelas 7a e 7b apresentam valores de perdas que podem ser associados ao valor obtido pela Eficácia de Manipulação, apontado na Tabela 13. Paralelamente, em relação ao Índice de Perdas (de colmos e de frações de colmos), os valores foram significativamente altos se confrontados com os resultados obtidos de outros estudos, principalmente os que contemplam o corte manual da cana.

Tabela 7a. Resultados de perdas de colmos e/ou suas frações, em  $\text{kN}\cdot\text{ha}^{-1}$  e, em percentagem, e produtividade agrícola obtida por ciclo operacional (repetições) I.

Repetições	AA ( $\text{m}^2$ )	MC ( $\text{kN}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	TP (N)	CN ( $\text{kN}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	CNS ( $\text{kN}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
R1	381,60	709,12	1.879,01	41,94	7,30
R2	282,00	848,23	1.339,63	40,34	7,16
R3	268,20	804,25	1.825,07	53,46	14,59
R4	264,00	876,52	1.903,33	51,67	20,42
R5	265,20	698,72	1.265,09	34,32	13,39
R6	259,05	885,54	1.670,12	54,51	9,96
R7	256,20	742,39	1.746,62	57,46	10,72
R8	251,85	1.024,02	1.706,40	61,68	6,07
R9	246,81	929,46	1.472,98	45,58	14,11
R10	243,96	823,91	1.213,11	41,73	8,00
R11	267,81	889,81	870,85	25,96	6,55
R12	291,75	692,37	762,98	22,15	4,00
Médias	273,20	827,03	1.471,27	44,23	10,19
DP	36,77	102,58	385,82	12,33	4,68
CV	13,46	12,40	26,22	27,89	45,91
	(a)*	(b)	(c)	(d)	(e)

\*As letras entre parêntesis sob as colunas das tabelas, referem-se às memórias de cálculo correspondentes; AA=área amostrada; MC=Material colhido; TP=total de perdas; CN=colmos não colhidos; CNS=frações de colmos da soqueira, DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Tabela 7b. Resultados de perdas de colmos e/ou suas frações, em  $\text{kN.ha}^{-1}$  e, em percentagem, e produtividade agrícola obtida por ciclo operacional (repetições) II.

Repetições	TP ( $\text{kN.ha}^{-1}$ )	CN (%)	CNS (%)	TP (%)	PA ( $\text{kN.ha}^{-1}$ )
R1	49,24	5,59	0,97	6,56	750,19
R2	47,50	4,55	0,81	5,36	885,96
R3	68,05	6,19	1,69	7,88	863,03
R4	72,10	5,51	2,18	7,68	938,51
R5	47,70	4,65	1,81	6,46	738,37
R6	64,47	5,80	1,06	6,86	939,81
R7	68,17	7,16	1,34	8,50	802,01
R8	67,75	5,71	0,56	6,27	1.079,97
R9	59,68	4,66	1,44	6,10	978,43
R10	49,73	4,83	0,93	5,75	864,14
R11	32,52	2,85	0,72	3,57	912,07
R12	26,15	3,12	0,56	3,68	710,55
Médias	54,42	5,05	1,17	6,22	871,92
DP	14,82	1,22	0,52	1,51	108,38
CV	27,22	24,23	44,40	24,30	12,43
	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)

TP=total de perdas; CN=colmos não colhidos; CNS=frações de colmos da soqueira; PA=produtividade agrícola de colmos. DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Resultados encontrados na bibliografia apresentam valores menores dos aqui obtidos, em relação a perdas de colheita, em termos de colmos e/ou suas frações não colhidos e de perdas remanescentes na soqueira, estas devidas ao corte basal elevado, pela operação, em  $\text{kN.ha}^{-1}$ , respectivamente: em colhedoras 1,74 e 1,02 (Furlani Neto et al., 1984);

0,58 e 0,65 (Tillmann, 1994); 1,28 e 0,46 (Peixoto & Delgado, 1988), sendo estes dois últimos em corte manual.

A Figura 7 ilustra uma amostra efetuada, em determinada repetição, para obtenção das perdas de colheita. Neste exemplo, observa-se que as perdas se caracterizaram apenas por frações de colmos, não tendo ocorrido, portanto, perdas na soqueira (tocos) e nem perdas de colmos inteiros. Uma provável justificativa para esta situação, além da boa operação de corte basal, decorrente da habilidade do operador associada a um adequado terreno sistematizado; a questão varietal pode ter influenciado, caso esta variedade apresente característica de friabilidade, aspecto não analisado neste estudo.



Figura 7 – Exemplo de separação de uma amostra de perdas, resultando nas frações de colmos não colhidos, e matéria estranha que se encontrava agregada a eles, além de particulados de difícil separação.

A Tabela 8 apresenta, em percentagens, a quantidade de matéria estranha (folhas, palhas, terra e material não identificado) presente nas repetições efetuadas.

Tabela 8. Quantidade de matéria-estranha presente na matéria-prima colhida, obtida pelas amostras da sonda da usina.

Repetições	Matéria Estranha Vegetal (%)	Matéria Estranha Mineral (%)	MNI (%)	Total (%)
R1	1,70	0,27	0,69	2,67
R2	1,24	0,90	2,35	4,48
R3	1,89	0,14	1,75	3,77
R4	2,10	0,38	0,75	3,23
R5	2,00	0,40	1,01	3,41
R6	2,96	0,20	0,92	4,08
R7	1,68	0,16	0,95	2,80
R8	2,42	0,25	1,36	4,02
R9	4,01	1,22	0,97	6,21
R10	0,46	1,66	0,76	2,87
Médias	2,05	0,56	1,15	3,75
DP	0,96	0,52	0,53	1,05
CV	46,95	94,15	45,77	28,08
	(k)	(l)	(m)	(M)

MNI=material não identificado; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Confrontando-se os valores obtidos neste estudo com os encontradas por Moraes & Neves (1997) e Nunes Júnior & Pinto (1999), para matéria estranha vegetal e mineral, respectivamente, 9,90% e 0,30% e, 6,60% e 1,10% pode-se dizer que, baseado nos dados, existe uma heterogeneidade de valores.

Tais valores tão diferentes podem ser devidos à diferentes condições de campo, às diferentes metodologias adotadas e a diferentes características de máquinas estudadas nestes trabalhos.

Por sua vez, a Tabela 9 apresenta os valores obtidos e referentes às velocidades efetivas e de ciclos operacionais, obtidos ao longo dos ensaios de campo.

Tabela 9. Determinação de velocidades efetivas da ação de corte e de ciclos operacionais.

Repetições	T.Ciclo (s)	D.E.S. (m)	D.Ciclo (m)	V.Corte (km.h <sup>-1</sup> )	V.Ciclo (km.h <sup>-1</sup> )
R1	234	270,00	397,20	4,09	6,11
R2	185	207,00	301,00	4,13	5,86
R3	178	202,00	291,40	4,29	5,89
R4	190	203,00	291,00	4,34	5,51
R5	173	210,00	298,40	4,55	6,21
R6	199	210,00	296,35	4,44	5,36
R7	192	214,00	299,40	4,39	5,61
R8	231	219,00	302,95	4,72	4,72
R9	178	219,00	301,27	4,70	6,09
R10	185	210,00	291,32	4,44	5,67
R11	217	218,00	307,27	4,53	5,10
R12	186	229,00	326,25	4,67	6,31
Médias	195,67	217,58	308,65	4,44	5,70
DP	20,65	18,18	29,46	0,21	0,48
CV	10,55	8,35	9,55	4,68	8,36
	(n)	(n1)	(o)	(p)	(q)

T.Ciclo=tempo total correspondente ao percurso de um ciclo operacional;  
D.E.S.=deslocamentos estimados de entrada e saída do talhão;  
D.Ciclo=percurso realizado durante a ocorrência do ciclo operacional;  
V.Corte=velocidade média durante a operação de corte, nas fileiras de cana;  
V.Ciclo=velocidade média durante a ocorrência do ciclo operacional;  
DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

O desvio padrão de, apenas, 0,21 km.h-1 na velocidade de corte das doze repetições demonstra que foi adequada a ação do operador da máquina, aspecto necessário para quando se realiza estudos operacionais de máquinas agrícolas.

Conforme pode-se observar na Tabela 10, a etapa responsável pelo maior consumo de tempo, do ciclo operacional, foi a etapa de corte. O tempo consumido na etapa de saída do talhão (Ts) variou, dependendo da geometria do talhão, das condições do local de descarregamento, além de condições de operação do protótipo.

Tabela 10. Tempos consumidos (em %) em cada etapa dos ciclos operacionais estudados.

Repetições	Tco (%)	Ts (%)	Tde (%)	Ten (%)
R1	47,86	29,91	14,10	8,12
R2	44,32	21,62	20,54	13,51
R3	42,13	27,53	11,80	18,54
R4	38,42	35,26	10,53	15,79
R5	40,46	25,43	12,14	21,97
R6	35,18	28,14	12,06	24,62
R7	36,46	25,52	9,38	28,65
R8	27,71	30,30	7,79	34,20
R9	35,39	37,08	10,11	17,42
R10	35,68	36,76	11,35	16,22
R11	32,72	31,80	7,37	28,11
R12	40,32	32,26	10,22	17,20
Médias	38,05	30,13	11,45	20,36
DP	5,41	4,79	3,43	7,37
CV	14,23	15,89	29,93	36,20
	(r)	(s)	(t)	(u)

Tco=tempo na ação de corte das fileiras de cana; Tsa=tempo na saída do talhão; Tde=tempo de descarga do material colhido; Ten=tempo de retorno ao talhão para início de novo ciclo; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Face a estes resultados, fica bastante claro que uma das razões da baixa capacidade operacional da máquina foi devida ao elevado tempo consumido em deslocamentos para fora do talhão e para o descarregamento do material colhido, em determinado local de um carreador.

Quanto aos resultados relativos a estas variáveis referentes às etapas do ciclo, nada foi encontrado na bibliografia, visto que este protótipo apresenta uma característica operacional totalmente diferenciada das antigas máquinas cortadoras que existiam no mercado.

Por sua vez, o consumo médio de combustível verificado neste estudo foi de  $0,055 \text{L.kN}^{-1}$  de colmos cortados, conforme apresentado na Tabela 11. Este valor comparado à média encontrada por Carvalho Filho (2000), de  $0,056 \text{L.kN}^{-1}$ , pode ser considerado como satisfatório. Algumas repetições relativas a esta variável foram descartadas devido terem apresentados problemas em suas mensurações.

Tabela 11. Consumo de combustível obtido por ciclo operacional.

Repetições	Cto ( $\text{L.kN}^{-1}$ )	CHr ( $\text{L.h}^{-1}$ )
R1	(descartado)	(descartado)
R2	0,040	18,58
R3	0,049	21,44
R4	0,062	27,28
R5	(descartado)	(descartado)
R6	0,055	22,70



Tabela 11. Consumo de combustível obtido por ciclo operacional.

Repetições	Cto (L.kN <sup>-1</sup> )	CHr (L.h <sup>-1</sup> )
R7	0,066	23,53
R8	0,057	22,75
R9	0,055	25,48
R10	(descartado)	(descartado)
R11	0,064	25,22
R12	0,061	23,71
Médias	0,056	23,41
DP	0,008	2,52
CV	14,388	10,76
	(v)	(x)

CTo=consumo por ciclo; CHr=consumo por ciclo; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Por sua vez os valores médios dos tempos cronometrados para a operação de carregamento do treminhão, além dos pesos obtidos por ciclo da garra da carregadora e as respectivas quantidades de montes, no carreador, são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Valores médios relativos ao carregamento do treminhão com a matéria-prima cortada e amontoada.

Tempo Médio por Ciclo da Garra (s)	Peso Médio Carregado por Ciclo da Garra (N)	N <sup>o</sup> Médio de Montes de Cana Carregados
80	5.319,70	15,66
(z)	(aa)	(ab)

Confrontando-se o resultado do peso médio obtido neste estudo, conforme a Tabela 12, com o valor médio de safra da própria

Usina Costa Pinto, que foi de 5.383,85N, para operação de carregamento de colmos provenientes de corte manual, pode-se dizer que, ambos estão bastante próximos o que permite, ainda, inferir que o tipo de montes deixados pelo protótipo, não interfere negativamente, no ciclo operacional da carregadora, não refletindo, por sua vez, em aumento ou diminuição de custo descarregamento, em função deste aspecto.

Comparando-se os valores médios obtidos na Tabela 13 com os valores máximos estabelecidos por Ripoli (1996), constata-se que o Índice de material não identificado ficou acima do parâmetro desejável de 0,5%; o mesmo acontecendo com a capacidade efetiva líquida, de 398,27kN.h<sup>-1</sup>. O Índice de matéria estranha total determinado foi de 3,35%, ou seja, 33% inferior ao valor máximo de 5,00% admitido pelo mesmo autor.

Tabela 13. Valores determinados e referentes ao Desempenho Operacional do protótipo.

Repetições	Perdas de Colmos (%)	Perdas nas Socas (%)	Perdas Totais (%)	EM (%)	MEV (%)	MEM (%)	MNI (%)	MET (%)	CEB (kN.h <sup>-1</sup> )	CEL (kN.h <sup>-1</sup> )
R1	5,91	1,03	6,94	93,51	1,70	0,00	0,69	2,39	416,31	405,20
R2	4,76	0,84	5,60	94,70	1,24	0,15	2,35	3,73	465,47	444,60
R3	6,65	1,81	8,46	92,20	1,89	0,12	1,75	3,75	436,25	419,79
R4	5,90	2,33	8,23	92,40	2,10	0,38	0,75	3,23	438,44	424,26
R5	4,91	1,92	6,83	93,61	2,00	0,00	1,01	3,01	385,60	372,45
R6	6,16	1,12	7,28	93,21	2,96	0,17	0,92	4,05	414,99	398,08
R7	7,74	1,44	9,18	91,59	1,68	0,12	0,95	2,76	356,63	346,66
R8	6,02	0,59	6,62	93,79	2,42	0,27	1,36	4,05	401,92	385,75
R9	4,90	1,52	6,42	93,97	4,01	0,30	0,97	5,29	463,96	435,15
R10	5,06	0,97	6,04	94,31	0,46	-	0,76	1,22	391,14	379,91
R11	2,92	0,74	3,65	96,47	-	-	-	-	395,34	380,49
R12	3,20	0,58	3,78	96,36	-	-	-	-	390,97	386,85
Médias	5,34	1,24	6,59	93,84	2,05	0,22	1,15	3,35	413,08	398,27
DP	1,36	0,56	1,69	1,50	0,96	0,10	0,53	1,11	32,86	28,55
CV	25,53	45,37	25,66	1,60	46,95	47,69	45,77	33,01	7,96	7,17
	(ac)	(ad)	(ae)	(af)	(ag)	(ah)	(ai)	(aj)	(ak)	(al)

EM=eficácia de manipulação; MEV=matéria estranha vegetal; MEM=matéria estranha mineral; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação. (Obs.: Os hífenos significam valores perdidos); MNI=material não identificado; MET=matéria estranha total; CEB=capacidade efetiva bruta; CEL=capacidade efetiva líquida; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação. (Obs.: Os hífenos significam valores perdidos).

Para efeitos de comparação, os valores obtidos por Tillmann (1994), estudando colhedoras, foram: 7,97% como valor médio para o Índice de matéria estranha vegetal e 0,33% para o Índice de matéria estranha mineral, valores este superiores aos encontrados neste trabalho.

Segundo Ripoli (1996), a determinação do Índice de matéria estranha total é facilitada pelo uso da sonda de amostragem. Paralelamente, o Índice de Perdas Total, de 6,59%, apresentou valores médios superiores ao valor por ele adotado como desejável de 5,00%. Conforme o mesmo autor, esse índice é inversamente proporcional ao valor registrado para a Eficácia de Manipulação, que deve indicar um mínimo de 95%, para que uma máquina venha a ser certificada. Em termos práticos, um corte mecânico eficaz é aquele que implica em poucas perdas de matéria-prima.

Apenas para referência e não para confronto entre tipos diferentes de máquinas, o Índice de perdas de colmos obtido neste trabalho foi de 5,34%, ficando próximo aos valores encontrados por Ripoli (1986) e Furlani Neto (1984), de 1,85 a 9,25% e 7,18 a 17,56%, respectivamente, quando estudaram colhedoras auto-propelidas.

É possível, ainda, observar que o índice de matéria estranha vegetal, de 2,05%, foi maior que o obtido por Ripoli (1986) e Furlani Neto (1984), de 0,14 a 0,56% e 1,36%, respectivamente. O índice de matéria estranha mineral 0,22% foi compatível com o encontrado por Ripoli (1986), 0,18 a 0,33 %, e inferior aos 2,39% obtidos por Furlani Neto (1984).

### 4.3 Análise econômica

O maior custo operacional e o mais evidente no caso do protótipo é a sua depreciação, que responde por 24,89%, seguido pelos custos com o operador e custos com combustível, conforme apresentado na Figura 8. A listagem dos demais custos operacionais, que foram levados em conta, é encontrada na Tabela 14.

Considerando-se a Capacidade Efetiva Bruta de  $413,08\text{kN}\cdot\text{h}^{-1}$ , obtida no ensaio, o custo estimado por kN de cana-de-açúcar cortada pelo protótipo, para as condições do ensaio, foi de R\$0,194.

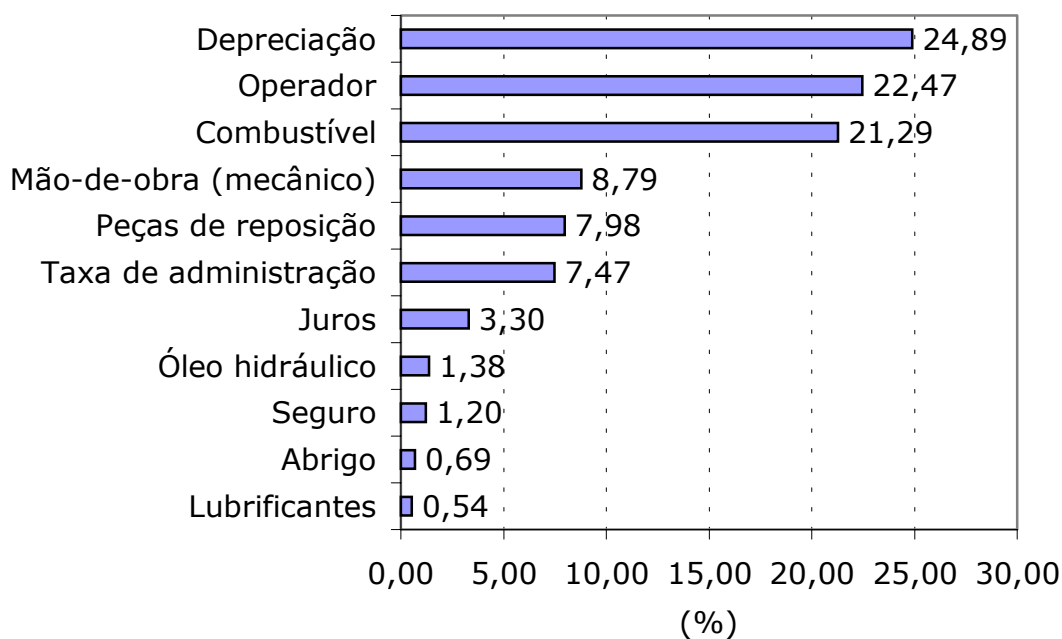


Figura 8 – Percentagem dos componentes do custo operacional estimado para o protótipo.

Tabela 14. Custos horário e anual estimados para o protótipo, em Reais <sup>4</sup>.

Itens do Custo	Custos Horários (R\$)	Custos Anuais (R\$)
Seguro	1,11	2.496,00
Abrigo	0,55	1.248,00
Depreciação	19,97	44.928,00
Juros	5,99	13.478,40
Taxa de administração	7,05	15.862,50
Combustível	17,09	38.450,25
Lubrificantes/filtros	0,43	965,25
Óleo hidráulico	2,65	5.960,25
Peças de reposição	6,40	14.388,75
Mão-de-obra mecânico	0,9616	2.163,60
Operador	18,03	40.567,50
Total	80,226	180.508,50

Segundo dados fornecidos pela Usina Costa Pinto, referentes a safra 1999/2000, o custo do corte manual pago por empreitada estava em torno de R\$0,306.kN<sup>-1</sup> de cana cortada. Confrontando-se este valor com o estimado alcançado pelo protótipo, de R\$0,194.kN<sup>-1</sup>, sob as condições do ensaio, e considerando-se a Capacidade Efetiva Líquida obtida, observa-se que ocorreu uma redução de R\$0,112.kN<sup>-1</sup> no custo do corte, o que significa uma suposta economia de 36,5% por kN de cana cortada com o protótipo, quando comparado com corte manual.

Faz-se necessária, porém, uma projeção de custo por kN de cana cortada pelo protótipo, onde sejam consideradas as diferentes Eficiências de Campo, fornecendo diferentes Capacidades Operacionais. Para esta análise, optou-se por algumas Eficiências de Campo estimadas, apresentadas na Tabela 15.

<sup>4</sup> Valores da segunda quinzena de julho de 2.000, para 2.250h de trabalho anuais.

Tabela 15. Estimativas de custos operacionais do protótipo por kN de cana cortada, para diferentes Eficiências de Campo, com Capacidade Efetiva de 413,07kN.h<sup>-1</sup> (real) e custo horário de R\$80,22.h<sup>-1</sup>.

Eficiências Estimadas (%)	Capacidades Operacionais (kN.h <sup>-1</sup> )	Custos (R\$.kN <sup>-1</sup> )
45	185.94	0,48
50	206.63	0,44
55	227.22	0,40
60	247.82	0,36
65	268.61	0,34
70	289.20	0,31
75	313.43	0,29

A idade de substituição recomendada para o protótipo é de 5 anos, embora esse prazo possa ser revisto, conforme alterações relativas a sua utilização, relacionado à variação do número de horas trabalhadas anualmente.

#### 4.4 Raio e espaço de giro

Comparando-se os valores apresentados no Quadro 8, do anexo, o Raio de Giro à direita (5,37m) e à esquerda (5,57m), Espaço de Giro à direita (7,16) e à esquerda (7,36m), com o comentado por Mialhe (1996), observa-se que o Espaço de Giro é maior que o Raio de Giro, o que significa uma maior dificuldade de manobrabilidade, necessitando, dessa forma, de cuidados e atenção na sistematização dos talhões e espaços envolvidos, como por exemplo, a disposição dos carregadores na área.

#### **4.5 Análise em relação às características do projeto do protótipo**

Uma das características do projeto do protótipo é a sua caçamba com descarga traseira, a qual permite que as operações subseqüentes do ciclo da máquina ocorram fora do talhão, levando a uma redução do tráfego de carregadoras e unidades de transporte sobre ele. Todavia, conforme os dados da Tabela 10, que quantificam os tempos consumidos em cada fase do ciclo operacional da máquina, observou-se que, em média, apenas 38,05% do tempo total foi consumido na etapa de corte. Isso significa que 61,05% do tempo de ciclo são consumidos em deslocamentos para sair, descarregar o material colhido e retornar ao talhão para início de novo ciclo operacional. Desses 61,05%, apenas 11,45%, foram consumidos, em média, para o descarregamento do material e, 41,58% foram tomados pelos deslocamentos no talhão para descarregar e retornar a uma nova fileira de plantio. Em termos de ciclo operacional de qualquer máquina agrícola, este último valor percentual é considerado muito elevado, o qual trará reflexos no aumento do custo operacional.

Como se trata de um protótipo, acredita-se que seria adequado o desenvolvimento de novos estudos, com vistas à possibilidade de se realizar a descarga lateral do produto colhido dentro do talhão, o que iria refletir em aumento da sua Capacidade Operacional, com redução dos custos por quantidade de cana-de-açúcar cortada. A desvantagem advinda desta eventual modificação de descarga lateral da caçamba seria o fato de obrigar o tráfego de carregadoras e unidades de transporte dentro dos limites do talhão, durante a operação de corte, refletindo em um aumento da compactação de solo, situação esta que ocorre quando utiliza-se o sistema semi-mecanizado de colheita (corte manual com carregamento mecânico). Porém, tal possibilidade é subjetiva, visto que até o momento



“não se determinou, cientificamente, qual é o nível de compactação que é prejudicial à cultura canavieira”<sup>5</sup>.

Dessa forma, como exercício de reflexão, pode-se estimar um aumento de Capacidade Efetiva de corte, com base nos dados obtidos neste estudo, caso o basculamento ocorresse lateralmente (sendo a descarga feita dentro do talhão), eliminando-se, assim, os percursos e tempos consumidos na saída e entrada da máquina, durante o ciclo. Mantendo-se constante os 11,45% de tempo consumido para descarga do produto no talhão, tem-se, comparativamente, os novos valores de Capacidade Efetiva apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Resultados de projeção do aumento da Capacidade Efetiva decorrente da modificação proposta no projeto mecânico do protótipo.

Caçambas	Tempos de Corte <sup>6</sup> (%)	Capacidades Efetivas Líquidas (kN.h <sup>-1</sup> )
Báscula atual (traseira)	38,05	398,27
Báscula lateral	88,55	926,85
(Incremento da báscula atual para a lateral na Capacidade Efetiva de 132,7%)		

Outro aspecto que deve ser levado em conta, decorrente da alteração proposta no projeto da cortadora-amontoadora Phoenix CM500i, seria a significativa redução do consumo de combustível por kN de material colhido, que deixaria de ser gasto nos deslocamentos da máquina para as descargas do produto colhido para fora do talhão.

Esse incremento estimado na Capacidade Efetiva Líquida da operação, da ordem de 132,7%, conforme mostrado na Tabela 16, pode-

<sup>5</sup>Extraído do debate ocorrido na V SECAPI – Semana da Cana-de-Açúcar de Piracicaba, 2.000, quando Ripoli, T.C. fez essa afirmação.

<sup>6</sup> Porcentagem em relação ao tempo total do ciclo operacional do protótipo.

se constituir no estímulo para a que outros pesquisadores venham a realizar novos estudos dessa característica do projeto mecânico.

Outra possibilidade de modificação no projeto mecânico do protótipo diz respeito a tornar a caçamba auto-basculante, o que eliminaria a operação de descarga da matéria-prima colhida sobre o terreno, economizando-se, assim, a operação de carregamento mecânico, o que, com base nas análises anteriores aqui presentes, permite afirmar que ocorreria sensível aumento na Capacidade Efetiva do protótipo, com conseqüente redução do custo por tonelada cortada.

Por outro lado, deve merecer atenção, por parte do fabricante do protótipo, o sistema de condução de colmos cortados, que utiliza de esteiras de borracha, para deposita-las na caçamba (Figura 9). Durante os estudos efetuados com o protótipo ocorreu um acúmulo indesejável de material por baixo das esteiras e em seus sistemas de condução, o que pode vir a prejudicar, ao longo do tempo, todo o conjunto de condução, vindo a causar embuchamentos e outros danos que possam danificar o protótipo ou aumentar os tempos de interrupções para limpeza da máquina.



Figura 9 - Detalhe mostrando as perdas de matéria-prima pelas esteiras (A) condutoras de colmos, da cortadora-amontoadora.

O sistema de condução dos colmos de cana mostrou-se como mais um ponto de perdas de matéria-prima cortada. As frações de colmos não suficientemente grandes para serem corretamente prensadas pelas esteiras de borracha escaparam, permanecendo sobre o terreno (Figura 10), aumentando as perdas de colheita.



Figura 10 – Matéria-prima deixada após o corte mecanizado, constituindo-se de perdas na soqueira e de colmos inteiros e/ou suas frações não colhidos.

No início de cada ciclo operacional foram observadas perdas de colmos, representadas por colmos inteiros, que escaparam pelos espaços vazios, na parte traseira, entre o piso da caçamba e a báscula. Após a caçamba ter recebido certa quantidade de colmos, o fato não mais ocorreu, porque o próprio entrelaçamento dos colmos já depositados inibiram os tais escapes. Pode parecer insignificante tal perda, mas, supondo que ocorram perdas de apenas 4 colmos nos primeiros 10 metros lineares de corte, em cada ciclo e, tomando-se os valores seguintes:

- Produtividade média do canavial de  $871,92\text{kN}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Tabela 7);
- Número médio de colmos, por 10m lineares de fileira, de 124,50 (Quadro 1);
- Espaçamento de plantio de 1,50m entre fileiras, chega-se ao valor de 10,29N de peso médio de cada colmo existente no canavial. Portanto, em cada ciclo operacional da máquina, teoricamente, estariam sendo perdidos 41,18N de colmos inteiros. Comparando-se este valor com a média de perdas de colmos ou de suas frações, ocorridas nos 12 ciclos analisados e constatado no Quadro 3 (Coluna C), que foi de 1.197,35N, tais perdas podem representar um percentual de 3,50%, valor este que não pode ser desconsiderado.

Outra consideração pertinente diz respeito ao mecanismo de acompanhamento do micro relevo, associado aos discos de corte basal. Caso o terreno não se encontre adequadamente sistematizado para corte mecânico, sua ação não será a desejada visto que constatou-se que sua ação ocorre em tempo diferente do tempo de ação do mecanismo de corte, o que levou a uma leitura do micro relevo a defasar-se entre ambos. Conseqüência deste fato foram as perdas de frações de colmos também mostradas na Figura 10, na forma de tocos, que permaneceram nas soqueiras. Este fato vem por gerar valores médios de perdas na soqueira, conforme se observa na Tabela 7 (página 39) de  $10,19\text{kN}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Coluna e), representando 1,17% (Coluna h) dos 6,22% de perdas totais equivalentes (Coluna i da página 40), ou seja, em média, 18,81% das perdas totais são provenientes das perdas na soqueira.

Por outro lado, na sugerida modificação do sistema de basculamento do protótipo, que eliminaria os tempos de saída e entrada e, em conformidade com os dados obtidos no presente estudo, pode-se estimar um novo cenário de custos por kN de cana colhida. A Capacidade Efetiva obtida nos ensaios, da ordem de  $413,07\text{kN}\cdot\text{h}^{-1}$  seria provavelmente

elevada para  $937,05\text{kN.h}^{-1}$ . Nessas condições, os custos estimados por kN de matéria-prima colhida seriam os apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Estimativas de custos operacionais do protótipo para diferentes Eficiências de Campo, com Capacidade Efetiva Estimada de  $937,05\text{kN.h}^{-1}$  e custo horário de R\$80,22.

Eficiências Estimadas (%)	Capacidades Operacionais ( $\text{kN.h}^{-1}$ )	Custos ( $\text{R}\$. \text{kN}^{-1}$ )
45	421,07	0,18
50	465,44	0,17
55	515,37	0,16
60	562,23	0,14
65	609,11	0,13
70	655,99	0,12
75	702,67	0,11

Tal exercício deixa claro que o protótipo merece um novo estudo quanto a sua configuração, tanto no contexto de sistema de descarregamento, quanto no de sua movimentação dentro do campo, pois se percebe a marcante redução de custo, quando se minimizam os tempos consumidos para entrar e sair do talhão, para realizar o descarregamento e retornar ao talhão.

## **4 CONCLUSÕES**

O objetivo proposto no presente trabalho foi plenamente atendido.

A metodologia adotada para as observações demonstrou ser adequada para a obtenção de dados.

Do ponto de vista do custo da tonelada cortada, o protótipo demonstrou constituir-se em opção viável e positiva se comparado com o corte manual.

Justificam-se modificações no projeto mecânico do protótipo, objetivando a melhoria dos seus desempenhos operacional e econômico.

# **ANEXOS**

Repetições	Total de colmos por 10m lineares
R1	85
R2	140
R3	130
R4	111
R5	120
R6	116
R7	141
R8	118
R9	136
R10	132
R11	132
R12	133
Médias	124,50
DP	15,77
CV	12,66

DP=desvio padrão, CV=coeficiente de variação.

Quadro 1 – Caracterização das condições de campo, número de colmos por 10m lineares de fileiras.

Repetições	Eretos	Acamados	Deitados	Totais
	(Nº de colmos por 10m lineares)			
R1	85	0	0	85
R2	116	0	0	116
R3	135	5	0	140
R4	131	3	0	134

Quadro 2 – Número de colmos eretos, acamados e deitados, por 10m lineares de fileiras, para caracterização do porte do canavial.



Repetições	Eretos	Acamados	Deitados	Totais
	(Nº de colmos por 10m lineares)			
R5	128	2	0	130
R6	98	9	1	108
R7	111	0	0	111
R8	130	6	0	136
R9	117	13	2	132
R10	118	2	0	120
R11	132	15	2	149
R12	99	28	6	133
Médias	116,70	9,22	2,75	124,50
DP	15,90	8,45	2,22	17,40
CV	13,63	91,65	80,63	13,97

DP=desvio padrão, CV=coeficiente de variação.

Quadro 2 – Número de colmos eretos, acamados e deitados, por 10m lineares de fileiras, para caracterização do porte do canavial.

Repetições	Cargas (kN)	Distância Efetiva (m)	Colmos (N)	Na Soqueira (N)
R1	27,06	127,20	1.600,50	278,51
R2	23,92	94,00	1.137,61	202,02
R3	21,57	89,40	1.433,78	391,29
R4	23,14	88,00	1.364,15	539,18
R5	18,53	88,40	910,08	355,01
R6	22,94	86,35	1.412,20	257,92
R7	19,02	85,40	1.472,03	274,59
R8	25,79	83,95	1.553,42	152,98

Quadro 3 – Resultados de perdas de colmos e/ou suas frações na operação de corte e enchimento da caçamba do protótipo e distâncias efetivas percorridas.

Repetições	Cargas (kN)	Distância Efetiva (m)	Colmos (N)	Na Soqueira (N)
R9	22,94	82,27	1.124,84	348,14
R10	20,10	81,32	1.017,96	195,15
R11	23,83	89,27	695,31	175,54
R12	20,20	97,25	646,28	116,70
Médias	22,42	91,07	1.197,35	273,92
DP	2,63	12,26	326,68	119,43
CV	11,72	13,46	27,28	43,60
	(A)	(B)	(C)	(D)

Cargas=peso do material contido na caçamba do protótipo; DE=distância efetiva percorrida cortando; Colmos=peso de colmos e/ou suas frações que permaneceram sobre o terreno; Na Soqueira=frações de colmos que permaneceram nas soqueiras; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Quadro 3 – Perdas de colmos e/ou suas frações na operação de corte e enchimento da caçamba do protótipo e distâncias efetivas percorridas.

Repetições	Peso Amostra (N)	Peso Colmos (N)	Peso Palhiço (N)	Peso MNI (N)
R1	72,24	70,51	1,23	0,50
R2	16,17	15,59	0,20	0,38
R3	86,91	83,75	1,64	1,52
R4	99,84	96,99	2,10	0,75
R5	49,44	47,95	0,99	0,50
R6	86,62	83,26	2,56	0,80
R7	75,44	73,45	1,27	0,72
R8	111,70	107,48	2,70	1,52

Quadro 4 - Caracterização da matéria-prima colhida

Repetições	Peso Amostra (N)	Peso Colmos (N)	Peso Palhiço (N)	Peso MNI (N)
R9	24,66	23,43	0,99	0,24
R10	19,75	19,51	0,09	0,15
Médias	64,28	62,19	1,38	0,71
DP	34,64	33,44	0,89	0,48
CV	53,89	53,77	64,57	67,47
	(A)	(B)	(C)	(D)

Peso Colmos=peso de colmos e suas frações; Peso Palhiço=peso de folhas, palhas e ponteiros; Peso MNI=peso de material não identificado; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Quadro 4 - Caracterização da matéria-prima colhida.

Repetição	Material Colhido (kN)	Consumo de Diesel / Ciclo Operacional (L)
R1	-	-
R2	23,92	0,955
R3	21,57	1,060
R4	23,14	1,440
R5	-	-
R6	22,94	1,255
R7	19,02	1,255
R8	25,79	1,460
R9	22,94	1,260
R10	-	-
R11	23,83	1,520
R12	20,20	1,225
Médias	22,59	1,27
DP	2,05	0,18

Quadro 5 - Consumo de óleo diesel na operação de corte.

Repetição	Material Colhido (kN)	Consumo de Diesel / Ciclo Operacional (L)
CV	9,07	14,56
	(A)	(B)

DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Quadro 5 - Consumo de óleo diesel na operação de corte.

Repetições	T. Corte (s)	T. Saída (s)	T. Descar. (s)	T. Ent. (s)	Dist. Corte (m)
R1	112	70	33	19	127,20
R2	82	40	38	25	94,00
R3	75	49	21	33	89,40
R4	73	67	20	30	88,00
R5	70	44	21	38	88,40
R6	70	56	24	49	86,35
R7	70	49	18	55	85,40
R8	64	70	18	79	83,95
R9	63	66	18	31	82,27
R10	66	68	21	30	81,32
R11	71	69	16	61	89,27
R12	75	60	19	32	97,25
Médias	74,25	59,00	22,25	40,17	91,07
DP	12,98	11,00	6,61	14,70	12,26
CV	17,48	18,65	29,70	43,33	13,46
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)

T.Corte=tempo cortando fileiras de cana; T.Saída=tempo deslocando-se para fora do talhão; T.Descar.=tempo de descarregamento da carga; T.Ent.=tempo deslocando-se para retornar ao talhão; Dist.Corte=distância efetiva cortando cana; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Quadro 6 - Tempos consumidos nas etapas dos ciclos operacionais analisados.

Repetições	BRIX	POL	PBU	AR	N terra.kN <sup>-1</sup> de cana
R1	22,30	79,39	118,10	0,71	1,97
R2	22,10	77,25	123,90	0,83	1,45
R3	21,40	73,16	123,40	1,00	1,18
R4	22,10	-	124,70	-	3,79
R5	21,20	74,23	131,50	0,95	1,96
R6	22,40	77,88	122,10	0,83	1,71
R7	22,40	79,22	121,50	0,79	1,19
R8	22,00	74,20	127,70	1,04	2,74
R9	22,50	77,11	118,10	0,96	3,01
R10	21,90	74,18	124,50	1,10	3,27
Médias	22,03	76,29	123,55	0,91	2,23
DP	0,43	2,38	4,06	0,13	0,92
CV	1,96	3,11	3,29	14,10	41,23

(A) (B) (C) (D) (E)

PBU= peso do bolo úmido; AR= redutores; DP=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.

Quadro 7 – Resultados da análise tecnológica da matéria-prima.

	À Direita (m)	À Esquerda (m)
Raio de giro	5,37	5,57
Espaço de giro	7,16	7,36

Quadro 8 - Resultados de Raio e Espaço de Giro do protótipo.

Tempo total (h:min)	1:28	(A)
Ciclos da garra (Nº)	66	(B)
Distância percorrida (m)	333	(C)
Percurso usina/campo (km)	8,5	
Peso do "cavalo" (N)	142.000,10	
Peso da segunda carreta (N)	98.000,56	
Peso da terceira carreta (N)	110.000,32	
Carga total (N)	351.100	(D)

Obs.: As letras entre parêntesis servem para identificar os valores correspondentes nas memórias de cálculos.

Quadro 9 – Tempos e movimentos obtidos para carregamento de um treminhão.

## MEMÓRIAS DE CÁLCULO

Os resultados apresentados na Tabela 7a foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(a)	(B) [Quadro 3] x 3,0m
(b)	(A) [Quadro 3] x 10000 / (a) [Tabela 7]
(c)	(C) + (D) [Quadro 3]
(d)	(C) [Quadro 3] / (a) [Tabela 7] x 10
(e)	(D) [Quadro 3] / (a) [Tabela 7] x 10

Os resultados apresentados na Tabela 7b foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(f)	(d) + (e) [Tabela 7a]
(g)	(d) [Tabela 7a] x 100 / (j) [Tabela 7b]
(h)	(e) [Tabela 7a] x 100 / (j) [Tabela 7b]
(i)	(g) + (h) [Tabela 7b]
(j)	(b) [Tabela 7a] + (f) [Tabela 7b] - ( Média de (m) [Tabela 8] x (b) [Tabela 7a] ) / 100

Os resultados apresentados na Tabela 8 foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(k)	(C) x 100 / (A) [Quadro 4]
(l)	(E) [Quadro 7] x 100 / (A) [Quadro 4]
(m)	(D) x 100 / (A) [Quadro 4]
(M)	Somatório de (k) + (l) + (m) [Tabela 8]

Os resultados apresentados na Tabela 9 foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(n)	$(A) + (B) + (C) + (D)$ [Quadro 6]
(o)	$(D)$ [Quadro 6] + deslocamentos (Figura 5)
(p)	$(E) / (A) \times 3,6$ [Quadro 6]
(q)	$(o) / (n) \times 3,6$ [Tabela 8]

Os resultados apresentados na Tabela 10 foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(r)	$(A)$ [Quadro 6] / $(n)$ [Tabela 9] ) x 100
(s)	$(B)$ [Quadro 6] / $(n)$ [Tabela 9] ) x 100
(t)	$(C)$ [Quadro 6] / $(n)$ [Tabela 9] ) x 100
(u)	$(D)$ [Quadro 6] / $(n)$ [Tabela 9] ) x 100

Os resultados apresentados na Tabela 11 foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(v)	$(B) / (A)$ [Quadro 5]
(x)	$(B)$ [Quadro 5] / $(n)$ [Tabela 9] x 3.600

Os resultados apresentados na Tabela 12 foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:

Colunas	Equações
(z)	$(A) / (B)$ [Quadro 9]
(aa)	$(D) / (B)$ [Quadro 9]
(ab)	$( D$ [Quadro 9] / média de $A$ [Quadro 3] ) / 1.000

Os resultados apresentados na Tabela 13 foram obtidos conforme a memória de cálculo seguinte:



Colunas	Equações
(ac)	$( (C) / (A) [Quadro 3] ) \times 100$
(ad)	$( (D) / (A) [Quadro 3] ) \times 100$
(ae)	$(ac) + (ad) [Tabela 13]$
(af)	$(A) / ( (A) + ( (C) + (D) ) / 1.000 ) [Quadro 3] \times 100$
(ag)	$(C) / (A) [Quadro 4]$
(ah)	$( (A) [Quadro 5] \times (E) [Quadro 7] ) / ( (A) [Quadro 5] \times 10 )$
(ai)	$(D) / (A) [Quadro 4]$
(aj)	$(ag) + (ah) + (ai) [Tabela 13]$
(ak)	$(A) [Quadro 3] \times 3.600 / (n) [Tabela 9]$
(al)	$( (A) [Quadro 3] - ( (M) [Tabela 8] \cdot (A) [Quadro 3] / 100 ) ) / n [Tabela 9]. 3600$

## **GLOSSÁRIO**

Açúcares Redutores Totais – Açúcares capazes de reduzir o cobre das soluções cúprico-alcálinas.

Álcool Hidratado – Subproduto da cana-de-açúcar usado na composição de combustíveis.

Bagaço de Cana – Rejeito industrial da produção de açúcar e álcool, destinado ao aproveitamento secundário como adubo, alimentação animal ou como combustível sólido de caldeiras.

Brix – Percentagem, em peso, de sólidos solúveis presentes em uma solução açucarada, a 20°C.

Cabine Translacional – Compartimento de comando de um equipamento, com capacidade de deslocamento para posições que facilitam o trabalho do operador.

Capacidade Operacional – Razão entre a quantidade colhida e o tempo de operação da máquina no tempo.

Cavalo – Unidade motora de transporte rodoviário, a qual se atrela uma carreta ou mais carretas.

Ciclo da Garra (da Carregadora) – Eventos ordenados de manejo em que a garra apanha do terreno determinada quantidade de matéria-prima colhida, eleva-a, percorre certo percurso, até a unidade de transporte, depositando-a neste.

Ciclo Operacional – Seqüência ordenada de eventos do manejo de máquinas agrícolas.

Cortadora-Amontoadora Auto-propelida – Máquina com tração e movimento próprios e independentes, utilizada no processo de colheita. Além de realizar o corte basal dos colmos, também elimina os ponteiros, depositando, em seguida, os colmos sobre o terreno em forma de montes.

Colhedora Combinada – Máquina que realiza seqüencialmente o corte, o fracionamento, a limpeza parcial e o descarregamento do material nas unidades de transporte.

Colmos Eretos – Colmos que, relativamente à superfície do terreno, apresentam um grau de inclinação igual ou superior que 45°.

Corte Manual – Corte realizado por mão-de-obra braçal, utilizando-se de lâminas cortantes, denominadas “facões”, “podões” ou “folhões”.

Eficácia de Manipulação (Perdas) – Relação entre os colmos industrializáveis existentes no canavial com a quantidade colhida desse material colocado na unidade de transporte.

Fibra – Porção do colmo insolúvel em água. A fibra industrial inclui toda matéria estranha vegetal que acompanha os colmos.

Julieta (Romeu e Julieta) – Caminhão que, além do cavalo, traz duas carretas a reboque.

Matéria Estranha Mineral – Partículas de terra agregadas aos colmos colhidos e depositados nas unidades de transporte.

Matéria Estranha Total – Soma dos valores obtidos de matéria estranha mineral, matéria estranha vegetal e material não identificado, encontrados no material colhido e rejeitados pela indústria.

Matéria Estranha Vegetal – Ponteiros, folhas, raízes e palhas agregadas ao material colhido e colocado nas unidades de transporte.

Material Não Identificado (MNI) – Devido a suas dimensões, são partículas, de palhiço, cinzas e terra, misturadas ao material colhido e que não justificam sua separação.

Palhiço – Material constituído de pontas, folhas verdes, palha, e colmos e suas frações não recolhidas no campo.

Pol – Forma reduzida de polarização. Refere-se à quantidade, em peso, de sacarose aparente em 0,981M de solução, obtida através do desvio que provoca no feixe de luz polarizada do sacarímetro.

Qualidade da Matéria-Prima – Caracterização da matéria-prima de acordo com indicadores que a classificam conforme o modelo ideal de qualidade, representado por: Brix=18% (mínimo); Pol=14,4 a 15,3% (mínimos para início/fim de safra); Pureza=80 a 85% (mínimos para início/fim de safra).

Sonda Padrão – Dispositivo, geralmente hidráulico, utilizado para retirar amostras da cana colhida, em áreas das usinas e destilarias.

Treminhão – Veículo de transporte de cana-de-açúcar composto por um cavalo mecânico e três carretas.

Vida Útil – Tempo total de utilização de um equipamento até o seu sucateamento final.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BALASTREIRE, L.A. Determinação do ponto de renovação de frotas mecanizadas. **STAB. Açúcar Álcool e Subprodutos**, v.13, n.3, p.31-34, jan./fev. 1995.

BALASTREIRE, L.A.; RIPOLI, T.C. Estudos básicos para quantificação de colhedoras e veículos de transporte. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 3., Águas de Lindóia, 1975 **Anais**. Águas de Lindóia: COPERSUCAR, 1975. p.345-353.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Aproveitamento energético dos resíduos da agroindústria de cana-de-açúcar**. Brasília: Eletrobrás, 1983. 340p.

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

CARVALHO FILHO, S.M. Colheita mecanizada: desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia. Piracicaba, 2000. 100p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CURY, P.M. Marcadores histopatológicos da influência da poluição atmosférica urbana sobre a progressão de tumores de pulmão induzidos por uretana em camundongos. São Paulo, 1997. 103p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

FERNANDES, A.C.; OLIVEIRA, E.R. Impurezas em carregamento de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, n.5, p.5-8, set. 1977.

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

FURLANI NETO, V.L.; FERNANDES, J.E.; STOLF, R. **Avaliação de impurezas nas cargas e perdas de campo pela colhedora mecanizada de cana inteira**. Araras: IAA, PLANALSUCAR, 1981. 14p.

FURLANI NETO, V.L.; FERNANDES, J.; STOLF, R.; COLETTI, J.T. Perdas no campo pelo sistema de corte mecanizado com canas inteiras amontoadas. **Saccharum**, v.33, n.7, p.30-33, jul./ago. 1984.

FURLANI NETO, V.L.; MONTEIRO, H.; RIPOLI, T.C.C.; NOGUEIRA, R.R. Comparative analysis between green cane and burned cane: raw matter quality, cane losses, crop residue and chopper harvest performance. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 20., São Paulo, 1989. **Proceedings**. São Paulo: ISSCT, 1989. v.2,p.1043-1050.

GAMERO, C.A.; LANÇAS, K.P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq; PADTC/TIB, FEALQ, 1996. p.673-674.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E.M.; THAME, A.C.M.; ENGLER, J.J. C. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1976. 323p.

HUMBERT, R.P. Improving burns with desiccants as an aid to mechanical harvesting proceedings. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, São Paulo, 1974. **Proceedings**. São Paulo: ISSCT, 1974 p.821-829.

LIMA, L.O.T. Custo de colheita mecanizada. **STAB. Açúcar, Álcool & Subprodutos**, v.16,n.4,p.29-39, mar./abr. 1998.

MESQUITA, A. Queimadas devem durar mais 20 anos. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 23 jan. 2001 p1-3.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq; PADCT/TIB; FEALQ, 1996. 722p.

MIALHE, L. G.; CARRARO NETO, H.C. **Avaliação e análise do desempenho da colhedora de cana-de-açúcar**. Olímpia: Usina de Cruz Alta de Olímpia S/A, 1993.169p.

MIALHE, L.G.; RIPOLI, T.C.C. **Evaluación de cosechadoras automotrices de cana de azúcar**. Caracas: Distribuidora Venezolona de Azúres, 1976. 326p.

MOLINA JÚNIOR, W.F. Proposta de metodologia descritiva para ensaio padronizado de colhedoras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). São Carlos, 2000. 140p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MORAES, E.E.; NEVES, J.L.M. Colheita de cana crua: perdas no campo e impurezas na carga. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: Copersucar, 1997. p.288-297.

MOREIRA, C.A.; MENEZES, J.F. O custo operacional da maquinaria agrícola. **Atual Agronomia**, v.1, n.1, p.38-48, fev./mar. 1973.

NORONHA, J.F.; MIALHE, L.G.; DUARTE, L.P. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29., Campinas, 1991. **Anais**. Campinas: SOBER, 1991. p.13-33.

NUNES JÚNIOR, D. A vitória da cana crua. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.16, p.8, 1998.



NUNES JÚNIOR, D.; PINTO, R.S.A. As perspectivas para o centro-sul nas safras 99/00 e 00/01: oportunidades estratégicas. In: SEMINÁRIO SOLUÇÃO E NOVIDADES NA MECANIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, Ribeirão Preto, 1999. **Anais**. Ribeirão Preto: IDEA, 1999. p.63-80.

PEIXOTO, A.A.; DELGADO, F.R.M.C.R. Manejo da colheita: III Perdas de cana no campo, com corte em leitos de 5 e 7 linhas. **Brasil Açucareiro**, v. 106, n. 4, p.18-21, 1988.

RIDGE, R. Green cane chopper harvesting in Australia. **Sugar Journal**, n.9, p.8-10, Nov. 1994.

RIPOLI, T.C.C. **Corte, carregamento, transporte e recepção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 52p.

RIPOLI, T.C.C. Modelagem de desempenho operacional de carregadora auto-propelida para cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, 1986. 102p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

RIPOLI, T.C.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq; PADCT/TIB; FEALQ, 1996. cap. 13, p.634-674.

RIPOLI, T.C.C.; BERTO, P.N.A. Avaliação de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar na região de Campos, RJ. **Brasil Açucareiro**, v.49, n.2, p.30-31, fev. 1981.

RIPOLI, T.C.C.; MIALHE, L.G. Custos de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safra 81-82. **Álcool & Açúcar**, v.2, p.18, 1982.

- RIPOLI, T.C.C.; MIALHE, L.G. Colheita manual vs. colheita mecanizada da cana de açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.5, n.3, p.212, 1987.
- RIPOLI T.C.C.; PARANHOS, S.B. Cana-de-açúcar: colheita. In: PARANHOS, S.B. (Coord.) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 517-597.
- RIPOLI, T.C.C.; VILLANOVA, N.A.A. colheita mecanizada da cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.11, n.1, p.28-31, 1992.
- RIPOLI, T.C.C.; MIALHE, L.G.; NOVAES, H.P. Um critério para avaliação do estado do canavial visando a colheita. **Brasil Açucareiro**, v.92, n.3, p.17-22, 1978.
- RIPOLI, T.C.C.; RIGHI, J.C.; PEXE, C.A. Estudo comparativo entre três métodos de corte de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 3., Águas de Lindóia, 1975. **Anais**. Águas de Lindóia: Copersucar, 1975. p. 335-344.
- RIPOLI, T.C.C.; FAGANELLO, B.F.; MILAN, M.; MONTEIRO, H.; FURLANI NETO, V.L.; MIALHE, L.G. Carregamento mecânico: ensaios com tipos de leitos e recolhedor de cana. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 3., São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo: PADCT, 1984. p. 521-540.
- ROMERO, E.; ZAMORA, F.P.; SCANDALIARIS, J.; MARTIN, L. Evaluación de nuevas cosechadoras integrales. **Avance Agroindustrial**, v.13, n.52, p.24-28, mar. 1993.

TILLMANN, C.A.C. Avaliação dos desempenhos operacional e econômico de sistema de colheita semi-mecanizada em cana-de-açúcar com e sem queima prévia. Piracicaba, 1994. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.