AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE DUAS COLHEDORAS EM CANA (*Saccharum spp*) CRUA

MAURICIO JAVIER DE LEÓN
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. 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.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro – 2000

ERRATA

Onde se lê	Lê-se	Pág.
utilizase	utiliza-se	30
o inteiramente casualizado	parcela subdividida	43
menor	maior	50
Índice de palha (%)	Índice de Folhas (%)	61
Figura 27. Resultados da variável índice de palha para as máquinas "A" e "B".	Figura 27. Resultados da variável índice de folhas para as máquinas "A" e "B".	61
Figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34	Figuras 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 e 46	75
figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42	figuras 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53 e 54	80

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

De León, Mauricio Javier

Avaliação de desempenho operacional de duas colhedoras em cana (*Saccharum spp*) crua / Mauricio Javier De León. - - Piracicaba, 2000.

112 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Colhedora 3. Colheita mecânica 4. Máquina agrícola I. Título

CDD 631.35

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

DEDICATORIA

A minha mãe Irma ao meu irmão Giovanni
pelo apoio dispensado para a realização
desta obra.

DEDICO.

"A meta final de qualquer pesquisa não é a objetividade, mas a verdade."
(Helene Dustsch)

Ao meu pai Eng. Civil Fidelino Javier (*in
memorian*), pelo caráter, honestidade e
sabedoria, proporcionada em sua
existência e por representar a força e a
união da minha família.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

- Ao prof. Dr. Tomaz Caetano Ripoli pela dedicação, orientação, estímulo e incentivo na elaboração desta dissertação.
- A Embaixada do Brasil na Guatemala e aos seus funcionários que tornaram possível esta oportunidade de aprimoramento na minha carreira profissional.
- Aos professores do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP pela condução do saber científico.
- A CAPES-PEC/PG pelo auxílio financeiro prestado durante o decorrer do curso.
- Aos professores Dr. Marcos Milan, Dr. José Paulo Molin e Nilson Augusto Vila Nova pelas sugestões e correções propostas.
- Aos professores Luiz Geraldo Mialhe, Gil de Souza Câmara, Walter Francisco Molina, ao Engenheiro Agrônomo Marco Lorenzo Ripoli, ao Médico Veterinário Paulo Jacques Mialhe, pela colaboração durante os ensaios de campo.
- Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural ESALQ/USP nas pessoas de Fernanda e Dona Lourdes pela atenção, amizade, simpatia, sempre dispensados.
- A Usina da Barra e seus funcionários de campo pelo apoio e colaboração durante a pesquisa de campo.
- A minha namorada Juliana pelo carinho, apoio e compreensão nos momentos mais difíceis.
- Aos colegas do Curso de Pós-graduação em Máquinas Agrícolas, pela amizade, estímulo e sugestões na elaboração desta dissertação.
- Aos amigos Moizéis, Sérgio Pereira, Flavio, Moema, Wagner, Axel Garcia pelo companherismo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMO.....	xviii
SUMMARY	xx
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A colheita mecanizada de cana-de-açúcar no Brasil e no mundo.....	4
2.2. Estatísticas da colheita da cana-de-açúcar no Brasil	5
2.3. Questões ambientais da colheita de cana-de-açúcar	6
2.4. Impactos sócio-econômicos da implantação da colheita de cana crua.....	8
2.5. Desempenho operacional das colhedoras de cana-de-açúcar, evolução dos modelos brasileiros.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Material.....	25
3.1.1. Máquina Colhedora “A”	26
3.1.2. Máquina Colhedora “B”	27
3.1.3. Características técnicas de funcionamento dos órgãos ativos das colhedoras.....	28
3.1.3.1. Despontador.....	28
3.1.3.2. Levantadores de colmos.....	28
3.1.3.3. Corte Basal	29
3.1.3.4. Sistema de alimentação	29
3.1.3.5. Picador	29

3.1.3.6. Elevador de alimentação, sistema de limpeza.....	29
3.1.3.7. Elevadores de descarga.....	29
3.2. Métodos.....	30
3.2.1. Caracterização do Canavial.....	30
3.2.1.1. Densidade média de colmos, ponteiros, folhas verdes e palhas.....	30
3.2.1.2. Porte do canavial	30
3.2.1.3. Comprimento médio dos colmos	31
3.2.2. Teor de água do solo	33
3.2.2.1. Granulometria e classe textural do solo	33
3.2.3. Grau de maturação da cultura	33
3.2.4. Desempenho Operacional das Colhedoras	33
3.2.4.1. Mensuração da velocidade operacional.....	34
3.2.4.2. Determinação de perdas de matéria prima no campo.....	34
3.2.4.3. Carga colhida em cada ensaio	37
3.2.4.4. Capacidade efetiva	38
3.2.4.4.1. Capacidade efetiva líquida - CE_l	39
3.2.4.4.2. Capacidade efetiva bruta - CE_b	39
3.2.4.5. Capacidade operacional - CO_p	39
3.2.4.6. Eficácia de manipulação EM(%).....	40
3.2.4.7. Índice de matéria estranha na matéria-prima	40
3.2.4.8. Qualidade tecnológica da matéria prima.....	42
3.2.4.9. Frequência de comprimento dos rebolos.....	42
3.2.4.10. Índice de cisalhamento dos rebolos	42
3.2.5. Delineamento Estatístico	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Caracterização do canavial.....	44
4.1.1. Densidade média dos colmos, ponteiros, folhas verdes e palhas.	44
4.1.2. Porte do canavial	46
4.1.3. Comprimento médio dos colmos	46
4.2. Teor de água do solo	47

4.2.1. Granulometria e classe textural do solo	47
4.3. Grau de maturação da cultura	47
4.4. Desempenho operacional	48
4.4.1. Velocidade Efetiva de deslocamento	48
4.4.2. Capacidade Efetiva Bruta – CE_b	49
4.4.3. Capacidade Operacional - CO_p	49
4.4.4. Eficácia de Manipulação – $EM(\%)$	51
4.4.5. Capacidade Efetiva Líquida – CE_l	52
4.5. Perdas de matéria-prima no campo	53
4.5.1. Na forma de Colmos e Frações de colmos	53
4.5.2. Na forma de Rebolos inteiros	54
4.5.3. Na forma de Frações de Rebolos	55
4.5.4. Na forma de Frações de Rebolos na soqueira	56
4.5.5. Raízes Arrancadas	57
4.5.6. Perdas Totais de matéria-prima	57
4.6. Análise da Matéria Estranha no material colhido	60
4.6.1. Índice de Ponteiros – $IP(\%)$	60
4.6.2. Índice de Folhas – $IF(\%)$	61
4.6.3. Índice de Palhas – $IPa(\%)$	62
4.6.4. Índice de Raiz – $IR(\%)$	62
4.6.5. Índice de Matéria Estranha Vegetal – $IV(\%)$	64
4.6.6. Índice de Matéria Estranha Mineral - IM	65
4.6.7. Índice de Matéria Estranha Total – $IT(\%)$	66
4.7. Qualidade Tecnológica da Matéria-Prima	68
4.7.1. Brix (%) do caldo	68
4.7.2. Pol (%) do caldo	69
4.7.3. Pureza (%) do caldo	70
4.7.4. Fibra (%) da cana	71
4.7.5. Pol (%) da cana	72
4.7.6. Terra (%)	73
4.8. Frequência de comprimento de rebolos	75

4.9. Índice de cisalhamento dos rebolos	80
5 CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÊNDICE 1 (Tabelas análise de resultados)	96
APÊNDICE 2 (Fichas de campo).....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho esquemático da Colhedora "A"	27
Figura 2. Desenho esquemático da colhedora "B"	28
Figura 3. Estrutura para determinar o estado de acamamento do canavial (Segundo Ripoli, 1996).	31
Figura 4. Estrutura utilizada em condições de campo	32
Figura 5. Coleta de amostra para caracterização das condições do canavial. Separação de folhas verdes, colmos, ponteiros e palhas.	32
Figura 6. Esquema da área demarcada para coleta de perdas na matéria prima no campo.....	35
Figura 7. Recolhimento de matéria-prima no campo na área amostrada.	35
Figura 8. Separação de matéria-prima na massa vegetal em uma área de amostragem	36
Figura 9. Pesagem das frações de matéria-prima no campo	36
Figura 10. Colhedora e veículo de transbordo no momento da operação de colheita.....	37
Figura 11. Veículo de transbordo basculando a carga de uma repetição, na carreta de transporte rodoviário.	38
Figura 12. Amostras da variação de comprimento de rebolos	43
Figura 13. Resultados em peso e percentual das frações constituintes do canavial.....	45
Figura 14. Porte do canavial analisado	46
Figura 15. Resultados de Velocidade efetiva de deslocamento (km.h^{-1}) para as máquinas "A" e "B".....	48
Figura 16. Resultados Capacidade Efetiva Bruta (t.h^{-1}), máquinas "A" e "B".	49
Figura 17. Resultados das capacidades operacionais nos quatro níveis de velocidades com quatro eficiências de campo para a máquina "A" e máquina "B".	50
Figura 18. Resultados variável Eficácia de Manipulação (%) para as máquinas "A" e "B"	52

Figura 19. Resultados da variável Capacidade Efetiva Líquida para as máquinas "A" e "B"	52
Figura 20. Resultados de Perdas de Colmos e suas frações nas velocidades analisadas para a máquina "A" e máquina "B".	53
Figura 21. Resultados das perdas de rebolos inteiros para as máquinas "A" e "B"	54
Figura 22. Resultados das perdas de frações de rebolos para as máquinas "A" e "B".	55
Figura 23. Resultados de perdas de frações de rebolos na soqueira para as máquinas "A" e "B"	56
Figura 24. Resultados de perdas por raízes arrancadas pelas máquinas "A" e "B".	57
Figura 25. Resultados da variável perdas totais de matéria-prima no campo para as máquinas "A" e "B"	58
Figura 26. Resultados de massa de ponteiros contidos na matéria-prima colhida para as máquinas "A" e "B".	60
Figura 27. Resultados da variável Índice de palha para as máquinas "A" e "B".	61
Figura 28. Quantidade de palha encontrada na matéria-prima nas máquinas "A" e "B"	62
Figura 29. Percentuais de raízes encontradas na matéria-prima para as duas máquinas estudadas.	63
Figura 30. Índice de matéria estranha vegetal encontrada na matéria prima para as duas máquinas analisadas	64
Figura 31. Resultados obtidos para a variável índice de matéria estranha mineral para as máquinas "A" e "B".	65
Figura 32. Índice de matéria estranha Total encontrada na matéria-prima para as duas máquinas analisadas	66
Figura 33. Valores de Brix (%) do caldo encontrados para as quatro velocidades analisadas nas duas máquinas estudadas.	68
Figura 34. Resultados obtidos para a variável Pol(%) do caldo nas máquinas "A" e "B"	69
Figura 35. Resultados obtidos para a variável Pureza(%) do caldo nas máquinas "A" e "B"	70

Figura 36. Valores de Fibras (%) da cana encontrados para as quatro velocidades analisadas nas máquinas "A" e "B"	71
Figura 37. Resultados obtidos para a variável Pol(%) da cana nas máquinas "A" e "B"	72
Figura 38. Resultados obtidos para a variável Terra(%) nas máquinas "A" e "B"	73
Figura 39. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V1.	76
Figura 40. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V1.	76
Figura 41. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V2.	77
Figura 42. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V2.	77
Figura 43. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V3	78
Figura 44. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V3.	78
Figura 45. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V4.	79
Figura 46. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V4.	80
Figura 47. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V1 (máquina "A")	81
Figura 48. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V1 (máquina "B")	81
Figura 49. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V2 (máquina "A")	81
Figura 50. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V2 (máquina "B")	81
Figura 51. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V3 (máquina "A")	82
Figura 52. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V3 (máquina "B")	82

Figura 53. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V4 (máquina "A").....	82
Figura 54. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V4 (máquina "B").....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios para colmos, ponteiros, folhas verdes e palhas (t.ha ⁻¹), encontrados para as condições do canavial.	44
Tabela 2. Quantidade média de colmos colhidos pelas colhedoras “A” e “B” em 32 repetições de ensaio (t.ha ⁻¹)	45
Tabela 3. Comprimento médio (cm) dos colmos para as 12 áreas analisadas.	47
Tabela 4. Resultados de teor de água do solo para as cinco repetições analisadas	47
Tabela 5. Resumo dos valores médios de perdas de matéria-prima no campo e total de raízes arrancadas para as colhedoras “A” e “B”.	59
Tabela 6. Resumo dos resultados médios da matéria estranha contida na matéria- prima para as máquinas “A” e “B”	67
Tabela 7. Resumo dos valores médios de qualidade Tecnológica da matéria-prima para as colhedoras “A” e “B”.	74

APÊNDICE 1

Tabela 1. Análise de variância para a variável velocidade média de deslocamento.	97
Tabela 2. Teste de Tukey para a variável velocidade média, máquinas “A” e “B” (km.h ⁻¹)	97
Tabela 3. Análise de variância para a variável capacidade efetiva bruta.....	97
Tabela 4. Teste de Tukey para a variável Capacidade Efetiva bruta, máquinas “A” e “B”	97
Tabela 5. Análise de variância para a variável Eficácia de manipulação.....	98
Tabela 6. Teste de Tukey para a variável Eficácia de manipulação, máquinas “A” e “B”	98
Tabela 7. Análise de variância para a variável capacidade efetiva líquida.	98
Tabela 8. Teste de Tukey para a variável Capacidade Efetiva líquida, máquinas A e B.....	98
Tabela 9. Análise de variância para a variável perdas na forma colmos e frações.....	99

Tabela 10. Análise de variância para a variável perdas na forma de rebolos inteiros.....	99
Tabela 11. Análise de variância para a variável perdas na forma de frações de rebolos.....	99
Tabela 12. Teste de Tukey para a variável perdas na forma de frações de rebolos, máquinas "A" e "B".	99
Tabela 13. Análise de variância para a variável perdas de frações de rebolos na soqueira.....	100
Tabela 14. Análise de variância para a variável perdas por raízes arrancadas pelas máquinas "A" e "B".	100
Tabela 15. Análise de variância para a variável perdas totais de matéria prima	100
Tabela 16. Teste de Tukey para perdas totais de matéria no campo, máquinas "A" e "B"	100
Tabela 17. Análise de variância para a variável índice ponteiros.....	101
Tabela 18. Análise de variância para a variável índice de folhas verdes.....	101
Tabela 19. Teste de Tukey para índices de folhas nas máquinas "A" e "B"	101
Tabela 20. Análise de variância para a variável índice de palha.....	101
Tabela 21. Análise de variância para a variável índice de raiz.....	102
Tabela 22. Análise de variância para a variável índice de matéria estranha vegetal	102
Tabela 23. Análise de variância para a variável índice de matéria estranha mineral.....	102
Tabela 24. Teste de Tukey para índice de matéria estranha mineral nas máquinas "A" e "B"	102
Tabela 25. Análise de variância para a variável índice de matéria estranha total	103
Tabela 26. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Brix(%) do caldo	103
Tabela 27. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Pol(%) do caldo	103
Tabela 28. Teste de Tukey para Pol (%) do caldo para as quatro velocidades analisadas nas máquinas "A" e "B"	103
Tabela 29. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Pureza(%) do caldo.....	104

Tabela 30. Teste de Tukey para Pureza (%) do caldo para as quatro velocidades analisadas nas máquinas "A" e "B"	104
Tabela 31. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Fibra(%) da cana.....	104
Tabela 32. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Pol(%) da cana.....	104
Tabela 33. Teste de Tukey para Pol (%) da cana nas quatro velocidades analisadas para as máquinas "A" e para a máquina "B".	105
Tabela 34. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Terra (kgf).....	105
Tabela 35. Teste de Tukey para Terra (%) contida no caldo nas quatro velocidades analisadas para a máquina "A" e para a máquina "B".	105

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

$\text{US\$}\cdot\text{h}^{-1}$ = Dólar por hora

$\text{US\$}\cdot\text{t}^{-1}$ = Dólar por tonelada

CE_b = Capacidade Efetiva Bruta

CO_p = Capacidade Operacional

EM = Eficácia de manipulação

Ef = Eficiência de Campo

CE_l = Capacidade Efetiva Líquida

Veloc. = Velocidade

IP = Índice de Ponteiros

IF = Índice de Folhas

IP = Índice de Palhas

IR = Índice de Raízes

IV = Índice de Matéria Estranha Vegetal

IM = Índice de Matéria Estranha Mineral

IT = Índice de Matéria Estranha Total

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE DUAS COLHEDORAS EM CANA (*Saccharum spp*) CRUA

Autor: Mauricio Javier De León

Orientador : Prof. Dr. Tomaz Caetano Cannavam Ripoli

RESUMO

Com o objetivo de estudar o desempenho operacional de dois modelos de colhedoras de cana-de-açúcar operando em cana crua foram realizados ensaios em condições de campo na Usina da Barra, município de Barra Bonita, Estado de São Paulo, no período de 07 a 17 de Julho de 1998. As colhedoras utilizadas foram de origem estrangeira, ano de fabricação 1997, com motores de 228 e 290 cv e rodados de pneus. A variedade utilizada foi a RB 83-5089, em terceiro corte, com espaçamento entre fileiras de 1,40m. O solo foi classificado como Latossolo Roxo-Argiloso, com declividade de 2,0% previamente sistematizado para a colheita mecânica. As caracterizações das condições de campo e do desempenho operacional foram realizadas pelo método proposto por Ripoli (1996). A área de ensaio foi caracterizada como sendo: canavial de porte ereto, massa total 176, 26 t.ha⁻¹, massa de colmos 145,39 t.ha⁻¹ e comprimento médio dos colmos 3,32m. As máquinas foram ensaiadas em quatro velocidades de deslocamento: 1,5, 3,0, 5,0 e 7,0 km.h⁻¹, com quatro repetições, por velocidade, totalizando 32 determinações, ou seja 16 para cada máquina, em delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial 2 × 4. Cada repetição correspondeu a uma distancia de 100m ao longo da fileira de plantio. Foram determinados os seguintes parâmetros de desempenho: Capacidade Efetiva Bruta, Capacidade Operacional, Eficácia de Manipulação, Capacidade Efetiva

Líquida, Perdas de matéria-prima no campo, Índice de Matéria Estranha na matéria-prima, Qualidade tecnológica da matéria-prima, Frequência de comprimento de rebolos e Índice de cisalhamento de rebolos. Após as análises e discussões de resultados obtidos chegou-se as seguintes conclusões: Houve aumento nas capacidades Efetiva Bruta, Líquida e Operacional para as duas máquinas, à medida que se elevou a velocidade de deslocamento. Porém não foram constatadas diferenças no desempenho entre as colhedoras "A" e "B". A Eficácia de Manipulação foi melhor para a colhedora "A" em relação à colhedora "B". As perdas totais de matéria-prima no campo não aumentaram com maiores velocidades de deslocamento das colhedoras. O desempenho da colhedora "A" foi melhor que o da colhedora "B", a qual apresentou maiores índices de perdas. A quantidade de matéria estranha total encontrada na matéria-prima não aumentou com a elevação da velocidade nas duas colhedoras analisadas. As duas colhedoras, tiveram comportamentos de desempenho muito próximos para esta variável. A qualidade tecnológica da matéria-prima, não foi influenciada pelo aumento da velocidade de deslocamento das máquinas. A colhedora "A" apresentou maior quantidade em % de terra na análise tecnológica da matéria-prima que a colhedora "B". A colhedora "A" apresentou valores superiores para Pol(%) do caldo, Pureza (%) do caldo e Pol (%) da cana que a colhedora "B". A máquina "B" apresentou melhor frequência de distribuição de tamanho de rebolos comparada com a máquina "A". A melhor distribuição de frequência de tamanho de rebolos em ambas máquinas foi na velocidade V4. O menor índice de danificação de rebolos foi obtido pela máquina "B" na menor velocidade de deslocamento.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF TWO SUGAR CANE HARVESTERS OPERATING IN GREEN CANE

Author: Mauricio Javier De León

Adviser: Prof. Dr. Tomaz Caetano Cannavam Ripoli

SUMMARY

With the objective of studying the operational performance of two models of sugar-cane harvesters operating in green cane field tests were accomplished at Usina da Barra, located in Barra Bonita district, in the State of São Paulo, in the period between 07 and 17 of July of 1998. The harvesters utilized for these tests were foreign made, model 1997, with engines of 228 and 290 cv equipped with rubber tires. The variety utilized in this study was an RB 83-5089, in third cut, with space between rows of 1,40m. The soil was classified as a loamy violet Latossolo, with 2,0% declivity previously systematized for mechanical harvest. The characterization of field conditions and operational performance were accomplished by the method proposed by Ripoli (1996). The area utilized for this test was characterized as a straight sugar field, with a total mass of 176, 26 t.ha⁻¹, cane stalk mass of 145,39 t.ha⁻¹ and a cane mean size of 3,32m. The machines were tested in four displacement speeds: 1,5, 3,0, 5,0 and 7,0 km.h⁻¹, with four repetitions each in a 100m distance, giving a total of 32 determinations 16 for each machine, in a total randomized statistical delineation with outline factorial 2 × 4. They variables considered were: Effective Gross Capacity, Operational Capacity, Manipulation Efficiency, Effective net Capacity, Total Losses of sugar cane prime matter on the field, Strenuous Matter Index, Industrial cane quality, Length Frequency of Billets, Shearing Billet Index. After all the analyses and discussions the obtained

results pointed to the following conclusions: There was increase in the Effective Gross, and Effective net capacities for both machines, as they raise the displacement speed. Even so differences were not verified in performance among the harvesters " A " and " B ". The Manipulation Efficiency was better for to harvester " A " in relation to harvester " B ". The total losses of sugar cane prime-matter on the field didn't increase with higher speeds of displacement of the harvesters. The performance of harvester "A" was better than in harvester " B ", which presented higher indexes of losses. The amount of total strange matter found in the prime-matter material didn't increase with the elevation of the speed in the two analyzed harvesters. The two harvesters had very close performance behaviors for this variable. The technological quality of the prime-matter material was not influenced by the increase of the speed of harvesting speeds. The harvester "A" presented more amount (%) of soil in the technological analysis of the prime-matter than the harvester " B ". The harvester "A" presented superior values for Pol (%) of juice, Purity (%) of juice and Pol (%) of cane than the harvester "B". "B" harvester presented better frequency of distribution for billets size compared with the machine "A". The best distribution of frequency for billets size in both machines was in V4 speed. The harvester "B" on the smallest displacement speed obtained the smallest index of damage billets.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com 27% da produção e 25% da área colhida, sendo também, o maior produtor de açúcar centrifugado, produzindo 13,0 milhões de t em 1995/96, cerca de 11% da produção mundial, além de ser o maior exportador, colocando no mercado externo 5,0 milhões de t de açúcar (Sugar and Sweetener, 1996).

Da área colhida no Brasil, em 1994 de, aproximadamente, 4,4 milhões de ha, 50% estava localizada no Estado de São Paulo, que produziu 59% da cana-de-açúcar, representando 174,0 milhões de t, com uma produtividade física média de 80t/ha, a mais alta do país. A liderança de São Paulo também firmou-se na exportação de açúcar, notadamente na década de 1990, que de 1% em 1990/91, passou para 62,8% em 1996, o que significou sair de 13 mil para 3,1 milhões de toneladas em cinco anos. Na produção de álcool manteve sua participação histórica de maior produtor nacional, operando na faixa de 60% (Veiga Filho, 1999).

O sistema de colheita de cana crua é uma nova opção de exploração da cultura da cana-de-açúcar, viabilizada pelo desenvolvimento de colhedoras que operam satisfatoriamente sob essa condição. Este sistema proporciona melhorias à atividade canavieira, ao meio ambiente e ao bem estar social. A colheita mecanizada vem se tornando economicamente viável, quando comparada com a colheita manual, além do que, a colheita manual, vista do ponto social é considerada como inaceitável devido ao alto risco de acidentes ocupacionais e ao elevado esforço físico exigido das pessoas que fazem a operação de corte.

Devido a forte pressão da sociedade civil brasileira, ocorreu por lei a proibição da queimada do palhço da cana para colheita. O setor canavieiro iniciou então o processo de colheita da cana crua, no início de forma pouco planejada. Em função disso os canavieiros não levaram em consideração algumas exigências da cultura da

quanto às limitações que o sistema em questão pode trazer à brotação da soqueira, que se refletirão negativamente na produção agrícola.

* O sistema de colheita de cana crua exige que se adotem certos procedimentos, que são diferentes dos praticados no processo da cana queimada. Os mais importantes referem-se à conservação do solo e ao pisoteio das touceiras, estes quando observados de forma apropriada propiciam resultados satisfatórios em termos de produtividade. O sistema se apóia no efeito dos restos das culturas de rotação e do palhiço da cana, que protegem o solo do impacto das gotas de chuva e favorecem, ao mesmo tempo, a infiltração da água e a retenção da umidade do solo. Quanto ao pisoteio sobre as touceiras, todo esforço deve ser feito para que nunca haja trânsito na faixa onde haverá a brotação da soqueira e o desenvolvimento da maior parte do sistema radicular da cultura.

A colheita da cana-de-açúcar verde ou crua tem sido viabilizada também, porque a indústria passou a visualizar as vantagens econômicas e ecológicas deste método. Nos dias atuais, com a valorização do bagaço de cana-de-açúcar, através da política de compra do excedente de energia elétrica produzida pelas usinas de açúcar e álcool e sua utilização para outros fins mais nobres, as usinas estão atentas para a possibilidade de utilizar o palhiço de cana para complementar o bagaço nas caldeiras.

Porém, estes procedimentos vem sendo objeto de questionamentos de ordem econômica e social devido aos impactos negativos gerados em consequência do deslocamento de mão-de-obra. Veiga Filho et al. (1995), ao estudarem o impacto da mecanização da colheita de cana na substituição da força de trabalho em São Paulo estimaram que poderia haver uma perda acumulada de 38.000 empregos-equivalentes no período 1994-2000, o que equivaleria a uma taxa de desemprego próxima a 23%, no setor.

Este trabalho tem por objetivo principal estabelecer as diferenças, quanto a desempenho operacional, no processo de colheita para dois diferentes modelos de colhedoras existentes no mercado nacional. Foram avaliadas através de um ensaio normalizado utilizando-se de metodologias amplamente difundidas pelos pesquisadores brasileiros atuantes nesta área.

As hipóteses levantadas no presente trabalho foram: a) conforme se aumenta a velocidade de deslocamento, aumenta-se o desempenho operacional das colhedoras

trabalhando em cana crua; b) para cada interação “máquina x velocidade” existe um valor ótimo para cada máquina que possibilita um melhor desempenho operacional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A colheita mecanizada de cana-de-açúcar no Brasil e no mundo

Anon (1953) cita como sendo a primeira cortadora de cana, um modelo movido por um par de mulas, patenteado em 1854, no Havaí. Esta máquina, com a qual também se pretendia remover folhas de palhiços do colmo da cana por meio de uma escova de arame, fez que se reconhecesse pela primeira vez, a necessidade da limpeza através do corte mecânico.

Segundo Humbert (1974), a primeira cortadora de cana autopropelida foi introduzida em 1906, por Henry G. Gincana no Havaí. Em 1925 um comitê nomeado pela Associação de usineiros do Havaí para proceder à procura de “dispositivos econômicos do trabalho”, iniciou um estudo preliminar de máquinas para cortar cana. Um exame das patentes então existentes de máquinas para cortar desfolhar e limpar canas revelou a existência de 286 tipos diferentes. Em 1937, realizou-se neste mesmo local o primeiro sistema integral de colheita mecânica, como consequência da escassez de mão-de-obra e aos altos custos do corte manual da época.

Earle (1928), relata que em 1912 foi desenvolvida uma colhedora por A.N. Hadley. Esta máquina era capaz de recolher pesadas quantidades de cana entrelaçada, cortar e limpar perfeitamente os colmos, além de cortar estes em pedaços para ser logo depositados em carretas conduzidas ao lado da máquina. Operada por duas pessoas conseguia colher um acre (7000m²) de cana-de-açúcar por hora. Infelizmente esta máquina não chegou a ser comercializada devido a súbita morte do inventor, logo após a sua conclusão e acabou esquecida em um barracão na periferia da cidade de Jovellanos, em Cuba de onde depois desapareceu.

No final da década de 50 surge na Austrália, um novo conceito, que solucionou a mecanização da colheita da cana-de-açúcar, ou seja, a máquina que corta, pica,

limpa e carrega a matéria prima. Assim estas máquinas vieram substituir o sistema de corte mecânico de cana inteira em 1960. Já na década de 70 o sistema de colhedora combinada detinha 95% da mecanização da colheita na Austrália e, logo depois, se difundiu para outros países. Nos anos 60 a Massey Ferguson introduziu no Brasil a primeira colhedora tipo corta-pica-carrega, importada da Austrália, mais sem sucesso (Pinto, 1977).

A introdução no Brasil de colhedoras autopropelidas para cana-de-açúcar em escala comercial deu-se em 1973 nos canaviais paulistas e logo em seguida em Alagoas. Já em 1976, operavam 263 unidades em todo o país (Ripoli, 1977).

O processo de mecanização da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e em particular no Estado de São Paulo, tem sido lento e pouco difundido. Um primeiro estudo sistematizado de estimativa do índice de mecanização de corte indicava, para a safra 1989/90, que 19% da área mecanizável de cana-de-açúcar era colhida mecanicamente (Toledo, et al., 1991). A mesma estimativa, feita oito anos depois, para a safra 1997/98, em 69 usinas que representaram 46% da área colhida em São Paulo, mostram um índice de mecanização de 17% para o Estado, e de 29% para a região canavieira de Ribeirão Preto (Comissão Técnica, 1997), índices muito baixos quando comparados com os 100% de mecanização do corte na Austrália e na Louisiana (EUA), por exemplo.

2.2. Estatísticas da colheita da cana-de-açúcar no Brasil

Segundo o IBGE¹ (2000), o Brasil colheu no ano de 1999 uma área equivalente a 4.446.927 ha e eram esperadas em torno de 316.678.958 toneladas de cana no período; a produtividade média dos canaviais brasileiros situa-se na faixa de 71,2 t·ha⁻¹.

Com esses números observa-se uma diminuição de 10,56% em relação à quantidade de cana colhida na safra anterior 1998 que foi de 4.972.013 ha. A produtividade também diminuiu em relação a safra anterior passando dos 338.971.530 de toneladas obtidas em 1998 para 316.328.232 toneladas, 6,68% a menos. Isto em

¹ IBGE: Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

consequência da baixa dos preços no mercado internacional do açúcar e das dificuldades encontradas pelos agricultores para continuar com o cultivo.

Do total da área de cana-de-açúcar colhida no país, 76,2% foi colhida no sistema de corte manual e 23,8% no sistema de corte mecanizado. Fazendo-se uma comparação entre as duas maiores regiões produtoras de cana-de-açúcar, tem-se que a região Centro-Sul lidera a colheita mecanizada no país com 25% do total da área colhida, contra 15,7 % das regiões Nordeste-Leste. De igual forma, os sistemas de colheita mecanizada nas diferentes regiões do Brasil registraram para a safra 98/99 os seguintes valores, cana inteira queimada 16,2%, cana picada queimada 50,2%, cana inteira crua 0,1% e cana picada crua 33,5%, (Nunes, 1999). Contrastando com a mecanização de outros países como a Argentina, onde no ano de 1996 a colheita mecanizada em 66% do total da cana moída nessa safra foi de 60,4% contra 29,6% das colheitas semi-mecanizada e 10% de colheita manual nesse ano, (Scandaliaris et al., 1998).

A expansão dos canaviais no Brasil para suprimento da demanda de álcool tem provocado muitas discussões diante da queima como prática de colheita. Os problemas são de ordem ambiental, sendo a queima acusada de provocar poluição atmosférica, destruição da fauna e flora entre outros. A colheita sem queima prévia é uma prática agrícola recente e as máquinas apropriadas ainda apresentam alguns problemas de operação, (Molina Jr. et al., 1995).

2.3. Questões ambientais da colheita de cana-de-açúcar

Segundo Oliveira (1995), nesses últimos anos a queima da cana-de-açúcar tem sido fortemente criticada pelos ambientalistas devido a fumaça e a fuligem produzida e que contaminam o ar durante muitos meses nas áreas canavieiras, fora isso a não queima do palhço de cana-de-açúcar proporciona vantagens como, controle das ervas daninhas, proteção contra erosão dos solos e conservação da água e nutrientes das plantas.

A queima do palhço da cana antes da colheita, é prejudicial à manutenção dos níveis de matéria orgânica do solo. O aporte deste em estado bruto é reduzido, e a prática da queima favorece a sua própria mineralização. Além disso, o solo permanece

descoberto por um período relativamente longo, o que acelera o processo erosivo e culmina com a depauperação de suas propriedades físicas e químicas (Molina, 1995 & Mendoza, 1996).

No sistema de cana queimada, a degradação das propriedades do solo é evidenciada pela redução do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis e pelo aumento da densidade do solo na profundidade de 0-5 cm, com conseqüente diminuição da velocidade de infiltração instantânea da água no solo, (Ceddia et al., 1999).

Entre as vantagens da colheita de cana-de-açúcar crua pode-se mencionar a redução da emissão de CO₂ para a atmosfera, eliminação de fumaça e fuligem, que prejudicam a saúde do homem e a não interrupção do fornecimento de energia elétrica ocasionada por queimadas próximas as linhas de transmissão (Magalhães et al., 1999).

Dentre os caminhos que justificam a não queima de canaviais, do ponto de vista agrônomo, pode-se citar as seguintes vantagens quando o palhço decorrente da colheita de cana-de-açúcar crua permanece sobre o terreno: diminuição ou até eliminação do uso de herbicidas, aumento e/ou manutenção do grau de umidade do solo, aumento da eficácia do controle de erosão, aumento da quantidade de matéria orgânica no solo, redução da população de nematóides nocivos e a não destruição dos inimigos naturais da broca (Ripoli & Villanova, 1992).

O palhço depositado anualmente no solo no sistema de colheita de cana crua varia de 10 a 15 t/ha. A queima desse material representa uma perda de vários nutrientes, principalmente de nitrogênio (30-60 kg·ha⁻¹) e enxofre (15-25 kg·ha⁻¹). Considerando-se os 3,5 milhões de hectares de cana queimada e uma produção média cana de 60 t·ha⁻¹, são perdidos anualmente ao redor de 150 mil toneladas de nitrogênio, (Urquiaga et al., 1997).

Embora os estudos sobre queimadas e seus efeitos no ambiente e na saúde humana provoquem acirrada polêmica, fica cada vez mais claro o agravamento da poluição atmosférica pela emissão de gases poluentes e sua concentração nociva na camada denominada de troposfera (localizada a 15 km de altura), e constata-se também a possibilidade de contribuir para as doenças respiratórias (Alves et al., 1997).

Segundo Sparovek (1997) o corte de cana-de-açúcar sem queima prévia pode acarretar em vários fatores como a diminuição das emissões de CO₂ e ozônio na baixa atmosfera, minimização da erosão, menor gasto de energia pelas máquinas, aumento da infiltração de água no solo, melhoria na qualidade tecnológica (diminuição das impurezas minerais) e maior quantidade de matéria estranha vegetal. Para a avaliação da viabilidade desta prática é necessário o estabelecimento de critérios que orientem as decisões, contudo esses critérios devem contemplar todos aspectos do trinômio: economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto, ou seja o caráter interdisciplinar deve ser considerado.

2.4. Impactos sócio-econômicos da implantação da colheita de cana crua

Muller (1985) dá peso maior às questões ligadas ao emprego como fatores que pressionam as usinas à adoção das colhedoras. Segundo o autor, a justificativa baseia-se no fato de que o aumento da sazonalidade no emprego da força de trabalho na época de colheita da cana-de-açúcar, implicou em uma maior organização do seu tempo em determinado lugar e em determinada quantidade, esse aumento afeta diretamente as empresas de alocação de mão-de-obra, já que eleva os custos monetários e os custos de transporte dessa mão-de-obra.

O Decreto no 42.056/97 revoga os Decretos no 28.895/88 e 28.818/88, e altera o artigo 5º do Decreto no 41.719/97 que dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola. Ficando a prática da queima como método auxiliar na colheita no Estado de São Paulo proibida, admitida apenas, excepcionalmente em caráter transitório, na seguinte conformidade: a) em áreas em que a colheita é mecanizável, a redução da queima será efetuada em 25% a cada dois anos, sendo que em oito anos a queima será totalmente eliminada; b) nas áreas em que a colheita não é mecanizável (declividade maior que 12%), a redução da queima será efetuada ao ritmo de 13,35% a cada dois anos, sendo que, em quinze anos a mesma será totalmente eliminada. A queima está proibida nos seguintes locais e situações: 1) no raio de um km dos núcleos urbanos; 2) em áreas contidas por faixa em metros de cada lado sobre as linhas de transmissão de energia elétrica de acordo com quantidade de kW expressa no Decreto; 3) distância de cinquenta metros das ferrovias e rodovias

Estaduais e Federais; 4) limite de distância de trinta metros dos canaviais, para as áreas de preservação permanente, reservas florestais, matas ciliares dos rios, lagos e nascentes.

Para Cortez (1993), o corte mecanizado teria se intensificado na região de Ribeirão Preto devido principalmente a barganha dos trabalhadores. Os usineiros mecanizam, pois a máquina não faz greve, não falta e não reclama. O autor afirma que, embora a generalização do corte mecanizado tem a ver com o aumento da produtividade de trabalho, o incentivo maior a mecanização seria decorrente das reivindicações salariais e das greves dos trabalhadores e que, posteriormente, a máquina influiria na estabilização da mão-de-obra e na melhor seleção de trabalhadores.

Veiga Filho et al. (1995), estudando os impactos no emprego em decorrência da substituição da mão-de-obra pela máquina na colheita da cana-de-açúcar, fizeram uma projeção para o período de 1994 a 2000, onde os mesmos afirmam que haveria uma perda de 38.166 postos de trabalho na colheita da cana. Na região de Piracicaba a taxa de desemprego inicial seria de 7,5% e no ano 2000, poderia chegar em 22,9% para uma área mecanizada de 46%. Na região de Ribeirão Preto, onde a taxa de mecanização é de 50% e a área mecanizável de 60%, a taxa de desemprego poderia variar de 18% em 1994 para 51% em 2000, com uma perda acumulada de 28.197 postos de trabalho.

Já a ORPLANA² (1996), coloca que a adoção da prática de colheita mecanizada iria alterar significativamente todo o sistema produção, principalmente a demanda por mão-de-obra e os critérios que irão definir a aptidão das terras. Um dos principais problemas diz respeito ao desemprego rural. A colheita de cana crua nas áreas mecanizáveis, geraria 89.000 desempregados apenas no Estado de São Paulo.

Na Venezuela, em trabalho realizado no engenho Central "El Palmar" determinou-se que eram necessários, para colher 1.300 toneladas de cana-de-açúcar, aproximadamente 41 pessoas quando realizada por colheita mecanizada e de 433 quando realizada através de corte manual. Este total dividido entre pessoal de corte, tratoristas, operadores de máquinas etc. Resumindo, na colheita mecanizada precisa-

² ORPLANA: Organização dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo

se de 10% do pessoal que geralmente é empregado para realizar o corte manual (Celli, 1998).

Romanach & Caron (1999), fizeram estudo de caso sobre impactos no emprego e os custos da colheita manual e mecanizada. O custo com a mecanização foi 55,44% menor que o do corte manual, porém houve um aumento significativo dos custos de implantação inicial devido a implementação desta técnica. A adoção da colheita mecanizada proporcionará uma dispensa de 18,27% de pessoal na época da safra. A colheita deixa de ser a maior empregadora de mão-de-obra na cultura da cana-de-açúcar. Os mesmos autores citam que novas alternativas de geração de empregos deverão ser criadas, bem como a pré-qualificação dos trabalhadores atuais, sendo necessário, também, o estabelecimento de políticas para os pequenos fornecedores, que não possuem condições favoráveis para a mecanização da colheita.

Segundo Ripoli (1996), o Estado de São Paulo possuía 2.200.000 ha de cana-de-açúcar plantada, dos quais 55% (1.210.000 ha) mecanizáveis. Considerando-se que 50% do palhico (folha verde, ponteiro e palha), produzido nesta área mecanizada, fosse utilizado para produção de energia, resultaria, em um total de, aproximadamente 25%, do que o Brasil importou de petróleo em 1994, em termos de BEP (equivalente barril de petróleo), com a vantagem de ser uma fonte de energia renovável.

Referente aos custos, um indicador relevante é dado pela estimativa da diferença entre a colheita mecânica x e a manual. Freitas (1981), elaborou estimativas para a safra 1980, comparando a colheita por corte manual e por cortadeiras mecânicas acopladas a trator. Seus resultados indicaram um custo 23% menor para o corte mecânico e uma economia de 6% nas despesas da operação completa da colheita.

Ripoli & Mialhe (1982), estudando custos de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo para a safra 1981/82, em cinco usinas paulistas, encontraram valores para dois sistemas de colheita: a) o manual com carregamento mecânico e b) mecanizado por colhedora combinada, em função de três níveis de vida útil. No primeiro nível, com 100 mil toneladas de vida útil, o corte manual com carregamento mecânico apresentou um custo de US\$.t⁻¹ 3,02, sendo este o menor custo de colheita. No segundo e terceiro níveis de vida útil, 200.000 e 300.000 toneladas, o subsistema mecanizado por colhedora combinada obteve os menores custos, ou seja US\$.t⁻¹ 2,20

e 1,88 respectivamente. O subsistema de colheita mecânica por colhedora combinada constitui uma opção técnica economicamente viável para os canaviais brasileiros.

Ripoli et al. (1990), comenta que processo de colheita com queima prévia, deverá ser substituído pelo sistema de colheita de cana crua, por benefícios de ordem técnica, econômica, ambiental e agrônômica. O palhico remanescente da colheita de cana crua representa praticamente a mesma quantidade de energia que pode se obter com a produção de álcool em um hectare. As queimadas representam um desperdício de energia e a colheita de cana sem queima prévia merece uma nova atenção por parte dos pesquisadores, empresas sucro-alcooleiras e do governo, uma vez que sua adoção deverá beneficiar todos os setores, além de diminuir os impactos ambientais e oferecer ao país uma nova matriz energética que pode contribuir para minimização da crise de energia.

Segundo Ripoli (1991), ao se referir ao desperdício energético do não aproveitamento do material remanescente na colheita, representado pelos ponteiros, folhas verdes e palhas que são 34,9% da energia produzida em um hectare de cana, determinou que o material remanescente, queimado na operação de pré-colheita, representa em termos de equivalente energético cerca de 30,89 barris/ha de petróleo no campo, e que uma tonelada de material remanescente em termos de poder calorífico substituem, em média, 1,08 t de bagaço.

Balbo(1992), desenvolveu estudo de custos de colheita manual de cana queimada e de colheita mecânica de cana crua e queimada para as áreas de domínio da Usina São Francisco (SP), com os seguintes resultados: a comparação apenas dos sub-sistemas de corte ($\text{custos} \cdot \text{t}^{-1}$) mostra vantagem diferencial de 3% para o corte mecânico de cana queimada em relação ao manual, e de 18% sobre o corte de cana crua, com este último tendo uma desvantagem de 19% em relação aos custos da cana queimada colhida manualmente. Comparados os sub-sistemas de corte manual + carregamento mecânico com os custos do corte mecânico + carregamento mecânico em cana queimada, estes ficaram 22% mais baratos que o sub-sistema manual e 33% menores que os custos para a cana crua, sendo este último 15% superior aos custos do corte manual + carregamento mecânico.

Segundo Veiga Filho (1999), durante o início dos anos 1990 a introdução da colheita mecanizada se encontrava em fase de ajustes e desenvolvimento, e o importante era viabilizar a tecnologia nova em termos operacionais e econômicos. Na

atualidade a tendência dos trabalhos é com relação à determinação de diferenças em ganhos na qualidade de matéria-prima e na qualidade de extração.

2.5. Desempenho operacional das colhedoras de cana-de-açúcar, evolução dos modelos brasileiros

Fernandes & Oliveira (1977), procurando estabelecer parâmetros para avaliar a qualidade tecnológica da matéria-prima entregue para processamento, dada sua importância no processo de recuperação de sacarose, realizaram vários levantamentos para o corte e carregamento no sistema manual, semimecanizado e no sistema mecanizado. O trabalho foi conduzido na safra 1974/75 e na safra 1976/77 quando se efetuaram os levantamentos amostrais de impurezas de origem vegetal (folhas, raízes, ervas daninhas, madeira de destoca, etc) e de origem mineral (terra, areia, pedras, etc). Apesar das diferentes condições de colheita entre as duas safras constataram que a colheita manual (corte e carregamento em feixes) obteve uma média de 4,6% de impurezas, o corte semimecanizado (corte manual e carregamento mecanizado) também obteve índices próximos ao anterior, porém com alto coeficiente de variação, e a colheita mecânica obteve uma média geral, de 16,7% de impurezas detectadas, sendo a participação das impurezas vegetais acima de 90% para as várias marcas de colhedoras utilizadas. Os autores atribuíram as diferenças aos locais de campo, ocorrências de chuvas e às habilidades dos operadores, estes fatores foram considerados como os principais problemas técnicos para o desenvolvimento do sistema de limpeza pois restringem à colheita no período chuvoso, devido ao aumento da densidade de material vegetal (mais úmido), e que no final repercute na eficiência técnica da operação de limpeza.

Tambosco et al. (1977), estudaram colheita mecânica de cana-de-açúcar em canaviais queimados previamente no Estado de São Paulo. As colhedoras analisadas foram: Toft Robot 300, Santal 115, Massey Ferguson 201 e Class libertadora 1400. As perdas de matéria-prima encontradas no campo foram de 10,7 t.ha⁻¹, 16,81 t.ha⁻¹, 17,13 t.ha⁻¹ e 15,60 t.ha⁻¹, respectivamente.

Ripoli (1977), avaliando colhedoras Santal 115, Toft-Robot e Massey Ferguson 201, em canaviais previamente queimados no Estado de Alagoas, encontrou os

seguintes valores; eficácia de manipulação de 71,97% a 94,5%, matéria estranha total 3,78% a 15,72%, ponteiros 1,99% a 11,25%, folhas e palhas 0,13% a 3,74%, raízes 0% a 1,25%, matéria estranha mineral 0,08% a 3,85%, capacidade efetiva 37,8 t·h⁻¹ a 49,5 t·h⁻¹, tamanho de rebolos 20-30cm.

De Beer & Boevery (1979) em um estudo entre colhedoras com boa e má manutenção, determinaram perdas de qualidade e no desempenho operacional. Para as colhedoras com boa manutenção, houve queda de 1,8% na produtividade agrícola e de 4,5% na sacarose, contra 9,8% e 12,5% para máquinas com má manutenção.

Furlani Neto et al. (1980) analisando cargas de cana-de-açúcar em cana crua, colhida mecanicamente pelas colhedoras Massey Ferguson 201, Santal 115T e Toft-Robot 300 na Usina da Barra no Estado de São Paulo, obtiveram índices de matéria estranha, que variaram em torno de 3,32 a 6,79%.

De Beer (1980), avaliou colheita mecânica de cana-de-açúcar na África do Sul, e verificou que a cana sem impurezas continha 13% de sacarose, enquanto que com índices de impurezas de 5%, 10% e 20%, rediziram o percentual de sacarose foi reduzido para 12,4%, 11,7% e 10,4%, respectivamente. Com relação às perdas no campo, foram encontrados valores variando de 2,0% a 10,0% e as perdas invisíveis variaram de 3,0% a 6,0%.

Ripoli & Alves Berto (1981) analisaram colhedora de cana-de-açúcar na Usina Santa Cruz, em Campos, Estado do Rio de Janeiro, em canaviais sem queima prévia, utilizando a colhedora Santal 115 na colheita da variedade CB 45-3, no seu terceiro corte. Os valores determinados para as perdas foram de 6,5%.

Stupiello (1982) considera que embora o principal parâmetro de qualidade seja o teor de sacarose, seu potencial pode ser reduzido em função da época de corte, do teor de matéria estranha mineral e vegetal carregada, do estado de conservação da cana, do corte e armazenamento. Sabe-se que a infecção provocada pelos microorganismos na cana-de-açúcar ocorre principalmente nas extremidades dos colmos cortados, e a colheita mecanizada efetuada através do corte do colmo em vários rebolos aumenta a possibilidade de infecção e a velocidade de deterioração. Conforme observações empíricas há perdas de até 28% de açúcar durante quatro dias após o corte, sendo esse fato presumivelmente maior no caso dos rebolos.

Fuelling (1982), em trabalho realizado na Austrália com colhedoras Toft, Massey Fergusson e Class, avaliou os critérios de qualidade dos rebolos colhidos pelas colhedoras de cana picada e determinou que para rebolos perfeitos que se encontravam dentro do tamanho padrão (250-350mm), o índice de deterioração foi muito menor que nos rebolos danificados e pequenos (<250mm). Por outro lado, na cana crua, independentemente de estar dentro ou fora dos padrões preestabelecidos os considerados como rebolos perfeitos apresentaram o menor índice deterioração, atribuído em parte a maior concentração de açúcares para este tipo de cana.

De 1980 a 1983 foram lançadas as versões Rotor, Rotor I e Rotor II, da empresa Santal, com modificações e aprimoramentos técnicos surgidos nos testes de campo, em colaboração com universidades, técnicos de usinas, etc. Os problemas detectados, relativos à qualidade da matéria-prima e desempenho mecânico foram; aumento significativo de matéria estranha mineral e vegetal; dilaceramento dos rebolos de cana pelo lançamento do rotor, devido a falhas no corte e arremesso; perdas de cana; baixas capacidades efetivas, por problemas mecânicos; embuchamento e motor subdimensionado para canas acima de $120 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$; elevado centro de gravidade; corte irregular dos rebolos, ocasionado pelas velocidades iguais das facas e do rotor; dificuldade de acesso às partes vitais para manutenção; e posicionamento deficiente dos ventiladores. Para solucionar esses problemas técnicos foram feitas várias alterações, incorporadas no modelo Rotor III, como: abertura da bitola traseira para baixar o centro de gravidade da máquina; troca de motor, por um mais potente; mudança no ângulo de subida do colmo para reduzir impurezas; alteração no ângulo de corte do rebolo, alteração no recurvamento das aletas e mudanças na velocidade do picador, para reduzir as perdas de cana. Essas alterações, processadas ao longo de quatro a cinco anos, visaram recuperar os desequilíbrios técnicos causados pela inovação complementar do sistema de transporte interno e de limpeza nas colhedoras, inclusive, novas técnicas de circuitos e sistemas hidráulicos foram introduzidas em substituição aos acionamentos mecânicos, mudança esta qualificável como solução para desequilíbrios técnicos entre sistemas interdependentes (Veiga Filho, 1999).

Smith et al. (1985) estudaram a colheita da cana-de-açúcar crua na Austrália no período compreendido entre 1979 a 1983 e determinaram índices de matéria estranha variando de 7,41% a 8,24%.

Furlani Neto (1986), desenvolveu testes para apurar o desempenho da colhedora Rotor III, descrevendo os avanços técnicos obtidos pela empresa nesta última versão e nas três primeiras, cuja principal inovação consistiu na substituição do sistema de transporte interno dos colmos, efetuado por esteiras transportadoras, trocando-o pelo arremesso da matéria-prima, feita por um rotor com aletas radiais e um duto condutor, no qual se processa a limpeza através de ventiladores. Esta técnica de transporte substituiu com vantagens àquela constituída por correias e cujos componentes (eixos, engrenagens, rolamentos, etc) exigem constante manutenção.

Herrera & Linares (1986), fizeram estudos para verificar a eficiência de limpeza e as perdas provocadas pela colhedora KTP-1 em canaviais sem queima prévia, na província de Cienfuegos em Cuba. Os valores encontrados para índice de matéria estranha, índice de ponteiros e índice de palha foram 10,0%, 7,9% e 2,0% respectivamente.

A parte mais importante da matéria-prima para a indústria açucareira é o caldo de onde se obtém o açúcar e álcool. Além disto, da matéria prima se obtém os subprodutos, como vinhaça, torta de filtro, leveduras, óleo fúsel, etc. (Copersucar, 1989). A fibra é importante na produção de bagaço que é utilizado para queima nas caldeiras, permitindo a geração de energia térmica, também transformada em energia elétrica. Entretanto, um teor elevado de fibra, por característica da variedade ou por corte inadequado, pode reduzir o teor de sacarose (Stupiello, 1987).

Furlani Neto (1986), analisando a qualidade da matéria-prima para desponte da cana do 1º ao 3º internódio, do 4º ao 5º internódio e com a cana sem desponte em uma colhedora Santal 115, determinou que não houveram diferenças significativas entre estes tratamentos para a variável Brix % do caldo, porém houve diferenças na variável Pol % da cana para o tratamento do 4º ao 5º internódio quando comparado aos outros dois tratamentos.

Fernandes & Irvine (1986), citaram trabalhos sobre colheita mecânica de cana-de-açúcar na África do Sul, onde determinaram índice de matéria estranha na carga (folhas e pontas) de 6,0% a 17,0%, respectivamente. A quantidade de matéria estranha mineral na matéria-prima foi em torno de 0,3%. As perdas em campo variaram em torno de 2,0 a 10,0%.

Rodriguez et al. (1987), em estudo comparativo entre duas colhedoras de cana, KTP-1 e Toft 600, realizado em Cuba, relataram diferenças significativas de perdas totais na ordem de 13,62% e 7,55%, respectivamente.

Segundo Stupiello (1987), a cana-de-açúcar, como matéria-prima para indústria tem a seguinte composição tecnológica: fibra, entre 10-16%, constituída por celulose, lignina e pentanosas e caldo (84-90%), constituído de água (80%) e sólidos solúveis (20%). O Brix é composto por açúcares e não açúcares. Os açúcares são a sacarose, o componente mais importante, com teor médio entre 14,5 e 24%, a glicose com teor entre 0,2 e 1% e a frutose com teores entre 0 e 0,5%. Os não açúcares são compostos orgânicos e inorgânicos, representados pelas cinzas.

Os sistemas de corte de base e alimentação atualmente em uso apresentam restrições quanto à manutenção do corte das facas, capacidade de penetração no sulco, adição de solo juntamente com a cana, cortes múltiplos no mesmo pé de cana e tombamento da soqueira antes do corte. O cortador de base operando em contato contínuo com o solo e em alta velocidade não permite manter suas facas adequadamente afiadas para evitar perdas de cana. As perdas surgem na forma de tocos, frações de colmos e cortes múltiplos, mas o principal problema vem da grande quantidade de solo que os discos introduzem junto com os colmos, (Ridge & Dick , 1988).

Parazzi (1988), avaliou 5 variedades de 2º corte em 5 épocas, testando três alturas de desponte (sem desponte, desponte na folha +5 e na +8). A medida que se elevou a altura de desponte, diminuiu a qualidade tecnológica da cana, sendo o pior desempenho para a cana sem desponte. Em termos de peso ($t \cdot h^{-1}$), a diferença foi de 16,8% entre o desponte na altura da folha +8 e aquele sem, enquanto que para o ágio foi de 14,28%. Outro fato interessante registrado foi que à medida que a cana amadurece, a altura do desponte pode ser aumentada sem detrimento da qualidade.

Rozeff (1989), realizou ensaios para verificar os efeitos da velocidade de operação de colheita sobre o desempenho da colhedora, em cana queimada e cana crua, no Estado do Texas (USA). A máquina utilizada foi a Class 1400, em quatro diferentes velocidades de deslocamento, na variedade CP 70-321. Os resultados obtidos para cana crua foram, nas velocidades médias (em $km \cdot h^{-1}$) de: 1,42, 2,46, 4,18, 5,63, e nas capacidades efetivas brutas (em $t \cdot h^{-1}$): 17,4, 29,5, 54,2, 91,6 as seguintes:

índices de matéria estranha de 5%, 6,8%, 13,7% e 21,6%, frequência de comprimento de rebolos concentrada na faixa 15cm aos 38 cm e uma percentagem superior a 50% na quantidade de colmos perfeitos para as 4 velocidades analisadas.

Cerqueira Luz & Aloisi (1991), desenvolveram um estudo de comparação entre o sistema manual e o mecanizado e de cultivo e seus efeitos nos parâmetros tecnológicos Brix %, Pol % caldo, Pol % cana, Fibra % cana e Pureza % do caldo para o 2º, 3º e 4º cortes. Esses parâmetros não demonstraram diferenças significativas para o efeito tratamento de cultivo nos dois sistemas de corte, embora tenham detectado maiores índices para Fibra% cana no caso do sistema mecanizado. Como conclusão, o estudo adverte que houve redução no parâmetro Pureza % do caldo para colheita mecanizada, independentemente do 2º, 3º ou 4º cortes, e que seu uso consecutivo está relacionado com decréscimos nos parâmetros Brix % caldo, Pol % do caldo e acréscimo na Fibra % cana.

Selegato (1992), atribuiu como principais problemas no desempenho das colhedoras o dimensionamento inadequado de componentes, má escolha de materiais e projetos mal dimensionados. Seu estudo baseou-se em relatório de controle de manutenção de frota de uma usina, no qual se registraram como principais ocorrências, em uma determinada marca, a necessidade de intervenção no sistema picador (18,5%), no sistema elétrico (14,9%) e no sistema de corte de base (20,3%). No corte de base, o principal problema detectado ocorreu nas facas, que exigiu trocas e reparos, em 88,4% das vezes. No sistema picador houve ocorrência de troca e reparo no facão, em 90% delas, e no sistema elétrico houve falhas prematuras em alternadores, reguladores de voltagem e de relês. Em outra marca de colhedora utilizada houve vários problemas técnicos na parte elétrica, no sistema de picador e no corte de base, com altas frequências de trocas de lâmpadas, de facão e de facas, além dos motores hidráulicos.

Izumi & Ueno (1993) fizeram trinta ensaios no Japão para verificar perdas de matéria-prima no campo provocadas pela colhedora de cana Austoft 7000 em canaviais sem queima previa. As perdas de matéria-prima variaram em torno de 10 a 15%. Foram também observadas perdas significativas por deterioração dos rebolos de cana durante o transporte e armazenamento na indústria, mas foi impossível de quantificar com precisão.

Shaw & Brotherton (1992) avaliaram na Austrália a colheita mecanizada de cana-de-açúcar sem queima prévia. As perdas de matéria-prima e os índices de matéria estranha encontrados foram de 9,0 a 12,0%, respectivamente. A colheita de cana crua influenciou positivamente a qualidade do açúcar, quando comparada com a colheita em canaviais previamente queimados.

Segundo Romero et al.(1993a), o êxito das operações de colheita inicia com uma programação especializada para o treinamento do pessoal encarregado da operação das colhedoras. Essa programação inclui conhecimentos básicos de mecânica e hidráulica para que o operador tenha condições de detectar e evitar danos maiores à máquina além de servir de ajuda a equipe de mecânicos durante os reparos no campo. A jornada de trabalho também se apresenta como fator importante na operação de colheita já que é constatado que a partir de 4 horas consecutivas de trabalho o rendimento e concentração do operador, diminuem, consideravelmente.

Romero et al. (1993b), realizaram ensaios de desempenho operacional de colhedoras mecânicas Class Gladiador e Class 2000, em canaviais sem queima prévia, em Tucuman na Argentina. As determinações foram feitas em canaviais variando de 60 a 140 t.ha⁻¹. Os resultados obtidos para os modelos Class Gladiador e Class 2000 são apresentados a seguir:

Class Gladiador					
Variedades	Velocidades (km.h ⁻¹)	Capacidades efetivas (t.h ⁻¹)	Perdas de matéria- prima (%)	Matéria- estranha (%)	Eficiências de limpeza (%)
CP 65 – 577	4,9	40	4,7	10	64
TUC 67 – 27	3,6	40	2,8	13	62
NA 56 – 79	5,7	51	7,0	10,7	65,5
CP 65 – 357	5,6	56	5,7	12	60
Class 2000					
Variedades	Velocidades de trabalho (km.h ⁻¹)	Capacidades efetivas (t.h ⁻¹)	Perdas de matéria- prima (%)	Matéria- estranha (%)	Eficiências de limpeza (%)
CP 65 – 357	5,8	58	6,6	7,8	56
TU 77 – 42	3,5	31	7,2	5,3	71

Cardenas & Diez (1993), em experimento realizado no laboratório da EEAO³ na Argentina para o caldo extraído e adicionando concentrações crescentes de solo com granulometrias diferentes, determinaram quedas nos rendimentos de Brix%, Pol% e Pureza% em torno de 15 a 17% quando moído junto com 5% de impurezas minerais e chegou a quase 30% quando moído com 20%.

Hurney et al. (1994) fizeram ensaios comparativos entre duas máquinas colhedoras de cana-de-açúcar, Class e TX 82, em canaviais com e sem queima prévia. Os valores obtidos foram os seguintes:

Máquinas	Tipos de colheita	Índices matéria estranha (%)	Perdas totais (%)
Class	Cana crua	4,2	7,0
	Cana queimada	3,7	5,0
TX 82	Cana crua	1,9	7,6
	Cana queimada	1,8	3,0

A Usina Bomfim, em ensaio realizado com colhedoras Class 2000 na safra de 1993 encontrou os seguintes resultados para qualidade da matéria-prima para oito variedades analisadas: Brix% do caldo 17,98, Pol% do caldo 15,49, Fibra% do caldo 11,33, Pureza% do caldo 85,9, Pol% da cana 13,36. Obteve, no mesmo ensaio, valores de 0,25% de impurezas minerais e de 5,22% de impurezas vegetais e as perdas no campo foram de 10,79 t·ha⁻¹ ou 9,74% entre ponteiros 0,57%, rebolos 3,39%, tocos 2,67% e inteiras 3,11% (Campos et al., 1994).

Ometto (1994), em estudo realizado com colhedoras Engeagro 8000 na usina São Martinho para a safra 92/93 obteve perdas no campo de 5,98% que compreendiam: tocos 1,44%, canas inteiras 0,17% rebolos 0,58% e frações de colmos 3,79%. Ao mesmo tempo que as impurezas minerais para essa safra ficaram em torno de 0,4% e as vegetais em 5,5%, com a cana sem desponte.

Carvalho Soares et al. (1994), avaliando uma colhedora Santal Amazon colhendo em cana crua na usina São Francisco (Sertãozinho), na safra de 1993, encontraram índices de impurezas vegetais e minerais de 4,8% e 0,12% respectivamente. A capacidade efetiva obtida foi de 60,40 t·h⁻¹.

³ EEAO: Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres"

Ridge (1994) estudando na Austrália a colhedora de cana Austoft 7000 em canaviais com e sem queima prévia, verificou que a adoção da colheita nesta última condição obteve resultados como: redução do tempo perdido devido a umidade provocada nos períodos chuvosos e diminuição nos custos na colheita. Os fatores desfavoráveis foram o aumento das perdas de matéria-prima no campo, acréscimo no índice de matéria estranha na matéria-prima, aumento do consumo de combustível e custos referentes a manutenção das colhedoras. No mesmo estudo realizado com 19 diferentes variedades de cana-de-açúcar foi avaliado também, o efeito do extrator primário nos níveis de matéria estranha e nas perdas de cana em vários modelos de colhedoras cortando cana verde e sem desponete, os resultados para as três diferentes rotações analisadas foram:

Velocidades do extrator (rpm)	Perdas de cana (t.h ⁻¹)	Matérias Estranhas (%)
1000	1,2	10,6
1250	3,7	8,5
1450	9,7	7,4

O Cenicaña (1995) fez um estudo da colhedora Austoft 7700 em canaviais sem queima prévia. A coleta de dados ocorreu em quatro usinas; Riopaila, Manuelita, Mayaguez e Castilla. A produtividade média dos canaviais foi de 104 t.ha⁻¹, variando de 86 a 116 t.ha⁻¹. A colhedora trabalhou 1.263 horas com uma eficiência de campo da ordem de 59%. Os resultados de desempenho são apresentados a seguir:

Colhedora Austoft 7700			
Capacidade Efetiva de campo (t.h ⁻¹)	Capacidade Teórica de campo (t.h ⁻¹)	Velocidade de trabalho (km.h ⁻¹)	Matéria estranha total(%)
26,74	45,21	2,82	9,82

Furlani Neto (1995) avaliou uma colhedora Santal em canaviais com e sem queima prévia, nas variedades SP 71-1406 e SP 71-6163. Os resultados de desempenho operacional encontrados em canaviais sem queima prévia para a variedade SP71-1406 e SP71-6163 foram:

Parâmetros	Variedade	
	SP 71-1406	SP 71-6163
Capacidade efetiva ($t \cdot h^{-1}$)	59,11	56,36
Matéria estranha vegetal(%)	5,59	10,70
Matéria estranha mineral(%)	0,46	0,90
Matéria estranha total(%)	6,05	11,60
Perdas frações de colmo(%)	1,11	0,15
Perdas colmos na soqueira(%)	0,70	0,50
Perdas frações rebolos(%)	0,35	0,29
Perdas rebolos(%)	1,69	0,79
Perdas totais(%)	3,85	1,73
Brix do caldo(%)	21,5	21,96
Pol do caldo(%)	18,56	20,30
Pureza do caldo(%)	86,28	92,44
Fibra% cana(%)	14,83	18,77
Pol% cana, corrigido(%)	14,54	15,23

As colhedoras da Austrália possuem capacidade efetiva de $120 t \cdot h^{-1}$, mas em boas condições de campo podem chegar a $180 t \cdot h^{-1}$. A colhedora em cana sem queima prévia chega a $60 t \cdot h^{-1}$, desempenho operacional considerado baixo, o que aumentam os custos de colheita, (Schembri & Garson, 1996).

Vitali & Domanti (1997), estudaram o comprimento ótimo dos rebolos e constataram que tamanhos de 0,20 a 0,25m de comprimento forneceram os menores custos no transporte, menor deterioração da cana, menor índice de matéria estranha e menores perdas. Rebolos que possuem comprimento abaixo de 0,20m e acima de 0,30m aumentaram, drasticamente, os custos provocados pelo aumento das perdas, matéria estranha, deterioração e transporte da matéria-prima.

Scandaliaries et al. (1997), fizeram levantamentos de 29 máquinas colhedora de cana-de-açúcar operando em cana crua, no ano de 1996 na Argentina. Os modelos das máquinas avaliadas foram os mais recentes lançados no mercado, sendo que cada uma colheu de 74.000 a 112.000 toneladas na safra em estudo. As 29 máquinas colheram de 325 a 628 toneladas por dia de safra. As perdas de tempo nas frentes de colheita foram em torno de 4,95 horas/dia, referentes a falta de transporte, problemas mecânicos, manutenção geral e outros. O índice de matéria estranha total variou de

5,5 a 6,5% sendo que, os maiores percentuais nos períodos secos e os menores nos chuvosos. As perdas de matéria-prima aumentaram consideravelmente quando a colheita foi efetuada durante a noite, oscilando em torno de 6,12 a 14,8%. O rendimento de fábrica da matéria-prima colhida foi de 0,2% em relação a colheita semi-mecanizada.

O Cenicaña (1997a) na Colômbia, fez uma avaliação em colhedoras combinadas operando em cana-de-açúcar sem queima prévia, na variedade CC 86-65 em uma área de 4,65 ha com produtividade média de 147 t.ha⁻¹. As colhedoras utilizadas foram: Austoft 7700 e Cameco CHT 2500. A matéria estranha colhida pelas máquinas foi de 8,3%, perdas de matéria-prima, em torno de 3,65% a eficácia de manipulação de 96,35%. Os resultados de desempenho obtidos se encontram a seguir:

Especificações	Austoft 7700	Cameco CHT 2500
Eficiências de Campo (%)	43	46
Velocidades (km.h ⁻¹)	2	1
Capacidades Efetivas de campo (t.h ⁻¹)	70,6	29,40
Capacidades Teóricas de campo (t.h ⁻¹)	47,6	13,40
Capacidades Efetivas Líquida (t.h ⁻¹)	68,02	28,32

Fors & Arias (1997), avaliando os efeitos da qualidade da matéria prima no desempenho de fábrica em El Salvador, verificaram que, para cada aumento de 1% de terra e folhas, significou um aumento de 0,30 e 0,36 no teor de fibra, respectivamente, e para cada aumento de 1% de ponteiros e raízes ocasionou decréscimos de 0,15 e 0,39 na pureza do caldo.

O Cenicaña (1997b) ensaiou a colhedora Austoft 7700, em canaviais sem queima prévia, em uma área de 4,8 ha, com a variedade CC 85-68 de 13,4 meses de idade, produtividade média de 211 t.ha⁻¹. A colhedora Austoft 7700 apresentou os seguintes dados de desempenho: eficiência de campo 51%, capacidade efetiva de campo 37,0 t.h⁻¹, capacidade teórica de campo 73,0 t.h⁻¹, matéria estranha em torno de 11,73%.

Norris et al. (1998) estudaram alternativas apropriadas para projetos de colhedora de cana na Austrália, avaliando o protótipo Massey Ferguson 405 e a colhedora Austoft 7000. O tamanho dos rebolos variaram de 0,25 a 0,30 m, não

havendo diferença significativa entre as duas máquinas nas condições analisadas. Os resultados de desempenho são apresentados a seguir:

Colhedoras	Velocidades (km.h ⁻¹)	Matérias estranhas minerais(%)	Matérias estranhas totais (%)	Rebolos perfeitos (%)	Rebolos danificados um lado (%)	Rebolos danificados dois lados (%)
Aust 7000	3	2,1	6,4	41,8	32,5	25,7
	5	2,9	7,1	36,1	39,0	24,9
	7	2,7	7,1	32,4	44,1	23,5
M F 405	3	0,7	2,6	51,2	31,8	17,0
	5	2,1	4,6	45,8	36,1	18,1
	6,5	0,4	5,1	42,5	36,8	20,7

Rivière et al. (1998), avaliando perdas de cana através dos extratores primários em colhedoras operando em cana crua determinou que a rotação do extrator não deve exceder as 1200 rpm em condições de colheita, para atingir os valores de perdas nos extratores e matéria estranha em níveis aceitáveis.

Kronka & Monteiro (1999) realizaram estudos na Usina Iturama, Estado de São Paulo na safra 98/99 com o objetivo de verificar a viabilidade operacional e econômica, da colhedora Brastoft 7700, em canaviais sem queima prévia. A colhedora operou com 64,64% de eficiência, jornada de trabalho de 15,48 horas por dia, sendo colhidas 133.834 toneladas por safra. A capacidade operacional encontrada foi de 37,67 t.h⁻¹.

Cury (1999) analisando desempenho operacional e econômico de duas colhedoras Brastoft utilizadas na usina na Usina Santa Helena no Estado de São Paulo, na safra 98/99 em cana crua, encontrou os seguintes resultados: eficiência de campo 64,45%, capacidade operacional 45,80 t.h⁻¹.

Strini Jr. (1999) apresentou os seguintes valores de desempenho operacional da colheita mecânica da cana-de-açúcar, por colhedora Austoft 7700, em cana crua, na Usina Junqueira no Estado de São Paulo na safra 98/99: Índice de matéria estranha mineral 0,5%, perdas totais 6,98 %, capacidade operacional 32,28 t.h⁻¹.

Magalhães & Braunbeck (1999), apontam nas colhedoras atuais de cana picada, 4 pontos principais onde ocorrem perdas de cana: cortador de base, rolos alimentadores, picador e extratores. Valores típicos das perdas visíveis nas colhedoras de cana picada variam entre 2 a 6%, dependendo de vários fatores conforme levantado

por Moraes & Neves (1997a), durante a avaliação de algumas colhedoras. As perdas invisíveis, mais difíceis de se detectar, podem chegar a valores entre 5 e 20% (Moraes, 1992). Em um trabalho mais recente avaliando em condições controladas de laboratório Moraes & Neves (1997b), avaliaram a colhedora AUSTOFT A-7000, observam que o total de perdas visíveis totalizou entre 2,1% a 5,4% sendo que as maiores perdas ocorreram no corte de base e em segundo lugar em decorrência da ação dos facões picadores.

Nery(2000) em ensaio realizado com colhedora de rodado de esteiras, em cana crua obteve os seguintes valores.

PARÂMETROS	V1	V2	V3	V4
Velocidades médias de deslocamento (km.h ⁻¹)	1,34	2,66	5,27	7,68
Capacidades Efetivas Brutas(t.h ⁻¹)	16,29	36,29	87,67	110,18
Eficácias de manipulação (%)	93	92	89	91
Capacidades Efetivas Líquidas (t.h ⁻¹)	15,18	33,61	79,01	100,34
Perdas de colmos e frações (%)	2,11	2,59	0,62	2,64
Perdas de rebolos (%)	0,0	0,0	1,18	0,0
Perdas de Frações de rebolos (%)	3,14	3,96	4,16	4,07
Perda de colmo na soqueira (%)	0,85	0,36	3,93	2,10
Perdas Totais (%)	6,10	6,91	9,89	8,81
Perdas de Raízes (t.ha ⁻¹)	0,0	0,58	0,08	0,9
Índices de matéria estranha vegetal (%)	8,42	10,88	7,19	8,40
Índices de matéria estranha mineral (%)	0,07	0,45	0,08	0,66
Índices de matéria estranha total (%)	8,49	11,33	7,27	9,06
Brix(%) do caldo	18,37	17,95	17,8	17,60
Pol (%) do caldo	15,65	15,21	15,03	15,09
Pureza (%) do caldo	85,17	84,77	84,40	85,71
Fibra (%) da cana	15,21	14,99	15,71	14,56
Pol (%) da cana	12,52	12,22	11,92	12,21
Terra (kgf)	0,10	2,38	3,29	3,48
Rebolos perfeitos (%)	80	70,9	65,8	35
Rebolos macerados 1 lado (%)	20	21,5	27,8	40
Rebolos macerados 2 lados (%)	0,0	7,6	6,4	25

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Os estudos e determinações de campo contidos neste trabalho foram realizados entre os dias 7 a 15 de julho de 1998, na Fazenda “Pasto Velho” pertencente à Usina da Barra, localizada no município de Barra Bonita Estado de São Paulo. A área foi identificada como talhão .9, zona 1258, com uma extensão aproximada de 8,61 ha e com uma declividade de 2%. As coordenadas geográficas e altitude média estão descritas a seguir:

- Latitude: 22° 35 ' 24" S
- Longitude: 48° 38 ' 09" W
- Altitude 546 metros em relação ao nível do mar.

O solo foi classificado como sendo um latossolo roxo-argiloso com os talhões sistematizados para colheita mecanizada. A variedade plantada foi a RB 83-5089, em terceiro corte, plantada no espaçamento de 1,40m. Foram utilizadas colhedoras existentes no mercado brasileiro , as quais, aqui são denominadas de colhedora “A” e colhedora “B”.

Utilizou-se ainda de outros equipamentos para mensuração dimensional e ponderal do material colhido (cronômetros, célula de carga com fundo de escala 0,5 kgf, sacaria plástica, estacas, trenas, piquetes, fita crepe, etiquetas, canetas, corda de nylon, tambores de 200 litros de capacidade, rádio transmissores, estrutura triangular de metal, facões, latas de alumínio, fichas de campo, lonas de plástico, tratores e carretas para transbordo, caminhões para transporte de matéria prima, caminhão

bombeiro, comboio de manutenção e de abastecimento) e material para determinação de análise tecnológica, efetuado pelo laboratório de análise de cana da Usina.

3.1.1. Máquina Colhedora “A”

Tanto para a colhedora “A” como para a “B” foi utilizado um mesmo operador para evitar, ao máximo, possíveis diferenças de manejo das máquinas dentro do canavial.

Características	
Procedência	Importada
Peso em ordem de marcha	12.000 kgf
Rodados	4 apoios com pneus
Pneus dianteiros	23.1 – R28 166A8
Pneus Traseiros	14.5/75 – 20
Ano de fabricação	1997
Transmissão	Hidrostática (caixa 3 veloc.)
Motor	Caterpillar 3126
Potência Nominal	170 kW (228 cv)
Horas de trabalho	350 horas registradas no odômetro.
Sistema de limpeza	1 ventilador tipo centrífugo com 1 saída. (mecânico)

Figura 1. Desenho esquemático da Colhedora "A"

3.1.2. Máquina Colhedora "B"

Características

Procedência

Importada

Peso em ordem de marcha

14.560 kgf

Rodados

4 apoios com pneus

Pneus dianteiros

24.5 – R32 16 PR

Pneus Traseiros

14.5/75 – 20

Ano de fabricação

1997

Transmissão

Hidrostática (caixa 3 veloc.)

Motor

Mercedes Benz V8 OM 442

Potência Nominal

213kW (290 cv)

Horas de trabalho

285 horas registradas no odômetro.

Sistema de limpeza

1 ventilador tipo centrífugo com 2 saídas. (hidráulico)

1 ventilador tipo centrífugo com 1 saída. (hidráulico)

Figura 2. Desenho esquemático da colhedora "B"

3.1.3. Características técnicas de funcionamento dos órgãos ativos das colhedoras

3.1.3.1. Despontador

Constituído por um cilindro hidráulico com dois discos de dedos e um de corte no caso da colhedora "A" e de dois discos de dedos e dois de corte para a colhedora "B". O despontador regula a altura de corte dos ponteiros, e também direciona o sentido destes de maneira que eles possam ser lançados para direita, esquerda ou ambos sentidos.

3.1.3.2. Levantadores de colmos

É o denominado de "pirulito" localizado na parte frontal da máquina e cuja função consiste em recolher os colmos acamados e deitados da linha de plantio, com o objetivo de submetê-los a operação de desponte e corte basal.

Tem a configuração cônica com espirais soldadas ao longo de sua face externa.

3.1.3.3. Corte Basal

Realizado através de dois discos providos de seis facas cada um. A regulagem da altura de corte é realizada por sistema hidráulico, com embreagem de segurança para evitar sobrecargas para a colhedora “A” e de duas embreagens de interrupção automática para o caso da colhedora “B”. O acionamento do corte é de tipo reversível para ambas as máquinas.

3.1.3.4. Sistema de alimentação

Constituída por rolos horizontais que tracionam os colmos inteiros cortados em direção ao picador. É composto por:

1. Rolos tombadores: tombam o colmo antes de haver o corte de base
2. Rolos levantadores: conduzem os colmos cortados para os rolos alimentadores
3. Rolos alimentadores: direcionam os colmos para os picadores

3.1.3.5. Picador

É do tipo tambor rotativo com duas laminas a 180° entre si, de 1400 mm de comprimento. Tem a função de cortar os colmos em pedaços proporcionando rebolos de tamanhos parcialmente uniformes. O acionamento pode ser reversível (colhedora “A”) ou mecânico (colhedora “B”).

3.1.3.6. Elevador de alimentação, sistema de limpeza

Conduz a cana picada dos picadores para o elevador de descarga por meio de roletes, e taliscas. Passando antes pelo sistema de limpeza que consiste de ventiladores (exaustores) de tipo centrífugo onde a matéria estranha é expelida pela parte traseira da máquina.

3.1.3.7. Elevadores de descarga

Direciona os rebolos vindos de dentro da máquina para fora dela, dotado também de roletes com taliscas. Possui ainda na extremidade final um conjunto exaustor-defletor que ajuda na limpeza e no direcionamento do material para dentro dos veículos de transporte.

3.2. Métodos

As determinações de campo foram efetuadas com base na metodologia proposta por Ripoli (1996), que recomenda primeiramente, a caracterização do canavial. Em seguida, o desempenho operacional e a qualidade do processamento abrangendo as seguintes determinações.

3.2.1. Caracterização do Canavial

3.2.1.1. Densidade média de colmos, ponteiros, folhas verdes e palhas

Para essas determinações foram demarcadas no talhão 12 áreas ao de 4,2 m², sendo cada uma de 3,0 metros ao longo da fileira de colmos por 1,4 metros entre fileiras. Esse material foi levado para fora do talhão do ensaio onde ocorreu a separação manual dos colmos, folhas secas (palha), folhas verdes e ponteiros. Essas frações foram devidamente acondicionadas e suas massas determinadas através de célula de carga. A massa de colmos obtida nessa avaliação é utilizada para estimar a produtividade agrícola do canavial, considerando o espaçamento (1,4 m) entre fileiras.

3.2.1.2. Porte do canavial

A caracterização do canavial define a condição básica em que foram realizados os ensaios.

Para o presente estudo foi utilizado o método proposto por RIPOLI et. al. (1996) no qual utilizase uma estrutura triangular conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3. Estrutura de ferro utilizada para determinar o estado de acamamento do canavial (Segundo Ripoli, 1996).

Na avaliação do estado do canavial no talhão 9, foram tomados 12 áreas ao acaso nos quais posicionou-se o gabarito com formato de triângulo retângulo. O cateto apoiado no solo tinha 1,00 m, de comprimento e serviu de referência para demarcar o intervalo de contagem do número de colmos em cada uma das 3 posições (acamado, deitado, ereto).

3.2.1.3. Comprimento médio dos colmos

A avaliação do comprimento dos colmos foi realizada tomando-se ao acaso 10 colmos de cada amostra retirada do talhão (12 áreas) procedendo-se na mensuração de seus comprimentos. Posteriormente, obteve-se a média aritmética e seu desvio padrão.

Figura 4. Estrutura utilizada no campo, para determinação do porte do canavial.

Figura 5. Coleta de amostra para caracterização das condições do canavial. Separação de folhas verdes, colmos, ponteiros e palhas.

3.2.2. Teor de água do solo

Foram tomadas 10 amostras, de solo, casualizadamente, na profundidade de 0-10 cm, com o objetivo de se obter um referencial sobre a maior ou menor probabilidade de arraste de matéria estranha mineral dentro do material colhido pela máquina por ocasião da maior ou menor umidade do solo. Utilizou-se o método de determinação gravimétrico padrão, com base na massa de solo seco em estufa à temperatura de 105-110 graus centígrados, até que se obteve uma massa constante das amostras.

3.2.2.1. Granulometria e classe textural do solo

Obtido a partir das mesmas amostras utilizadas para a determinação de teor de água do solo, através da homogeneização das amostras originais e utilizando o método de Steel & Bradfield (1934) que visa à obtenção da fração de argila. A obtenção da fração areia foi obtida a partir do peneiramento úmido (peneira 270–diâmetro de 0,053 mm) seguida de fracionamento por peneiramento a seco. Com os dados obtidos determinou-se a classe textural do solo, conforme Medina (1953), utilizando o diagrama triangular do “Soil survey staff”.

3.2.3. Grau de maturação da cultura

O canavial era de terceiro corte. O seu grau de maturação foi determinado pelo laboratório de análises de cana da Usina da Barra.

3.2.4. Desempenho Operacional das Colhedoras

Para cada uma das máquinas realizou-se 4 ensaios, correspondentes a 4 níveis diferentes de velocidades de deslocamento, com 4 repetições em cada nível de velocidade, totalizando 16 determinações. Assim, os ensaios para as duas máquinas

estudadas totalizaram 32 conjuntos de procedimentos de avaliação de desempenho a campo. Os níveis considerados de referência para as velocidades foram:

$$V_1 = 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}, V_2 = 3,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}, V_3 = 5,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}, V_4 = 7,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$$

O ajuste desses níveis de velocidade foi determinado através de testes preliminares, nos quais marcou-se as respectivas posições da alavanca do acelerador da máquina "A". Na máquina "B" existia um equipamento odométrico e indicador de velocidade, que possibilitou melhor controle da velocidade operacional.

3.2.4.1. Mensuração da velocidade operacional

A velocidade de deslocamento das colhedoras foi obtida cronometrando-se o tempo para percorrer 100m na fileira de cana. A máquina iniciava seu deslocamento a uma certa distância do ponto de início da cronometragem, de forma a estabilizar as condições de velocidade de deslocamento.

Após passar pelo ponto final de cronometragem, a máquina parava de deslocar-se porém mantinha em operação seus órgãos internos até o completo descarregamento do material colhido, no veículo de transbordo. Para cada repetição de velocidade para um mesmo ensaio de cada uma das máquinas avaliadas a parcela foi demarcada por dois pontos espaçados 100 m um do outro, ao longo da linha de cana. No talhão de ensaio retirou-se previamente as 4 primeiras linhas e os trabalhos tiveram início a partir da 5ª linha (10 m), para evitar o efeito de bordadura.

3.2.4.2. Determinação de perdas de matéria prima no campo

Determinada, segundo Ripoli (1996), como sendo a matéria-prima industrializável que permanece no campo, após a passagem da máquina. Os ensaios foram realizados com os dispositivos despontadores das máquinas desligados, com o objetivo de se avaliar unicamente o funcionamento dos mecanismos internos das duas máquinas ao longo da fileira de plantio, minimizando assim as perdas por ponteiros ocorridas dentro das áreas demarcadas para coleta de perdas no campo. Logo depois da passagem da colhedora na fileira de 100 metros demarcou-se duas áreas de 12,6

m², sendo esta formada por 3,0 m de comprimento ao longo da fileira de plantio e 4,2 metros de largura, para a determinação das perdas no campo. (Figura 6)

Figura 6. Esquema da área demarcada para coleta de perdas na matéria prima no campo.

Após a demarcação recolheu-se dentro de sacos plásticos devidamente identificados todo o material remanescente além dos restos de colmos da soqueira e os não colhidos pela máquina. (Figura 7).

Figura 7. Recolhimento de matéria-prima no campo na área amostrada.

Figura 8. Separação de matéria-prima na massa vegetal em uma área de amostragem

Figura 9. Pesagem das frações de matéria-prima no campo

A seguir o conteúdo dos diversos sacos foi depositado sobre uma lona plástica, separando-se nas seguintes porções: Colmos e suas frações(%), rebolos inteiros(%), frações de rebolos(%), rebolos na soqueira(%) e raízes arrancadas pelas máquinas expressas em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 8).

Posteriormente, todas as frações, separadamente foram pesadas, para determinação das perdas de matéria prima no campo (Figura 9)

3.2.4.3. Carga colhida em cada ensaio

Durante cada repetição, o veículo transbordador que acompanhava a colhedora (Figura 10) apresentava no interior da caçamba dois recipientes metálicos ($\frac{1}{2}$ tambor de chapa de ferro de 200 l) servindo como amostradores de material colhido para análise tecnológica. Após cada ensaio, os recipientes amostradores eram retirados. O veículo de transbordo bascula a carga numa carreta de transporte rodoviário e a sua caçamba foi limpa pelos operários da equipe técnica da Usina da Barra (Figura 11).

Figura 10. Colhedora e veículo de transbordo no momento da operação de colheita

Figura 11. Veículo de transbordo basculando a carga de uma repetição, na carreta de transporte rodoviário.

Cada carga foi devidamente identificada pelo código do ensaio e número da carreta rodoviária e encaminhada para a balança da indústria. O peso total da cana colhida em cada ensaio foi obtido pela soma do peso da carga da carreta com o peso das amostras contidas nos dois recipientes amostradores.

O conteúdo dos recipientes amostradores, logo depois de ter sido retirados do interior da caçamba do veículo de transbordo, foram pesados e o material contido num deles submetido à separação manual, o do outro recipiente foi enviado ao laboratório da unidade industrial da Usina da Barra.

3.2.4.4. Capacidade efetiva

Ripoli (1996), considera como sendo a quantidade de matéria prima processada pela máquina na unidade de tempo, na parcela padrão do ensaio, sendo esta líquida

(1), quando determinada a partir do produto entre capacidade efetiva bruta e eficácia de manipulação e também bruta (2) quando considerada diretamente a partir da quantidade de material liberado no veículo de transporte, sem levar em conta as perdas no campo e as impurezas contidas nas cargas, determinada pelas seguintes equações:

3.2.4.4.1. Capacidade efetiva líquida - CE_l

$$CE_l (t \cdot h^{-1}) = CE_b (t \cdot h^{-1}) \times EM (\%) / 100 \quad (1)$$

Onde:

CE_b = capacidade efetiva bruta;

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

3.2.4.4.2. Capacidade efetiva bruta - CE_b

$$\begin{aligned} CE_b (kg \cdot s^{-1}) &= W_e (kgf) \times T_e (s) \\ CE_b (t \cdot h^{-1}) &= CE_b (kgf \cdot s^{-1}) \times 3,6 \end{aligned} \quad (2)$$

Onde:

W_e = massa de produto colhido, lançado no veículo de transporte, durante o ensaio.

T_e = tempo cronometrado de ensaio, durante o qual recolheu-se a massa W_e .

3.2.4.5. Capacidade operacional - CO_p

Segundo Ripoli (1996), é a razão entre a quantidade de cana colhida e o tempo disponível de operação da máquina no campo. Neste estudo foram obtidas a partir dos dados das capacidades efetivas brutas correspondentes, multiplicadas pelas eficiências de campo de 45, 55, 65 e 75%. Sendo obtidas pela equação:

$$CO_p (t \cdot h^{-1}) = CE_b \times Ef (\%) / 100 \quad (3)$$

Onde:

CO_p = Capacidade operacional

CE_b = Capacidade efetiva bruta

$Ef(\%)$ = Eficiência de campo

3.2.4.6. Eficácia de manipulação EM(%)

Calculada, segundo Ripoli (1996), através da relação entre a quantidade (T_c) de rebolos de colmos colocados na unidade de transporte e a quantidade (TC) de colmos existentes na fileira de plantio, no estado natural, determinada através da equação.

$$EM (\%) = (T_c / TC) \times 100 \quad (4)$$

Onde:

$EM (\%)$ = Eficácia de manipulação

Em colhedoras combinadas (T_c) é função do material não colhido e não carregado, constituindo-se em perdas.

A quantidade de rebolos de colmos colocados na unidade de transporte (T_c) é obtida por separação e pesagem da carga (C) do veículo de transporte.

$$T_c = C - I \quad (5)$$

Onde:

I = quantidade de matéria estranha contida na carga (C)

3.2.4.7. Índice de matéria estranha na matéria-prima

Representada, segundo Ripoli (1996), pela quantidade de matéria estranha que acompanha a matéria-prima industrializável no veículo de transporte e denominada de Índice de Matéria estranha, constituindo-se dos seguintes índices:

- Índice de Ponteiros – IP (%) Quantidades em peso de ponteiros livre (PL) e de ponteiros aderidos (PA) aos rebolos e quantidade (C), correspondente aos rebolos na unidade de transporte.

$$IP (\%) = ((PL + PA) / C) \times 100 \quad (6)$$

- Índice de Folhas – IF (%) Relação entre a quantidade de folhas (tf) e a quantidade (C) de matéria prima na unidade de transporte, calculada por:

$$IF (\%) = (tf / C) \times 100 \quad (7)$$

- Índice de palhas – IP (%) Relação entre a quantidade em peso, de palhas (P) e a quantidade matéria-prima (C) contida no transporte, expressa por:

$$IP (\%) = (P / C) \times 100 \quad (8)$$

- Índice de Raízes – IR (%) Relação entre a quantidade, em peso, de raízes (R) contida na unidade de transporte (C), expressa por:

$$IR (\%) = (R / C) \times 100 \quad (9)$$

- Índice da Matéria Estranha Vegetal – IV (%) Quantidade total em peso de matéria-estranha vegetal que acompanha os colmos industrializáveis, na unidade de transporte, constituído de ponteiros, palhas e raízes e expressa por:

$$IV (\%) = IP (\%) + IF (\%) + IP(\%) + IR(\%) \quad (10)$$

- Índice de Matéria Estranha Mineral – IM(%) Relação entre a quantidade (T) de terra que acompanha a matéria-prima (C) na unidade de transporte, calculada por:

$$IM (\%) = (T / C) \times 100 \quad (11)$$

- Índice de matéria Estranha Total – IT (%) Determinado pela soma dos índices de Matéria Estranha Vegetal – IV (%) com o Índice de Matéria Estranha Mineral – IM (%) obtido por:

$$IT (\%) = IV. (\%) + IM (\%) \quad (12)$$

3.2.4.8. Qualidade tecnológica da matéria prima

Análises que determinam as características do produto colhido, obtidas em laboratório da unidade industrial da usina, a partir dos seguintes parâmetros tecnológicos:

- Brix (%) do caldo: Percentagem em peso de sólidos solúveis dissolvidos no caldo a 20 °C.
- Pol (%) caldo: Quantidade em peso de sacarose aparente em 100 g de solução.
- Pureza (%) do caldo: Quantidade em peso de sacarose contida nos sólidos totais dissolvidos.
- Fibra (%) da cana: Matéria-prima insolúvel em água, contida na cana.
- Pol (%) cana: Idem Pol (%) do caldo.
- Terra (%): Partes do solo que acompanham a cana-de-açúcar, provenientes da operação de colheita, considerados como matéria estranha.

3.2.4.9. Frequência de comprimento dos rebolos

Parâmetro que, segundo Ripoli (1996), indica a distribuição percentual dos rebolos obtidos dentro da máquina, é de particular importância quando o material coletado destina-se para o plantio de cana, devido a grande sensibilidade provocada pelas variações em tamanho de rebolos no sistema dosador das plantadoras automáticas.

Para essa determinação coletou-se 20 amostras de cada repetição e mediu-se seus comprimentos com uma régua de 0,005 m de acurácia. Em seguida construiu-se um gráfico de distribuição de frequência com intervalos de 0,01m.

3.2.4.10. Índice de cisalhamento dos rebolos

Esta determinação visa avaliar a qualidade do corte do mecanismo picador de rebolos.

Fez-se uma verificação visual em amostras de 40 rebolos para cada repetição, para se determinar em percentagem a quantidade de colmos perfeitos, macerados de um e/ou em ambas as extremidades.

Figura 12. Resultados das amostras obtidas na variação do comprimento de rebolos.

3.2.5. Delineamento Estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 , sendo duas máquinas (A) e (B) com quatro velocidades (1,5; 3,0; 5,0; e 7,0 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) e quatro repetições para cada velocidade, totalizando 8 determinações para cada variável analisada. A análise estatística foi efetuada através do sistema de análise estatística SANEST Aplicou-se o teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para verificar se as médias apresentavam diferenças significativas. Onde houve diferença entre as médias, aplicou-se o teste TUKEY para as comparações ao nível de 5% de probabilidade. Para a variável capacidade operacional não foi realizada análise estatística, por ser esta uma variável obtida através de eficiências de campo sugeridas e não de resultados obtidos a campo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do canavial

4.1.1. Densidade média dos colmos, ponteiros, folhas verde e palhas.

Os dados obtidos para avaliação prévia do canavial antes das determinações operacionais das colhedoras permitam obter os valores médios apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios para colmos, ponteiros, folhas verdes e palhas ($t \cdot ha^{-1}$), encontrados para as condições do canavial.

	Médias t/ha^{-1}	Desvios Padrão	Intervalos. Confiança.*
Ponteiros	6,56	2,32	1,31
Folhas verdes	14,08	3,63	2,06
Palhas	10,23	2,5	1,41
Colmos	145,4	38,85	21,64
Massa total	176,28	-	-
Produtividade do canavial	145,32	38,27	21,65

*Médias referentes a 12 coletas na área de estudo.

Figura 13. Resultados em peso e percentual das frações constituintes do canavial.

Conforme os resultados apresentados na Figura 13, pode-se observar que o total da massa vegetal do canavial foi de 176,28 t.ha⁻¹, dos quais 82,40 % constituiu-se de colmos de cana, ou seja, uma produtividade equivalente a 145,4 t.ha⁻¹. Os restantes 17,60% corresponderam ao palhicho que totalizou 30,87 t.ha⁻¹.

Os valores médios colhidos pelas máquinas "A" e "B" nas 32 repetições efetuadas podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade média de colmos colhidos pelas colhedoras "A" e "B" em 32 repetições de ensaio (t.ha⁻¹)

MÁQUINAS	MÉDIAS*	DESVIOS PADRÃO
"A"	123,03	8
"B"	129,44	10

* média de colmos colhidos pelas máquinas somadas às perdas de campo

A partir desses dados observa-se que existe uma diferença em torno de 15% a menos para máquina A e de 11% para máquina B quando comparadas a produtividade média de colmos encontrada no canavial.

Este fato pode estar associado a coletas das amostras uma vez que foi feita ao longo do talhão de 8,3 ha apresentando-se um desvio padrão de 38,85, enquanto que,

as 32 repetições utilizadas no ensaio só abrangeram uma área de 0,44 ha, obtendo-se desvios padrão de 8 e 10 para cada máquina. ou provavelmente em perdas onde não houve mensuração, denominadas de perdas invisíveis, que, segundo Moraes & Neves (1997a), podem chegar até 5,4 % do total encontrado. Já para De Beer (1980) podem atingir até 6,0%. Por fim, deve-se considerar que a produtividade média obtida na coleta de caracterização do canavial apresentou um desvio padrão de 38,25 t.ha⁻¹

Percebe-se que os valores médios de colmos colhidos pelas máquinas são praticamente iguais quando comparados entre si, ou seja, que os seus órgãos internos comportam-se de maneira similar dentro das linhas de cana.

4.1.2. Porte do canavial

Os resultados obtidos para porte do canavial são apresentados através da Figura 14. Da análise dos resultados obtidos constatou-se que 83,98% dos colmos do canavial estavam em posição ereta, o que, segundo Ripoli (1996) significa que o porte, para o canavial estudado, deve ser considerado ereto.

Figura 14. Porte do canavial analisado

4.1.3. Comprimento médio dos colmos

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para a variável, comprimento médio dos colmos onde o mais relevante ficou por conta do desvio padrão que foi de 2,7%, valor aceitável comparado com os 20% máximos recomendados por Ripoli (1996). O comprimento médio apresentado pelos colmos foi de 3,32m.

Tabela 3. Comprimento médio (cm) dos colmos para as 12 áreas analisadas.

Repetições	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	Média	Desvio Padrão
Comprimento (cm)	287	316	362	295	305	330	359	333	330	345	349	370	331,75	2,7

4.2. Teor de água do solo

Os valores obtidos para as cinco repetições encontram-se na Tabela 4. Os resultados obtidos variaram de 9,12 a 21,45%.

Tabela 4. Resultados de teor de água do solo para as cinco repetições analisadas

REPETIÇÃO	TEOR DE ÁGUA (%)
1	15,03
2	11,15
3	9,12
4	16,60
5	21,45

4.2.1. Granulometria e classe textural do solo

Os resultados para granulometria do solo foram de 31,4, 11,8 e 56,8%, para areia total, silte e argila, respectivamente. Pela análise textural do solo o resultado apontou para um solo classificado como Latossolo Roxo-Argiloso.

4.3. Grau de maturação da cultura

Os valores obtidos para Brix do caldo, Pol do caldo e fibra da cana foram 18,

15,2 e 15,1%, respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa de valores encontrados nas usinas e relatados por César & Silva (1993): Brix do caldo 13-18%, Pol do caldo 14-16% e fibra da cana 10-17%.

4.4. Desempenho operacional

4.4.1. Velocidade Efetiva de deslocamento

As velocidades efetivas de deslocamento para as duas máquinas diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade, quando aplicado o Teste F para todos os fatores considerados (velocidade, máquinas e máquinas x velocidades), conforme mostra a Tabela 1, no apêndice 1.

Verificou-se pelo teste de Tukey, que a máquina "A" diferiu estatisticamente ao nível de 5% da máquina "B" que obteve um valor maior que a primeira, ao mesmo tempo que as médias das velocidades V1, V2, V3, e V4 para as duas máquinas diferiram entre si ao nível de 5% e finalmente na interação máquinas x velocidades houve diferença significativa para máquina "B" na velocidade V4 onde observou-se um maior valor em $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, quando comparada com a máquina "A", na mesma velocidade conforme mostra a Tabela 2 do apêndice 1 e ilustrado pela Figura 15 a seguir.

Figura 15. Resultados de Velocidade efetiva de deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) para as máquinas "A" e "B".

4.4.2. Capacidade Efetiva Bruta – CE_b

A partir dos dados de análise de variância obteve-se o valor de F que revelou ser significativo ao nível 5% somente para o fator velocidade, conforme Tabela 3 no apêndice 1.

A partir dos dados do teste de F verificou-se pelo teste de Tukey que as médias do fator velocidade para as duas máquinas diferiram em todos os níveis ao nível de 5% conforme mostra a Tabela 4 no apêndice 1 e ilustrado pela Figura 16 a seguir.

Figura 16. Resultados Capacidade Efetiva Bruta (t.h⁻¹), máquinas “A” e “B”.

A capacidade efetiva bruta elevou-se com o aumento da velocidade em ambas máquinas confirmando a proposição de Rozeff (1989), sendo a Capacidade Efetiva Bruta função da velocidade. Nas velocidade V2 e V3 os resultados foram superiores aos obtidos por Romero et al.(1993) 40 t.h⁻¹ e 31 t.h⁻¹. As capacidades efetivas médias obtidas pelas duas colhedoras apresentaram melhorias em relação aos resultados dos modelos de anos anteriores: Soares et al. (1994) 60,40 t.h⁻¹, Furlani Neto (1996) 57,78 t.h⁻¹, Cenicaña (1997a) 70.60 t.h⁻¹, Cenicaña (1995) 45,21 t.h⁻¹, Cenicaña (1997b) 73,00 t.h⁻¹.

4.4.3. Capacidade Operacional - CO_p

A Capacidade Efetiva bruta obtida em cada tratamento foi multiplicada por 4 diferentes eficiências de campo: 45, 55, 65 e 75%. Estimando-se, desta forma, as 32 capacidades operacionais conforme a Figura 17.

Figura 17. Resultados das capacidades operacionais nos quatro níveis de velocidades com quatro eficiências de campo para a máquina "A" e máquina "B".

Verificou-se, tanto para a máquina "A" como para a máquina "B" que, a medida em que a velocidade de deslocamento da máquina aumenta, ocorre um aumento na capacidade operacional da colhedora (t.h⁻¹). Pode-se observar pelo gráfico da Figura 17 que a utilização de velocidades muito baixas para colheita poderá ocasionar a inviabilidade de utilização devido a baixa capacidade operacional apresentada nessas condições.

Observa-se ainda pelo gráfico da Figura 17, que a quantidade de toneladas de cana colhida por hora de trabalho foi menor na máquina "A" quando comparada com a máquina "B", para as velocidades V2 e V4 em todas as eficiências analisadas, ficando maior essa diferença na velocidade V4, enquanto que para as velocidades V1 e V3 a máquina "B" obteve os melhores resultados de Capacidade Operacional.

Os resultados obtidos para capacidade operacional na velocidade V4 com uma eficiência de campo de 45% foram superiores nas duas máquinas aos relatados por Cenicaña (1997a) 47,60 t·h⁻¹, a 43% de eficiência de campo para a colhedora Austoft 7700. Os valores obtidos nas velocidade V2 a 75% foram superiores aos obtidos por Cenicaña (1995) 26,74 t·h⁻¹. Os resultados obtidos em média para a colhedora “A” e “B” a 65% de eficiência de campo foram superiores aos encontrados por Cury (1999) 45,80 t·h⁻¹. Comparando os resultados obtidos com os valores encontrados por Nery (2000) observa-se que as duas colhedoras obtiveram valores de capacidade operacional em t·h⁻¹, maiores em todas as eficiências de campo aplicadas nas 4 velocidades analisadas.

4.4.4. Eficácia de Manipulação – EM(%)

A partir da análise de variância realizada através do Teste F, Tabela 5 do apêndice 1, verificou-se que houve diferenças significativas ao nível de 5% para os fatores velocidade e máquina. Aplicou-se o teste de Tukey de comparação de médias conforme mostra a Tabela 6 no apêndice 1.

A partir dos resultados da Tabela 6 verifica-se que houve diferenças significativas ao nível de 5% para os dois fatores (máquinas e velocidade) sendo que a máquina “A” apresentou um melhor desempenho para esta variável que a máquina “B” e a velocidade V1 foi a única velocidade que diferiu significativamente ao nível de 5% de probabilidade. Conforme mostra a Figura 18.

Os valores encontrados nas determinações foram menores que os encontrados por Cenicaña (1997a) 96,35%, para colhedora de esteiras em cana crua. Na velocidade V2 os valores obtidos pelas máquinas avaliadas ficaram próximos dos obtidos por Nery (2000) 92%, já o resultado para a velocidade V1 na máquina “A” ficou próximo e na máquina “B”, na mesma velocidade, foi inferior aos 93% obtidos pelo mesmo autor. Para as velocidades V3 e V4 os resultados das máquinas analisadas foram superiores aos encontrados por Nery (2000) 89 e 91% respectivamente.

Figura 18. Resultados variável Eficácia de Manipulação (%) para as máquinas “A” e “B”

4.4.5. Capacidade efetiva líquida – CE_l

A partir da análise estatística, verificou-se um valor de F significativo ao nível de 5%, para o fator velocidade como mostra a Tabela 7 do apêndice 1.

Com a aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, Tabela 8 do apêndice 1, nota-se que todas as velocidades diferiram entre si, sendo a velocidade V4 a que atingiu o maior valor e a velocidade V1 o menor em t.h⁻¹. Como ilustra a Figura 19.

Figura 19. Resultados da variável Capacidade Efetiva Líquida para as máquinas A e B.

Na velocidade V3 os valores obtidos em ambas máquinas foram superiores dos encontrados por Mialhe e Carraro Neto (1993) $73,47 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ para a velocidade de $3,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na colhedora Class CC 2000. Nas velocidades V3 e V4 os valores foram maiores que os encontrados por Cenicaña (1997a) $68,02 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ na colhedora Austoft 7700.

4.5. Perdas de matéria-prima no campo

4.5.1. Na forma de Colmos e Frações de colmos

Depois da aplicação do Teste de F ao nível de 5%, a análise não revelou diferenças significativas, para os três fatores analisados (máquinas, velocidade e máquinas x velocidade) conforme mostra a Tabela 9, no apêndice1.

A Figura 20 mostra as variações de perdas de colmos e frações de colmos encontradas para as máquinas "A" e "B" nos quatro níveis de velocidades analisados.

Figura 20. Resultados de Perdas de Colmos e suas frações nas velocidades analisadas para a máquina "A" e máquina "B".

As velocidades V1, V2 e V4 obtiveram perdas de colmos e frações, menores que os obtidos por Lima (1994) 2,40% para a colhedora Engeagro 8000 em cana crua e similares aos encontrados por Furlani Neto (1995) 0,15 e 1,11 % em duas variedades de cana crua. Os resultados obtidos pelas duas máquinas avaliadas apresentam melhorias em relação aos modelos mais antigos comparados com os valores obtidos por Irvine (1986), 2,0 a 10% de perdas.

4.5.2. Na forma de rebolos inteiros

Através da análise de variância realizada pelo Teste F ao nível de 5% verificou-se que não houve diferenças significativas ao nível de 5% para os três fatores analisados. Conforme a Tabela 10, do apêndice 1.

Figura 21. Resultados das perdas de rebolos inteiros para as máquinas "A" e "B".

A Figura 21 mostra as variações obtidas de perdas de rebolos inteiros pelas colhedoras "A" e "B" nos quatro níveis de velocidade analisados.

Os valores médios obtidos para ambas máquinas, foram similares aos encontrados por Furlani Neto (1995) 1,69%, Cenicaña (1997a) 1,4%, Lima (1994) 1,49%

4.5.3. Na forma de Frações de Rebolos

As frações de rebolos encontradas no campo após a colheita, apresentaram diferenças significativas para os três fatores analisados quando aplicou-se o Teste F ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra a Tabela 11, do apêndice 1. Aplicando-se Teste de Tukey (Tabela 12 do apêndice 1) observa-se que a máquina "A" obteve em média uma maior perda de rebolos quando comparada com a máquina "B", e que as perdas em média das velocidades foram estatisticamente iguais nas velocidades V2, V3 e V4 sendo que o maior nível de perdas para esta variável ocorreu para a velocidade V1. As perdas para frações de rebolos na máquina "A" foram significativamente maiores para a velocidade V1 e foram diminuindo nas velocidades V2 e V3, as quais foram estatisticamente iguais, e as perdas de frações de rebolos na velocidade V4 apresentaram diferenças significativas em relação a velocidade V1 e também para as V2 e V3. Conforme mostra a Figura 22 a seguir.

Figura 22. Resultados das perdas de frações de rebolos para as máquinas "A" e "B".

A máquina "B" apresentou perdas para frações de rebolos significativamente maiores para a velocidade V1 que mostrou diferença significativa da velocidade V2. A velocidade V3 não diferiu, significativamente, da V2 e também não diferiu significativamente da velocidade V4.

Na medida em que houve aumento na velocidade de colheita ocorreu diminuição de perdas na forma de frações de rebolos.

Os valores médios encontrados nas velocidades V1, V2, V3, e V4 foram relativamente altos, em relação aos encontrados em modelos anteriores por Furlani Neto (1995) 0,35 a 0,29% para as variedades SP 71-1406 e SP 71-6163, sem queima prévia.

4.5.4. Na forma de Frações de Rebolos na soqueira

Os dados obtidos através da análise do Teste F indicam que não houve diferenças significativas ao nível de 5% para essa variável como mostra a Tabela 13, do apêndice 1.

A Figura 23 mostra as variações obtidas para a variável perdas de rebolos na soqueira para as máquinas "A" e "B" nos quatro níveis de velocidade analisados.

Figura 23. Resultados de perdas de frações de rebolos na soqueira para as máquinas "A" e "B"

Os valores médios encontrados nas duas máquinas foram superiores aos indicados por Lima (1994) 0,82% para a colhedora Engeagro 8000 e Furlani Neto (1995) 0,75 e 0,50% .

4.5.5. Raízes Arrancadas

A análise de variância para a variável raízes arrancadas, não demonstrou diferenças significativas ao nível de 5%, conforme a Tabela 14 do apêndice 1.

Figura 24. Resultados de perdas por raízes arrancadas pelas máquinas "A" e "B".

A Figura 24 mostra a variação dos resultados obtidos para a variável perdas por raízes arrancadas pelas máquinas "A" e "B" nos quatro níveis de velocidade analisados. Houve perdas mínimas por raízes arrancadas, o que sugere um bom sincronismo do mecanismo de corte base.

Os resultados obtidos para esta variável para as duas máquinas difere do comportamento sugerido por Rozeff (1989) que indica que a medida que aumenta a velocidade de deslocamento existe aumento na quantidade de raízes arrancadas.

4.5.6. Perdas totais de matéria-prima

Pela análise de variância realizada para a variável perdas totais de matéria-

prima observa-se que houve diferenças significativas para os fatores máquina e velocidade conforme Tabela 15, do apêndice 1.

Ao aplicar o Teste de Tukey verificou-se que o comportamento das máquinas foi estatisticamente diferente ao nível de 5% sendo a máquina "A" a que obteve menores perdas, em média, e a Velocidade V1 ocasionou maiores perdas de matéria-prima no campo. As velocidades V2, V3 e V4 não apresentaram diferenças significativas para as duas máquinas estudadas conforme a Tabela 16 do apêndice 1. e ilustrada pela Figura 25 a seguir.

Figura 25. Resultados da variável perdas totais de matéria-prima no campo para as máquinas "A" e "B".

Observa-se também que houve uma tendência para diminuição de perdas totais de matéria-prima a medida em que se aumentava a velocidade de deslocamento na máquina "B".

Os resultados médios obtidos para a colhedora "A" ficaram próximos dos obtidos por Lima (1994) 4,71%, Moraes e Neves (1997b) 1,4 a 5,6% e Cenicaña (1997a) 3,65%. Para a colhedora "B" as médias obtidas ficaram próximas das relatadas por Scandaliães et al. (1997) 6,12 a 14,8 % e Dick & Greves-James (1992) 5,5 a 19,9%.

Os resultados médios para perdas de matéria-prima no campo para as duas colhedoras nas quatro velocidades analisadas encontram-se resumidas na Tabela 5.

Tabela 5. Resumo dos valores médios de perdas de matéria-prima no campo e total de raízes arrancadas para as colhedoras "A" e "B".

COLHEDORA	VARIÁVEIS	NÍVEIS DE VELOCIDADE			
Máquina "A"		V1	V2	V3	V4
	Colmos e Frações (%)	0,46	0,73	0,40	0,72
	Rebolos inteiros (%)	1,84	1,27	1,60	1,30
	Frações de rebolos(%)	3,09	1,22	1,04	1,18
	Rebolos nas soqueiras(%)	1,98	1,56	2,05	0,72
	Perdas totais (%)	7,37	4,79	5,09	3,93
	Raízes (t.ha ⁻¹)	0,59	0,00	0,00	0,04
Máquina "B"		V1	V2	V3	V4
	Colmos e Frações (%)	1,03	0,00	0,00	0,25
	Rebolos inteiros (%)	2,55	1,77	1,69	1,41
	Frações de rebolos(%)	9,57	5,82	4,29	2,76
	Rebolos nas soqueiras(%)	0,98	1,08	1,45	1,12
	Perdas totais (%)	14,13	8,66	7,43	5,55
	Raízes (t.ha ⁻¹)	0,06	0,01	0,04	0,00

4.6. Análise da Matéria Estranha no material colhido

4.6.1. Índice de Ponteiros – IP(%)

Através da aplicação do Teste F ao nível de 5%, constatou-se que não houve diferenças significativas no nível analisado, para os três fatores, segundo a Tabela 17 do apêndice 1.

Figura 26. Resultados de massa de ponteiros contidos na matéria-prima colhida para as máquinas "A" e "B".

A Figura 26 mostra a variação dos resultados obtidos para a variável índice de ponteiros para a máquina "A" e máquina "B" nos quatro níveis de velocidade analisados.

Os resultados obtidos pelas duas máquinas analisadas podem ser considerados altos e, segundo Rozeff (1989), podem causar diminuição na pureza do caldo. Estes resultados podem estar relacionados ao fato da máquina ter operado no ensaio com o despontador desligado. Os resultados estão abaixo dos resultados obtidos por Herrera & Linares (1986) 7,9 % para a velocidade V1 e também abaixo dos

relatados por Nery (2000) para as quatro velocidades analisadas 7,06, 6,72, 4,38 e 5,25%.

4.6.2. Índice de Folhas – IF(%)

Pela Tabela 18, do apêndice 1, pode-se observar que a análise de variância do Teste F foi significativa ao nível de 5% para o fator máquinas.

Com a aplicação do Teste de Tukey (Tabela 19 do apêndice 1), ao nível de 5% de probabilidade verificou-se que as máquinas foram diferentemente significativas sendo a máquina “A” a que obteve maior índice de folhas no material colhido, 2,02 %, contra 1,08% da máquina “B”.

Observa-se que na máquina “A”, a medida que houve aumento na velocidade de deslocamento da máquina, houve também aumento no índice de folhas no material colhido. Na máquina “B” o comportamento é diferente pois observa-se um valor máximo logo na velocidade V1, que em seguida atingiu o valor mínimo na velocidade V2 e na velocidade V3 houve um aumento inferior ao da velocidade V1 subindo de novo até um valor V4 superior ao valor de V3 e próximo da velocidade V1. Conforme ilustrado pela Figura 27.

Figura 27. Resultados da variável índice de palha para as máquinas “A” e “B”.

Os valores obtidos para as duas máquinas na velocidade V1 foram superiores aos relatados por Nery (2000) 0,38%. Nas velocidades V2 e V3 o resultado obtido para a máquina “A” foi superior e para a máquina “B” foi inferior ao obtido pelo mesmo

autor, 1,12% e finalmente na velocidade V4 os resultados das máquinas "A" e "B" foram superiores a 1,16% resultado obtido para essa velocidade naquele ensaio.

4.6.3. Índice de Palhas – IPa(%)

Para a quantidade de palhas encontradas na matéria-prima, a análise estatística não apresentou diferenças significativas com a aplicação do teste F, ao nível de 5% de probabilidade, conforme Tabela 20 do apêndice 1. A Figura 28 mostra a variação dos resultados obtidos para a variável índice de palhas nas quatro velocidades analisadas.

Os resultados obtidos para a V1 na máquina "A" foi próximo do obtido por Herrera & Linares (1986) 2,0%. Os demais resultados nas demais velocidades nas duas máquinas avaliadas foram inferiores aos valores encontrados pelo mesmo autor.

Figura 28. Quantidade de palha encontrada na matéria-prima nas máquinas "A" e "B"

4.6.4. Índice de Raiz – IR(%)

O índice de raiz encontrado na matéria-prima não foi significativo com a aplicação do Teste F ao nível de 5% probabilidade conforme apresenta o resumo da Tabela 21 do apêndice 1.

A Figura 29 mostra a variação de resultados obtidos para a variável índice de raiz, para as quatro velocidades analisadas. Nota-se a partir do gráfico que à medida que a colhedora aumenta a sua velocidade de colheita aumenta também o índice de raízes colhidas por ela, possivelmente devido à dificuldade encontrada pelo operador para conseguir manter o nível de corte basal constante causado pelo próprio aumento da velocidade.

Fors & Arias (1997) relatam que para cada 1% de aumento no índice de raízes pode ser provocado um decréscimo de 0,39 na pureza do caldo. Segundo Rozeff (1989), um índice de raízes elevado pode aumentar o teor de fibra da cana.

Os resultados obtidos nas duas máquinas foram inferiores nos quatro níveis de velocidade aos encontrados por Nery (2000) 0,86, 0,67, 0,81, 1,26%.

Figura 29. Percentuais de raízes encontradas na matéria-prima para as duas máquinas estudadas.

4.6.5. Índice de Matéria Estranha Vegetal – IV(%)

Para a variável matéria estranha vegetal que representa a somatória de IP, IF, Ipa e IR, a análise estatística realizada através da aplicação do Teste F, não apresentou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra a Tabela 22 do apêndice 1.

A Figura 30 mostra a variação dos resultados obtidos para a variável índice de matéria estranha vegetal, nos quatro níveis de velocidade analisados.

Os valores encontrados para as duas máquinas analisadas na variável matéria estranha vegetal podem ser considerados baixos para condições de canavial sem queima prévia, pois os valores foram menores que os relatados por Fernandez & Irvine (1986) 6,0 a 17,0%, Furlani Neto (1995) 5,59 a 10,70%, Moraes & Neves(1997b) 8,5 a 11,2 %. Menores valores foram encontrados por John (1992) 1,0 a 2,0%, Lima (1994) 5,5 % para condições de cana crua.

As velocidades V1, V2, V3 e V4 apresentaram, em média, resultados menores aos encontrados por Nery (2000) 8,42, 10,88, 7,19 e 8,40% para a variável índice de matéria estranha vegetal.

Figura 30. Índice de matéria estranha vegetal encontrada na matéria prima para as duas máquinas analisadas

4.6.6. Índice de Matéria Estranha Mineral - IM

A matéria estranha mineral encontrada na matéria-prima, obteve na análise estatística valor de F significativo ao nível de 5% de probabilidade para o fator máquinas x velocidades (interação) conforme ilustrado na Tabela 23 do apêndice 1.

A partir da aplicação do Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, observa-se que houve diferenças significativas entre as duas máquinas para a velocidade V4, onde a máquina "A" obteve um valor de 0,51% para o índice de matéria estranha mineral contra 0,88% da máquina "B". Na máquina "A" o índice de matéria estranha mineral foi maior para a velocidade V4, que diferiu estatisticamente ao nível de 5% das velocidades V2, e V3, e a velocidade V1, foi significativamente diferente da velocidade V4 e das velocidades V2 e V3. As velocidades V2 e V3 não deferiram significativamente entre si. Para a máquina "B" não houve diferenças significativas entre as quatro velocidades analisadas, conforme mostra a Tabela 24 do apêndice 1 e ilustrado pela Figura 31 a seguir.

Figura 31. Resultados obtidos para a variável Índice de Matéria Estranha Mineral para as máquinas "A" e "B".

Os valores encontrados na velocidade V1 e V2 na máquina "A" foram próximos aos encontrados por Fernandes & Irvine (1986) 0,3%, John (1992) 0,3 e 0,2%, Lima (1994) 0,2%, Furlani Neto (1995) 0,46%, Moraes & Neves (1997b) 0,1 a 0,5%, Strini Jr. (1999) 0,5%, e inferiores ao da Velocidade V1 na máquina "B".

A velocidade V4 esteve próxima do valor encontrado por Norris et al. (1998) 2,9% para a variável índice de matéria estranha mineral.

4.6.7. Índice de Matéria Estranha Total – IT(%)

O índice de matéria estranha total, que é a somatória de IM e do IV, não apresentou diferença estatística significativa quando aplicou-se o Teste F, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra a Tabela 25 do apêndice 1.

A Figura 32. mostra a variação dos resultados obtidos para a variável índice de matéria estranha total, para as máquinas "A" e "B", nos quatro níveis de velocidades analisados.

Os resultados obtidos para as duas máquinas em média, foram diferentes aos encontrados em canaviais sem queima prévia por Herrera & Linares (1986) 10%, Shaw & Brotherton (1992) 4,42% , Lima (1994) 5,5%, Dick & Greves-James (1992) 5,1 a 16,1%, Smith et al. (1985) 7,41 a 8,24% , Romero et al. (1993) 5,3 a 13%, Scandalariis et al. (1997) 5,5 a 6,5%, Hurney et al. (1994) 1,8 a 4,2%.

Figura 32. Índice de matéria estranha Total encontrada na matéria-prima para as duas máquinas analisadas

As velocidades V1, V3 e V4 para as duas máquinas ficaram próximas dos valores obtidos por Nery (2000) 8,49, 727, 9,06%. Na velocidade V2 as duas máquinas foram inferiores aos 11,33%, valor encontrado pelo mesmo autor

Os resultados médios da matéria estranha contida na matéria-prima provocada pelas colhedoras nas quatro velocidades avaliadas, aparecem resumidos na Tabela 6.

Tabela 6. Resumo dos resultados médios da matéria estranha contida na matéria-prima para as máquinas "A" e "B".

COLHEDORAS	VARIÁVEIS	NÍVEIS DE VELOCIDADE			
Máquina "A"		V1	V2	V3	V4
	Índices de Ponteiros (%)	4,00	6,07	3,26	2,94
	Índices de Folhas (%)	0,88	2,30	2,37	2,54
	Índices de Palhas(%)	2,16	0,39	0,47	0,87
	Índices de Raízes(%)	0,02	0,02	0,00	0,08
	Índices de Matéria estranha Vegetal (%)	7,06	8,77	6,10	6,43
	Índices de Matéria estranha Mineral (%)	0,51	0,27	0,16	2,88
	Índices de Matéria estranha Total (%)	7,57	5,68	6,25	9,31
Máquina "B"		V1	V2	V3	V4
	Índices de Ponteiros (%)	6,03	5,53	3,70	5,12
	Índices de Folhas (%)	1,50	0,69	0,90	1,25
	Índices de Palhas(%)	0,27	0,21	0,57	0,93
	Índices de Raízes(%)	0,00	0,00	0,00	0,55
	Índices de Matéria estranha Vegetal (%)	7,80	6,83	5,16	7,84
	Índices de Matéria estranha Mineral (%)	0,88	0,00	0,00	0,00
	Índices de Matéria estranha Total (%)	8,69	6,83	5,16	7,84

4.7. Qualidade Tecnológica da Matéria-Prima

4.7.1. Brix (%) do caldo

A análise tecnológica para a variável Brix % do caldo não apresentou diferenças significativas com a aplicação do Teste de F, ao nível de 5% de probabilidade, para os três fatores analisados: máquinas, velocidades, máquinas X velocidades, conforme mostra a Tabela 26 do apêndice 1.

A Figura 33 mostra as variação dos resultados obtidos para a variável Brix (%) do caldo, para as máquinas "A" e "B", nos quatro níveis de velocidades analisados.

Percebe-se que para a máquina "A" a medida que aumenta a velocidade de colheita, diminui o valor de Brix (%) do caldo. Na máquina "B" a tendência é praticamente a mesma sendo que para as velocidades V2 e V3 houve uma inversão de valores ou seja o valor foi maior para a velocidade V3 e menor para a velocidade V2.

Figura 33. Valores de Brix (%) do caldo encontrados para as quatro velocidades analisadas nas duas máquinas estudadas.

Os resultados médios encontrados para Brix (%) do caldo nas máquinas "A" e "B" estão próximos dos níveis aceitáveis descritos por Stupiello (1971) 18 % e diferentes dos encontrados por Furlani Neto (1995) 21,5-a 21,96%.

4.7.2. Pol (%) do caldo

A análise tecnológica para esta variável mostrou ser significativa para o fator máquinas ao nível de 5% através da aplicação do Teste F. conforme mostra a Tabela 27 no apêndice 1.

Analisando-se o Pol (%) do caldo encontrado na análise do laboratório ao nível de 5% pelo Teste do Tukey, verificou-se que a máquina "A" obteve o maior valor em média para as quatro velocidades analisadas 14,71% contra 14,12% da máquina "B" diferença estatisticamente significativa. Os fatores velocidades e máquinas x velocidades não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, conforme apresenta a Tabela 28 do apêndice 1 e ilustrado conforme a Figura 34 a seguir.

Figura 34. Resultados obtidos para a variável Pol(%) do caldo nas máquinas "A" e "B"

A média dos resultados obtidos para a variável Pol(%) do caldo nas duas máquinas analisadas ficou próximo dos resultados obtidos por Stupiello (1971) Pol (%) do caldo 14,4% e fora dos resultados obtidos por Furlani Neto (1995) Pol (%) do caldo 18,56 a 20,30%

4.7.3. Pureza (%) do caldo

A análise tecnológica para a variável Pureza % do caldo apresentou diferenças significativas com a aplicação do Teste de F, ao nível de 5% de probabilidade, para o fator máquina conforme mostra a Tabela 29 do apêndice 1.

Analisando-se a Pureza (%) do caldo encontrado na análise do laboratório ao nível de 5% pelo Teste do Tukey, verificou-se que a máquina "A" obteve o maior valor em média para as quatro velocidades analisadas 84,41% contra 83,1% para a máquina "B", diferença estatisticamente significativa. Para os demais fatores não houve diferenças significativas ao nível analisado, conforme a Tabela 30 do apêndice 1, e ilustrado pela Figura 35 a seguir.

Figura 35. Resultados obtidos para a variável Pureza(%) do caldo nas máquinas "A" e "B"

A média dos resultados obtidos para a Pureza(%) do caldo ficou próximo dos níveis descritos por Stupiello (1971) Pureza (%) 80-85% e abaixo dos resultados obtidos por Furlani Neto, Pureza(%) do caldo 86,28 a 92,44%.

4.7.4. Fibra (%) da cana

A análise tecnológica para a variável Fibra % da cana não apresentou diferenças significativas com a aplicação do Teste de F, ao nível de 5% de probabilidade, para os três fatores analisados: máquinas, velocidades, máquinas X velocidades, conforme mostra a Tabela 31 do apêndice 1.

A Figura 36 mostra a variação dos resultados obtidos para a variável Fibra(%) da cana nas máquinas "A" e "B" nos quatro níveis de velocidade analisados. Não houve aparente influência da velocidade de deslocamento no valor final de Fibra % para as duas máquinas estudadas.

Figura 36. Valores de Fibra (%) da cana encontrados para as quatro velocidades analisadas nas máquinas "A" e "B".

Os valores obtidos para a variável Fibra (%) da cana foram inferiores dos encontrados por Nery (2000) 15,21%, 14,99%, 15,71%, 14,56%, para quatro níveis similares de velocidade, e também inferiores aos valores médios relatados por Furlani Neto (1995) para duas diferentes variedades de cana 14,83% e 18,77%.

4.7.5. Pol (%) da cana

A análise tecnológica para esta variável, apontou valores significativos, na aplicação do Teste F ao nível de 5% de probabilidade para o fator máquina conforme Tabela 32 do apêndice 1.

Analisando-se o Pol (%) da cana encontrado na análise do laboratório ao nível de 5% pelo Teste do Tukey, verifica-se que a máquina "A" obteve o maior valor em média para as quatro velocidades analisadas 12,17 contra 11,8% da máquina "B" diferença estatisticamente significativa. Nenhuma das velocidades analisadas apontou diferenças significativas para a variável Pol (%) da cana. Não houve diferenças para interação máquina x velocidades para a mesma variável no nível de significância analisado conforme a Tabela 33 do apêndice 1 e ilustrado pela Figura 37 a seguir.

Figura 37. Resultados obtidos para a variável Pol(%) da cana nas máquinas "A" e "B"

Os resultados obtidos para Fibrã(%) da cana em ambas máquinas foram menores que os resultados obtidos por Furlani Neto (1995) Fibrã(%)da cana 14,83 a 18,77%.

4.7.6. Terra (%)

A análise tecnológica para esta variável, apontou valores significativos, na aplicação do Teste F ao nível de 5% de probabilidade para os fatores máquina e velocidade, conforme Tabela 34 do apêndice 1.

A partir da aplicação do Teste de Tukey (Tabela 35 do apêndice 1) percebe-se que a máquina "A" obteve valores significativamente maiores que os da máquina "B", 0,95 % contra 0,19 %, respectivamente. Ao mesmo tempo que apresentou diferenças significativas para as médias das velocidades sendo o maior valor de terra encontrada na velocidade V3 (0.89%) que não diferiu estatisticamente da velocidade V4(0,78%). Na velocidade V1 foi onde se obteve o menor valor de terra 0,11% e foi estatisticamente diferente das velocidades V3. e V4. A velocidade V2 (0,05 %) não diferiu estatisticamente das velocidades V3 e V4 e também não evidenciou diferenças com a velocidade V1.

Observa-se na máquina "A", que a medida que aumenta a velocidade aumenta a quantidade de terra encontrada no caldo, este comportamento foi constante até atingir a velocidade V3. Na velocidade V4 houve uma diminuição na quantidade de terra do caldo. Na máquina "B" o comportamento foi constante ou seja a medida que aumentou a velocidade de colheita houve também aumento na quantidade de terra no caldo segundo a análise do laboratório da Usina.

Figura 38. Resultados obtidos para a variável Terra(%) nas máquinas "A" e "B"

Os resultados obtidos para percentagem de terra encontrada na matéria-prima foram inferiores nas duas máquinas a média obtida por Parris (1997) 2,22% de sedimentos no caldo.

Os resultados médios para Qualidade Tecnológica da matéria-prima para as duas colhedoras nas quatro velocidades analisadas encontram-se resumidas na Tabela 7.

Os valores de Brix (%) do caldo, Pol (%) do caldo, Pol (%) da cana, e Pureza (%) do caldo, foram similares aos obtidos por Cerqueira & Aloisi (1991) 17,56, 14,98, 11,55, 85,24%, para a variável Fibra (%) da cana o valor encontrado foi menor ao indicado pelo mesmo autor, 17,40%, para o mesmo estágio de corte.

Tabela 7. Resumo dos valores médios de qualidade Tecnológica da matéria-prima para as colhedoras "A" e "B".

VARIÁVEIS	MÁQUINA "A"	MÁQUINA "B"
Brix (%) do Caldo	17,43	16,99
Pol (%) do Caldo	14,71	14,12
Pureza (%) do caldo	84,41	83,1
Fibra (%) de Cana	13,3	12,83
Pol (%) de Cana	12,17	11,8
Terra (%)	0,95	0,19

4.8. Freqüência de comprimento de rebolos

A freqüência de rebolos analisada através da comparação dos histogramas das Figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 apresentaram um comportamento diferenciado para as máquinas "A" e "B" nas quatro velocidades analisadas. Para a velocidade V1 obteve-se uma freqüência de tamanho de rebolos que variou entre 0,16 a 0,30m de comprimento para a máquina "A" com uma concentração maior na faixa que compreendia os 0,23 até os 0,28m e que representou 67,8% do total de rebolos mensurados. Já para a máquina "B" houve uma concentração maior de tamanho de rebolos para a faixa compreendida entre 0,20 a 0,23m representando 67% do total de colmos medidos e a amostra variou dos 0,12 até os 0,35m.

Para a velocidade V2 temos para a máquina "A" valores de tamanho de rebolos variando dos 0,135 até 0,30m de comprimento sendo que houve maior concentração de tamanho na faixa dos 0,20 aos 0,26m representando 65,9 % do total da amostra analisada. Para a máquina "B" o tamanho variou dos 0,16 aos 0,28m, sendo que a maior concentração concentrou-se na faixa compreendida entre os 0,19 e 0,24m representando 74% do total da amostra estudada.

O tamanho ideal de comprimento dos rebolos segundo Fuelling (1982) fica em torno de 20 a 25 cm, devido principalmente a que tamanhos fora dessa faixa aumentam a quantidade de perdas por deterioração e também o conteúdo de matéria estranha na matéria-prima. Baseado nessa afirmação a velocidade V4 na máquina "B" apresentou os melhores resultados para as condições analisadas. Já a máquina "A" obteve também na velocidade V4 os seus resultados mais satisfatórios.

Figura 39. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V1.

Figura 40. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V1.

Figura 41. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V2.

Figura 42. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V2.

Para a velocidade V3 o tamanho dos rebolos para a máquina "A" variou dos 0,15 aos 0,30m com uma parcela maior de tamanho de rebolos compreendida dos 0,23 aos 0,275m, representando 61,8% do total da amostra. Para a máquina "B" o tamanho

tamanho variou dos 0,15 até os 0,26m sendo que a maioria dos rebolos situou-se na faixa de 0,19 a 0,23m representando 79,1% do total da amostra analisada.

Figura 43. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "A" na velocidade V3

Figura 44. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V3.

Figura 45. Frequência de comprimento de rebois obtidos para a máquina "A" na velocidade V4.

Para a velocidade V4 a máquina "A" apresentou valores extremos de 0,12 a 0,32m de comprimento de rebois, com concentração de tamanho para os valores contidos no intervalo dos 0,21 aos 0,27m e que correspondeu a 72,1 % do total da amostra. Para a máquina "B" foram encontrados valores de comprimento variando dos 0,12 até os 0,29m, houve para este caso uma concentração maior de tamanho de rebois na faixa dos 0,18 aos 0,23m o que representou um 79,6 % do total dessa amostra.

Os resultados obtidos para as colhedoras "A" e "B" para as diferentes velocidades analisadas situaram-se dentro da faixa de valores obtidos por Rozeff (1989) que obteve com velocidades similares valores mínimos de 0,15m e máximos de 0,64m comprimento.

Figura 46. Frequência de comprimento de rebolos obtidos para a máquina "B" na velocidade V4.

4.9. Índice de cisalhamento dos rebolos

A análise desta variável é de suma importância devido a que rebolos macerados em ambas extremidades podem contribuir na aceleração da deterioração da matéria-prima (Fuelling, 1982).

Com base nos resultados obtidos nas figuras 35, 36 37, 38, 39, 40, 41 e 42 observou-se que para a velocidade V1 na máquina "B" obteve-se um maior índice de rebolos perfeitos 91,35% contra 72% da máquina "A". A máquina "B" não apresentou índice de cisalhamento de rebolos contra um índice de 5% obtido pela máquina "A".

Figura 47. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V1 (máquina "A")

Figura 48. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V1 (máquina "B")

Para a velocidade V2 na máquina "A" obteve-se um maior índice de rebolos perfeitos 87%, contra 73% da máquina "B". O índice de cisalhamento foi maior para a máquina "B".

Figura 49. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V2 (máquina "A")

Figura 50. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V2 (máquina "B")

Para a velocidade V3 não houve diferenças nos índices de rebolos perfeitos, para as duas máquinas e na velocidade V4 o índice de rebolos perfeitos foi superior para a máquina "A" em 5% com relação a máquina "B".

Figura 51. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V3 (máquina "A").

Figura 52. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V3 (máquina "B").

Figura 53. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V4 (máquina "A").

Figura 54. Percentagem de características dos cisalhamentos de rebolos na velocidade V4 (máquina "B").

A máquina "B" apresentou o menor índice de cisalhamento na velocidade V1 ao mesmo tempo apresentou maior índice de rebolos perfeitos. Nas demais velocidades as duas máquinas apresentaram comportamentos bastante similares para cisalhamento de rebolos a exceção da máquina "A" na velocidade V2 que obteve índice superior de rebolos perfeitos.

Os resultados encontrados estão abaixo dos valores recomendados por Ripoli (1996), ou sejam 95% de rebolos com cisalhamento adequado o que caracteriza que as máquinas analisadas não obtiveram o sincronismo ideal entre velocidade angular do picador e a velocidade com que os colmos atravessam a lamina cortante.

Analizando os resultados obtidos pelas duas máquinas observou-se que nas velocidades V2, V3, e V4 a quantidade de rebolos perfeitos foi superior aos obtidos por Norris et. al (1998), e para as velocidades V1, V2 e V3 foram também superiores aos encontrados por Rozeff (1989).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

Houve aumento nas capacidades Efetiva Bruta, Líquida e Operacional para as duas máquinas, à medida que se elevou a velocidade de deslocamento. Porém não foram constatadas diferenças no desempenho entre as colhedoras “A” e “B”.

A Eficácia de Manipulação foi melhor para a colhedora “A” em relação a colhedora “B”.

As perdas totais de matéria-prima no campo não aumentaram com maiores velocidades de deslocamento das colhedoras. O desempenho da colhedora “A” foi melhor que o da colhedora “B”, a qual apresentou maiores índices de perdas.

A quantidade de matéria estranha total encontrada na matéria-prima não aumentou com a elevação da velocidade nas duas colhedoras analisadas. As duas colhedoras, tiveram comportamentos de desempenho muito próximos para esta variável.

A qualidade tecnológica da matéria-prima, não foi influenciada pelo aumento da velocidade de deslocamento das máquinas. A colhedora “A” apresentou maior quantidade em % de terra na análise tecnológica da matéria prima que a colhedora “B”. A colhedora “A” apresentou valores superiores para Pol(%) do caldo, Pureza (%) do caldo e Pol (%) da cana que a colhedora “B”.

A máquina “B” apresentou melhor frequência de distribuição de tamanho de rebolos comparada com a máquina “A”. A melhor distribuição de frequência de tamanho de rebolos em ambas máquinas foi na velocidade V4

O menor índice de danificação de rebolos foi obtido pela máquina “B” na menor velocidade de deslocamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANON, A. A colheita da cana no Havaí, **Brasil Açucareiro**, v.41 , n.4, p. 74-77, Abril, 1953.

BALBO, L. Análise de viabilidade técnico-econômica do sistema de colheita mecanizada de cana. In: ENCONTRO TÉCNICO: colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto (SP), abril, p.185-204, 1992.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto nº 42.056 de 6 de agosto de 1997. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 06 de agosto de 1997. Seção 1, p.3-4. Dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola para o Estado de São Paulo.

CAMPOS, M. S. & MARCONATO, A. Sistema cana crua x sistema cana queimada CLASS 2000, **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v12, n.3, p.21-24. jan/fev. 1994.

CARDENAS, J. G. & DIEZ, O. A. Influencia de la mecanización de la cosecha de caña de azúcar en el proceso industrial. **Avance Agroindustrial**, v.13, n.53, p.11-14, jul. 1993.

CARVALHO SOARES, G. Colheita mecânica de cana picada, **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v12, n.3, p.21-24. jan/fev. 1994.

- CEDIA, M. B.; DOS ANJOS, L. H. C.; LIMA, E.; NETO, A. R.; DA SILVA, L. A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo podzólico amarelo no estado do espírito santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.8, p. 1467-1473, 1999.
- CENICAÑA. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia. Cali, v.17, n.4, p.17-28, out/dez. 1995.
- CENICAÑA. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia. Cali, v.19, n.1, p.7-10. jan/abr.1997a.
- CENICAÑA. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia. Cali, v.19, n.2, p.5-11, abr./jun. 1997b.
- CELLI, K. La cosecha mecánica una ventaja competitiva. **International Sugar Journal**, v.100, n.1194S, p. 270-271, 1998.
- CERQUEIRA LUZ, P.H.; ALOISI, R.R. Influência das colheitas manual e mecânica sobre o rendimento industrial da cana-de-açúcar. **Álcool & Açúcar**, v.11, n.58, p.24-27, mai/jun., 1991.
- CESAR, M. A. A.; SILVA, F. C. A cana-de-açúcar como matéria-prima para industria sucroalcooleira. Piracicaba: CALQ, 1993. 108p.
- COMISSÃO TÉCNICA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Relatório preliminar sobre processos de colheita. São Paulo: **Secretaria de Agricultura e Abastecimento**, 1997 (mimeo).
- COPERSUCAR. Proálcool: fundamentos e perspectivas. 2ed. Piracicaba, COOPERSUCAR, 1989.

- CORTÉZ, K. V. D. Inovações tecnológicas e mudança na organização do trabalho: o surgimento de um novo tipo de trabalhador na cultura canavieira na região de Ribeirão Preto. São Carlos, UFSCar, 1993. Dissertação de mestrado.
- CURY, R. Desempenho operacional de colhedoras na Usina Santa Helena. In: SEMANA DA CANA DE AÇÚCAR DE PIRACICABA, 4., Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: **SACCHARUM**, 1999. 48-49p.
- DE BEER, A.G. & BOEVERY, T. C. Field performance of harvesters. In: South African Sugar Technologist Association, 1979. Proceedings. p.158-162.
- DE BEER, A.G. A review of mechanical harvesting and its effect on sugar cane quality. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb.1-11.1980. Proceedings. Philippines, 1980. V.1 p. LVII-LXI.
- DICK, R.G.; GREVIS-JAMES, I.W. The eletronic cane loss monitor. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, n.14, p.150 – 168. 1992.
- EARLE, F. S. **Sugar cane and its culture**, New York: Willey & Sons Inc London Chap & Hall limited, 1928. 355p.
- FERNANDES, A.C.; OLIVEIRA, E.R. Impurezas em carregamento de cana-de-açúcar. Piracicaba (SP): **Boletim Técnico Copersucar**, nº5, p.5-8, 1977.
- FERNANDES, A.C.; IRVINE, J.E. Comparação da produtividade da cana-de-açúcar por colheita mecanizada e por corte manual. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.4, n.6, p. 112-126, jul./ago. 1986.
- FORS, A.; ARIAS, R. Los distintos componentes de la materia extraña: Como afectan el trabajo de los ingenios. The effects of trash components in factory performance. **Sugar Journal**, v.12, n.7, p. 25-26, dez. 1997.

- FREITAS, P.G.R. Experiências e resultados de cortadoras mecânicas. São Paulo: **Álcool & Açúcar**, v.1, n°1, p.62-62, nov. 1981.
- FUELLING, T.G. Sugar cane harvester design. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, n.5, p.131-137. 1982.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Estimativas da produção agrícola**. Brasília-DF: IBGE, 2000. Disponível [online].em http://www.ibge.gov.br/estatistica/economia/agropecuaria/censo_agro/, 15 de maio de 2000.
- FURLANI NETO, V.L.; FERNANDES, J.; MIALHE, L.G. Avaliação nas cargas de cana-de-açúcar colhidas mecanicamente. **Brasil Açucareiro**, v.96, n.30, p.25-30. set. 1980.
- FURLANI NETO, V.L.; RIUL, C. A.; PARAZZI, C.; BORGES, M. T. M. R. Diferentes processos de desponte da cana-de-açúcar utilizando colhedoras mecânicas de cana picada, associados a qualidade da matéria-prima para efeito de pagamento. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.4, n.5, p. 53-57, mai/jun. 1986.
- FURLANI NETO, V.L. Colhedora combinada aumentou produtividade no canavial. São Paulo: **Álcool & Açúcar**, v.6, n°30, p.54-58, set/out, 1986.
- FURLANI NETO, V.L. A colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp): avaliação em canaviais com e sem queima prévia. Piracicaba,1995. 110p. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.C.; VILLANOVA, N.A.; APPROABATO FILHO, A. Colheita mecanizada de cana crua e queimada: desempenhos e qualidade da matéria-prima. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 6., Maceió, 1996. **Anais**. Maceió: STAB, 1996. 533-541p.

- HERRERA, M. de A.; LINARES, S.O. La incidencia del rendimiento agrícola en la eficiencia de limpieza y las perdidas de la ktp-1 cosechando en verde, **Cuba Azúcar**, v.8, n.2, p. 13-16, jan/mar, 1986.
- HUMBERT, R.P. 1974. **El cultivo de caña de la caña de azúcar**. Ed. Continental. México. 719 p.
- HURNEY, A.P.; RIDGE, D.R.; DICK, R.G. Evaluation of the efficiency of cane harvesters in removing extraneous matter and in limiting cane losses during the cleaning process. **Proceedings. Australian. Society of. Sugar Cane Technologists**, n.17, p.782-799.1994.
- IZUMI, H.; UENO, M. Sugar loss due to mechanical harvesting. **Sugar Cane**, n.1, jan/fev. 1993.
- JOHN, L. Máquina que colhe cana pode transformar os canaviais. **O Estado de São Paulo**. Suplemento Agrícola, São Paulo, 25 nov. 1992. p.12-13.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relação solo-água-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 264p.
- LIMA, L.O.T. Fatores que influenciam na colheita mecânica In: SEMINÁRIO DE COLHEITA MECÂNICA, 1., Ribeirão Preto, 1994.
- MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, O. A. Colheita de cana-de-açúcar verde: Energia renovável para uma agricultura sustentável. Campinas-SP: @grobrasil, 1999. Disponível [online] em <http://www.agrobrasil.com.br/agroartigos/>, 25 de maio de 2000.
- MENDOZA, H.N.S. Efeitos de sistemas de colheita dos canaviais sobre propriedades químicas e biológicas em solo de tabuleiro no Espírito Santo. **Seropédica: UFRRJ**, 1996. 112p. Dissertação de Mestrado.

- MIALHE, L.G.; CARRARO NETO, H.C. Avaliação e análise do desempenho da colhedora de cana-de-açúcar, Olímpia: Usina Cruz Alta de Olímpia S.A,1993.170p. (Relatório Técnico).
- MOLINA JR., W. F.; RIPOLI, T. C.; GERALDI, R. N.; AMARAL, J. R. Aspectos econômicos e operacionais do enfardamento de resíduos de colheita de cana-de-açúcar para aproveitamento energético. STAB, Açúcar, Álcool e subprodutos, v.13, n.5, p.28-31, mai/jun, 1995.
- MORAES, E.E. Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e impurezas vegetais na colheita mecanizada. Campinas, 1992. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas.
- MORAES, E. E.; NEVES, J. L. M. Colheita de cana crua: avaliação de perdas invisíveis nos sistemas com colhedora de cana picada. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., Piracicaba, 1997a. Anais. Piracicaba: COPERSUCAR, 1997a. 289 – 297p.
- MORAES, E. E.; NEVES, J. L. M. Colheita de cana crua: perdas no campo e impurezas na carga. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7.,Piracicaba, 1997b. Anais. Piracicaba. COPERSUCAR, 1997b. 298-300p.
- NERY, M. S. Desempenhos operacional e econômico de uma colhedora em cana crua. Piracicaba, 2000. 108p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- NORRIS, C. P.; DAVIS, R.J.; QUICK, D.J.; MOHOMMAD, Y. An alternative approach to cane harvester design: an initial review of the Massey Ferguson 405, **Sugar Cane**, n.20, p. 10-16. 1998.
- NUNES. J. D. Indicadores de desempenho da agroindústria canavieira. Pesquisa sobre produtividade agrícola do setor sucroalcooleiro – safra 98/99, Ribeirão Preto: IDEA, 1999. 119 p.

- OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S. S.; BODDEY, R. M. La quema de la caña: efectos a largo plazo. **International Sugar Journal**, v.97, n.1160, p. 384-387, 1995.
- OMETTO, C. M. Desempenho da colhedora ENGEAGRO, **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**. v12, n.3, p.21-24. jan/fev. 1994.
- ORPLANA. Câmara Paulista do Setor Sucroalcooleiro – Queima da cana-de-açúcar: informações disponíveis. 1996. 19p. (Boletim Técnico)
- PARRIS, A. A comparison of cut-chop and whole-stalk cane for processing at the Iberia sugar Co-op factory in 1995. **Sugar Journal**, v.12, n.1, p. 25-26, jun. 1997.
- PARAZZI, C. Influencia do desponte do colmo na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, 1988. 131p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- PINTO, L.A.R. Colheita da cana-de-açúcar, **Brasil Açucareiro**, v.39, n.4, p.38-51, abr. 1977.
- RIDGE D. R. & DICK R. G. Current research on green cane harvesting and dirt rejection by harvesters, In: Australian Society of Sugar Cane Technologists, 1988. Proceedings. p. 19-25.
- RIDGE, R. Green Cane chopper harvesting in Austrália. **Sugar Journal**, n.9, p.8-10, nov. 1994.
- RIPOLI, T.C. Avaliação de alguns parâmetros de desempenho de três colhedoras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) Piracicaba, 1977. 130p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- RIPOLI, T.C.; ALVES BERTO, P.N. Avaliação de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar na região de Campos, RJ. **Brasil Açucareiro**, v.2, n.49, p. 20-31, fev./mar. 1981.

- RÍPOLI, T.C. & MIALHE, L.G. Custos de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, 1981/82. São Paulo: **Álcool & Açúcar**, v.2, n°2, p.18-26, jan. 1982.
- RÍPOLI, T.C. Utilização do Material Remanescente da Colheita da Cana-de-Açúcar (*Saccharum spp.*) – Equacionamento dos Balanços Energético e Econômico. Piracicaba (SP): ESALQ/USP, tese de Livre Docência, 150p, 1991.
- RIPOLI, T. C.; STUPIELLO, J. P.; CARUSO, J. G. B.; ZOTELLI, H.; AMARAL J. R. Efeito da queima na exudação dos colmos: resultados preliminares. **Anais do congresso Nacional STAB**, p. 63-70, Maceió, 1996.
- RIPOLI, T.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana de açúcar. In: MIALHE, L.G. A máquinas agrícolas: ensaios & certificação, Piracicaba: FEALQ, 1996. p.635-674.
- RIVIÉRE, V.; PYNEEANDÉE, D.; CLAITE, G.; JACQUIN, E. Monitoring of cane lost through extractor fans of chopper harvesters in green cane. **Sugar Journal**, v.60, n.8, p. 18-20, dez. 1998.
- RODRIGUEZ, S. L.; PIEDRAFITA, V.; ALPIZAR, J.; CABALLERO, M. Comportamiento de las pérdidas de caña en dos modelos de cosechadoras. **Cultivos tropicales**, v.9, n.3, p. 74-77, sep. 1987.
- ROMANACH, L.M.; CARON, D. Emprego, trabalho, custo e mecanização da colheita da cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**. v17, n.5, p.25. mai/jun. 1999.
- ROMERO, E.; OLEA, I.; SCANDALIARIS, J. La cosecha integral: un sistema integrado. **Avance Agroindustrial**, v.13, n.52, p.24-28, mar. 1993a.
- ROMERO, E.; ZAMORA, F.P.; OLEA, I.; SCANDALIARIS, J.; MARTÍN, L. Evaluación de nuevas cosechadoras integrales. **Avance Agroindustrial**, v.13, n.52, p.24-28, mar. 1993b.

- ROZEFF, N. The effects of operating velocity on productivity in green and burned sugar cane. **Sugar cane**, n.1, p.7-19, nov. 1989.
- SCANDALIARIS, J.; ROMERO, E.; ZAMORA, F.P. Desempeño de las cosechadoras integrales de nueva generación. **Avance Agroindustrial**, v.17, n.69, p. 14-18, jul. 1997.
- SCHEMBRI, M.; GARSON, C.A. Gathering of green cane by harvesters: a first study **Proceedings. Australian. Society of. Sugar Cane Technologists**, n.2, p. 145-151. 1996.
- SELEGATO, S.L. Análise das máquinas disponíveis no mercado. In: Encontro Técnico: colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto (SP); p.143-184, abril de 1992.
- SHAW, G. R.; BROTHERTON, G. A Green cane harvesting.- A dilemma. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, n.14, p. 1 - 7, 1992.
- SMITH, N.J.; McGUIRE, P.M.; MACKSON, J.; HICKLING, R.C. Green cane harvesting: a review with particular reference to the Mulgrave mill area, **Sucar Cane**, n.5, p.3-8, set/out. 1985.
- SOARES, G. de C.; BALBO, L; PINTO, A.R. Colheita mecânica de cana picada. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.12, n.3, p.18-20, jan./fev. 1994.
- SPAROVEK, G. Informações Geográficas para a identificação de áreas com potencialidade para colheita de cana crua. In: SEMANA DA CANA DE AÇÚCAR DE PIRACICABA, 2., Piracicaba, 1997. **Anais** Piracicaba: STAB, 58-60p.
- STEEL, J.G.; BRADFIELD, R. The significance of size distribution in the clay fraction. In: AMERICAN SOIL SURVEY ASS. **Report Bulletin**. 1934. p.88-93.

- STRINI JUNIOR, A. A experiência da Usina Junqueira. In: SEMINÁRIO SOLUÇÕES E NOVIDADES NA MECANIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1., Ribeirão Preto, 1999. **Resumo**. Ribeirão Preto: IDEA. 1999. 87-95p.
- STUPIELLO, J. P.; NOVAES, F. V.; DELGADO, A. A.; OLIVEIRA, E. R.; CESAR, M. A. A.; VALSECHI, O. Elementos de tecnologia do açúcar. Piracicaba, ESALQ/Depto. de Tecnologia Rural, 1971. 72p.
- STUPIELLO, J. P. Qualidade da cana-de-açúcar para fabricação de açúcar e álcool. **Álcool & Açúcar**, v.2, n.2, p.28-32, jan. 1982.
- STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.2, p.761-804.
- SUGAR & SWEETENER. Situation and Outlook Report. Washington: **USDA**, march, 1996.
- TAMBOSCO, N.; TEIXEIRA, J.P.B., GERALDI, L. et. al. Resultados operacionais de colhedoras combinadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 7., Pelotas, 1977. Separata. p.10.
- TOLEDO, P.E.N.; YOSHI, R. J.; OTANI, M. N. Avaliação do potencial de uso das colheitadeiras de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. São Paulo: **Informações Econômicas**, v.21, n° 6, p.13-20, junho, 1991.
- URQUIAGA, S.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; BODDEY, R. M. Queima de cana. **Revista Agrobiologia-EMBRAPA**. Ribeirão Preto. n.5, p.2, Abril, 1997. (Edição especial do Agrishow 97)
- VEIGA FILHO, A. de A.; SANTOS, Z.A.P.; VEIGA, J.E.R.; OTANI, M.N.; YOSHII, R. J. Estimativa de desempenho na colheita de cana decorrente de mecanização, **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.13, n.4, p.19-21, mar/abr. 1995.

VEIGA FILHO, A. de A. Estudo do processo de mecanização do corte na cana-de-açúcar: o caso do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Ciência e Tecnologia, política e gestão para a periferia**, Recife, v.3, n.1, p.74-99, 1999.

APÊNDICE 1

Tabela 1. Análise de variância para a variável velocidade média de deslocamento.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,4441	0,00080 *
Velocidade	3	53,4214	0,00001 *
Máquina x Velocidade	3	0,2333	0,00079 *
Resíduo	24	0,0278	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 2. Teste de Tukey para a variável velocidade média, máquinas "A" e "B" (km.h⁻¹)

Velocidade média km.h ⁻¹					
	V1	V2	V3	V4	MÉDIAS
MAQUINA A	1,68aD	3,21aC	5,37aB	7,28bA	4,39b
MÁQUINA B	1,70aD	3,37aC	5,40aB	8,01aA	4,62a
MÉDIAS	1,69D	3,29C	5,38B	7,61A	
DMS(1)	0,1218	DMS(2)	0,2301		
CV (%)	3,707				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 3. Análise de variância para a variável capacidade efetiva bruta.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,1769	0,96911 ns
Velocidade	3	17896,6719	0,00001 *
Máquina x Velocidade	3	136,5138	0,37129 ns
Resíduo	24	124,7392	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 4. Teste de Tukey para a variável Capacidade Efetiva bruta, máquinas "A" e "B"

Capacidade Efetiva Bruta (t.h ⁻¹)					
	V1	V2	V3	V4	MÉDIAS
MÁQUINA A	26,44	58,76	93,11	141,26	79,89
MÁQUINA B	30,64	54,31	102,08	131,93	79,74
MÉDIAS	28,54D	56,53C	97,59B	136,59A	
DMS(1)	8,15	DMS(2)	15,4		
CV (%)	3,707				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 5. Análise de variância para a variável Eficácia de manipulação.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,01065	0,00039 *
Velocidade	3	0,0053	0,00043 *
Máquina x Velocidade	3	0,0010	0,15838 ns
Resíduo	24	0,0005	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidades Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6. Teste de Tukey para a variável Eficácia de manipulação, máquinas "A" e "B".

	Eficácia de Manipulação (%)				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	95	95	95	96	95a
MÁQUINA B	86	91	93	94	91b
MÉDIAS	89B	93A	94A	95A	
DMS(1)	1,7	DMS(2)	3,2		
CV (%)	2,54				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 7. Análise de variância para a variável capacidade efetiva líquida.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	45,6296	0,52749 ns
Velocidade	3	16673,4768	0,00001 *
Máquina x Velocidade	3	119,0372	0,36601 ns
Resíduo	24	107,4743	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 8. Teste de Tukey para a variável Capacidade Efetiva líquida, máquinas A e B.

	Capacidade Efetiva Líquida (t.h ⁻¹)				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	24,52	56,01	88,46	133,53	76,13a
MÁQUINA B	26,3	49,61	94,51	124,55	73,74a
MÉDIAS	25,41D	52,81C	91,49B	130,04A	
DMS(1)	7,57	DMS(2)	14,3		
CV (%)	13,84				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 9. Análise de variância para a variável perdas na forma colmos e frações.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,1145	0,63278 ns
Velocidade	3	0,0804	0,62444 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1168	0,52779 ns
Resíduo	24	0,1339	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 10. Análise de variância para a variável perdas na forma de rebolos inteiros.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,2883	0,69792 ns
Velocidade	3	0,0923	0,69688 ns
Máquina x Velocidade	3	0,0051	0,99307 ns
Resíduo	24	0,1845	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 11. Análise de variância para a variável perdas na forma de frações de rebolos

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	8,1472	0,00001 *
Velocidade	3	1,3816	0,00002 *
Máquina x Velocidade	3	0,2734	0,02693 *
Resíduo	24	0,0754	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 12. Teste de Tukey para a variável perdas na forma de frações de rebolos, máquinas "A" e "B".

	Perdas Frações de rebolos (%)				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	3,09bA	1,22bB	1,04bB	1,18bAB	1,63b
MÁQUINA B	9,57aA	5,82aB	4,29aBC	2,76aC	5,61a
MÉDIAS	6,33A	3,52B	2,66B	1,97B	
DMS(1)	0,2	DMS(2)	0,39		
CV (%)	14,37				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 13. Análise de variância para a variável perdas de frações de rebolos na soqueira

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,1038	0,51711 ns
Velocidade	3	0,0893	0,72262ns
Máquina x Velocidade	3	0,1168	0,63158 ns
Resíduo	24	0,1983	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 14. Análise de variância para a variável perdas por raízes arrancadas pelas máquinas "A" e "B".

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,0270	0,24101 ns
Velocidade	3	0,0440	0,09799 ns
Máquina x Velocidade	3	0,0315	0,19187 ns
Resíduo	24	0,0188	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 15. Análise de variância para a variável perdas totais de matéria prima

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	3,6513	0,00055 ns
Velocidade	3	1,5653	0,00131 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1792	0,52286 ns
Resíduo	24	0,2081	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 16. Teste de Tukey para perdas totais de matéria no campo, máquinas "A" e "B"

	Perdas totais de materia-prima no campo (%)				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	7,37	4,79	5,09	3,93	5,29a
MÁQUINA B	14,13	8,66	7,43	5,55	8,94b
MÉDIAS	10,75A	6,73B	6,26B	4,74B	
DMS(1)	0,33	DMS(2)	0,63		
CV (%)	17,03				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 17. Análise de variância para a variável índice ponteiros

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,6043	0,09976 ns
Velocidade	3	0,3827	0,17002 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1665	0,51352 ns
Resíduo	24	0,2106	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 18. Análise de variância para a variável índice de folhas verdes

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	1,4879	0,03171 *
Velocidade	3	0,5037	0,54765 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1119	0,29749 ns
Resíduo	24	0,4996	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 19. Teste de Tukey para índices de folhas nas máquinas "A" e "B"

	Índice de folhas (%)				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	0,88	2,30	2,37	2,54	2,02a
MÁQUINA B	1,50	0,69	0,90	1,25	1,08b
MÉDIAS	1,19A	1,49A	1,63A	1,89A	
DMS(1)	0,28	DMS(2)	0,52		
CV (%)	27,08				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 20. Análise de variância para a variável índice de palha

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,2024	0,16287 ns
Velocidade	3	0,1647	0,20102 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1961	0,14324 ns
Resíduo	24	0,0991	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 21. Análise de variância para a variável índice de raiz

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,0129	0,51320 ns
Velocidade	3	0,0375	0,29269 ns
Máquina x Velocidade	3	0,0187	0,59016 ns
Resíduo	24	0,0285	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 22. Análise de variância para a variável índice de matéria estranha vegetal

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,0000107	0,99064 ns
Velocidade	3	0,2449	0,40809 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1564	0,59800 ns
Resíduo	24	0,2432	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 23. Análise de variância para a variável índice de matéria estranha mineral

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,6401	0,05464 ns
Velocidade	3	0,35467	0,11235 ns
Máquina x Velocidade	3	0,4824	0,04954 *
Resíduo	24	0,1606	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 24. Teste de Tukey para índice de matéria estranha mineral nas máquinas "A" e "B"

	VELOCIDADES				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	0,51aAB	0,27aB	0,16aB	2,88aA	0,95a
MÁQUINA B	0,88aA	0,00aA	0,00aA	0,00bA	0,22a
MÉDIAS	0,70A	0,13A	0,08A	1,44A	
DMS(1)	0,29	DMS(2)	0,55		
CV (%)	43,01				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 25. Análise de variância para a variável índice de matéria estranha total

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	0,1824	0,62848 ns
Velocidade	3	0,4302	0,14259 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1168	0,66423 ns
Resíduo	24	0,2170	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 26. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Brix(%) do caldo

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	1,4879	0,09383 ns
Velocidade	3	0,5037	0,40770 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1119	0,87902 ns
Resíduo	24	0,4996	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 27. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Pol(%) do caldo

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	2,7614	0,01866 *
Velocidade	3	0,4742	0,38001 ns
Máquina x Velocidade	3	0,1695	0,76845 ns
Resíduo	24	0,4419	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 28. Teste de Tukey para Pol (%) do caldo para as quatro velocidades analisadas nas máquinas "A" e "B"

	Pol (%) do caldo				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	14,99	14,7	14,65	14,5	14,71a
MÁQUINA B	14,22	14,24	14,4	13,62	14,12b
MÉDIAS	14,6A	14,47A	14,53A	14,06A	
DMS(1)	0,49	DMS(2)	0,92		
CV (%)	4,61				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 29. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Pureza(%) do caldo

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	13,7736	0,01049 *
Velocidade	3	2,8895	0,21428 ns
Máquina x Velocidade	3	1,0259	0,64473 ns
Resíduo	24	1,8042	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 30. Teste de Tukey para Pureza (%) do caldo para as quatro velocidades analisadas nas máquinas "A" e "B".

	Pureza % do caldo				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	84,43	84,21	84,94	84,06	84,41a
MÁQUINA B	82,47	83,67	84,07	82,18	83,1b
MÉDIAS	83,45A	83,94A	84,5A	83,12A	
DMS(1)	0,98	DMS(2)	1,85		
CV (%)	1,6				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 31. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Fibra(%) da cana

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	1,8048	0,16986 ns
Velocidade	3	0,2003	0,88239 ns
Máquina x Velocidade	3	0,7588	0,50697 ns
Resíduo	24	0,9145	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 32. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Pol(%) da cana

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	1,1139	0,04151 *
Velocidade	3	0,3677	0,24041 ns
Máquina x Velocidade	3	0,2230	0,54541 ns
Resíduo	24	0,2460	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 33. Teste de Tukey para Pol (%) da cana nas quatro velocidades analisadas para a máquinas "A" e para a máquina "B".

	Pol % da cana				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	84,43	84,21	84,94	84,06	84,41a
MÁQUINA B	82,47	83,67	84,07	82,18	83,1b
MÉDIAS	83,45A	83,94A	84,5A	83,12A	
DMS(1)	0,98	DMS(2)	1,85		
CV (%)	1,6				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 34. Análise de variância para a variável qualidade tecnológica Terra (kgf)

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	VALOR F
Máquina	1	15,1951	0,00049 *
Velocidade	3	4,1056	0,00879 *
Máquina x Velocidade	3	2,0194	0,09193 ns
Resíduo	24	0,8418	
Total	31		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 35. Teste de Tukey para Terra (%) contida no caldo nas quatro velocidades analisadas para a máquina "A" e para a máquina "B".

	Terra%				MÉDIAS
	V1	V2	V3	V4	
MÁQUINA A	0,15	0,81	1,59	1,25	0,95a
MÁQUINA B	0,07	0,19	0,18	0,31	0,19b
MÉDIAS	0,11B	0,5AB	0,89A	0,78A	
DMS(1)	0,067	DMS(2)	0,13		
CV (%)	43,18				

Médias seguidas por letras distintas diferem entre se ao nível de 5% de probabilidade

APÊNDICE 2

Características das condições de Campo

Fazenda	Zona	Talhão N°	Área do Talhão (há)	Data
Localização Geográfica Latitude (°) _____ Longitude (°) _____ Altitude (m) _____			Declividade Média (%)	
			Face de Exposição: ☐ N; ☐ S; ☐ L; ☐ O; ☐ _____	
Tipo de solo	Variedade	Idade (meses)	Soca N°	Espaçamento (m)
Formato do Talhão	Comprimento médio de Fileiras de plantio (m)	Tratamento ☐ T1 ☐ T2 ☐ T3		Máquina
1.1 Porte do Canavial (N°) de colmos/m linear)				
Repetições	R1	R2	R3	R4
Ereto				
Acamado				
Deitado				
1.2 Peso da parte aérea (kgf)				
Repetições	R1	R2	R3	R4
Ponteiros				
Folhas verdes				
Palhas				
Colmos				
Número de colmos/ (m) linear:				
1.3 Comprimento de colmos (m) (utilizar as amostras de 1.2)				
Repetições	Determinações			
R1: _____				
R2: _____				
R3: _____				
R4: _____				
1.4 Condições climáticas				
Direção do vento: ☐ N; ☐ S; ☐ L; ☐ O; ☐ _____				
Umidade relativa do ar: _____ (%)				
Temperatura a pleno sol: _____ °C				
Horário das Anotações: _____ h				
1.5 Observações:				
Responsável pelo preenchimento: _____				

ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

108

Data:	Maquina: Tratamento: T ☐	Hora Inicio	Hora fim	Responsável
Repetições	Distância Percorrida (m)	Tempo Efetivo Inicio	Fim	Tempo Manobras (s) (por diferença)
R1				
R2				
R3				
R4				
R5				

DETERMINAÇÕES DE PERDAS (KGF)

	Colmos e Frações	Rebolos	Frações de Rebolos
R1			
A			
B			
C			
D			
R2			
A			
B			
C			
D			
R3			
A			
B			
C			
D			
R4			
A			
B			
C			
D			
R5			
A			
B			
C			
D			
<p>OBS: Em uma fileira colhida (=Rep.) Demarcar com estacas e barbante 4 m lineares x Espaçamento de plantio (de centro a centro e entre fileiras). Recolher tudo que for Colmos, ou suas frações e rebolos e suas frações. Ensacar, registrando em etiqueta e no Saco, a repetição correspondente.</p> <p>EX: T1R1_{a.....b.....c.....d.....}</p> <p>Realizar 4 sub-amostras por repetição</p>			

DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA ESTRANHA

Data:		Hora de chegada no laboratório:				
		Responsável:				
Tratamentos	Repetições	Ponteiros e/ou frações	Variáveis (kgf)			
			Folhas Verdes	Palhas	Material Mineral	Colmos e/ou frações
T1 Máquina	R1					
	R2					
	R3					
	R4					
	R5					
T2 Máquina	R1					
	R2					
	R3					
	R4					
	R5					
T3 Máquina	R1					
	R2					
	R3					
	R4					
	R5

Data: _____

Responsável: _____

1. Máquina T1: _____ Distância Padrão Percorrida: _____ m									
1.1 Tempo Consumido (s)				Condições					
Livre (em estrada)				Acionada sem cana (em estrada)			Acionada com cana (no talhão)		
Rep/pont	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1									
2									
3									
4									
5									
6									

1. Consumo de combustível (fluxômetro)									
				Condições					
Livre (em estrada)				Acionada sem cana (em estrada)			Acionada com cana (no talhão)		
Rep/pont	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Obs: Livre → ~~apenas~~ em deslocamentoAcionada ~~sem cana~~ → em deslocamento com sistemas em funcionamento, sem canaAcionada ~~com cana~~ → em deslocamento com sistemas em funcionamento, com cana

**"CHECK LIST"
MATERIAL**

111

MATERIAL	QUANTIDADES
CAMERA VIDEO	01
BATERIAS VIDEO	04
FITA VHS	01
CARREGADOR BATERIA VIDEO	02
GRAVADOR PORTÁTIL	01
CLINÔMETRO	01
ANEMÔMETRO	01
BÚSSOLA	02
CRONÔMETRO	02
MAQUINA FOTOGRAFICA	01
FILMES FOTOGRAFIA	03
CELULA DE CARGA	01
BATERIA P/ Micro P	01
CARREGADOR BATERIA Micro P	01
GANCHO P/ CELULA DE CARGA	01
CABO P/ CARREGADOR BAT.CEL.CARGA	01
CALCULADORA ELETRONICA	01
TRENAS	03
PILHAS RADIO	24
PILHAS AA pequenas	06
BATERIA 9v	02
TRIÂNGULO RETÂNGULO	02
MARTELO	02
SACO PLASTICO preto	60
SACO PLASTICO transparente	60
LATAS DE ALUMINIO	20
ISOPOR	01
ROLO FITA CREPE	02
BARBANTE	
PINCEL ATOMICO	06
ETIQUETAS ADESIVA	180
LUVAS BORRACHA	04
FITA DEMARCAÇÃO	01
FITA ADESIVA	01
PRANCHETAS	04
FICHAS DE CAMPO	DIVERSAS
ESTILETE	02
FACA	01
APITO	04
REGUA PLÁSTICA 30 cm	02
PAQUÍMETRO	01
BENJAMIN/ADAPTADOR	01