ENFARDAMENTO DE RESÍDUO DE COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp.*): AVALIAÇÃO DOS DESEMPENHOS
OPERACIONAL E ECONÔMICO

WALTER FRANCISCO [MOLINA JUNIOR

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1991

**ENFARDAMENTO DE RESÍDUO DE COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp*): AVALIAÇÃO DOS DESEMPENHOS
OPERACIONAL E ECONÔMICO**

WALTER FRANCISCO MOLINA JUNIOR
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. TOMAZ CAETANO RIPOLI

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

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Molina Junior, Walter Francisco

M722e Enfardamento de resíduo de colheita de cana-de-açúcar (Saccharum spp): avaliação dos desempenhos operacionais e econômico. Piracicaba, 1991.
101p. ilus.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Resíduo - Colheita mecânica 2.
Enfardadora de forragem - Desempenho 3. Máquina agrícola - Desempenho

CDD 631.3

ENFARDAMENTO DE RESÍDUO DE COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp*): AVALIAÇÃO DOS DESEMPENHOS
OPERACIONAL E ECONÔMICO

WALTER FRANCISCO MOLINA JUNIOR

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. TOMAZ CAETANO RIPOLI

ESALQ/USP

Prof. Dr. LUIZ GERALDO MIALHE

ESALQ/USP

Prof. Dr. CARLOS ANTONIO GAMEIRO

FAC/UNESP

Prof. Dr. TOMAZ CAETANO RIPOLI

Orientador

"Uns, com os olhos postos no passado,
Vêem o que não vêem; outros, fitos
Os mesmos olhos no futuro, vêem
O que não pode ver-se.

Por que tão longe ir pôr o que está perto?...

Fernando Pessoa

À
Giselda, minha esposa e
a Rodrigo e Bruno, meus
filhos,

dedico

AGRADECIMENTOS

- Ao orientador e amigo Prof. Dr. Tomaz Caetano Ripoli pelo apoio, estímulo e sugestões seguras na orientação;
- Aos colegas José Luiz Duarte Coelho, Juarez Renó do Amaral, André Vassarhelyi e Rogério Guedes Barbosa, pela colaboração e companheirismo na execução dos trabalhos de campo;
- À SODE do Brasil S/A e à Usina Santa Bárbara Açúcar e Alcool, pelo empenho demonstrado e esforços despendidos para a realização dos trabalhos de campo, com o empréstimo de pessoal e equipamentos;
- À Professora Jussara Sarruge Milanez, pela revisão do texto;
- À todos aqueles que indiretamente incentivaram a idéia desse estudo, demonstrando interesse e oferecendo sugestões e críticas.

S U M Á R I O

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xix
RESUMO	xxiv
SUMMARY	xxvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Área cultivada, produção e considera- ções sobre a queima dos canaviais	3
2.2. Utilização da biomassa como fonte de energia	8
2.3. O potencial energético da cultura de cana-de-açúcar	11
2.4. Desempenho de operações mecanizadas de de colheita e de recolhimento dos re- síduos em cana-de-açúcar	21
2.5. Estimativa de custos de sistemas meca- nizados em operações agrícolas	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Fundamentos da hipótese de trabalho	30
3.2. Material	30
3.2.1. Material de campo	31
3.2.1.1. Variedade de cana-de- açúcar	31

3.2.1.2. Máquinas Agrícolas	31
3.2.1.3. Utensílios de mensura- ção dimensional	32
3.2.1.4. Equipamentos de mensu- ração volumétrica e temporal	33
3.2.1.5. Equipamentos de mensu- ração ponderal	33
3.2.1.6. Utensílios de aplica- ção geral	34
3.2.2. Material de laboratório	34
3.2.2.1. Equipamentos para de- terminação do grau de umidade das frações componentes do palhiço e do resíduo	34
3.2.2.2. Equipamentos para de- terminação de poder calorífico e do teor de matéria estranha mineral no resíduo en- fardado	34
3.3. Métodos	35
3.3.1. Determinações de campo	35
3.3.1.1. Porte do canavial	35
3.3.1.2. Características dimen- sionais e ponderais das plantas e de suas frações, no canavial	35
3.3.1.3. Determinação da quan- tidade de resíduo	38
3.3.1.4. Determinação de tempos e movimentos da opera- ção de enfardamento do resíduo	38

3.3.1.5. Determinação do consumo de combustível	40
3.3.1.6. Determinação ponderal e dimensional dos fardos	40
3.3.1.7. Amostragem do resíduo enfardado	40
3.3.2. Determinações laboratoriais	40
3.3.2.1. Caracterização tecnológica da matéria-prima	40
3.3.2.2. Grau de umidade das frações da plantas	41
3.3.2.3. Grau de umidade do resíduo enfardado	41
3.3.2.4. Teor de matéria estranha mineral do resíduo enfardado	41
3.3.2.5. Determinação dos poderes caloríficos superior, inferior e útil do resíduo enfardado	42
3.3.3. Determinação de custos de enfardamento	43
3.4. Análise estatística	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Caracterização do canavial	45
4.2. Potencial energético do canavial	46
4.3. A colheita mecanizada e o resíduo de colheita	48
4.4. Desempenho operacional da enfardadora	51
4.5. Análise de custos do conjunto trator-enfardadora	57
4.6. Resultado econômico do processo de enfardamento	60
4.7. Considerações finais	62

5. CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE 1: Dados originais de campo e de laboratório	74
APÊNDICE 2: Dados transformados	86
APÊNDICE 3: Informações utilizadas no cálculo de custos das máquinas envolvidas no sistema de enfardamento	92
APÊNDICE 4: Memória de cálculo	98

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Separação das frações do palhiço dos colmos industrializáveis	36
2	Amostragem da massa de palhiço existente no campo anterior à operação de enfardamento	37
3	O conjunto trator-enfardadora na operação de enfardamento	39
4	Aspecto do fardo de resíduo de colheita de cana-de-açúcar	39
5	Variação do custo por tonelada de resíduo enfardado, em função da variação da capacidade operacional do conjunto trator-enfardadora	64
6	Participação percentual da depreciação, no custo dos componentes do conjunto trator-enfardadora	64
7	Composição dos custos do trator, segundo o método Tradicional	65
8	Composição dos custos da enfardadora, segundo o método Tradicional	65

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Páginas
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
1 Caracterização do canavial: número de colmos por metro linear - N/m ; por metro quadrado - N/m^2 ; número de internódios por colmo - NI ; comprimento (m) dos colmos - C ; diâmetro (mm) dos colmos - D ; massa (t/ha) de colmos industrializáveis - MCI , nas Áreas A e B	46
2 Massas (t/ha) de palhiço em matéria úmida - PTT ; potencial energético (Mcal/ha) do canavial - PEC e Índice de Palhiço - IP	47
3 Poder calorífico (kcal/kg) superior - PCS ; inferior - PCI e útil - PCU , do resíduo, grau de umidade (%) do resíduo - UR ; massas (t/ha) de resíduo em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS ; potencial energético (Mcal/ha) do resíduo - PER e percentagem de resíduo que acompanhou a matéria-prima - PMT	49

- 4 Massa (kg) - MFa e densidade (kg/m^3) - Dfa, dos fardos; massas (t/ha) de resíduo enfardado em matéria úmida - MUE e em matéria seca - MSE e de resíduo não recolhido pela enfardadora - PRC; tempo (s) total de enfardamento - TTE; equivalente energético (Mcal/ha) do resíduo enfardado - EMR e teor de matéria mineral nos fardos - IM 52

- 5 Consumo de combustível (em litro de óleo diesel) da fonte de potência: horário - CCh; por fardo - CCf; por tonelada de resíduo enfardado - CCT; desempenho operacional em toneladas de resíduo enfardado - CCT e em área trabalhada - CCA e energia consumida (Mcal/ha) na forma de combustível - ECE 55

- 6 Parâmetros para o cálculo de custos e da idade ótima de substituição do conjunto trator-enfardadora: Valor de revenda do equipamento no ano t - VRt; despesas totais previstas com o equipamento no ano t - Dt; valor presente do equipamento em relação ao valor de revenda - VP(VR); valor presente das despesas previstas com o equipamento - VP(Dt); valor presente das despesas previstas com o equipamento, acumulado, no final do ano T - VP(T) 58

- 7 Custo anualizado equivalente de cada componente e do conjunto, por hora e por hectare, na operação de enfardamento 59

8	Custos obtidos pelo método Tradicional, para o trator, enfardadora, e para o conjunto	60
9	Resultado econômico da comercialização do bagaço substituído pelo resíduo de colheita, considerando os preços médios a granel e briquetado, em função dos custos de enfardamento	61
10	Custos de carregamento e transporte de resíduos de colheita de cana-de-açúcar, em US\$/t, segundo diversos autores	62
APÊNDICE 1		74
1	Comprimento dos colmos (m) na área A	75
2	Diâmetro dos colmos (mm) na área A	75
3	Número de internódios por colmo na área A ..	76
4	Número de colmos, na área A, por unidade experimental - N; por metro linear - N/m e por metro quadrado - N/m ²	76
5	Massas (kg) de ponteiros - mpo; de folhas verdes - mfv; de palhas - mpa e de colmos industrializáveis - mci por unidade experimental na área A	77
6	Umidade (%) com base em peso úmido de ponteiros - Upo; de folhas verdes - Ufv;	

	de palhas - Upa e de colmos - Uco, por unidade experimental, na área A	77
7	Comprimento dos colmos (m) na área B	78
8	Diâmetro dos colmos (mm) na área B	78
9	Número de internódios por colmo na área B ..	79
10	Número de colmos, na área B, por unidade experimental - N; por metro linear - N/m e por metro quadrado - N/m^2	79
11	Massas (kg) de ponteiros - mpo; de folhas verdes - mfv; de palhas - mpa e de colmos industrializáveis - mci por unidade experimental na área B	80
12	Umidade (%) com base em peso úmido de ponteiros - Upo; de folhas verdes - Ufv; de palhas - Upa e de colmos - Uco, por unidade experimental, na área B	80
13	Poder calorífico superior (kcal/kg) do resíduo enfardado - PCS; umidade (%) com base em peso úmido do resíduo enfardado - U e massa (kg/m^2) de resíduo existente no campo, anterior ao enfardamento - MRC por unidade experimental, nas áreas A e B	81
14	Teor de cinzas obtidos do resíduo enfardado, lavado - MRL e não lavado - MRN, por unidade experimental, nas áreas A e B	81

- 15 Análise tecnológica da matéria-prima colhida na área A: Massas (kg) de matéria-prima, por unidade de transporte - MMP; por amostra colhida pela sonda - MAS; de colmos na amostra - MCa e de componentes do palhiço na amostra: ponteiros - Poa; folhas verdes - Fva e palhas - Paa; total de palhiço na amostra - PTa; brix%-BRIX; pol% cana - POL e teor de matéria estranha vegetal na matéria prima - IVM 82
- 16 Análise tecnológica da matéria-prima colhida na área B: Massas (kg) de matéria-prima, por unidade de transporte - MMP; por amostra colhida pela sonda - MAS; de colmos na amostra - MCa e de componentes do palhiço na amostra: ponteiros - Poa; folhas verdes - Fva e palhas - Paa; total de palhiço na amostra - PTa; brix%-BRIX; pol% cana - POL e teor de matéria estranha vegetal na matéria-prima IVM 83
- 17 Caracterização edafológica das áreas A e B: percentagens de umidade no solo - U% e de argila, silte e areia 84
- 18 Ensaio da enfardadora na área A: tempo (s) efetivo de enfardamento - TEE; de amarração dos fardos - TEA e de leitura do medidor de combustível - TMC; distância (m) percorrida pelo conjunto trator-enfardadora para realização de cada fardo - DDE; comprimento (m) dos fardos - CF; diâmetro (m) dos fardos - DF; leituras do medidor volumétrico de combustível - LMV e da

	célula de carga para determinação da massa dos fardos - LCC	84
19	Ensaio da enfardadora na área B: tempo (s) efetivo de enfardamento - TEE; de amarração dos fardos - TEA e de leitura do medidor de combustível - TMC; distância (m) percorrida pelo conjunto trator-enfardadora para realização de cada fardo - DDE; comprimento (m) dos fardos - CF; diâmetro (m) dos fardos - DF; leituras do medidor volumétrico de combustível - LMV e da célula de carga para determinação da massa dos fardos - LCC	85
20	Calibração da célula de carga: carga adicionada (kgf), leituras obtidas e respectivas médias. Fator de multiplicação das cargas = 12,73	85
APÊNDICE 2		86
1	Estimativa de massas (t/ha) de colmos industrializáveis - MCI; de ponteiros - Mpo; de folhas verdes - Mfv; de palhas - Mpa; total de palhico em matéria úmida - PTT e em matéria seca - PTS e índice de palhico - IP, por unidade experimental, na área A	87
2	Estimativa de massas (t/ha) de colmos industrializáveis - MCI; de ponteiros - Mpo; de folhas verdes - Mfv; de palhas - Mpa; total de palhico em matéria úmida -	

- PTT e em matéria seca - PTS e índice de palhiço - IP, por unidade experimental, na área B 87
- 3 Poderes caloríficos (kcal/kg) superior - PCS; inferior - PCI e útil - PCU do resíduo enfardado; estimativa da massa (t/ha) de resíduo existente no campo anterior ao enfardamento em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS e potencial energético (Mcal/ha) do resíduo - PER, por unidade experimental, na área A ... 88
- 4 Poderes caloríficos (kcal/kg) superior - PCS; inferior - PCI e útil - PCU do resíduo enfardado; estimativa da massa (t/ha) de resíduo existente no campo anterior ao enfardamento em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS e potencial energético (Mcal/ha) do resíduo - PER, por unidade experimental, na área B ... 88
- 5 Massa (kg) - MFa; volume (m^3) - VFa e densidade (kg/m^3) - DFa, dos fardos; área - (ha) trabalhada por fardo - A; massas (t/ha) estimadas de resíduo enfardado em matéria úmida - MUE e em matéria seca - MSE; tempo (s) efetivo total de enfardamento - TTE; velocidade (m/s) de deslocamento do conjunto trator-enfardadora - VMd; equivalente energético (Mcal/ha) do resíduo recolhido - EMR e massa (t/ha) estimada de resíduo não recolhido pela enfardadora -

- PRC, por unidade experimental na área A 89
- 6 Massa (kg) - MFa; volume (m^3) - VFa e densidade (kg/m^3) - DFa, dos fardos; área - (ha) trabalhada por fardo - A; massas (t/ha) estimadas de resíduo enfardado em matéria úmida - MUE e em matéria seca - MSE; tempo (s) efetivo total de enfardamento - TTE; velocidade (m/s) de deslocamento do conjunto trator-enfardadora - VMd; equivalente energético (Mcal/ha) do resíduo recolhido - EMR e massa (t/ha) estimada de resíduo não recolhido pela enfardadora - PRC, por unidade experimental na área B 90
- 7 Consumos de combustível (l): por fardo - CCf; horário - CCh, por hectare - CCa e por tonelada - CCt; Capacidades efetivas de enfardamento: por hectare - CCA e por tonelada - CCT; energia equivalente (Mcal/ha) consumida na operação de enfardamento - ECE e teor de matéria estranha mineral (terra) no resíduo enfardado - IM por unidade experimental na área A 91
- 8 Consumos de combustível (l): por fardo - CCf; horário - CCh, por hectare - CCa e por tonelada - CCt; Capacidades efetivas de enfardamento: por hectare - CCA e por tonelada - CCT; energia equivalente (Mcal/ha) consumida na operação de enfardamento - ECE e teor de matéria estranha mineral (terra) no resíduo enfardado - IM por unidade experimental na área B 91

APÊNDICE 3 92

- 1 Informações referentes ao trator Ford
6610 TR4 93
- 2 Despesas previstas em 5 anos, para o tra-
tor Ford 6610 TR4, em dolares (1 US\$ =
Cr\$ 578,20) 94
- 3 Índices de depreciação utilizados nos
cálculos 96
- 4 Despesas previstas e índices de deprecia-
ção utilizados nos cálculos para a enfar-
dadora SODE JS 90 97

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A (ha)	- área estimada necessária para recolher resíduo equivalente a um fardo.
CCa (l/ha)	- volume estimado de combustível consumido por hectare.
CCA (ha/h)	- capacidade efetiva de enfardamento.
CCf (l)	- volume estimado de combustível consumido em cada ciclo operacional.
CCh (l/h)	- volume estimado de combustível consumido por hora efetiva de operação.
CCT (l/t)	- volume estimado de combustível consumido por tonelada de resíduo enfardado.
CCT (t/h)	- capacidade efetiva de enfardamento.
CV	- coeficiente de variação.
DDE (m)	- distância percorrida por ciclo operacional.
DFa (kg/m ³)	- densidade dos fardos.
Dt (US\$)	- despesas totais com o equipamento considerado no ano t.
ECE (Mcal/ha)	- energia estimada, consumida pelo conjunto para enfardar um hectare de resíduo de colheita.
EMR (Mcal/ha)	- equivalente em energia no resíduo enfardado.
Fva (kg)	- massa de folhas verdes na amostra retirada pela sonda.
IC	- intervalo de confiança.

IP	- índice de palhiço.
IM	- teor de matéria estranha mineral (terra) contida no resíduo enfardado.
IVM (%)	- teor de matéria estranha vegetal na matéria-prima entregue à indústria.
JUROS E IMP.	- juros e impostos.
LCC	- leitura obtida na célula de carga, no campo, durante a determinação da massa dos fardos.
LVM	- leitura obtida no medidor volumétrico de combustível correspondente ao consumo de óleo diesel pelo motor do trator.
MAS (kg)	- massa da amostra retirada pela sonda de cada unidade de transporte.
MCa (kg)	- massa de colmos industrializáveis na amostra retirada pela sonda.
mci (kg)	- massa de colmos industrializáveis existente na unidade experimental, anterior à colheita do canavial.
MCI (t/ha)	- massa estimada de colmos industrializáveis existente no canavial anterior à colheita.
MFa (kg)	- massa dos fardos.
mfv (kg)	- massa de folhas verdes existente na unidade experimental, anterior à colheita do canavial.
Mfv (t/ha)	- massa estimada de folhas verdes existente no canavial, anterior à colheita.
MMP (kg)	- massa de matéria-prima por unidade de transporte.
mpa (kg)	- massa de palhas existente na unidade experimental, anterior à colheita do canavial.
Mpa (t/ha)	- massa estimada de palhas existente no canavial, anterior à colheita.

mpo (kg)	- massa de ponteiros existente na unidade experimental, anterior à colheita do canavial.
Mpo (t/ha)	- massa estimada de ponteiros existente no canavial, anterior à colheita.
MRC (kg/m ²)	- massa de resíduo existente no campo anterior à operação de enfardamento.
MRL (%)	- índice percentual de cinzas existente no resíduo enfardado lavado.
MRN (%)	- índice percentual de cinzas existente no resíduo enfardado, não lavado.
MRS (t/ha)	- massa estimada de resíduo existente no campo, em matéria seca, anterior à operação de enfardamento.
MRU (t/ha)	- massa estimada de resíduo existente no campo, em matéria úmida, anterior à operação de enfardamento.
MUE (t/ha)	- massa estimada de resíduo enfardado, em matéria úmida.
MSE (t/ha)	- massa estimada de resíduo enfardado, em matéria seca.
N	- número de colmos existente na unidade experimental.
N/m	- número estimado de colmos por metro linear de sulco de plantio.
N/m²	- número estimado de colmos por metro quadrado.
Paa (kg)	- massa de palhas na amostra retirada pela sonda.
PCI (kcal/kg)	- poder calorífico inferior do resíduo enfardado.
PCS (kcal/kg)	- poder calorífico superior do resíduo enfardado.
PCU (kcal/kg)	- poder calorífico útil do resíduo enfardado.

PER (Mcal/ha)	- potencial em energia estimado no resíduo existente no campo, anterior ao enfardamento.
Poa (kg)	- massa de ponteiros na amostra retirada pela sonda.
PRC (t/ha)	- massa estimada de resíduo não recolhido pela enfardadora.
PTa (kg)	- massa total de palhiço na amostra retirada pela sonda.
PTS (t/ha)	- massa total estimada de palhiço existente no canavial, em matéria seca, anterior à colheita.
PTT (t/ha)	- massa total estimada de palhiço existente no canavial, em matéria úmida, anterior à colheita.
REP. MANUT.	- reparos e manutenção.
Sist. Hidr.	- sistema hidráulico.
TEA (s)	- tempo efetivo necessário para amarração e descarregamento do fardo, pelo conjunto trator-enfardadora.
TEE (s)	- tempo efetivo necessário para que o conjunto trator-enfardadora recolha resíduo equivalente a um fardo.
TMC (s)	- tempo em que esteve em ação o medidor volumétrico de combustível, isto é, tempo necessário para consumo de combustível equivalente ao volume indicado na leitura LVM.
Trans.	- transmissão.
Trans. Diant.	- transmissão dianteira.
TTE (s)	- Tempo de ciclo operacional.
U (%)	- umidade percentual com base em peso úmido do resíduo enfardado.
Uco (%)	- umidade percentual com base em peso úmido nos colmos industrializáveis.

UE	- unidade experimental.
Ufv (%)	- umidade percentual com base em peso úmido nas folhas verdes.
Upa (%)	- umidade percentual com base em peso úmido nas palhas.
Upo (%)	- umidade percentual com base em peso úmido nos ponteiros.
VF _a (m ³)	- volume dos fardos.
VMd (m/s)	- velocidade média de deslocamento do conjunto trator-enfardadora, no ciclo operacional.
VP(Dt) (US\$)	- valor presente das despesas totais com o equipamento considerado.
VP(T) (US\$)	- valor presente do total das despesas (operacionais, fixas e depreciação) no período de tempo T.
VP(VR) (US\$)	- valor presente do valor de revenda do equipamento considerado.
VRt (US\$)	- valor de revenda do equipamento considerado no ano t.

ENFARDAMENTO DE RESÍDUO DE COLHEITA DE CANA-DE-
AÇÚCAR (*Saccharum spp.*): AVALIAÇÃO DOS
DESEMPENHOS OPERACIONAL E ECONÔMICO

Autor: Walter Francisco Molina Jr

Orientador: Prof. Dr. Tomaz Caetano Ripoli

RESUMO

O aumento do canavial brasileiro nos últimos anos e sua consequente queima como prática pré-colheita tem preocupado diversos setores da sociedade, devido aos problemas causados por ela, tanto do ponto de vista econômico como ambiental.

A hipótese sob a qual esse estudo foi realizado é a de que o resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia do canavial seja utilizado como combustível nas fornalhas das caldeiras da agroindústria sucroalcooleira, em substituição ao bagaço, que seria comercializado.

Para tanto, buscou-se verificar o desempenho operacional e econômico de uma enfardadora de forragem de fardos cilíndricos, operando com esse resíduo, preparando-o para transferência do campo à indústria.

Os trabalhos de campo foram realizados no município de Santa Bárbara D'Oeste - SP, com a variedade de cana-de-açúcar SP 706163, em canaviais de 2^o e 3^o cortes.

Concluiu-se, pelos resultados obtidos, que o processo de enfardamento do resíduo, com o equipamento utilizado é viável tecnicamente, embora necessite de adaptações mecânicas e operacionais.

A fonte de potência utilizada foi inadequada à operação, inferindo-lhe elevados custos, o que inviabilizou o processo quando considerado o preço do bagaço a granel. Para o bagaço briquetado, o resultado foi positivo.

O consumo de energia na forma de combustível, pelo conjunto trator-enfardadora, foi de 1,16% da energia contida no resíduo enfardado.

O potencial energético do canavial estudado é atrativo, pois a biomassa hoje descartada pela queima representou, em peso, um terço dos colmos industrializáveis produzidos, com poder calorífico muito próximo ao do bagaço utilizado como combustível nas fornalhas.

**SUGARCANE (*Saccharum spp.*) HARVESTING TRASH
BALING: OPERATIONAL AND ECONOMICAL
PERFORMANCES EVALUATION**

Author: Walter Francisco Molina Jr
Adviser: Prof. Dr. Tomaz Caetano Ripoli

SUMMARY

The increasing sugarcane cultivated area in the last years and its burning as a harvest practice have worried several society sectors, due to the problems related to it, from the economical and environmental point-of-view.

This study is based on the assumption that sugarcane harvesting trash without previous burning may be used as fuel in the sugar and alcohol industry boilers, instead of bagasse, which would be sold.

As a consequence, it was verified both operational and economical performances of a hay baler, operating with such a trash, getting it ready to be born as far as the Mill.

Field tests were performed in Santa Bárbara D'Oeste, State of São Paulo, with sugarcane variety SP716163, in second and third ratoon fields.

It was concluded, based on the results, that the trash baling process, with the applied equipment is technically feasible, although is showed be necessary mechanical and operational adaptation.

The power source in use was inadequate to the operation, causing high costs to the process, unsuccessful when considering in bulk bagasse price. Pressed bagasse indicated positive results.

Energy consumption as fuel, by the tractor-baler

system, was 1,16% the baled trash energy.

The energetic potential of the studied sugarcane field is attractive, for the discarded biomass related to nowadays burning represented, in weight, the third part of the yielded stalks, with heating power very close to the bagasse used as fuel in the boilers.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de melhorar a eficiência no consumo de energia para que, inclusive, minimize-se a agressão ao meio ambiente, é problema que aflige toda a humanidade, uma vez que a maior parte da energia consumida atualmente tem origem nos combustíveis fósseis, com reservas finitas e cujas emissões de gases provocam altos índices de poluição atmosférica.

Assim, vários países têm demonstrado interesse no desenvolvimento de fontes alternativas de energia, baseadas na utilização de biomassa como combustível.

A utilização da biomassa como fonte de energia, no entanto, apresenta inúmeros problemas de ordem técnica e operacional no que se refere ao seu aproveitamento. Dentre eles pode-se destacar a baixa quantidade de energia contida por unidade de massa e o armazenamento, devido às várias formas desse material, além de que a exploração indiscriminada de grandes áreas de florestas naturais, por exemplo, traria novamente enormes prejuízos ambientais.

A utilização, portanto, de restos culturais de atividades agrícolas como fonte de energia mostra-se atrativa, principalmente se consideradas as culturas que produzem grande quantidade de massa vegetal, da qual parcela significativa não tem interesse econômico atualmente.

A cultura da cana-de-açúcar, que no Brasil ocupa área da ordem de 4 milhões de hectares é um desses casos. A colheita de toda essa área é precedida por queimadas que visam facilitar a operação de corte e minimizar seus custos. Todavia, essa prática vem sendo contestada, principalmente do ponto de vista ambiental.

Vários autores, estudando a parte aérea dessa cultura relatam que, da massa vegetal produzida, as folhas e ponteiros, hoje descartados e queimados, representam, em peso, entre 17% e 30% do canavial. Isso significa, somente no Brasil, quantidade de biomassa entre 42,5 e 75 milhões de toneladas, no momento da colheita.

O aproveitamento desse material como combustível para geração de energia elétrica torna potencialmente interessante o estudo de novos sistemas de colheita de cana-de-açúcar sem queima de prévia e de formas eficientes de manipulação dos resíduos dessa colheita no processo de sua transferência do campo à indústria.

O presente estudo visou avaliar o desempenho operacional e econômico de uma enfardadora de forragem, de fardos cilíndricos, operando em resíduo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar sem queima prévia, bem como a energia descartada em forma de palhço, do canavial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Área cultivada, produção e considerações sobre a queima dos canaviais.

O Anuário Estatístico do Brasil - 1990 informa que a área cultivada no Brasil com cana-de-açúcar era, naquele ano, da ordem de $4,2 \times 10^6$ ha, com uma produção de 258×10^6 t e produtividade agrícola média de 62,8 t/ha.

A Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar do Estado de São Paulo (COPERSUCAR, 1989a) relata que a área colhida no Brasil, na safra canavieira de 88/89, foi de $4,3 \times 10^6$ ha, sendo menor apenas que as áreas ocupadas pelas culturas de milho ($13,1 \times 10^6$ ha), soja ($10,5 \times 10^6$ ha), arroz (6×10^6 ha) e feijão ($5,9 \times 10^6$ ha).

VIEIRA (1981) e SEGALA (1982) relatam os rendimentos agrícolas da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e em suas principais regiões produtoras:

VIEIRA (1981):

Região Centro/Sul	65 t/ha
Região Norte/Nordeste	55 t/ha

SEGALA (1982):

São Paulo	70 t/ha
Brasil	60 t/ha

A necessidade de promover limpeza parcial do canavial visando facilitar a operação de corte (manual ou mecânico) é a razão principal da queima, segundo RIPOLI & PARANHOS (1987). Comentam que, dependendo das condições climáticas, tal procedimento pode reduzir entre 60 e 90% a

matéria estranha vegetal que acompanha a matéria-prima colhida, embora tratando-se de sua qualidade, as condições ideais desejáveis são a cana cortada madura, sem queima prévia, limpa e processada o mais rapidamente possível.

Ainda esses autores relatam que os problemas ambientais causados pela queima dos canaviais têm levado países e regiões produtoras a proibirem as queimadas e forçarem o desenvolvimento de novos equipamentos e métodos de colheita.

DELGADO (1985) considera aspectos favoráveis e desfavoráveis da queima em canaviais, precedente à colheita, classificando-os do ponto de vista agrônomo, industrial, econômico e operacional e energético, enumerando os mais relevantes:

De caráter agrônomo:

1. a palha poderia ser incorporada ao solo aumentando seu potencial de matéria orgânica;
2. destruição dos inimigos naturais da broca da cana-de-açúcar;
3. facilidade nas operações de preparo do solo e de cultivo;
4. aumento do teor de cinzas do solo;
5. eliminação de pragas da cultura;
6. facilidade nas operações de corte, tanto manual como mecanizado.

De caráter industrial:

1. dificuldades na conservação e purificação dos caldos;
2. aumento de brix e fibra % devido ao ressecamento dos colmos;
3. aumento da infestação de microorganismos nos colmos, como resultado da exsudação, predispondo-os à deterioração.

De caráter econômico e operacional:

1. torna a colheita mais fácil e barata;

2. maiores prejuízos no caso de atraso no corte;

3. complicações com tratamento de água de lavagem, pelo aumento de volume necessário e pela demanda biológica de oxigênio devido ao exsudado e pela solubilização de ceras.

De caráter energético:

1. a queima tem causado perdas da ordem de 30% da matéria bruta, tornando-se claro que, caso fosse aproveitada para a produção de biogás ou queimada em caldeiras, poderia ser geradora de energia de biomassa.

Também BASSINELLO et alii (s.d.) comentam aspectos favoráveis e desfavoráveis da cana-de-açúcar como matéria-prima obtida de canavial sem queima prévia, em virtude da permanência de restos culturais (palha e palmito) no campo:

" Vantagens:

- manutenção da umidade do solo;
- controle de ervas daninhas sem a utilização ou com a diminuição da quantidade de herbicidas;
- melhor controle da erosão com proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva;
- aumento de matéria orgânica no solo pela adoção da prática por vários anos;
- redução da população de nematóides nocivos à cultura, pelo acréscimo de nematóides predadores e microorganismos resultantes do aumento da matéria orgânica no solo;
- possibilidade do melhor aproveitamento da cana-de-açúcar do ponto de vista energético, levando-se toda a fonte de energia (biomassa) para a indústria;
- melhoria da qualidade da matéria-prima entregue para a industrialização;
- no caso de micro e mini-destilarias que exigem baixas tonelagens diárias de matéria-prima, dificultando a queima de talhões inteiros de cana, a adoção da prática da colheita de cana crua iria beneficiar o processo além de permitir a utilização de ponteiros para alimentação animal;

- redução da poluição atmosférica provocada pela queima da cana.

Desvantagens:

- dificuldade de mão-de-obra disponível para a adoção da técnica e resistência do próprio cortador em executá-la;

- rendimento de corte menor, tanto manual como mecânico, implicando em maiores custos de produção;

- aumento de impurezas vegetais e minerais na matéria-prima;

- tendência de apresentar o corte basal mais elevado, provocando perdas de matéria-prima e prejudicando a brotação da soqueira;

- dificuldades de brotação da soqueira devido à menor temperatura do solo e do sombreamento;

- maior foco de infestação para alojamento das pragas;

- impossibilidade de utilização dos implementos tradicionais nos tratos culturais de adubação e cultivo (subsolagem);

- necessidade de maior quantidade de nitrogênio na adubação de soqueira com a finalidade de suprir a parte imobilizada na decomposição da palha e aplicação no plantio de todo o fósforo exigido para o ciclo da cultura;

- perigo de fogo acidental no período de entre safra e durante a colheita;

- maior velocidade de deterioração da cana crua em relação à queimada após o corte;

- cuidado na escolha de variedades apropriadas (sem joçal, despalha fácil, com menor problema de doenças e broca);

- aumento da necessidade de transporte pela empresa;

- aumento no teor de fibra e conseqüente redução na extração do caldo pelas moendas;

- as colhedoras de cana picada ou de cana inteira foram basicamente desenvolvidas para o corte de cana queimada com raras exceções;

- diminuição da velocidade das colhedoras com aumentos do consumo operacional e custo final;

- aumento da incidência de acidentes de trabalho no corte de cana crua (uso do facão provocando cortes, folha da cana ferindo a vista);

- na cana crua há maior incidência de animais peçonhentos (cobra, aranha) no momento do corte, provocando sérios acidentes;

- maior incidência de broca (D. saccharalis) e de cigarrinha da raiz (M. fimbriolata)".

RIPOLI (1988) considerando ser a queima prévia dos canaviais consagrada em função dos reflexos econômicos imediatos, enumera vários inconvenientes dessa prática como: riscos de descontrole, podendo provocar incêndio em outras áreas agrícolas ou matas, danos às redes de transmissão de energia elétrica, dificuldade de implantação de controle biológico de pragas, perda de sacarose por exsudação dos colmos e desperdício de cerca de 10 t/ha de massa vegetal que poderia ser incorporada ao solo melhorando suas propriedades físico-químicas ou aproveitada como fonte de energia na agroindústria.

STUPIELLO (1989) tece comentários sobre a influência do tempo em que a cana permanece queimada antes da industrialização, classificando os períodos de queima em quente, quando ocorre entre 12 e 16 horas do dia anterior à moagem e frio quando ocorre entre 19 horas (noite anterior) e 7 horas da manhã do dia da moagem, concluindo que o período frio fornece matéria-prima de melhor qualidade. Considera tal fato como reflexo de deteriorações microbiológicas (pela inoculação de microorganismos nas rachaduras provocadas nos colmos pelo fogo), tecnológicas (pela exsudação de caldo pelos colmos) e fisiológicas (pela rea-

tivação das atividades fisiológicas da planta), todas elas relacionadas com perda de açúcares.

Estudos do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) de São José dos Campos, SP, realizados em setembro de 1988 e março/abril de 1989 no Estado de São Paulo, visando a determinação da poluição atmosférica causada pelas queimadas de canaviais, foram relatados pelo JORNAL DE PIRACICABA (1989) e dão conta de que os níveis de ozônio na época da safra são de 80 ppb, contra 30 ppb na entre-safra, sendo que nas regiões industrializadas dos Estados Unidos da América a concentração desse gás na atmosfera é de 50 ppb e nas demais regiões do Brasil a concentração observada (considerada normal está entre 20 e 40 ppb. Quanto aos níveis de monóxido de carbono, foram encontradas concentrações de 600 ppb na época das queimadas, contra 100 ppb nas épocas de entre-safra.

O periódico cita que a alta concentração de ozônio na baixa atmosfera prejudica o crescimento de plantas e o sistema respiratório de animais e o monóxido de carbono é responsável por doenças respiratórias e complicações cardíacas.

O JORNAL DE PIRACICABA (1990) noticia que a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) tem observado diminuição das interrupções de fornecimento de energia elétrica em sua área de concessão, causados por queimadas de canaviais, graças às campanhas de conscientização desenvolvidas pela empresa. A notícia relata 119 interrupções em 1990, até o dia 30 de novembro. No ano de 1984 foram 576, em 1985 foram 525, sendo que somente em 1989 conseguiu-se baixar esse número de duas centenas, ocorrendo 183 interrupções.

2.2. Utilização de biomassa como fonte de energia.

Segundo CARVALHO (1974), um hectare de eucalipto produz 200 toneladas de madeira seca ao ar, a qual, na for-

ma de lenha, produz energia equivalente a 55.000 litros de óleo diesel. O autor defende o retorno do uso da lenha e do carvão vegetal para a geração de energia elétrica, na siderurgia, em indústrias que utilizam o vapor para aquecimento doméstico rural e no transporte ferroviário.

A necessidade de buscar novas fontes de energia em alternativa às matérias-primas fósseis é comentada por PERRONE (1977) como tendência universal, uma vez que essas são finitas e que a biomassa vegetal depende da fixação da energia solar através do processo fotossintético. O autor comenta ainda que, no Brasil, 50% da matéria verde (hastes, folhas, cascas, raízes, etc) formada pelas principais culturas, que são a cana-de-açúcar, mandioca, milho e arroz, é deixada apodrecer no campo ou, quando muito, aproveitada ineficientemente.

O mesmo autor relata a quantidade de celulose contida nos resíduos agrícolas de algumas culturas no ano de 1975:

Cana-de-açúcar

bagaço (13% da cana)	11.959.210 t
folhas e ponteiros (40% da parte aérea)	18.398.784 t
Mandioca	7.958.491 t
Arroz casca	1.288.823 t
palha	2.681.297 t
Babaçú amêndoas	3.006.110 t

LANÇAS (1984) apresenta algumas vantagens do uso de biomassa como energia alternativa e alguns problemas para sua utilização em larga escala:

- recursos abundantes, renováveis e disponíveis em diversas formas e grande variedade de uso;
- produção descentralizada, com recursos regionais e locais mais apropriados;
- redução da poluição ambiental em relação aos combustíveis fósseis;
- colheita de grande quantidade de biomassa pode

causar desequilíbrio ecológico em grandes proporções;

- baixa quantidade de energia por quantidade de massa. Sua viabilidade só poderá ser considerada quando o preço do petróleo se elevar muito;

- problemas de armazenamento e transporte devido às várias formas de biomassa;

- devido à produção descentralizada, a necessidade de transporte para os centros de conversão pode tornar inviável sua produção, dependendo das distâncias;

- para melhor eficiência é necessário um sistema de pré-secagem devido à umidade da biomassa.

Segundo BRITO (1986), a biomassa pode constituir a base de um modelo de desenvolvimento tecnológico e industrial auto-sustentado, baseado em dados concretos da realidade regional e na integração do homem a um ambiente econômico em harmonia com seu ambiente natural, além de ser uma simples fonte de energia alternativa. Comenta, ainda, que o componente energético é quem molda e sustenta as civilizações, concluindo que existem amplas oportunidades para uma participação efetiva dos combustíveis derivados de biomassa no Brasil e América Latina, existindo, todavia, necessidade de clara opção política e esforço tecnológico mais autônomo e que tal política terá como vetores de energia o etanol, os óleos vegetais e a biomassa florestal na propulsão de veículos e na geração de eletricidade.

Dos 850 milhões de hectares do Brasil, CORRÊA (1990), considera que 150 milhões podem ser destinados à produção de alimentos, 250 milhões para a exploração pecuária e 450 milhões para o uso com florestas e produção de biomassa a serem utilizadas como fonte de energia. Para tanto, comenta que o país necessita estabelecer um programa energético compreendendo um conjunto de estruturas e planos que proporcionem a integração harmônica dos fluxos de energia e permitam a otimização de subsistemas de produção, transporte, distribuição e consumo.

2.3. O potencial de energia na cultura de cana-de-açúcar

Referindo-se à capacidade fotossintética da cana-de-açúcar, ROSA (1977) comenta que 1,6% da energia solar incidente sobre a cultura é transformada em energia química, o que corresponde à 52 barris de petróleo por dia, em cada km² de área plantada. Desse total, apenas o correspondente a 6,8 barris são transformados em álcool e/ou açúcar.

De acordo com LESS (1982) citando a mandioca, baterraba açucareira e o girassol como fontes de energia, a cana-de-açúcar destaca-se por apresentar cultivo energético ideal, pois além de atividade fotossintética elevada, o processo industrial aproveita o bagaço para geração de calor e o vapor retirado da concentração do caldo é recirculado.

LEITE & PINTO (1983) afirmam que uma tonelada de cana-de-açúcar esmagada fornece 250 kg de bagaço com 50% de umidade. Nesse grau de umidade seu poder calorífico inferior (PCI) é de 1790 kcal/kg. Na umidade de 20% o PCI é de 3.244 kcal/kg.

STUPIELLO (1987) informa que, em média, uma tonelada de cana esmagada produz 280 kg de bagaço a 50% de umidade e estima que, do total da biomassa produzida pela cultura, 6 a 12% em peso é desperdiçada na forma de palhiço.

A COPERSUCAR (1989b) mostra que cada tonelada de cana esmagada resulta, em média, em 260 kg de bagaço com 50% de umidade.

Poder calorífico inferior (PCI) é segundo OLIVEIRA (1982) como o calor liberado pelo combustível menos o calor de vaporização da água, que é de 600 kcal para 1 kg de água. O peso da água formada na combustão é nove vezes o peso do hidrogênio contido no combustível.

O poder calorífico do bagaço de cana-de-açúcar tem sido motivo de estudos de vários autores, pois como comenta

LESS (1982) é matéria-prima para geração de calor.

LEITE (1983) comenta que a 20% de umidade, 3 toneladas de bagaço de cana poderiam substituir uma tonelada de óleo combustível. A seguir, em função da variação de umidade do material - U%, apresenta-se o valor do poder calorífico útil (PCU) obtidos por esse autor e por OLIVEIRA (

U%	PCU (kcal/kg)	
	OLIVEIRA (1982)	LEITE (1983)
60	1.329	-
50	1.814	1.790
45	-	2.032
40	2.299	2.310
30	2.783	2.795
20	3.268	3.244
15	3.510	3.522
10	3.753	3.765
05	-	4.008
00	-	4.250

OLIVEIRA (1982) e PEREZ (1982) apresentam informações do poder calorífico superior - PCS do bagaço, determinado em alguns países:

Países	PCS (kcal/kg)	
	OLIVEIRA (1982)	PEREZ (1982)
Austrália	4.542	-
Brasil	4.600	4.280
Cuba	4.691	4.432
México	-	5.072
Perú	-	4.650
Porto Rico	4.594	4.654
U.S.A.	-	4.529

GOLDENBERG (1979) comenta que o bagaço de cana correspondeu, em 1979, a 4,6% da energia utilizada no Brasil. Informa, também, o poder calorífico de alguns combustíveis:

Combustível	Poder Calorífico (kcal/kg)
Gasolina	1.000 - 8.150
Etanol	6.400 - 5.040
Metanol	4.700 - 3.740
Madeira	2.524 - 1.010
Carvão vegetal	6.798 - 1.980

O poder calorífico de alguns combustíveis é também apresentado por MIALHE (1980):

Combustível	Poder Calorífico (kcal/l)
Gasolina	7.759
Álcool anidro	5.082
Óleo diesel	8.883
Gás metano	4.203

Estudos realizados no Hawaii durante a safra 82/83 pela Hawaiian Sugar Planters Association (H.S.P.A., 1983) dão conta de que a cultura da cana-de-açúcar pode fornecer 270 milhões de BTU/acre de energia, o que caracteriza como uma das culturas mais eficientes na conversão de energia solar em energia química.

Segundo SEGALA (1982) o rendimento agrícola da cana-de-açúcar no Hawaii é de 240 t/ha.

A H.S.P.A. (1987) diz que permanecem no solo como resíduos de colheita de cana, quando o canavial não é queimado, ponteiros, folhas e outros materiais, à partir dos quais seria possível produzir energia elétrica caso sejam desenvolvidos métodos eficientes para seu recolhimento e

estocagem. A instituição afirma que equipes de pesquisadores estão empenhados no aproveitamento energético desse material, não só no Hawaii, como também na Jamaica e Tailândia e apresenta alguns resultados de umidade e poder calorífico observados nos resíduos estocados durante 3 meses, em 4 situações diferentes.

Tratamento	Umidade %	PCS (BTU/lb)
Resíduo fresco, coberto	20,1	5.078
Resíduo fresco, descoberto	12,8	5.344
Resíduo velho, coberto	16,1	4.737
Resíduo velho, descoberto	11,6	5.713

Em Cuba, AGUILAR et alii (1989) relatam estudos realizados com resíduos da colheita de cana-de-açúcar na safra 86/87, por eles chamado de RAC - resíduos agrícolas de cana. Estudaram 3 métodos de preparação e transporte do RAC para combustão em usinas que utilizam o bagaço como fonte de energia, com equipamentos para fracionamento e secagem do material.

Foram objeto dos estudos resíduos de colheita manual e mecanizada, em canaviais não queimados, sendo que os autores observam que as frações do material apresentam tamanho inadequado para fins industriais. Apresentam o teor de umidade e o poder calorífico encontrados, em 3 unidades indústrias diferentes e comparam com o bagaço:

Material	Umidade (%)	PCS (kcal/kg)
RAC	33,78	4.774,0
Bagaço	47,98	4.902,3

ZULAUF et alii (1985) apresentam os poderes caloríficos superior e inferior da palha (folhas secas) da

cana-de-açúcar para diversas variedades e regiões do Estado de São Paulo:

Região/Variedade		Poderes Caloríficos (kcal/kg)		
		Superior	Inferior	Umidade(%)
Araraquara	NA5679	4.181	3.563	9,1
Bauru	SP701143	4.315	3.073	21,3
Campinas	CP5122	4.098	3.389	11,3
Piracicaba	NA5679	3.979	2.992	18,6
Ribeirão Preto	SP701143	4.096	3.534	8,0

No Brasil, a Bagatex¹ estudou os resíduos industriais e agrícolas oriundos da cana-de-açúcar em termos de quantidade e poder calorífico para algumas variedades plantadas no país, obtendo os seguintes resultados:

Variedade	Corte	Bagaço	Palha	Ponteiro	Ponteiro+Palha
(t/ha)					
NA 5679	4 ^o	17	-	-	24
NA 5679	3 ^o	14	-	-	29
SP 701143	1 ^o	37	20	27	47
SP 701143	1 ^o	32	-	-	50
SP 701248	1 ^o	38	12	16	28
CB 5398	1 ^o	39	-	-	39
PCI (kcal/kg)		1.790	3.600	1.268	2.280

Obs: foram considerados para o cálculo da quantidade de bagaço 15,5% de fibra e 50% de umidade e o PCI calculado após 15 dias de secagem ao ar livre.

¹ Analysis and prospects of rational utilization of sugar cane bagasse. Bagatex program. Relatório interno, Ribeirão Preto, 1984, 8p.

Estimaram o potencial energético dos resíduos de colheita de canaviais brasileiros, sem queima prévia, concluindo que, as queimadas, desperdiçam $87,72 \times 10^{12}$ kcal/ano de energia, o que equivale ao abastecimento do país por 63 dias com petróleo é uma economia de divisas da ordem de US\$ 1,464 bilhões.

Estudos realizados pela Usina Santa Lydia² com vistas a determinar a variação da umidade dos resíduos (palha e ponteiro) da colheita de cana sem queima prévia, os quais foram colocados sobre piso asfáltico, resultando nos seguintes valores:

Resíduo/dias	Umidade (%) - com base no peso seco			
	2 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o
Ponteiros	62,7	61,3	56,5	58,1
Palha	15,2	14,0	18,6	13,9

Também a quantidade em massa de resíduo em relação à produtividade agrícola do canavial:

Variedade	Rendimento Agrícola (t/ha)	Palhada (t/ha)
NA 5679	68	24
SP 701143	148	28

Relatando experiência da Usina Central Romana, República Dominicana, com o recolhimento e utilização de material remanescente de colheita de cana-de-açúcar como

² Usina Santa Lydia. Previsão do comportamento da palha e palmito da cana-de-açúcar como combustíveis industriais. Relatório interno, Ribeirão Preto, 1984, 8p.

fonte de energia para geração de eletricidade, LOPEZ (1987) comenta que, no momento da colheita, a parte constituída pelos ponteiros e folhas representa 30% em peso da parte aérea, variando, no entanto, com a variedade e com as condições de cultivo, podendo representar em alguns casos, apenas 15%.

A umidade desse material, segundo o autor, pode diminuir em períodos menores que uma semana, para 30% com dias ensolarados, sendo frequente encontrar-se umidades inferiores à 20%. Apresenta ainda, o poder calorífico do resíduo de colheita, com base em peso seco, como sendo da ordem de 4180 kcal/kg e com 30% de umidade, de 2850 kcal/kg.

Concluindo, o autor comenta ser satisfatório o resultado do recolhimento do material remanescente, tanto do ponto de vista operacional quanto econômico, nas últimas 5 safras naquele país.

RIPOLI et alii (1990) estudando no Brasil as variedades SP701248, SP706163 e SP701143, determinaram as relações entre colmos industrializáveis e palhiço (ponteiros, folhas verdes e palha) ao que chamaram de Índice de Palhiço; das frações do palhiço entre si, denominada Composição Percentual de Palhiço e determinaram o poder calorífico superior para cada uma das frações do palhiço assim como seus teores de hidrogênio e grau de umidade. Concluíram que não há diferença significativa entre o poder calorífico superior das frações do palhiço, podendo ser considerado, em média, como 4.300 kcal/kg, para efeito prático, enquanto que a percentagem de hidrogênio elementar (H) no material é, em média, 6,23% para ponteiros e palhas e 6,34% para folhas verdes. Também a composição percentual de palhiço mostrou-se uniforme e para efeito prático, pode ser considerada como 1/3 para cada uma delas.

O Índice de Palhiço, no entanto, mostrou-se desuniforme, sendo que as médias encontradas para as variedades foram as seguintes: SP701248 = 17,4%; SP701143 = 25,2% e

SP706163 = 31,5%

RIPOLI et alii (1990a) consideraram a massa de material remanescente de colheita como 9,7 t/ha em média, com poder calorífico útil de 2280 kcal/kg. Assim, estimaram que num canavial com 70 t/ha de colmos pode-se obter um equivalente energético de:

20.877 Mcal de etanol;

31.326 Mcal de bagaço e

21.058 Mcal de material remanescente da colheita.

Na Tailândia, sob patrocínio da United States Agency of International Development, HOWE & SREESANGKON (1990) relatam o recolhimento de 4.676 t de resíduos de colheita manual de cana-de-açúcar, por 6 enfardadoras (3 de fardos cilíndricos e 3 de fardos com secção retangular), entre 15/12/89 e 09/03/90.

Os autores informam que obtiveram fardos com umidade entre 9,77% e 11,22% e nessas condições, seu poder calorífico aproximado foi de 15.813 kJ/kg (6.800 BTU/lb). Comentam que a queda de 1% na umidade do material incrementa de 2,3% seu poder calorífico, estimando que se recolhidos 12.500 t de resíduos por ano com 12% de umidade e misturados com os 482.400 t de bagaço com 50% de umidade produzidas pela indústria proprietária da área agrícola utilizada para os estudos, o ganho de poder calorífico significaria um excedente de bagaço da ordem de 19.300 t. Isso possibilitaria o refino de 20.400 t de açúcar que, ao mercado de US\$60,00/t daria um resultado de US\$ 1,224 milhão. Descontados os custos do recolhimento restariam mais de US\$ 1 milhão em lucros.

RIPOLI & MOLINA JR (1991) estimaram que, de um canavial com 60 t/ha de matéria-prima, é possível obter 67.080 Mcal de energia, sendo assim distribuída:

Álcool	4500 l	16.830 Mcal	25,09%
Bagaço	15 t	26.850 Mcal	40,03%
Resíduos	12 t	23.400 Mcal	34,88%

Afirmam que a utilização dos resíduos de colheita como fonte de energia pode transformar a agroindústria sucroalcooleira em verdadeira usina de biomassa.

Estudando as variedades de cana-de-açúcar SP701143 e NA5679, RIPOLI (1991) determinou o poder calorífico superior e as percentagens de hidrogênio elementar das frações colmos, ponteiros, folhas verdes e palhas, tendo como média os valores de 4041,84 kcal/kg e 6,34%, respectivamente.

Em equivalente energético, quando o autor considerou o potencial do canavial e o comparou com combustíveis líquidos, os resultados para cada variedade foram:

		SP701143	NA5679
Petróleo	(barril/t)	1,15	1,41
	(barril/ha)	31,49	30,30
Óleo diesel	(l/t)	205,37	251,61
	(l/ha)	5631,24	5417,16
Etanol	(l/t)	361,96	443,46
	(l/ha)	9924,94	9547,69

Conclui o autor que uma tonelada de material remanescente de colheita substitui 1,08 t de bagaço em termos de poder calorífico, se considerado como combustível para fornalhas de caldeiras, sugerindo futuros estudos de balanço térmico em caldeiras de usinas e destilarias. Afirmar, ainda, que devem ser efetuados estudos sobre as implicações decorrentes da terra que eventualmente acompanhe o material remanescente.

MOLINA JR et alii (1991) estudando métodos de recolhimento de resíduos de colheita manual de cana-de-açúcar, variedade SP706163 no município de Piracicaba-SP, determinaram Índice de Palhiço de 0,34 e poderes caloríficos superior de 4.538,8 kcal/kg, inferior de 4.200,2 kcal/kg e útil de 2.341,4 kcal/kg. Para o canavial estudado, com produtividade agrícola determinada de 79,52 t/ha, sua energia

potencial bruta foi estimada em: álcool = 23.921 Mcal/ha; bagaço = 35.591 Mcal/ha e resíduos de colheita = 62.679 Mcal/ha.

Em entrevista concedida a CORREA (1990) o ex-ministro João Camilo Penna citando estudos do Instituto Fernand Brandel, da Fundação Armando Alvares Penteado, SP, afirma que o Brasil produz 59 milhões de toneladas de bagaço de cana por ano e a mesma quantidade de pontas e palha de cana. Comenta que o aproveitamento energético desse material poderia gerar 4,8 mil megawatts, correspondente a 8% de toda a energia elétrica gerada no país.

A COPERSUCAR (1989b) relata que os custos de produção de energia elétrica por unidades cooperadas situa-se entre US\$ 0,035 e US\$ 0,045 por quillowatt-hora, considerando o preço da tonelada de bagaço combustível como US\$ 6,30, enquanto que a mesma energia comprada da rede oficial custa US\$ 0,066. Comenta ainda que além da possibilidade de fornecimento do excedente de energia produzida às concessionárias estatais, fato que se daria no período de estiagem, estação crítica para o sistema hidroelétrico, esse poderá ser utilizado em atividades complementares ao empreendimento, como irrigação e produção de fertilizantes. Os investimentos médios para um sistema de cogeração, por quillowatt-hora instalado, situam-se entre US\$ 900 e US\$ 1150, inferiores aos observados em hidroelétricas e com a vantagem de menor prazo de instalação.

Estudo de viabilidade econômica da geração de eletricidade a partir da queima de bagaço de cana por uma usina sucroalcooleira mostra que, segundo VENTURINI F^o & ADDISON (1990), quando se consideram taxas de juros para o investimento de 12% ao ano e os itens benfeitorias, máquinas e equipamentos com preços de novos, o investimento só será lucrativo se:

$$y > 498,67 + 0,072x, \text{ onde,}$$

y = receita com a eletricidade gerada (em milhares de dolares americanos por ano)

x = preço do bagaço queimado (em dolares americanos por tonelada).

Os autores comentam que a situação real de tais bens já estão depreciados, o que faz com que a taxa interna de retorno apresente um valor superior aos encontrados para as condições consideradas. Desta forma, consideram que com a expectativa de escassez de energia elétrica para os próximos anos e consequente aceleração de preços, interessa ao país e às usinas sucroalcooleiras realizar investimentos em caldeiras e turbogeradores visando co-geração de energia, uma vez que estudos da Copersucar junto a cooperados concluíram que a geração de energia elétrica por essas indústrias é economicamente viável.

HOWE & SREESANGKON (1990) estimaram custos para a energia elétrica gerada a partir de resíduos de colheita de cana-de-açúcar, na Tailândia, em US\$ 1,68/kJ, enquanto que o custo de geração de eletricidade a partir da queima de óleo (US\$ 19/barril de petróleo) seria de US\$ 2,91/kJ.

2.4. Desempenho de operações mecanizadas de colheita e de recolhimento dos resíduos em cana-de-açúcar.

Enfardadora, segundo BALASTREIRE (1987), é uma máquina que coleta feno da leira e o comprime em um pacote fácil de ser manuseado, chamado fardo. Apesar de ser utilizada principalmente para feno, uma enfardadora pode ser aplicada no enfardamento de outros materiais como restos de cultura, palha de cana, etc. Comentando o desempenho de enfardadoras, o autor cita capacidades de 6 a 7,5 t/h ou 250 a 300 fardos por hora, com densidade de 170 kg/m³ e umidade entre 20 a 35%.

A Usina Central Romana, na República Dominicana, conforme LOPEZ (1987), vem recolhendo resíduos de colheita

da cana-de-açúcar para produção de energia elétrica. O trabalho que vem se desenvolvendo nos últimos 5 anos e é executado por picadoras de forragem convencionais sendo o resíduo transportado até a via férrea por carretas. Os resultados médios de desempenho do sistema são:

Resíduo recolhido/ano	25.700 t
Resíduo recolhido/ha	11,8 t
t cana colhida/t resíduo	4,1
Dias trabalhados/safra	136
Resíduo recolhido/dia	190 t
Recolhedoras utilizadas	5
Capacidade efetiva - recolhimento	5,7 t/h
enleiramento	7,0 t/h
Eficiência de campo	52 %

Segundo o autor, de todo o resíduo existente no campo, estimado em 14 t/ha, a eficiência de recolhimento foi de 83% no sistema atual e a densidade de resíduos de colheita com 30% de umidade, recolhidos por diversos tipos de máquinas, em kg/m³, são os seguintes: Picado, 120; Fardos retangulares, 225; Fardos cilíndricos, 170 e Briquetado (10% de umidade), 630.

Os custos do processo por tonelada de material recolhido foram também relatados e transformados para dolares americanos³ são:

Enleiramento (ancinho + trator)	1,25	18%
Recolhimento (recolhedora + trator)	2,93	37%
Transporte (trator + carreta)	2,35	34%
Grua (descarregamento)	0,51	7%
Trabalho (braçal)	0,24	3%
Total	7,28	

³ US\$ 1,00 = RD/3.35 segundo o autor.

Trabalhando de maneira experimental na Tailândia, HOWE & SREESANGKON (1990) obtiveram informações de desempenho de enfardadoras para fardos cilíndricos e retangulares:

Desempenho		Tipo de Enfardadora	
		Fardos: Cilíndricos	Retangulares
Efetivo	(ha/h)	0,29	0,22
	(t/h)	2,49	2,21
Operacional	(ha/h)	0,24	0,10
	(t/h)	1,45	1,04
Peso médio/fardos (kg)		371	16,04
Densidade (kg/m ³)		146,9	99,6
Resíduo recolhido (t/ha)		8,63	10,06
Nº total de fardos		7.360	123.905
Recolhimento (%)		71	78

Os autores comentam que as capacidades de enfardamento foram bem menores que as esperadas, devido às condições do terreno que não permitiram o deslocamento do trator com a velocidade desejada. As paralizações observadas para cada tipo de enfardadora nos trabalhos de campo, percentualmente, foram:

Causas das Paradas	Tipos de Enfardadoras	
	Fardos: Cilíndricos	Retangulares
Mecânicas	36,6	71,0
Falha no trator	13,8	6,3
Movimentação	18,4	9,4
Chuva	6,0	2,0
Outros	25,2	11,3

Os custos da operação foram estudados, incluindo o pagamento aos fornecedores de resíduos, na base de US\$ 1,42 e US\$ 1,22 por tonelada para fardos cilíndricos e retan-

gulares, respectivamente, e foram relatados como:

Operações	Tipos de Enfardadoras	
	Fardos: Cilíndricos	Retangulares
Enfardamento	US\$ 18,06	US\$ 21,93
Transporte	US\$ 6,81	US\$ 6,20

As enfardadoras operaram em áreas cuja quantidade média de resíduo existente eram de 12,62 t/ha e 12,44 t/ha. No transporte foram utilizados dois tipos de caminhões (com 6 e 10 rodas), que carregaram cargas médias de 2,09 t e 4,44 t por viagem, respectivamente.

RIPOLI (1991) trabalhando em Ribeirão Preto - SP com recolhimento de material remanescente de colheita mecanizada de cana-de-açúcar sem queima prévia, enleirado, à granel e transportado do campo à indústria num conjunto trator-carreta, conseguiu densidades de transporte para as duas variedades estudadas (SP701143 e NA5679), de 141,94 kg/m³ e 104,63 kg/m³, respectivamente.

O mesmo autor relata os seguintes desempenhos médios das operações mecanizadas no processo:

Operações	Variedades	
	SP701143	NA5679
Enleiramento (ha/h)		
Efetivo	1,67	1,79
Operacional	1,40	1,38
Carregamento		
Efetivo (ha/h)	1,11	0,97
(t/h)	17,29	16,07
Operacional (ha/h)	0,90	0,71
(t/h)	14,15	11,97
Transporte		
Operacional (t/h)	2,73	2,43

Como resultado das operações de enleiramento e carregamento, os resultados mostram que foram transportados juntamente com o material remanescente 12,28% de terra (material mineral).

Ainda nesse estudo o autor apresenta os consumos de combustível e os custos em US\$, por operação:

Operações	Variedades			
	SP701143		NA5679	
	Consumo	Custo	Consumo	Custo
Enleiramento		0,51		0,68
1/h	8,37		7,32	
1/t	0,401		0,402	
Carregamento		0,91		1,02
1/h	6,64		7,56	
1/t	0,488		0,762	
Transporte		2,73		2,43
1/h	5,55		4,50	
1/t	2,343		1,878	

MOLINA JR et alii (1991) estudando recolhimento de resíduos de colheita manual de cana sem queima, com enfardadora de fardos cilíndricos, em Piracicaba - SP, encontraram capacidades efetivas de 0,61 ha/h e 2,89 t/h e fardos com densidade de 184,06 kg/m³ com umidade de 43%. Observou-se consumo de combustível de 6,63 l/h e 2,30 l/t.

Nesse estudo obteve-se índice médio de matéria estranha mineral (terra) nos fardos de 3,15% e perdas de enfardamento (resíduos não recolhidos) da ordem de 72,28%, concluindo os autores que apesar desses fatos, existe viabilidade na utilização da enfardadora, embora necessite de adaptações mecânicas.

Segundo citação da FOLHA DE SÃO PAULO (1991), o Instituto de Economia Agrícola estima que 43,9% da área plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo ou seja,

518,8 mil ha podem ser mecanizados na colheita. Observa também que o aumento do número de colhedoras de cana-de-açúcar em operação é resultado da concorrência por mão-de-obra volante oferecida pela colheita de laranja à colheita manual de cana-de-açúcar.

O Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras (1984) determinou na colheita de cana, sem queima prévia, que os índices percentuais médios de matéria estranha na matéria-prima situam-se em torno de 10% sendo que, deste total, 7,94% são ponteiros e 1,97% são folhas secas.

PERALTA et alii (1989) em analisando a operação de colhedoras autopropelidas em cana-de-açúcar sem queima prévia, em Cuba, consideram para fins práticos, matéria estranha na matéria-prima, variando entre 13 e 16%.

Estudo comparativo de desempenho operacional de colhedora de cana em canaviais queimados e sem queima prévia, FURLANI NETO et alii (1989a) mostram não haver diferença significativa no que se refere à capacidade efetiva de colheita, perda de colmos e na análise tecnológica da matéria-prima (pureza% e pol%), exceção feita ao teor de fibra% que foi 1,9% maior no caso de canavial não queimado, ao nível de 5% de significância. Todavia, a máquina estudada era um protótipo para a colheita de canaviais sem queima prévia.

FURLANI NETO et alii (1989b) relatam estudo de colheita com colhedoras, sem queima prévia do canavial com a capacidade efetiva da máquina em 57,16 t/h e a massa de resíduo que permaneceu no campo da ordem de 11,96 t/ha.

2.5. Estimativa de custos de sistemas mecanizados em operações agrícolas

O volume de utilização, apropriado em horas por ano, é o principal fator a influir no custo do trabalho do trator segundo BARGER et alii (1963). A vida útil da ma-

quinaria agrícola é de difícil estimativa, conforme esses autores, pois não diz respeito somente ao tempo de uso, mas à conservação, obsolescência ou mudanças de atividades da empresa agrícola, dentre outras razões.

O desempenho econômico de um conjunto tratorizado é definido por MIALHE (1974) como a relação entre o trabalho executado ou produção e as despesas efetuadas.

HUNT (1977) considera que os componentes de custo da maquinaria agrícola são divididos em 3 partes principais: equipamentos, energia e trabalho humano. A estimativa de custos de emprego de máquinas na agricultura deve levar em conta o sistema em si e não o custo individual de cada equipamento, pois dependem de inúmeros fatores, cujas condições determinantes são especiais para cada empresa agrícola e a média obtida dentre diversos casos deve ser utilizada somente como referência.

Os custos das operações que envolvem o uso de máquinas dependem tanto das características das máquinas e implementos, como do ambiente de trabalho e da natureza das operações executadas, segundo DUARTE et alii (1988), que também incluem o custo de oportunidade do fator de produção como forma de determinar os custos dos recursos empregados. Os autores definem depreciação de um bem como o custo pelo uso ou obsolescência desse bem, cuja vida econômica útil ultrapassa um ano.

Todos os autores acima citados concordam que os custos do emprego de sistemas mecanizados dividem-se claramente em duas categorias, que MIALHE (1974) descreve:

Gastos fixos ou de propriedade - despesas decorrentes da posse do equipamento, independente de sua forma de utilização;

Gastos variáveis ou operacionais - despesas oriundas da utilização do equipamento e diretamente proporcionais ao uso.

O item depreciação recebe especial atenção da maio-

ria dos autores que tratam do assunto de custos de sistemas mecanizados, os quais comentam ser essa a maior parcela dos custos totais, estando intimamente associada ao conceito de vida útil.

Tanto a depreciação como a vida útil do equipamento agrícola são de estimativa problemática, sendo citadas várias formas de cálculo.

Vida útil, segundo MIALHE (1974) é um termo utilizado como sinônimo do tempo que decorre entre a compra do equipamento e sua rejeição como sucata e que, na realidade, deveria ser visto como seu tempo de uso econômico.

HUNT (1977) classifica vida útil da maquinaria agrícola em física, contábil e econômica e BARGER et alii (1963) consideram que a dificuldade encontrada na estimativa da depreciação dos equipamentos decorre da inexatidão na avaliação de sua vida útil. Sobre esse fato, BALASTREIRE (1987) comenta que a melhor estimativa da depreciação seria o valor corrente de mercado da máquina em consideração, sendo que o mercado brasileiro não é suficientemente organizado para fornecer informações periódicas confiáveis dos valores praticados.

Com os objetivos de mostrar a necessidade de interação entre as áreas da Economia e da Engenharia Agrícola e analisar as implicações práticas de diferentes metodologias de cálculo de custos de operações mecanizadas na agricultura, NORONHA et alii (1991) propuseram o método do custo anualizado equivalente, comparando-o com o método que chamaram de tradicional, ou seja, "... o método clássico da teoria econômica, onde os custos são classificados em fixos e variáveis". O método do custo anualizado equivalente consiste em formar um fluxo de caixa para o bem ou para o conjunto, considerando que esse reflete o custo inicial, todas as despesas em dinheiro previstas durante a sua permanência na empresa e o seu valor de revenda ao final da vida útil, além de reconhecer, através da taxa de desconto, a prefe-

rência das pessoas pelo adiamento das despesas e antecipação das receitas, sempre que possível.

Concluem que melhores estimativas de custos de sistemas mecanizados carecem de muitos resultados de pesquisas, tanto na área econômica como na de engenharia, além de necessitar maior número de ensaios de máquinas e melhor aproveitamento dos resultados já existentes, o que permitiria melhor controle dos custos na empresa e facilitaria o controle de qualidade da indústria de tratores, máquinas e implementos.

NOJIMOTO et alii (1987) apresenta resultados de estudo realizado na safra 83/84, na Usina da Barra - Barra Bonita - SP, mostrando que os tratores de rodas trabalham em média 1357 horas por ano, com eficiência de 15,4%. As carregadoras de cana, por sua vez, trabalham 1997 horas por ano, em média, com eficiência de 22,8%. O mesmo trabalho mostra que para tratores de rodas as maiores eficiências de tempo foram observadas nos meses entre julho e janeiro, sendo que a eficiência média desse período foi de 19,7% para tratores de rodas. Para carregadoras de cana, a maior eficiência foi observada entre maio e dezembro, 32,9% em média. No restante do ano, para cada caso, as eficiências médias foram de 9,7% para tratores de rodas e 4,7% para carregadoras. Os autores comentam que a quantidade de horas trabalhadas observadas é bem superior aos indicadores médios do Estado e que esse fato deve-se às características da cultura canavieira, a qual permite a utilização de máquinas o ano todo. O autor utilizou o termo eficiência para quantificar a percentagem do tempo trabalhado em relação à todo tempo disponível, ou seja, 8760 horas por ano.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Fundamentos da hipótese de trabalho

Esse estudo, visou demonstrar a viabilidade técnica e econômica do recolhimento do resíduo de colheita mecanizada de canaviais não queimados, através de uma enfardadora de forragem de fardos cilíndricos, baseado na hipótese de que seu desempenho é suficiente para que o resíduo enfardado seja colocado na indústria a custos menores que o valor do bagaço por ele substituído.

3.2. Material

Os ensaios de campo ocorreram na Fazenda São Luiz, no município de Santa Bárbara D'Oeste, São Paulo, de propriedade da Usina Santa Bárbara Açúcar e Alcool, no período de 03 a 12 de outubro de 1.990. Essa área apresenta as seguintes características geográficas:

Latitude: 22° 50'50" S Longitude: 47° 26'32" O

Altitude: 585 m Declividade: 0,10 a 0,12%

Durante o período de ensaios registrou-se temperatura máxima de 34 °C e mínima de 20,2 °C e precipitação pluviométrica acumulada de 11,5 mm.

3.2.1. Material de campo

3.2.1.1. Variedade de cana-de-açúcar

Foi utilizada a variedade SP 706163 em canaviais com duas idades diferentes, cujos talhões situavam-se em região de mesmas características de relevo e de solo, distando entre si aproximadamente 800 m.

O primeiro talhão, designado como área A, era canavial de 2º corte e o outro, designado como área B, era de 3º corte.

3.2.1.2. Máquinas agrícolas

As seguintes máquinas agrícolas foram utilizadas:

- Trator marca FORD, modelo 6.610 TR-4;
- Colhedora de cana marca TOFT, modelo 6.000;
- Caminhões marca MERCEDES BENZ, com carroçaria telada, apropriada para transporte de cana picada;
- enfardadora de forragem marca SODE, modelo JS-90:

Descrição:

A enfardadora SODE JS-90, de fabricação Argentina apresenta uma concepção diferente das máquinas similares fabricadas no Brasil, uma vez que sua câmara de compressão e enfardamento é comandada por 11 cilindros metálicos acionados por correntes, no lugar de correias.

O processo de compressão e enfardamento é realizado de forma que a parte externa do fardo seja mais compacta que seu interior, ao contrário das enfardadoras que utilizam correias. O fabricante aponta nesse fato, proteção à penetração de umidade no fardo.

O recolhedor é do tipo tambor, provido de 5 barras

com 9 dentes duplos e flexíveis que levam o material a ser enfardado até o alimentador da câmara de compressão e enfardamento.

A compressão dos fardos é limitada por um dispositivo de controle mecânico com indicador visual. Existe ainda um alarme sonoro quando atingida a pressão máxima suportável.

Todo esse sistema é acionado mediante uma árvore "cardan", ligada à tomada de potência do trator, com limitador de torque tipo discos de fricção.

Uma vez pronto, o fardo é amarrado com cordéis de sisal, com 15 a 18 voltas, através de um tubo guia de acionamento hidráulico que descreve movimento pendular e transversal à máquina, comandado pelo operador.

A descarga do fardo é realizada por abertura da tampa traseira e auxiliado por uma rampa de descarga, o que evita a manobra. Esse conjunto é comandado manualmente pelo operador e seu acionamento é hidráulico.

3.2.1.3. Utensílios de mensuração dimensional

Para medição de distâncias, comprimentos, caracterização do canavial e demarcação de áreas foram utilizados os seguintes utensílios:

- Trena de fibra marca ESLON, com 50 m e capacidade de leitura 0,01 m;
- Paquímetro marca MITUTOYO, capacidade de leitura 0,1 mm;
- Gabarito triangular de ferro de 3/8 de polegada de diâmetro, de construção própria, com catetos de 1 m de comprimento e capacidade de leitura de 45° e 22,5°;
- Gabarito quadrado de ferro de 3/8 de polegada de diâmetro, de construção própria com área de 1 m².

3.2.1.4. Equipamentos de mensuração volumétrica e temporal

Para determinação de consumo de combustível e dos tempos de trabalho da enfardadora utilizou-se:

- Medidor volumétrico de combustível de fabricação do Departamento de Engenharia Rural - ESALQ. A capacidade de leitura do medidor é de 1 unidade de escala, a qual corresponde a $0,85 \text{ cm}^3$;
- Cronodômetro digital de fabricação do Departamento de Engenharia Rural - ESALQ, com capacidade de leitura de 1 segundo;
- Cronômetros manuais, com capacidade de leitura de 1 segundo.

3.2.1.5. Equipamentos de mensuração ponderal

Os equipamentos a seguir foram utilizados para determinação de massas dos fardos e das frações das plantas colhidas manualmente:

- Célula de carga marca ALFA, capacidade de carga de $2 \cdot 10^3 \text{ kg}$, e capacidade de leitura de 1 unidade;
- Registrador analógico-digital marca LOGDATA, modelo BR103;
- Transformador de voltagem de 12 v para 110 v;
- Balança de plataforma sem marca, capacidade de carga de $2 \cdot 10^2 \text{ kg}$ e capacidade de leitura de 10^{-1} kg .

3.2.1.6. Utensílios de aplicação geral

Foram utilizados materiais de aplicação geral que auxiliaram em demarcações, identificação e acondicionamento de material, tais como: estacas de madeira; sacos plásticos; fita adesiva; etiquetas e lonas plásticas.

3.2.2. Material de laboratório

3.2.2.1. Equipamentos para determinação do grau de umidade das frações componentes do palhiço e do resíduo

Para as determinações de umidade das frações das plantas colhidas manualmente e do resíduo enfardado, utilizou-se:

- Estufa marca FANEM, modelo 315 SE, com regulagem de temperatura de 37 °C a 220 °C;
- Balança semi-analítica marca METTLER, modelo P11, capacidade de carga 10 kg e capacidade de leitura de 10^{-4} kg;
- Bandejas de alumínio.

3.2.2.2. Equipamentos para determinação de poder calorífico e do teor de matéria estranha mineral no resíduo enfardado

Os equipamentos abaixo discriminados foram utilizados nas determinações de poder calorífico e de matéria estranha mineral no resíduo enfardado:

- Balança analítica marca METTLER, modelo H10, ca

pacidade de carga de 160 g, capacidade de leitura de 10^{-3} g;

- Estufa marca FANEM, modelo 315 SE, com regulagem de temperatura de 37 °C a 220 °C;
- Bomba calorimétrica marca INCOMAP, modelo D-217;
- Mufla marca FORMITEC;
- Briquetador;
- Cadinhos de porcelana.

3.3. Métodos

3.3.1. Determinações de campo

3.3.1.1. Porte do canavial

O porte do canavial foi determinado segundo o método proposto por RIPOLI (1974), que leva em consideração as percentagens de colmos eretos, acamados e deitados no canavial.

3.3.1.2. Características dimensionais e ponderais das plantas e de suas frações, no canavial

Para essa caracterização adotou-se o método apresentado por RIPOLI (1991), com pequenas modificações.

Foram tomadas 10 unidades experimentais, sendo cada uma delas considerada uma repetição.

As unidades experimentais constituíram-se de 3 linhas de plantio consecutivas com 2 metros de comprimento e espaçamento de 1,4 m, com áreas, portanto, de 8,4 m², as quais foram demarcadas casualizadamente.

Em cada unidade experimental colheuse manualmente toda a parte aérea das plantas, as

quais foram retiradas cuidadosamente do canavial e depositadas sobre lona plástica no carreador. As palhas, que ao longo do ciclo fenológico do canavial se desprenderam dos colmos e caíram ao solo, também foram recolhidas.

De cada planta foram manualmente separadas as frações palhas (folhas secas), folhas verdes, ponteiros e colmos, determinando-se suas massas.

Figura 1. Separação das frações do palhiço dos colmos industrializáveis.

Figura 2. Amostragem da massa de palhiço existente no campo anterior à operação de enfardamento.

A seguir, de cada fração retirou-se uma sub-amostra, acondicionando-as hermeticamente em sacos plásticos, as quais foram identificadas, para determinação laboratorial de grau de umidade.

Contou-se o número de colmos existentes em cada unidade experimental, tomando-se ao acaso 20 deles, dos quais determinou-se os comprimentos, os diâmetros (no 4^o internódio proximal) e o número de internódios.

3.3.1.3. Determinação da quantidade de resíduo

Após a colheita mecanizada do canavial, o resíduo foi amostrado com o auxílio do gabarito quadrado, em 10 repetições.

Arremessando-se o gabarito, ao acaso material encontrado em seu interior foi recolhido, ensacado, identificado e vedado para posterior determinação de massa.

3.3.1.4. Determinação de tempos e movimentos da operação de enfardamento do resíduo

Considerou-se, para as determinações de tempos e movimentos, ciclo operacional de enfardamento como sendo o início de movimentação do conjunto tratoresfardadora, com a enfardadora vazia, até o descarregamento do fardo completo e amarrado.

Os tempos e distâncias considerados foram medidos em função da determinação da capacidade operacional da enfardadora, conforme MIALHE (1974).

Tomou-se 10 repetições, sendo cada uma delas correspondente à um ciclo operacional de enfardamento.

A largura de trabalho considerada foi a mesma largura da máquina, uma vez que se manteve certa distância entre as várias passadas da enfardadora.

A distância percorrida foi medida entre as estacas colocadas no ponto inicial final de cada ciclo operacional, sendo medidos os tempos de percurso.

Figura 3. O conjunto trator-enfardadora na operação de enfardamento.

Figura 4. Aspecto do fardo de resíduo de colheita de cana-de-açúcar.

3.3.1.5. Determinação do consumo de combustível

O consumo de combustível foi determinado através do medidor volumétrico instalado no sistema de alimentação do motor do trator.

Esse medidor aciona automaticamente o cronodômetro e mede o consumo do sistema.

3.3.1.6. Determinações ponderal e dimensional dos fardos

Os fardos foram medidos em seu diâmetro e comprimento. Com o auxílio da célula de carga e do registrador analógico-digital foi determinada a massa de cada um deles, visando a obtenção de seus volumes e densidades.

3.3.1.7. Amostragem do resíduo enfardado

Os fardos foram transportados até a usina onde foram amostrados radialmente, no centro de seu comprimento, com a sonda do laboratório de pagamento de cana pelo teor de sacarose.

O material colhido de cada fardo foi triturado e dele retirada uma sub-amostra que foi herméticamente vedada para determinação do grau de umidade, poder calorífico e teor de matéria estranha mineral.

3.3.2. Determinações laboratoriais

3.3.2.1. Caracterização tecnológica da matéria-prima

Foram tomados casualizadamente 10 caminhões de matéria-prima, os quais foram amostrados

conforme padrões do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAAPlanalsucar). O conteúdo de cada amostragem foi depositado sobre lona plástica e separadas as frações palhas, folhas verdes, ponteiros e colmos, cujas massas foram determinadas individualmente.

A seguir, o material foi novamente homogeneizado, triturado e encaminhado para análises laboratoriais, também conforme padrões do IAA-Planalsucar.

3.3.2.2. Grau de umidade das frações das plantas

As frações obtidas por colheita manual do canavial foram pesadas individualmente e colocadas em estufa a 140 °C para secagem. Após 24 horas iniciou-se a pesagem periódica a cada 12 horas de forma a se observar peso constante, sendo então consideradas secas.

O teor de umidade foi determinado, com base em peso úmido, conforme abaixo:

$$U\% = \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco}}{\text{Peso úmido}} \times 100 \quad (1)$$

3.3.2.3. Grau de umidade do resíduo enfardado

Retirou-se do material amostrado de cada fardo uma sub-amostra e procedeu-se como descrito no sub-capítulo 3.3.2.2.

3.3.2.4. Teor de matéria estranha mineral no resíduo enfardado

Retirou-se do material amostrado de cada fardo, 2 sub-amostras.

Uma delas foi exaustivamente lavada com água, visando eliminar o máximo de material mineral presente na amostra.

A seguir, ambas foram secas em estufa, trituradas e queimadas até se obter somente cinzas.

Procedeu-se à análise estatística dos dados através do teste "t" para a diferença entre as médias. O teor de matéria estranha mineral é dado por:

$$IM = PCN(\%) - PCL(\%) \quad (2)$$

IM - teor de matéria estranha mineral no resíduo en-
fardado;

PCN(%) - percentagem de cinzas no resíduo enfardado não
lavado;

PCL(%) - percentagem de cinzas no resíduo enfardado lavado.

3.3.2.5. Determinação dos poderes calorífi- cos superior, inferior e útil do resíduo enfardado

Na ausência de Normas Técnicas para determinação de poder calorífico de material vegetal oriundo de resíduos de colheita de produtos agrícolas, utilizou-se a norma NBR 8633 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT, 1984) que trata da determinação do poder calorífico superior do carvão vegetal, definido como o número de unidades de calor liberado pela combustão de uma unidade de massa de uma substância, em bomba calorimétrica, em atmosfera de oxigênio, a volume constante e sob condições específicas, de modo que toda a água proveniente da combustão esteja no estado líquido.

De posse do valor do poder calorífico superior determinado, das informações sobre o calor absorvido para vaporização da água, da proporção da água formada na combustão e da quantidade de hidrogênio do

combustível, DOAT (1977) propôs sua transformação em poder calorífico inferior, pela equação:

$$PCI = PCS - 600.9H/100 \quad (3)$$

onde:

PCI (kcal/kg) = poder calorífico inferior;

PCS (kcal/kg) = poder calorífico superior;

H (%) = teor de hidrogênio do material;

600 = valor médio da energia absorvida por kg de água para atingir a temperatura de vaporização;

9 = múltiplo do peso do hidrogênio no combustível, fornecendo o peso da água formada na combustão.

O mesmo autor propõe também a transformação do poder calorífico inferior em poder calorífico útil, onde se considera a umidade do material, pela equação:

$$PCU = PCII(100 - E)/100 - 6H \quad (4)$$

onde,

PCU (kcal/kg) = poder calorífico útil;

E (%) = teor de umidade do material com base no peso úmido;

6 = fator de conversão referente à energia para evaporação da água de formação.

Os teores de hidrogênio utilizados como coeficientes nas equações foram as médias obtidas por RIPOLI et alii (1990) para a mesma variedade, ou seja, 6,27%.

3.3.3. Determinação de custos de enfiamento

Devido à inflação da moeda nacional, os preços dos equipamentos, combustíveis, lubrificantes, peças, inclusive pneus, mão-de-obra e serviços utilizados na formação dos custos foram expressos em dolares americanos. Todos os preços utilizados foram considerados para equipa-

mentos novos e os seus valores, assim como os dos serviços e mão-de-obra foram fornecidos pelos representantes autorizados dos fabricantes. A Usina Santa Bárbara, forneceu os valores referentes a salários. Tais informações encontram-se nas Tabelas de 1 a 4 do Apêndice 3.

As determinações desses custos foram efetuados de acordo com o estudo de DUARTE et alii (1988), aqui denominado como Método Tradicional e pelo método do Custo Anualizado Equivalente, proposto por NORONHA et alii (1991) e para os dois métodos foram feitas as seguintes considerações:

- Os custos da operação de enfardamento foram determinados em função dos resultados de desempenho do conjunto trator-enfardadora determinados no presente estudo;

- O sistema de colheita mecanizada e de enfardamento de resíduo estão perfeitamente dimensionados, de forma que o trabalho do conjunto trator-enfardadora dar-se-á no período de colheita da matéria-prima, não permanecendo o resíduo sem enfardamento por longo tempo no campo;

- O tempo de trabalho do conjunto trator-enfardadora no período de colheita da matéria-prima foi considerado como 900 horas por ano, conforme índices de eficiência citados por NOJIMOTO et alii (1987);

- A eficiência de campo do conjunto trator-enfardadora será de 85%, conforme DUARTE et alii (1988);

- O trator componente do conjunto será utilizado no restante do ano em operação de abertura de sulcos e adubação para o plantio, num total de 500 horas.

3.4. Análise estatística

A análise estatística realizada comparou a diferença entre as médias para as variáveis obtidas, através do teste "t" e os intervalos de confiança foram obtidos para o nível de 5% de significância, conforme GOMES (1976).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do canavial

Os canaviais estudados apresentaram-se eretos em sua totalidade, de acordo com critério de RIPOLI et alii (1978), sendo essa uma condição desejável do ponto de vista da colheita mecanizada.

A Tabela 1 apresenta resultados médios para os demais itens da caracterização do canavial nas áreas A e B, com suas médias, respectivos coeficientes de variação - CV e intervalos de confiança - IC.

O número médio de colmos encontrados por metro linear ou na área da unidade experimental, assim como o número de internódios por colmo, não apresentaram diferença significativa, quando comparadas as áreas A e B, embora as médias das produtividades agrícolas ou massas de colmos industrializáveis - MCI seja significativa a 5% de probabilidade.

Verificou-se que na área A, de primeiro corte, o comprimento e o diâmetro dos colmos apresentaram diferença significativa a 0,1% para as duas variáveis quando comparadas as suas médias. Tais condições são concordantes com as afirmações de FERNANDES (1979) que considera o acúmulo de umidade na superfície do solo compactado influenciando a brotação da soqueira que, apesar disso, origina colmos menores em comprimento e diâmetro, resultando em canaviais de menor produtividade.

Tabela 1. Caracterização do canavial: número de colmos por metro linear - N/m; por metro quadrado - N/m²; número de internódios por colmo - NI; comprimento (m) dos colmos - C; diâmetro (mm) dos colmos - D; massa (t/ha) de colmos industrializáveis - MCI, nas áreas A e B.

Variáveis	Á R E A S		MÉDIA GERAL
	A	B	
N/m			
Média	14,30	14,60	14,50
CV	14,10	14,49	13,97
IC	[9,74;18,86]	[9,82;19,38]	[10,25;18,75]
N/m²			
Média	10,20	10,50	10,35
CV	14,15	14,42	13,93
IC	[6,94;13,46]	[7,08;13,92]	[7,32;13,38]
NI			
Média	15,80	14,40	15,10
CV	15,17	15,39	15,99
IC	[10,38;21,22]	[9,39;19,41]	[10,03;20,17]
C*			
Média	2,33	1,88	2,10
CV	11,50	11,44	15,80
IC	[1,72;2,94]	[1,39;2,37]	[1,45;2,75]
D*			
Média	26,70	24,60	25,65
CV	10,35	11,28	11,54
IC	[20,45;32,95]	[18,49;30,71]	[19,85;31,45]
MCI***			
Média	121,01	95,01	108,01
CV	17,92	14,68	20,55
IC	[72,00;170,02]	[63,49;126,54]	[61,40;154,62]

*Significativo a 0,1%; ***Significativo a 5%

4.2. Potencial de energia no canavial

A Tabela 2 mostra os valores médios das variáveis obtidas antes da colheita mecanizada do canavial e seu potencial de energia, baseado na massa de palhiço em peso seco - PTS e no poder calorífico superior do resíduo - PCS,

assim como seus coeficientes de variação - CV e intervalos de confiança - IC.

A análise das médias das quantidades de palhiço - PTT encontradas nas áreas A e B mostrou-se não significativa, ao contrário do que era esperado, pois supunha-se antes do ensaio que canaviais de diferentes idades e produtividades contivessem massas vegetais de palhiço diferentes.

Tabela 2. Massas (t/ha) de palhiço em matéria úmida - PTT; potencial de energia (Mcal/ha) no canavial - PEC e índice de palhiço - IC.

Variáveis	Á R E A S		MÉDIA GERAL
	A	B	
PTT			
Média	34,54	33,14	33,84
CV	14,11	14,16	13,38
IC	[23,52;45,55]	[22,54;43,74]	[24,01;43,67]
PEC			
Média	54.245,55	47.186,99	50.701,27
CV	16,96	30,39	24,32
IC	[33451,9;75039,2]	[14781,7;79592,3]	[24802,5;76600,0]
IP^{II}			
Média	0,29	0,35	0,32
CV	8,70	7,65	12,98
IC	[0,23;0,35]	[0,29;0,41]	[0,23;0,41]

**Significativo a 1%

Tal fato, combinado com as massas de colmos industrializáveis - MCI, resultou na significância ao nível de 1% de probabilidade para o índice de palhiço, que foi maior na área B.

Os valores médios da área B e geral, assim como os intervalos de confiança obtidos para o índice de palhiço mostraram-se bastante próximos aos resultados relatados por MOLINA JR et alii (1991), que foram 0,34 e [0,26;0,42] respectivamente, embora trate-se de outro experimento, em local, data e condição de corte diferentes das desse estudo.

4.3. A colheita mecanizada e o resíduo de colheita

A colhedora utilizada nesse estudo foi desenvolvida para colheita de canavial previamente queimado. Esse fato provocou a transferência de grande quantidade do palhico existente no canavial para a indústria, juntamente com a matéria-prima, como pode ser observado na Tabela 3, pela variável PMT. As Tabelas 15 e 16 do Apêndice 1 mostram que, respectivamente nas áreas A e B, a matéria-prima apresentou 22,4% e 18,6% de matéria estranha vegetal, em média, chegando a índices superiores a 30% em algumas amostras. Índices encontrados na bibliografia, relatados por PERALTA et alii (1989), dão conta de que valores normais situam-se entre 13 e 16%.

A Tabela 3 mostra valores médios para as variáveis relativas ao resíduo nas áreas estudadas, em função de quantidade, poder calorífico e umidade, seus coeficientes de variação - CV e intervalos de confiança - IC, assim como a percentagem estimada de palhico que acompanhou a matéria-prima.

Os resultados encontrados para poder calorífico superior e inferior do resíduo assemelham-se muito aos valores citados por outros autores, que trabalharam com o palhico, embora tenham estudado outras variedades.

A seguir, alguns valores obtidos por outros autores, para os poderes caloríficos de palhico da cana-de-açúcar, em kcal/kg:

Autores	PCS	PCI
ZULAUF et alii (1985)	4.133,8	3.310,2
RIPOLI et alii (1989)	4.300,0	-
RIPOLI (1991)	4.041,8	-

Tabela 3. Poder calorífico (kcal/kg) superior - PCS; inferior - PCI e útil - PCU, do resíduo; grau de umidade (%) do resíduo - UR; massas (t/ha) de resíduo em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS; potencial de energia (Mcal/ha) no resíduo - PER e percentagem de palhico que acompanhou a matéria-prima - PMT.

Variáveis	Á R E A S		MÉDIA GERAL
	A	B	
PCS			
Média	4.405,63	4.236,66	4.321,15
CV	6,55	10,69	8,78
IC	[3753,4;5057,9]	[3213,6;5259,7]	[3524,2;5118,1]
PCI			
Média	4067,05	3898,08	3982,57
CV	7,10	11,61	9,53
IC	[3414,8;4312,7]	[2875,0;4921,1]	[3185,6;4779,6]
PCU			
Média	2970,15	3012,60	2991,38
CV	20,00	15,62	17,45
IC	[1627,6;4312,7]	[1949,5;4075,7]	[1895,3;4087,5]
UR			
Média	26,3	21,9	24,1
CV	44,03	29,18	38,96
IC	[0,13;52,47]	[7,46;36,34]	[1,68;41,12]
MRU			
Média	12,72	12,38	12,55
CV	15,58	19,45	17,16
IC	[8,24;17,20]	[6,94;17,82]	[8,03;17,07]
MRU			
Média	12,72	12,38	12,55
CV	15,58	19,45	17,16
IC	[8,24;17,20]	[6,94;17,82]	[8,03;17,07]
MRS			
Média	9,36	9,63	9,50
CV	20,80	19,06	19,44
IC	[4,96;14,03]	[5,48;13,78]	[5,62;13,38]
PER			
Média	37.921,03	36.874,63	37.397,83
CV	26,08	18,38	22,11
IC	[15569,8;60275,7]	[21557,5;52191,6]	[20032,4;54764,8]
PMT			
Média (%)	49,21	37,59	43,89

Outros autores, trabalhando com resíduos de colheita de cana-de-açúcar, também relatam valores semelhantes:

	PCS	PCI
LOPEZ (1987)	4.180	-
AGUILAR et alii (1989)	4.774	-
MOLINA JR et alii (1991)	4.538,8	4.200,2

Os valores obtidos para o poder calorífico útil - PCU são dependentes do grau de umidade do material e não serão comparados com valores apresentados por outros autores. No entanto, GOLDENBERG (1979) cita o poder calorífico da madeira situado entre 1010 e 2524 kcal/kg, valores esses menores que os encontrados em qualquer dos intervalos de confiança apresentados para a variável PCU na Tabela 3.

A comparação das médias da variável PCU nas duas áreas estudadas não apresentou diferença significativa, refletindo a não significância também encontrada para o grau de umidade do resíduo.

Também foram não significativos os resultados de comparação das médias de massa de resíduo em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS assim como o potencial de energia no resíduo - PER.

Com relação à quantidade de palhiço que acompanhou a matéria-prima - PMT, observou-se que, na área B, a porcentagem foi menor que na área A. Uma vez que as médias de massa de palhiço - PTT não diferiram significativamente, deveria permanecer, na área B, maior quantidade de palhiço.

No entanto, a relação $(PTT - PTS)/PTT$, que reflete o grau de umidade do palhiço, resultou em 0,466 para a área A e 0,534 para a área B, mostrando essa maior quantidade de água no palhiço, no momento da colheita. O resíduo da área B foi enfardado um dia após ao da área A e supõe-se que tenha perdido maior quantidade de água, restando no campo a mesma massa de resíduo.

4.4. Desempenho operacional da enfardadora

A Tabela 4 mostra resultados médios de desempenho operacional da enfardadora, referente aos fardos, quantidade de resíduo enfardado e não recolhido, tempo de enfardamento, potencial de energia no resíduo enfardado e teor de matéria estranha mineral - IM nos fardos, seus coeficientes de variação - CV e intervalos de confiança - IC.

Exceção feita à variável tempo total de enfardamento - TTE, cujas médias observadas nas áreas estudadas diferem entre si ao nível de 5% de significância, nenhuma outra variável da Tabela 4 apresentou diferença significativa entre as médias.

De acordo com as citações bibliográficas, as densidades médias de fardos cilíndricos com suas respectivas umidades são:

	Densidades(kg/m ³)	Umidade (%)
BALSTREIRE (1987)	170	20 a 35
LOPEZ (1987)	170	30
HOWE & SREESAGKON (1990)	146,9	9,77
MOLINA JR et alii (1991)	184,06	43

A citação de MOLINA JR et alii (1991) sobre a densidade dos fardos refere-se a material enfardado com o mesmo modelo de enfardadora utilizado nesse trabalho. Embora naquele caso, o resíduo de colheita de cana-de-açúcar fosse resultado de colheita manual e sua umidade bem superior ao valor aqui encontrado, a densidade verificada é praticamente a mesma desse estudo e maior que as outras citações, o que sugere ser essa uma característica da enfardadora e que sua capacidade de compressão seja maior que a média de outros modelos.

Tabela 4. Massa (kg) - MFa e densidade (kg/m³) - Dfa, dos fardos; massas (t/ha) de resíduo enfardado em matéria úmida - MUE, em matéria seca - MSE e de resíduo não recolhido pela enfardadora - PRC; tempo (s) total de enfardamento - TTE; equivalente em energia (Mcal/ha) no resíduo enfardado - EMR e teor de matéria estranha mineral nos fardos - IM.

Variáveis	Á R E A S		MÉDIA GERAL
	A	B	
MFa			
Média	160,26	169,59	164,93
CV	11,91	9,58	10,85
IC	[117,12;203,40]	[132,86;206,32]	[127,35;202,51]
Dfa			
Média	183,79	195,48	189,64
CV	16,28	9,88	13,13
IC	[116,15;251,43]	[151,85;239,11]	[136,65;242,63]
MUE			
Média	4,59	4,02	4,31
CV	38,22	12,60	29,93
IC	[0,63;8,65]	[2,87;5,17]	[1,60;7,02]
MSE			
Média	3,39	3,13	3,26
CV	43,14	10,18	31,87
IC	[0,08;6,70]	[1,98;4,28]	[1,08;5,44]
PRC			
Média	8,29	8,36	8,33
CV	29,92	26,24	27,39
IC	[2,68;13,90]	[3,40;13,32]	[3,54;13,12]
TTE***			
Média	500,50	645,50	573,00
CV	32,58	14,05	25,90
IC	[131,9;869,1]	[440,6;850,4]	[261,3;884,7]
EMR			
Média	13.728,48	12.009,78	12.869,13
CV	46,54	14,55	36,08
IC	[-712,5;28170,4]	[8064,7;15963,2]	[3210,1;22622,8]
IM			
Média	3,66	2,69	3,17
CV	83,79	89,10	85,94
IC	[-2,78;10,10]	[-2,34;7,72]	[-1,23;5,11]

***Significativo a 5%

A quantidade de resíduo de colheita de cana-de-açúcar recolhido do campo em relação à massa existente relatada na bibliografia é:

LOPEZ (1987)	83%
HOWE & SREESANGKON (1990)	71%
MOLINA JR et alii (1991)	27,72%
RIPOLI (1991)	88,39%

Exceção feita a MOLINA JR et alii (1991) que utilizaram o mesmo modelo de enfardadora desse estudo, as médias apresentadas pelos outros autores é muito superior à observada, pois a média de resíduo enfardado no presente estudo, em matéria úmida - MUE, representa 34,34% do resíduo existente no campo. Isso significa que, para ambas as áreas, aproximadamente dois terços do resíduo de colheita permaneceu no campo.

No entanto, esse fato pode ser atribuído à situação em que se deu o enfardamento, pois na tentativa de não contaminar o fardo com matéria estranha mineral (terra), não foi efetuado o enleiramento do resíduo.

Os resultados obtidos para o teor de matéria estranha mineral no resíduo enfardado - IM mostram que o método proposto foi eficiente para detectar sua contaminação com terra. A análise das médias entre o índice de cinzas no resíduo lavado - MRL e não lavado - MRN da Tabela 14 do Apêndice 1, mostraram diferença significativa a nível de 0,1% nos fardos da área A e a 5% nos fardos da área B. Em relação às médias de teor de matéria estranha mineral no resíduo enfardado - IM entre as áreas A e B, não houve diferença significativa.

A média geral encontrada para a variável IM foi muito próxima da média encontrada por MOLINA JR et alii (1991) que foi de 3,15%, trabalhando com resíduo de colheita manual de cana-de-açúcar com enleiramento natural devido ao sistema de corte. Esse fato mostra que a tenta-

tiva de não enleirar o resíduo visando sua contaminação com terra não surtiu o efeito esperado.

Tais valores são elevados para o padrão da indústria, onde, segundo VIOTI (1991)¹, se utiliza bagaço de cana-de-açúcar como combustível. O bagaço possui teor de matéria estranha mineral inferior à 0,1%. No entanto a mesma fonte informa que o resíduo de colheita, com unidade menor que a do bagaço, poderá elevar substancialmente o rendimento energético das caldeiras.

A Tabela 5 mostra índices de consumo de combustível do trator utilizado como fonte de potência na operação de enfardamento, capacidades operacionais do conjunto trator-enfardadora e equivalente em energia de combustível consumido, assim como seus coeficientes de variação - CV e intervalos de confiança - IC . Dentre as variáveis da Tabela 5, as médias de consumo horário de combustível - CCh e por tonelada de resíduo enfardado - CCT nas áreas estudadas, não apresentaram diferença significativa.

A variável CCh mostra que a alteração na velocidade de deslocamento do conjunto trator-enfardadora não foi suficiente para alterar o consumo de combustível de maneira significativa. Esse fato pode-se explicar por ser o trator utilizado como fonte de potência superdimensionado para a enfardadora, cujo fabricante afirma ser suficientemente acionada com tratores de 40 cavalos vapor de potência máxima no motor. O trator Ford 6610 TR4 utilizado possui potência máxima de 86 cavalos vapor a 2100 rpm no motor, segundo seu fabricante.

¹ VIOTI, A. Gerente industrial da Usina Costa Pinto, Piracicaba, SP. Informação pessoal

Tabela 5. Consumo de combustível (litros de óleo diesel) da fonte de potência: horário - CCh; por fardo - CCf; por tonelada de resíduo enfardado - CCt; desempenho operacional em toneladas de resíduo enfardado - CCT e em área trabalhada - CCA e energia consumida (Mcal/ha) como de combustível - ECE.

Variáveis	Á R E A S		MÉDIA GERAL
	A	B	
CCh			
Média	4,27	4,35	4,31
CV	9,74	16,91	13,52
IC	[33,33;5,21]	[2,67;6,01]	[3,09;5,53]
CCf***			
Média	0,59	0,78	0,69
CV	29,86	23,71	29,30
IC	[0,19;0,99]	[0,36;1,20]	[0,23;1,15]
CCt			
Média	3,73	4,60	4,17
CV	33,52	20,25	27,85
IC	[0,91;6,56]	[2,50;6,71]	[1,73;6,61]
CCT****			
Média	1,26	0,96	1,11
CV	31,11	14,06	25,69
IC	[0,37;2,16]	[0,66;1,27]	[0,38;1,84]
CCA***			
Média	0,28	0,24	0,26
CV	12,26	6,53	13,50
IC	[0,20;0,36]	[0,21;0,28]	[0,19;0,33]
ECE***			
Média	135,84	162,16	149,00
CV	16,67	16,43	18,52
IC	[84,70;186,98]	[101,93;222,39]	[91,06;206,94]

Significativo a 5%; *Significativo a 10%

O consumo de combustível por tonelada de resíduo enfardado - CCt retrata o resultado obtido para a massa dos fardos - MFa, também não significativo, sendo que, em média, uma tonelada de resíduo produziu 6,24 fardos na área A e 5,90 fardos na área B. Essa diferença combinada com a diferença de consumo por fardo - CCf, que foi significativa

a 5% de probabilidade, compensou o consumo por unidade de massa.

O valor da variável CCt é praticamente o dobro do obtido por MOLINA JR et alii (1991), que foi de 2,30 l/t operando com enfardadora de mesmo modelo que a desse estudo. Os autores utilizaram, entretanto, outro modelo de trator e relatam que, como resíduo de colheita manual, o material ficou acomodado naturalmente em leiras resultantes de 5 linhas de plantio da cana-de-açúcar o que contribuiu para o melhor desempenho da operação, concentrando o material.

A capacidade operacional do conjunto trator-enfardadora refletiu a mudança de velocidade de operação entre as áreas A e B, sendo que, comparadas, as médias de toneladas de resíduo enfardadas por hora foram diferentes significativamente a 10% e a área trabalhada em hectares por hora a 5% de probabilidade.

Esse fato causou um consumo de energia maior na área B, cuja média difere da média da área A a nível de 5% de probabilidade. Isso fica claro quando se faz a relação ECE/EMR, ou seja, a energia consumida no enfardamento em relação à energia contida no resíduo enfardado, resultando, em média, em 0,99% para a área A e 1,35% para a área B. A média geral mostra o valor de 1,16%, ou seja, para cada litro de óleo diesel consumido enfarda-se energia equivalente a 86,21 litros do mesmo combustível.

A capacidade operacional observada é muito semelhante à relatada por HOWE & SREESANGKON (1990), tanto em função da área trabalhada como da quantidade de resíduo enfardado por unidade de tempo, embora os autores relatem que a massa de resíduo enfardado seja 8,63 t/ha, o dobro da observada nesse estudo.

Em relação ao relato de MOLINA JR et alii (1991), os valores aqui obtidos são inferiores pelos mesmos motivos anteriormente comentados. Esses autores obtiveram capaci-

dades operacionais de 0,61 ha/h e 2,89 t/h operando com o mesmo modelo de enfardadora, embora a velocidade média de deslocamento tenha sido menor que a encontrada nesse estudo, ou seja, 0,26 m/s.

4.5. Análise de custos do conjunto trator-enfardadora

As Tabelas 6, 7 e 8 mostram os resultados das análises de custos individuais para o trator e para a enfardadora e para o seu conjunto, baseados em informações das Tabelas 1, 2, 3, e 4 do Apêndice 3.

A Tabela 6 refere-se a valores intermediários utilizados no cálculo baseado no método do Custo Anualizado Equivalente e a Tabela 7 aos resultados obtidos para esse método. A Tabela 8 mostra os resultados dos cálculos baseados no método Tradicional.

Os resultados obtidos pelo método do Custo Anualizado Equivalente representam o custo médio do equipamento e do conjunto, em todo o período considerado. Assim, verifica-se que a média de custo para o trator aumenta no sexto ano, em relação ao período anterior, devido ao aumento de despesas previstas nesse ano (retífica e troca de pneus) o que significa que a sua vida econômica é de cinco anos.

As diferenças verificadas, no entanto, são pequenas, 2,59% para o trator e 0,14% para o conjunto e podem ser atribuídas a erro de previsão de despesas. Tais erros decorrem de falta de informações confiáveis à respeito do comportamento dos equipamentos, principalmente no que diz respeito à sua manutenção e reparos, cujos valores nesse trabalho foram estimados, embora criteriosamente e baseados em dados fornecidos por representantes e/ou fabricantes.

Tabela 6: Parâmetros para o cálculo de custos e da idade ótima de substituição do conjunto trator-enfardadora: Valor de revenda do equipamento no ano t - VR_t ; despesas totais previstas com o equipamento no ano t - D_t ; valor presente do equipamento em relação ao valor de revenda - $VP(VR)$; valor presente das despesas previstas com o equipamento - $VP(D_t)$; valor presente dos custos totais com o equipamento, acumulado, no final do ano T - $VP(T)$.

ANO	VR_t	D_t	$VP(VR)$	$VP(D_t)$	$VP(D_t)$ ACUMULADO	$VP(T)$ ACUMULADO
TRATOR						
0	31736,42	-	31736,42	-	-	-
1	18635,63	7592,24	17255,21	7029,85	7029,85	21511,06
2	16988,51	7625,10	14564,91	6537,29	13567,14	30738,66
3	14979,59	10380,60	11891,28	8240,45	21807,60	41652,74
4	13503,85	7611,27	9925,73	5594,51	27402,11	49212,80
5	11964,63	7611,96	8142,93	5180,57	32582,68	56176,18
6	10517,44	14356,94	6627,77	9047,31	41629,99	66738,64
7	8841,67	7799,38	5159,03	4550,86	46180,85	72758,24
ENFARDADORA						
0	18110,00	-	18110,00	-	-	-
1	14488,00	543,30	13414,81	503,06	503,06	5198,24
2	11590,40	543,30	9936,90	465,79	968,85	9141,95
3	9254,21	724,40	7346,29	575,05	1543,90	12307,61
4	7425,10	724,40	5457,67	532,46	2076,36	14728,69
5	5940,08	905,50	4042,72	616,27	2692,62	16759,90
6	4744,82	905,50	2990,04	570,62	3263,24	18383,20
7	3803,10	1086,60	2219,07	634,02	3897,26	19788,19

Os resultados de custos obtidos pelo método Tradicional, que foram calculados pela planilha eletrônica "CUSTOMAQ", estão baseados nas mesmas informações básicas utilizadas para o Custo Anualizado Equivalente. No entanto, muitas variáveis componentes do custo são estimadas pela planilha, estando tais estimativas associadas a informações bibliográficas, geralmente advindas de entidades e pesquisadores dos Estados Unidos da América, cujas condições são diferentes das brasileiras e principalmente para a operação em questão, de enfardamento de resíduos de colheita de cana-de-açúcar, estão sujeitos a distorções maiores, induzindo a maiores erros de avaliação.

Observou-se que, quando comparado o período do primeiro ano de uso, o Custo Anualizado Equivalente foi maior que o calculado pelo método Tradicional. A partir do segundo ano, ocorreu o inverso, chegando a média dos sete anos estudados ser 26,77% menor que a média do custo do método Tradicional.

Tabela 7: Custo anualizado equivalente de cada componente do conjunto, por hora e por hectare, na operação de enfardamento.

ANO	CUSTO		ANUALIZADO		EQUIVALENTE	
	T R A T O R		ENFARDADORA		CONJUNTO	
	\$/hora	\$/ha	\$/hora	\$/ha	\$/hora	\$/ha
1	16,59	59,25	6,24	22,29	22,83	81,54
2	12,31	43,96	5,70	20,36	18,01	64,32
3	11,54	41,21	5,31	18,96	16,85	60,18
4	10,61	37,89	4,94	17,64	15,55	55,54
5	10,05	35,89	4,66	16,64	14,71	52,54
6	10,31	36,82	4,42	15,79	14,73	52,61
7	9,98	35,64	4,22	15,07	14,20	50,71

Conforme as médias apresentadas na Tabela 5, o melhor desempenho operacional do conjunto na operação de enfardamento é 1,26 t/h, que associado aos custos obtidos resulta nos seguintes valores por tonelada enfardada:

Método Tradicional US\$ 15,39

Custo Anualizado Equivalente US\$ 11,27

Os valores médios apresentados na bibliografia são:

LOPEZ (1987) US\$ 4,18

HOWE & SREESANGKON (1990) US\$ 18,06

LOPEZ (1987) utilizou outro tipo de sistema (picadora de forragem) e HOWE E SREESANGKON (1990) utilizaram enfardadoras de marca, modelo e dimensões diferentes, embora produzindo fardos cilíndricos.

Tabela 8: Custos obtidos pelo método Tradicional, para o trator, enfardadora e para o conjunto.

CUSTO	TRATOR		ENFARDADORA		CONJUNTO	
	\$/hora	\$/ha	\$/hora	\$/ha	\$/hora	\$/ha
VARIÁVEL:						
Reparos e Manutenção	0,44	1,59	3,83	13,67	4,27	15,26
Combustível	3,51	12,55	-	-	3,51	12,55
Lubríf.	0,60	2,14	0,10	0,34	0,70	2,48
Tratorista	2,91	10,39	-	-	2,91	10,39
Juros s/ custos Variáveis	0,30	1,07	0,16	0,56	0,46	1,63
FIXOS:						
Impostos e Seguros	0,18	0,65	0,16	0,57	0,34	1,22
Depreciação	2,35	8,39	1,59	5,68	3,94	14,06
Juros s/ Invest.	1,72	6,14	1,55	5,52	3,27	11,66
TOTAL	12,02	42,92	7,38	26,35	19,39	69,26

Segundo informações da COPERSUCAR (1989b) o preço da tonelada de bagaço de cana-de-açúcar comercializado a granel, no mercado interno, é de US\$ 6,30. RIPOLI (1991) considera preços médios de US\$ 6,315 e US\$ 21,870 para a tonelada de bagaço de cana-de-açúcar à granel e briquetado (prensado), respectivamente.

4.6. Resultado econômico do processo de enfardamento

Tomando-se como 2991,38 kcal/kg o poder calorífico útil do resíduo de colheita de cana-de-açúcar, conforme

apresentado na Tabela 3 e 1800 kcal/kg o valor médio obtido de citações bibliográficas para o poder calorífico útil do bagaço, resulta que uma unidade de massa de resíduo substitui, em média, 1,66 unidades de massa de bagaço.

Assim, considerando os valores médios de mercado da tonelada de bagaço a granel e briquetado, conforme citações anteriormente relatadas, a massa desse material substituído por uma tonelada de resíduo, se comercializado, resultaria em:

Bagaço à granel	US\$ 10,46
Bagaço briquetado	US\$ 36,30

Considerando esses valores e os custos de enfardamento, os saldos são apresentados na Tabela 9.

Esses valores não consideram, no entanto, o provável aumento de rendimento das caldeiras e fornalhas, devido à menor umidade do resíduo em relação ao bagaço ou os problemas que possam advir da presença de terra no resíduo.

Tabela 9: Resultado econômico da comercialização do bagaço substituído pelo resíduo de colheita, considerando os preços médios, à granel e briquetado, em função dos custos de enfardamento.

BAGAÇO	RESULTADO ECONÔMICO	
	Método Tradicional	Método C A E
À Granel	- 4,93	- 0,81
Briquetado	20,91	25,03

Assim, verificou-se que quando se considera o bagaço à granel, o resultado econômico em relação ao enfardamento é negativo. Note-se que para a utilização do resíduo como fonte de energia seria necessário, ainda, que ele fosse carregado e transportado até a indústria, acrescentando-se os custos dessas operações aos de enfardamento.

Por sua vez, considerando o bagaço briquetado, o resultado econômico é positivo. Isso ocorrerá, mesmo que se

considere os custos médios de carregamento e transporte de resíduo de colheita de cana-de-açúcar citados na bibliografia, mostrados na Tabela 10.

Tabela 10: Custos de carregamento e transporte de resíduos de colheita de cana-de-açúcar, em US\$/t, segundo diversos autores.

AUTORES	CARREGAMENTO	TRANSPORTE
LOPEZ (1987)	-	2,35
HOWE & SREESANGKON (1990)	-	6,81
RIPOLI (1991)	0,97	2,58

4.7. Considerações finais

Os resultados obtidos para o custo da tonelada de resíduo enfardada pode ser minimizado, desde que se melhore o desempenho operacional da enfardadora, no que se refere à massa de resíduo recolhido por unidade de tempo, ou seja, a variável CCT (t/h). Segundo MOLINA JR et alii (1991) o desempenho observado naquele estudo foi de 2,89 t/h.

Outro fator importante na maximização desse custo foi o trator utilizado. O trator Ford 6610 TR4, conforme especificação do fabricante, possui um motor com potência máxima de 86 cavalos vapor à 2100 rpm do motor e a enfardadora exige, também conforme o fabricante, um trator com, no mínimo, 40 cavalos vapor de potência no motor. Apesar de colaboração do pessoal da Usina Santa Bárbara Açúcar e Alcool, empresa que colocou-se à disposição para que esse estudo fosse realizado, não foi possível obter um trator que se adequasse melhor à enfardadora.

O superdimensionamento do trator provocou, portanto, maior consumo de combustível, que concorre com 29,2% do custo desse componente do conjunto, conforme figura 7. O seu maior preço inicial, em comparação com um trator melhor dimensionado para a enfardadora e a depreciação resul-

tante, cuja participação nos custos podem ser observadas nas figuras 6 e 7, também colaboraram decisivamente para a maximização dos custos, assim como os juros e impostos sobre o capital investido.

Mesmo assim, a figura 5 mostra o comportamento dos custos em função do aumento do desempenho operacional, onde fica claro que essa variável tem grande influência até níveis próximos ou pouco superiores aos conseguidos no estudo de MOLINA JR et alii (1991), atingindo valores de US\$ 4,73 e US\$ 6,43 para os métodos do Custo Anualizado Equivalente e Tradicional, respectivamente, quando o desempenho operacional de enfardamento é de 3 t/h.

Com referência aos métodos de cálculo utilizados para determinação de custos da operação de enfardamento, o do Custo Anualizado Equivalente mostrou-se mais interessante, pois permite calcular o percentual de cada componente, no período considerado, conforme mostra a figura 6, para a depreciação.

As figuras 7 e 8 mostram a composição de custos obtida pelo método Tradicional, para o trator e para a enfardadora. Esses custos consideram a média de vida do equipamento, em horas e não nos dão a oportunidade de visualizar a participação de cada componente no tempo, sugerindo que, por exemplo, a depreciação participe com 19,6% no primeiro ano e no sétimo ano, para o caso do trator, o que na realidade somente acontecerá por acaso.

Figura 5. Variação do custo por tonelada de resíduo enfardado, em função da variação da capacidade operacional do conjunto trator-enfardadora.

Figura 6. Participação percentual da depreciação, no custo dos componentes do conjunto trator-enfardadora.

Figura 7. Composição dos custos do trator, segundo o método Tradicional

Figura 8. Composição dos custos da enfardadora, segundo o método Tradicional.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e nos objetivos propostos para esse estudo, pode-se concluir que:

- O desempenho operacional da enfardadora foi inferior aos apresentados na bibliografia na mesma operação de enfardamento de resíduo de colheita de cana-de-açúcar, pois as condições em que operou não foram as ideais;
- A operação de enfardamento de resíduo de colheita de cana-de-açúcar deve se dar com o enleiramento do material, uma vez que o não enleiramento resultou em fardos com teor de matéria estranha mineral semelhante aos dos fardos obtidos com enleiramento;
- O trator utilizado é inadequado à enfardadora pois, do ponto de vista econômico sua participação no conjunto maximiza os custos da operação;
- A colhedora de cana-de-açúcar utilizada prejudicou o desempenho da enfardadora, uma vez que a massa de palhico retirada por ela do canavial, a qual poderia aumentar a quantidade de resíduo no campo, foi excessivamente grande;
- O consumo de energia pelo conjunto trator-enfardadora, foi de 1,16% da energia contida no resíduo enfardado, apesar de seu desempenho ter se mostrado insatisfatório do ponto de vista quantitativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, A.; PENA, V.; FRIEDMAN, P. BRITO, B. La combustion de los residuos agrícolas de caña de azúcar. Parte I: características combustibles. **Cuba Azucar**, Havana, p.40, ene./mar. 1989.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1990, Rio de Janeiro, v:50, p.338, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Carvão vegetal: determinação do poder calorífico - método de determinação**; NBR-8633. Rio de Janeiro, 1984. 13p.
- BALASTREIRE, L. A. Colheita. In: _____. Máquinas agrícolas, São Paulo, Manole, 1987. cap. 8, p.297-9.
- BARGER, E. L.; LILJEDAHN, J. B.; CARLETON, W. M.; MCKIBBEN, E. G. **Tractor and their power units**. New York, John Wiley, 1963. 524p.
- BASSINELLO, A. I.; FURLANI NETO, V. L.; MACEDO, N.; PARRAZI, C.; CASAGRANDE, J. C. **Implicações agrícolas e industriais da colheita de cana crua**. Araras, IAA-PLANALSUCAR, s.d. 55p.

BRITO, S. S. Energia de biomassa: uma alternativa para os trópicos. In: CONGRESO PANAMERICANO DE ENERGIA, 3., CONVENCION DE LA UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS. 19., Guatemala, 1986. São Paulo, CONFEA/CREA, 1986. 20p.

CAI o número de desligamentos causados por queimadas de canaviais. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 23 dez. 1990, p. 13.

CARVALHO, J. F. de. Madeira como fonte de energia. **Brasil Florestal**. Rio de Janeiro, 5(17):5-6, jan/mar, 1974.

COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Agro-indústria canavieira: um perfil**. São Paulo, 1989a, 28p.

COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Pró-álcool: fundamentos e perspectivas**. São Paulo, 1989b. 121p.

CORRÊA, A. A. M. Uso da biomassa como fonte de energia. Jaboticabal, SBEA, 1990, 8p. (SBEA Boletim Informativo).

CORREA, L. C. Para Camilo Penna, proálcool resiste. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 19 ago. 1990, p.12.

CRESCE o número de colheitadeiras de cana em São Paulo. In: **Agrofolha**, São Paulo, v.6:4, ago. 1991.

DELGADO, A. A. Os efeitos da queima dos canaviais. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, 3(6):42-5, jul./ago. 1985.

DOAT, A. Le pouvoir calorifique des bois tropical. *Bois et Forets des Tropiques*, Paris, 172:33-48, mars/avr. 1977.

DUARTE, L. P.; MATTOS, Z. P. B.; NORONHA, J. F.; BALASTREIRE, L. A. *Custo dos serviços de máquinas e implementos agrícolas*. Piracicaba, ESALQ, Dpto de Economia e Sociologia Rural, 1988. 32p. (Manual nº 14).

FERNANDES, J. A subsolagem no controle da compactação do solo na cana soca (*Saccharum spp*) variedade CB 41-76 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular. Piracicaba, 1979. 158p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

FURLANI NETO, V. L.; MONTEIRO, H.; RIPOLI, T.C.; NOGUEIRA, R. R. Effects of green and bourned cane on cane quality, cane losses, crop residues and chopper harvest perfomance. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 20., São Paulo, 1989. *Proceedings*. São Paulo, ISSCT, 1989a, v.2, p.1043-50.

FURLANI NETO, V. L.; ROLIN, J. C.; RIPOLI, T. C.; MONTEIRO, H.; NOGUEIRA, R. R. Influência do dissecante "paraquat" na colheita de cana-de-açúcar com e sem queima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18., Recife, 1989. *Anais*. Recife, SBEA, 1989b. p.302-20.

GOLDENBERG, J. Biomassa como fonte de energia. *Energia*, São Paulo, 1(2):21-2, mai./jun. 1979.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 6.e.d. Piracicaba, Nobel, 1976. 430p.

HAWAIIAN SUGAR PLANTERS ASSOCIATION. EXPERIMENTAL STATION. Energy. In: _____. *Annual report-1983*. Hawaii, 1983. cap.7, p.72-5.

HAWAIIAN SUGAR PLANTERS ASSOCIATION. EXPERIMENTAL STATION.

Energy. In: _____. Annual report-1987. Hawaii, 1987. cap.7, p.72-4.

HOWE, R. & SREESANGKOM, P. Costs and performance of equipment for baling sugar cane tops and leaves. s.l. United States Agency of International Development, 1990. p.56.

HUNT, D. Farm power and machinery management. Ames, Iowa, Iowa State University Press, 1977, 365p.

INPE mede efeitos das queimadas em São Paulo. Jornal de Piracicaba, Piracicaba, 26 set. 1989. p. 25.

INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES AZUCARERAS. Evaluacion de la eficiencia de la KTP-1 en funcion del rendimiento agricola. Ministerio de la Industria Azucarera, Habana, ene. 1984. 59p.

LANÇAS, K. P. A evolução das alternativas energéticas com a crise do petróleo e a projeção da biomassa. Botucatu, UNESP, 1984. 34p.

LEITE, W. B. Novo processo para o uso do bagaço de cana. Álcool & Açúcar, São Paulo, 3(9):18-27, mar./abr. 1983.

LEITE, W. B. & PINTO, L. A. O valor do bagaço como combustível. In: _____. Avaliação do bagaço da cana-de-açúcar. São Paulo, SOPRAL, 1983. p.22-39. (Coleção SOPRAL, 4).

LESS, P. Petrocultura: vários cultivos ya son fuentes promissoras de combustibles. Agricultura de las Américas, Great Neck, 31(11): 24-5., 31, nov. 1982.

- LOPEZ, P. A. Recolecion de barbojo como fuente energética en el Central Romana. In: **Uso alternativo de la caña de azúcar para energía y alimento**. In: GRUPO DE PAÍSES LATINOAMERICANOS Y DEL CARIBE EXPORTADORES DE AZÚCAR. México, 1987. p.57-62 (Colección GEPLACEA).
- MIALHE, L. G. Desempenho operacional da maquinaria agrícola. In: _____. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo, Ceres, 1974 cap.5, p.117-26.
- MIALHE, L. G. Combustão e combustíveis. In: _____. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo, EPU; EDUSP, 1980. cap. 9, p.187-212.
- MOLINA JR, W. F.; RIPOLI, T. C.; COELHO, J. L. D.; AMARAL, J. R.; SACCOMANO, J. B. Estudo preliminar sobre enfiamento de residuos de colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., Londrina, 1991, **Resumos**. Londrina, SBEA, 1991. p.26.
- NOJIMOTO, T.; SIMON, E. J.; PEROSO, J. M. Y. Uso do trator em uma usina de açúcar e álcool. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, 11: 27-31, 1987.
- NORONHA, J. F.; MIALHE, L. G.; DUARTE, L. P. **Custos dos sistemas tratorizados na agricultura brasileira; versão preliminar**. Piracicaba, ESALQ, 1991. 32p.
- OLIVEIRA, E. R. Bagaço de cana: um combustível que ainda não recebeu a devida atenção. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, 2(4):10-9, maio/jun. 1982.
- PERALTA, U.; FRIAS, G.; GASPAROV, A. La operacion de las combinadas para la cosecha de caña. **Revista Tecnico-informativa Bimestral**, Habana, 48(2):42-8, mar./abr., 1989.

PEREZ, N. P. Eficiência em caldeiras na agroindústria canavieira. **STAB**, Série STAB N° 1, Piracicaba, 1982, 73p.

PERRONE, J. C. Os processos hidrolíticos no aproveitamento dos recursos renováveis. **Silvicultura**, São Paulo, (ed. especial): 23-33, dez., 1977.

RIPOLI, T.C. Fogo na palha? **NOTÍCIAS DA ESALQ**, Piracicaba, 1(5):2-3, nov. 1988.

RIPOLI, T.C. Utilização do material remanescente de colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) - Equacionamento dos balanços energético e econômico. Piracicaba, 1991. p.150 (Livre-Docência, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

RIPOLI, T.C. & MOLINA JR, W. F. Cultura canavieira: um desperdício energético. **Maquinaria Agrícola**, São Paulo, 6(1):2-3. jan., 1991.

RIPOLI, T.C. & PARANHOS, S. B. Colheita. In: PARANHOS, S. B., coord. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.2. cap.5, p.517-97.

RIPOLI, T.C.; MIALHE, L. G.; BRITO, J. O. Queima de canavial, o desperdício não mais admissível. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, 10(54):18-23, jul./ago. 1990.

RIPOLI, T.C.; MIALHE, L. G.; NOVAES, H. P. Um critério para avaliação de estudo de canaviais visando a colheita. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, 92(3):17-22, mar., 1978.

RIPOLI, T.C.; MOLINA JR, W. F.; NOGUEIRA, M. C. S. MATOS, J. R. Equivalente energético do palhico da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., Piracicaba. 1990. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, SBEA, 1990, p. 249-62.

- ROSA, A. V. Energia derivada do aguapé. **Silvicultura**, São Paulo, (ed. especial):179-83, dez. 1977.
- SEGALA, A. L. Espaçamento para a cultura da cana-de-açúcar: qual a melhor medida. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, 2(3):48-53, mar., 1982.
- STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: PARANHOS, S. B., coord. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1. cap.7, p.761-804.
- STUPIELLO, J. P. Alguns aspectos da qualidade da matéria-prima. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, 7(3/5):52-4, jun./jul., 1989.
- VENTURINI F^o, W. G. & ADDISON, F. C. Geração de eletricidade em usina sucroalcooleira - viabilidade econômica. **Revista do Usineiro**, São Paulo, 4(20):8-14, set./out., 1990.
- VIEIRA, D. B. Através da irrigação sistemática a cana-de-açúcar atinge altos níveis de rendimento. **Revista de Mecanização Rural**, São Paulo, 1(4):15-22, 1981.
- ZULAUF, W. E.; CAPORALI, S. A.; VIDEIRA, R. M. Cálculo preliminar da energia liberada na queima dos canaviais brasileiros. In: **SIMPÓSIO SOBRE QUEIMA DE PALHA DE CANAVIAIS**, 2., Araraquara, 1985, p.1-7.

APÊNDICE 1

Tabelas de 1 a 20: Dados originais de campo
e de laboratório

Tabela 1 - Comprimento dos colmos (m) na área A.

UNIDADES EXPERIMENTAIS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,22	2,14	1,92	2,35	2,20	2,37	2,28	1,70	2,35	2,73
2,27	2,30	2,42	2,40	2,27	2,55	2,02	2,25	2,26	2,76
2,36	2,15	2,12	2,31	2,24	1,37	2,45	2,27	2,37	2,57
2,21	2,17	2,49	2,25	2,41	2,01	2,56	2,40	2,13	2,27
2,22	2,60	2,07	2,60	2,74	2,41	2,57	2,07	2,22	2,71
2,29	1,94	2,30	2,16	2,13	2,24	2,25	2,10	2,29	2,84
2,07	2,30	2,29	2,36	2,49	2,38	2,66	2,31	2,08	2,15
2,08	2,13	2,50	2,57	2,51	2,19	2,69	2,09	2,28	2,65
2,23	2,50	2,15	2,43	2,11	2,59	2,40	2,32	2,07	2,73
2,68	2,17	2,12	2,42	2,62	2,58	1,55	2,60	2,38	2,65
2,12	2,20	2,25	2,64	2,35	2,50	2,48	2,39	2,56	2,62
2,55	2,40	2,22	2,05	2,41	2,64	2,66	2,15	2,23	2,51
2,22	2,36	2,06	2,30	2,49	2,67	1,89	2,54	2,31	2,67
2,38	2,50	2,12	2,30	2,45	1,55	2,31	2,22	2,40	2,62
2,04	2,02	2,28	2,50	2,54	2,40	2,63	2,15	2,35	2,47
1,95	2,35	2,05	2,25	2,51	2,31	2,82	2,35	2,19	2,01
1,35	2,23	2,29	1,75	2,39	2,25	2,40	2,56	1,95	2,93
2,56	2,42	2,46	2,42	2,55	2,60	2,15	2,13	2,35	2,58
1,94	1,90	2,32	2,50	2,70	2,67	2,74	2,36	2,04	2,70
2,31	2,30	2,57	2,12	2,48	2,43	2,47	2,63	2,14	2,84
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 2 - Diâmetro dos colmos (mm) na área A.

UNIDADES EXPERIMENTAIS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26,0	26,0	26,0	26,5	27,0	22,0	30,0	26,0	28,5	30,5
28,0	20,0	26,5	30,0	28,5	22,0	32,0	30,5	28,0	28,0
29,0	25,5	29,5	24,5	27,5	23,0	26,0	24,0	26,0	27,5
27,5	30,5	26,5	28,5	28,0	25,0	31,0	27,0	29,0	30,0
27,5	27,0	27,0	29,0	27,0	25,0	26,0	26,0	26,5	26,0
26,0	25,5	27,0	27,0	30,0	25,5	22,0	27,5	26,0	28,5
29,0	26,0	30,5	29,5	23,0	25,5	28,0	30,5	24,0	26,0
32,0	26,0	25,0	25,5	25,5	22,0	28,0	28,5	22,0	28,5
32,0	23,0	28,0	29,0	26,0	19,5	25,0	26,0	29,0	27,5
26,0	30,0	23,0	31,0	26,0	29,0	28,5	31,0	27,0	31,5
29,5	31,0	29,5	26,5	26,0	20,0	27,0	19,5	26,5	33,0
25,0	26,5	24,0	26,0	28,0	28,0	22,5	28,0	29,0	30,0
27,5	23,5	29,0	24,0	22,5	19,5	20,5	27,0	25,0	30,5
24,0	26,0	27,0	27,0	26,0	23,0	27,0	24,0	29,5	28,0
24,0	28,5	26,0	22,0	29,5	26,0	22,0	23,0	26,5	29,5
31,0	26,0	27,0	26,0	28,0	29,0	21,0	30,0	28,0	29,0
30,0	30,0	22,5	27,0	27,0	25,5	28,5	21,5	29,0	21,5
29,0	27,0	29,5	26,5	29,0	29,0	23,5	27,0	27,5	26,0
28,0	26,0	25,5	27,5	21,0	24,0	26,0	23,5	29,0	29,0
22,0	25,0	27,0	27,0	27,0	25,0	29,5	30,0	24,5	24,0
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 3 - Número de internódios por colmo na área A.

UNIDADES EXPERIMENTAIS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	17	17	14	13	15	21	16	16	15
17	16	20	16	10	20	12	13	15	17
17	16	17	14	16	8	16	16	20	16
16	20	16	15	13	8	16	16	16	15
15	16	19	15	17	16	14	15	18	18
13	17	19	17	15	19	16	14	17	17
14	18	20	16	14	13	15	16	18	16
9	16	15	20	16	16	19	18	17	18
14	20	17	16	16	16	10	9	16	15
16	17	14	13	20	16	18	14	16	19
16	17	19	15	17	17	16	13	17	14
14	17	17	16	15	14	15	17	20	18
17	19	18	17	16	14	13	14	15	19
12	18	17	14	17	15	7	18	14	20
9	19	15	13	19	19	14	14	16	17
19	17	16	15	16	14	20	14	17	18
18	14	15	14	14	13	17	15	16	15
14	13	18	14	18	17	16	14	15	17
13	19	16	17	17	11	15	16	18	15
17	16	16	16	16	16	13	14	15	16
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 4 - Número de colmos, na área A, por unidade experimental - N; por metro linear - N/m e por metro quadrado - N/m².

	UNIDADES EXPERIMENTAIS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N/m	14,3	12,7	12,8	18,2	14,3	17,8	13,2	13,3	13,2	13,3
N	86,0	76,0	77,0	109,0	86,0	107,0	79,0	80,0	79,0	80,0
N/m ²	10,2	9,0	9,2	13,0	10,2	12,7	9,4	9,5	9,4	9,5
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 5 - Massas (kg) de ponteiros - mpo; de folhas verdes - mfv; de palhas - mpa e de colmos industrializáveis - mci por unidade experimental na área A.

UE	mpo	mfv	mpa	mci
1	3,2	7,4	17,4	81,7
2	3,7	10,2	11,1	88,5
3	2,9	9,1	12,2	77,9
4	5,8	14,6	16,1	124,5
5	4,6	11,5	12,5	105,0
6	7,0	14,2	13,6	128,8
7	4,7	12,5	14,2	111,0
8	4,3	12,0	11,1	98,9
9	3,7	9,3	12,5	84,6
10	4,4	11,0	13,3	115,6
	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabela 6 - Umidade (%) com base em peso úmido de ponteiros - Upo; de folhas verdes - Ufv; de palhas - Upa e de colmos - Uco, por unidade experimental, na área A.

UE	Upo	Ufv	Upa	Uco
1	0,805	0,691	0,135	0,721
2	0,822	0,679	0,156	0,708
3	0,832	0,681	0,120	0,712
4	0,829	0,697	0,273	0,721
5	0,820	0,692	0,132	0,728
6	0,807	0,679	0,346	0,720
7	0,794	0,671	0,204	0,705
8	0,802	0,676	0,117	0,630
9	0,806	0,674	0,118	0,686
10	0,848	0,656	0,093	0,732
	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabela 7 - Comprimento dos colmos (m) na área B.

UNIDADES EXPERIMENTAIS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,24	1,96	2,12	1,90	2,15	2,13	1,70	1,90	1,90	1,86
2,11	1,86	1,76	1,59	2,15	1,96	2,03	1,72	1,70	1,97
2,14	1,84	1,63	1,94	2,05	1,78	2,13	1,67	1,74	1,75
2,05	1,65	2,20	1,86	1,55	2,20	2,20	1,78	1,80	1,69
2,08	1,88	1,90	1,97	2,00	2,25	1,98	1,86	1,88	1,87
1,87	1,95	2,10	1,42	2,15	1,46	1,80	2,06	1,70	1,97
1,97	1,76	2,11	1,91	2,00	1,86	2,25	1,99	1,83	1,61
1,88	1,71	1,60	1,75	2,20	1,77	2,05	1,78	1,90	1,95
1,88	1,92	1,79	1,99	2,05	1,83	1,85	1,88	1,58	1,61
1,40	1,68	1,59	2,05	2,25	1,77	1,70	1,74	1,73	1,82
1,83	1,12	1,73	1,88	2,15	1,82	1,56	1,89	1,65	1,46
2,05	2,24	2,14	1,99	2,36	2,00	2,14	1,81	1,83	1,83
2,09	1,90	2,25	2,01	2,27	1,68	2,13	1,63	1,72	1,74
2,11	1,86	2,00	1,81	2,10	1,55	1,78	1,78	1,69	1,88
1,25	1,67	1,99	1,90	2,05	2,07	1,98	1,84	1,75	1,69
1,58	1,93	1,96	1,59	2,05	2,19	1,97	1,82	1,80	1,89
1,57	1,89	1,04	1,84	1,89	2,10	1,92	1,85	1,85	1,62
1,77	1,92	1,79	1,44	1,97	1,97	2,05	1,80	1,64	1,98
1,98	1,99	2,22	2,12	2,16	1,91	2,19	1,91	1,69	1,65
1,74	1,74	2,16	2,02	1,70	1,69	2,22	1,78	1,75	1,60
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 8 - Diâmetro dos colmos (mm) na área B.

UNIDADES EXPERIMENTAIS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27,0	21,0	26,5	26,0	27,0	27,0	27,0	25,5	26,0	23,5
20,5	21,0	22,0	24,0	26,5	28,5	26,0	21,0	27,0	26,5
27,0	27,0	24,5	19,0	26,0	27,5	23,5	25,0	26,0	25,0
23,0	23,5	27,0	26,0	29,0	25,0	27,5	26,0	25,5	24,0
24,5	19,5	29,0	29,0	24,5	26,0	27,0	26,0	25,0	28,0
25,0	24,5	31,0	20,0	22,5	23,5	26,0	25,0	23,0	24,0
23,0	28,5	27,5	20,0	24,0	22,0	24,0	24,0	26,0	26,0
29,0	26,0	25,0	21,0	28,0	21,5	24,5	27,0	24,0	25,5
27,0	28,0	29,0	26,0	23,0	23,0	20,0	25,5	20,0	23,0
22,0	29,0	26,0	28,5	25,5	25,5	29,0	25,0	21,5	26,5
19,0	27,0	28,5	26,0	24,0	27,0	20,5	22,5	26,0	25,0
20,0	30,0	23,5	21,0	28,0	22,5	29,0	24,0	23,0	19,0
25,5	25,5	28,0	26,5	21,5	23,0	26,0	25,5	21,0	25,0
27,5	30,5	21,0	22,0	21,0	23,0	27,5	27,5	23,5	26,0
22,0	22,0	20,0	25,0	24,5	24,5	27,0	22,0	20,5	24,5
21,0	27,5	23,5	19,0	23,0	22,0	27,0	23,0	20,0	25,5
28,0	29,0	20,0	27,0	27,0	26,0	28,0	24,0	22,5	25,0
25,5	25,0	23,0	24,0	25,0	20,0	23,0	23,5	20,5	21,5
26,5	24,5	24,0	17,0	25,0	19,0	26,0	25,5	26,5	25,0
29,0	19,0	19,0	23,0	22,0	28,0	23,0	24,0	25,0	27,0
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 9 - Número de internódios por colmo na área B.

UNIDADES EXPERIMENTAIS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	15	15	17	15	14	13	14	11	17
13	15	11	14	16	8	12	16	15	14
18	15	14	17	14	17	13	13	13	16
16	13	17	17	14	12	14	14	15	19
13	17	14	15	15	17	13	15	11	15
15	12	13	13	10	12	16	14	10	18
12	7	16	15	17	12	17	17	14	13
15	8	14	15	10	18	16	16	13	16
9	13	13	17	13	12	18	12	18	15
12	14	16	17	17	7	15	15	14	12
13	13	16	15	18	14	15	14	16	14
16	12	15	15	13	13	16	14	16	16
13	14	10	16	14	16	16	16	13	15
17	12	15	14	16	16	18	14	17	17
16	15	15	16	16	17	16	12	15	9
13	11	15	15	13	13	16	14	16	15
16	14	11	12	15	17	15	13	14	13
15	14	14	10	17	16	17	16	15	18
17	13	11	11	13	13	16	14	16	16
11	13	14	17	14	16	13	14	16	15
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 10 - Número de colmos, na área B, por unidade experimental - N; por metro linear - N/m e por metro quadrado - N/m².

	UNIDADES EXPERIMENTAIS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N/m	12,2	16,0	15,5	12,7	16,7	16,7	17,7	14,2	12,8	12,0
N	73,0	96,0	93,0	76,0	100,0	100,0	106,0	85,0	77,0	72,0
N/m ²	8,7	11,4	11,1	9,0	11,9	11,9	12,6	10,1	9,2	8,6
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 11 - Massas (kg) de ponteiros - mpo; de folhas verdes - mfv; de palhas - mpa e de colmos industrializáveis - mci, por unidade experimental na área B.

UE	mpo	mfv	mpa	mci
1	4,9	12,1	13,9	86,6
2	7,0	11,1	10,8	80,8
3	4,6	10,0	10,4	74,4
4	4,8	14,7	13,7	92,8
5	4,0	12,5	11,6	92,5
6	6,0	13,3	14,7	95,1
7	5,1	11,4	9,8	77,7
8	5,0	11,8	8,4	64,6
9	4,8	8,5	9,1	70,0
10	5,1	9,5	9,8	63,6
	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabela 12 - Umidade (%) com base em peso úmido de ponteiros - Upo; de folhas verdes - Ufv; de palhas - Upa e de colmos - Uco, por unidade experimental, na área B.

UE	Upo	Ufv	Upa	Uco
1	0,839	0,712	0,127	0,687
2	0,839	0,712	0,225	0,708
3	0,788	0,696	0,300	0,663
4	0,841	0,740	0,131	0,721
5	0,812	0,717	0,204	0,735
6	0,813	0,723	0,206	0,715
7	0,822	0,690	0,141	0,735
8	0,836	0,749	0,297	0,707
9	0,829	0,709	0,332	0,708
10	0,823	0,713	0,268	0,687
	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabela 13 - Poder calorífico superior (kcal/kg) do resíduo enfardado - PCS; umidade (%) com base em peso úmido do resíduo enfardado - U e massa (kg/m²) de resíduo existente no campo anterior ao enfardamento - MRC, por unidade experimental, nas áreas A e B.

UE	Á R E A A			Á R E A B		
	PCS	U	MRC	PCS	U	MRC
1	4371,7	0,324	1,37	4417,6	0,219	1,30
2	4313,5	0,127	1,04	3528,3	0,173	1,64
3	4615,1	0,337	1,73	4416,0	0,308	1,26
4	4486,2	0,405	1,20	4475,7	0,234	1,41
5	4456,9	0,175	1,37	4784,1	0,197	1,03
6	4924,9	0,105	1,34	4155,9	0,169	0,97
7	3805,6	0,386	1,11	4741,3	0,106	0,96
8	4483,5	0,169	1,21	3743,7	0,199	1,15
9	4419,3	0,384	1,09	3634,6	0,301	1,09
10	4179,6	0,223	1,26	4469,3	0,279	1,56
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Tabela 14 - Teor de cinzas obtidos do resíduo enfardado, lavado - MRL e não lavado - MRN, por unidade experimental, nas áreas A e B.

UE	Á R E A A		Á R E A B	
	MRL	MRN	MRL	MRN
1	0,033	0,065	0,042	0,089
2	0,028	0,037	0,033	0,035
3	0,034	0,066	0,037	0,058
4	0,036	0,082	0,034	0,066
5	0,029	0,054	0,030	0,044
6	0,029	0,033	0,031	0,045
7	0,045	0,154	0,037	0,042
8	0,026	0,041	0,031	0,045
9	0,030	0,067	0,059	0,138
10	0,032	0,059	0,057	0,100
	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabela 15 - Análise tecnológica da matéria-prima colhida na área A: Massas (kg) de matéria-prima por unidade de transporte - MMP; por amostra colhida pela sonda - MAS; de colmos na amostra - MCa e de componentes do palhiço na amostra: ponteiros - Poa; folhas verdes - Fva e palhas - Paa; total de palhiço na amostra - PTa; brix% - BRIX; pol% cana - POL e teor de matéria estranha vegetal na matéria-prima - IVM.

UE	MMP	MAS	MCa	Poa	Fva
1	7870	2,685	2,153	0,194	0,103
2	6930	3,094	2,227	0,232	0,161
3	5875	3,000	2,250	0,129	0,095
4	6695	5,528	4,725	0,282	0,074
5	7215	4,314	3,784	0,208	0,122
6	5900	5,148	4,474	0,096	0,108
7	6140	4,874	3,987	0,212	0,108
8	7860	4,389	3,738	0,191	0,080
9	6435	3,307	2,735	0,243	0,071
10	5710	3,719	3,070	0,248	0,127
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Tabela 15: continuação

UE	Paa	BRIX	POL	PTa	IVM
1	0,235	20,60	77,87	0,53	0,25
2	0,474	21,40	79,82	0,87	0,39
3	0,526	19,20	72,30	0,75	0,33
4	0,448	20,70	80,08	0,80	0,17
5	0,200	21,30	81,69	0,53	0,14
6	0,470	21,20	82,43	0,67	0,15
7	0,568	17,30	60,08	0,89	0,22
8	0,379	20,70	78,41	0,65	0,17
9	0,259	19,90	73,19	0,57	0,21
10	0,274	20,90	79,01	0,65	0,21
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 16 - Análise tecnológica da matéria-prima colhida na área B: Massas (kg) de matéria-prima por unidade de transporte - MMP; por amostra colhida pela sonda - MAS; de colmos na amostra - MCa e de componentes do palhiço na amostra: ponteiros - Poa; folhas verdes - Fva e palhas - Paa; total de palhiço na amostra - PTa; brix% - BRIX; pol% cana - POL e teor de matéria estranha vegetal na matéria-prima - IVM.

UE	MMP	MAS	MCa	Poa	Fva
1	9225	6,22	5,449	0,540	0,091
2	10915	7,05	6,276	0,565	0,077
3	9110	4,54	3,818	0,307	0,063
4	8135	4,39	3,241	0,218	0,073
5	8050	4,63	4,089	0,390	0,083
6	8120	3,12	2,809	0,152	0,079
7	9625	2,18	1,640	0,343	0,089
8	7010	1,88	1,575	0,148	0,064
9	8940	3,18	2,828	0,180	0,080
10	10415	5,66	4,851	0,614	0,156
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Tabela 16: continuação

UE	Paa	BRIX	POL	PTa	IVM
1	0,142	19,80	71,10	0,77	0,14
2	0,128	19,50	71,91	0,77	0,12
3	0,353	20,40	75,34	0,72	0,19
4	0,862	20,30	76,08	1,15	0,36
5	0,067	20,20	75,59	0,54	0,13
6	0,075	20,50	76,68	0,31	0,11
7	0,112	19,60	70,29	0,54	0,33
8	0,091	19,70	69,71	0,30	0,19
9	0,090	20,60	77,48	0,35	0,12
10	0,044	19,00	68,22	0,81	0,17
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 17 - Caracterização edafológica das áreas A e B: percentagens de umidade no solo - U% e de argila, silte e areia.

UE	Á R E A A				Á R E A B			
	U%	Argila	Silte	Areia	U%	Argila	Silte	Areia
1	13,82	45,32	22,03	32,65	14,72	30,72	31,91	37,37
2	16,11	44,26	19,96	35,78	11,93	27,70	36,15	36,15
3	15,58	43,28	22,05	34,67	13,12	26,69	33,08	40,23
4	14,50	41,13	23,03	35,84	16,62	35,89	37,11	27,00
5	13,67	44,36	23,06	32,64	17,66	30,86	33,13	36,01
6	17,26	33,32	29,22	37,46	13,01	29,03	35,01	35,96
7	16,03	37,33	29,15	33,52	14,46	22,67	33,97	43,36
8	18,46	32,30	31,27	36,43	15,16	34,92	35,93	29,15
9	18,96	37,48	27,22	35,30	12,85	32,93	36,00	31,07
10	13,70	42,48	23,07	34,45	14,77	31,68	30,64	37,68

Tabela 18 - Ensaio da enfardadora na área A: tempo (s) efetivo de enfardamento - TEE; de amarração dos fardos - TEA e de leitura do medidor de combustível - TMC; distância (m) percorrida pelo conjunto trator-enfardadora para realização de cada fardo - DEE; comprimento (m) dos fardos - CF; diâmetro (m) dos fardos - DF; leituras do medidor volumétrico de combustível - LMV e da célula de carga para determinação da massa dos fardos - LCC.

UE	TEE	DEE	TEA	LMV	TMC	CF	DF	LCC
1	400,0	229,0	32,0	100	82,3	1,35	0,90	1110
2	652,0	446,4	58,0	440	277,8	1,32	0,92	919
3	441,0	295,9	48,0	420	319,2	1,25	0,95	1024
4	628,0	412,9	67,0	400	305,3	1,30	0,97	793
5	722,0	478,6	45,0	395	306,5	1,35	0,91	902
6	293,0	169,0	43,0	370	227,0	1,25	0,96	857
7	381,0	251,0	75,0	400	254,4	1,30	1,00	778
8	319,0	198,0	68,0	350	246,1	1,29	0,91	769
9	271,0	191,8	51,0	170	115,0	1,28	0,88	905
10	322,0	166,8	89,0	250	194,9	1,25	0,90	942
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Tabela 19 - Ensaio da enfardadora na Área B: tempo (s) efetivo de enfardamento - TEE; de amarração dos fardos - TEA e de leitura do medidor de combustível - TMC; distância (m) percorrida pelo conjunto trator-enfardadora para realização de cada fardo - DEE; comprimento (m) dos fardos - CF; diâmetro (m) dos fardos - DF; leituras do medidor volumétrico de combustível - LMV e da célula de carga para determinação da massa dos fardos - LCC.

UE	TEE	DEE	TEA	LMV	TMC	CF	DF	LCC
1	755,0	394,6	52,0	400	266,8	1,28	0,94	1112
2	499,0	248,1	48,0	400	328,4	1,25	0,95	877
3	528,0	264,4	51,0	275	212,4	1,25	0,93	1012
4	517,0	281,1	49,0	400	285,6	1,29	0,94	963
5	669,0	338,8	56,0	260	236,3	1,25	0,95	946
6	555,0	267,4	84,0	125	117,0	1,26	0,94	766
7	586,0	288,9	78,0	400	233,6	1,23	0,92	890
8	698,0	367,5	60,0	400	242,3	1,23	0,92	990
9	555,0	273,6	50,0	400	241,8	1,30	0,92	981
10	520,0	287,0	45,0	340	210,3	1,25	0,96	995
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Tabela 20 - Calibração da célula de carga: carga adicionada (kgf), leituras obtidas e respectivas médias. Fator de multiplicação das cargas = 12,73.

CARGA (kg)	1	2	3	MÉDIA
9,6	38	40	39	39
19,3	96	94	97	96
30,5	156	157	157	157
43,2	237	233	235	235
56,0	304	306	306	305
68,7	376	377	379	377
94,1	521	523	523	522
125,5	702	702	701	702
157,6	884	885	884	884
197,6	1111	1112	1110	1111
242,3	1366	1367	1366	1366
304,3	1723	1728	1724	1725

Regressão:- $C = 0,1751L + 2,6888$ $r = 0,9999$

C - Carga

L - Leitura

APÊNDICE 2

Tabelas de 1 a 8: Dados transformados

Tabela 1 - Estimativa de massas (t/ha) de colmos industrializáveis - MCI; de ponteiros - Mpo; de folhas verdes - Mfv; de palhas - Mpa; total de palhico em matéria úmida - PTT e em matéria seca - PTS e índice de palhico - IP, por unidade experimental, na área A.

UE	MCI	Mpo	Mfv	Mpa	PTT	PTS	IP
1	97,26	3,81	8,81	20,71	33,33	21,38	0,34
2	105,36	4,40	12,14	13,21	29,76	15,83	0,28
3	92,74	3,45	10,83	14,52	28,81	16,82	0,31
4	148,21	6,90	17,38	19,17	43,45	20,40	0,29
5	125,00	5,48	13,69	14,88	34,05	18,12	0,27
6	153,33	8,33	16,90	16,19	41,43	17,62	0,27
7	132,14	5,60	14,88	16,90	37,38	19,52	0,28
8	117,74	5,12	14,29	13,21	32,62	17,32	0,28
9	100,71	4,40	11,07	14,88	30,36	17,60	0,30
10	137,62	5,24	13,10	15,83	34,17	19,67	0,25
Médias	121,01	5,27	13,31	15,95	34,54	18,43	0,29
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Tabela 2 - Estimativa de massas (t/ha) de colmos industrializáveis - MCI; de ponteiros - Mpo; de folhas verdes - Mfv; de palhas - Mpa; total de palhico em matéria úmida - PTT e em matéria seca - PTS e índice de palhico - IP, por unidade experimental, na área B.

UE	MCI	Mpo	Mfv	Mpa	PTT	PTS	IP
1	103,10	5,83	14,40	16,55	36,79	19,54	0,36
2	96,19	8,33	13,21	12,86	34,40	15,11	0,36
3	88,57	5,48	11,90	12,38	29,76	13,45	0,34
4	110,48	5,71	17,50	16,31	39,52	19,63	0,36
5	110,12	4,76	14,88	13,81	33,45	16,10	0,30
6	113,21	7,14	15,83	17,50	40,48	19,62	0,36
7	92,50	6,07	13,57	11,67	31,31	15,31	0,34
8	76,90	5,95	14,05	10,00	30,00	11,53	0,39
9	83,33	5,71	10,12	10,83	26,67	11,15	0,32
10	75,71	6,07	11,31	11,67	29,05	12,86	0,38
Médias	95,01	6,11	13,68	13,36	33,14	15,43	0,35
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Tabela 3 - Poderes caloríficos (kcal/kg) superior - PCS; inferior - PCI e útil - PCU do resíduo enfardado; estimativa da massa (t/ha) de resíduo existente no campo anterior ao enfardamento em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS e potencial energético (Mcal/ha) do resíduo - PER, por unidade experimental, na área A.

UE	PCS	PCI	PCU	MRU	MRS	PER
1	4371,70	4033,12	2689,17	13,67	9,24	36760,95
2	4313,50	3974,92	3432,49	10,37	9,06	35594,92
3	4615,10	4276,52	2798,57	17,28	11,46	48359,29
4	4486,20	4147,62	2431,04	12,04	7,17	29269,72
5	4456,90	4118,32	3359,58	13,66	11,27	45891,86
6	4924,90	4586,32	4067,60	13,44	12,03	54668,54
7	3805,60	3467,02	2091,82	11,14	6,84	23302,87
8	4483,50	4144,92	3406,81	12,09	10,04	41188,33
9	4419,30	4080,72	2475,70	10,89	6,71	26960,37
10	4179,60	3841,02	2948,77	12,62	9,81	37213,48
Médias	4405,63	4067,05	2970,15	12,72	9,36	37921,03
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Tabela 4 - Poderes caloríficos (kcal/kg) superior - PCS; inferior - PCI e útil - PCU do resíduo enfardado; estimativa da massa (t/ha) de resíduo existente no campo anterior ao enfardamento em matéria úmida - MRU e em matéria seca - MRS e potencial energético (Mcal/ha) do resíduo - PER, por unidade experimental, na área B.

UE	PCS	PCI	PCU	MRU	MRS	PER
1	4417,60	4079,02	3147,28	12,96	10,12	40788,75
2	3528,35	3189,77	2600,96	16,45	13,60	42785,79
3	4416,00	4077,42	2785,59	12,56	8,70	34987,01
4	4475,70	4137,12	3131,83	14,09	10,80	44127,49
5	4784,10	4445,52	3532,58	10,32	8,29	36456,23
6	4155,90	3817,32	3133,05	9,70	8,06	30390,59
7	4741,30	4402,72	3899,29	9,64	8,62	37589,16
8	3743,70	3405,12	2688,52	11,50	9,20	30917,98
9	3634,60	3296,02	2266,30	10,93	7,64	24770,66
10	4469,30	4130,72	2940,63	15,62	11,26	45932,64
Médias	4236,66	3898,08	3012,60	12,38	9,63	36874,63
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Tabela 5 - Massa (kg) - MFa; volume (m³) - VFa e densidade (kg/m³) - DFa, dos fardos; área (ha) trabalhada por fardo - A; massas (t/ha) estimadas de resíduo enfardado em matéria úmida - MUE e em matéria seca - MSE; tempo (s) efetivo total de enfardamento - TTE; velocidade (m/s) de deslocamento do conjunto trator-enfardadora - VMd; equivalente energético (Mcal/ha) do resíduo recolhido - EMR e massa (t/ha) estimada de resíduo não recolhido pela enfardadora - PRC, por unidade experimental na área A.

UE	MFa	VFa	Dfa	A	MUE
1	197,05	0,86	229,44	0,03	6,06
2	163,61	0,88	186,45	0,06	2,58
3	181,99	0,89	205,40	0,04	4,33
4	141,54	0,96	147,34	0,06	2,41
5	160,63	0,88	182,94	0,07	2,36
6	152,75	0,90	168,82	0,02	6,37
7	138,92	1,02	136,06	0,04	3,90
8	137,34	0,84	163,70	0,03	4,88
9	161,15	0,78	207,00	0,03	5,92
10	167,63	0,80	210,80	0,02	7,08
Médias	160,26	0,88	183,79	0,04	4,59
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Tabela 5: continuação

UE	MSE	TTE	VMd	EMR	PRC
1	4,10	432,00	0,53	16296,37	7,61
2	2,25	710,00	0,63	8855,82	7,79
3	2,87	489,00	0,61	12117,81	12,95
4	1,44	695,00	0,59	5858,81	9,63
5	1,95	767,00	0,62	7928,61	11,30
6	5,70	336,00	0,50	25910,61	7,07
7	2,39	456,00	0,55	8158,10	7,24
8	4,06	387,00	0,51	16625,23	7,21
9	3,64	322,00	0,60	14656,14	4,94
10	5,50	411,00	0,41	20877,29	5,54
Médias	3,39	500,50	0,55	13728,48	8,29
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 6 - Massa (kg) - MFa; volume (m³) - VFa e densidade (kg/m³) - DFa, dos fardos; área (ha) trabalhada por fardo - A; massas (t/ha) estimadas de resíduo enfardado em matéria úmida - MUE e em matéria seca - MSE; tempo (s) efetivo total de enfardamento - TTE; velocidade (m/s) de deslocamento do conjunto trator-enfardadora - VMd; equivalente energético (Mcal/ha) do resíduo recolhido - EMR e massa (t/ha) estimada de resíduo não recolhido pela enfardadora - PRC, por unidade experimental na área B.

UE	MFa	VFa	Dfa	A	MUE
1	197,40	0,89	222,22	0,06	3,52
2	156,25	0,89	176,35	0,04	4,44
3	179,89	0,85	211,86	0,04	4,79
4	171,31	0,90	191,36	0,04	4,29
5	168,33	0,89	189,99	0,05	3,50
6	136,82	0,87	156,47	0,04	3,60
7	158,53	0,82	193,88	0,04	3,86
8	176,04	0,82	215,30	0,05	3,37
9	174,46	0,86	201,88	0,04	4,49
10	176,91	0,90	195,53	0,04	4,34
Médias	169,59	0,87	195,48	0,04	4,02
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Tabela 6: continuação

UE	MSE	TTE	VMd	EMR	PRC
1	2,75	807,00	0,49	11078,43	9,44
2	3,67	547,00	0,45	11548,26	12,01
3	3,32	579,00	0,46	13342,97	7,77
4	3,29	566,00	0,50	13435,55	9,80
5	2,81	725,00	0,47	12364,03	6,82
6	2,99	639,00	0,42	11278,98	6,10
7	3,46	664,00	0,44	15051,26	5,78
8	2,70	758,00	0,48	9060,31	8,13
9	3,14	605,00	0,45	10175,69	6,44
10	3,13	565,00	0,51	12762,33	11,28
Médias	3,13	645,50	0,47	12009,78	8,36
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Tabela 7 - Consumos de combustível (l): por fardo - CCf, horário - CCh, por hectare - CCa e por tonelada - CCT; Capacidades efetivas de enfardamento: por hectare - CCA e por tonelada - CCT; energia equivalente (Mcal/ha) consumida na operação de enfardamento - ECE e teor de matéria estranha mineral (terra) no resíduo enfardado - IM, por unidade experimental na área A.

UE	CCf (l)	CCh (l/h)	CCa (l/ha)	CCT (l/t)	CCA (t/h)	CCT (ha/h)	ECE	IM
1	0,45	3,72	13,72	2,26	1,64	0,27	121,88	3,22
2	0,87	4,41	13,71	5,31	0,83	0,32	121,77	0,90
3	0,55	4,03	13,02	3,01	1,34	0,31	115,62	6,22
4	0,77	4,01	13,20	5,47	0,73	0,30	117,26	4,55
5	0,84	3,94	12,36	5,23	0,75	0,32	109,82	2,52
6	0,47	4,99	19,40	3,05	1,64	0,26	172,31	0,40
7	0,61	4,81	17,10	4,39	1,10	0,28	151,89	10,87
8	0,47	4,35	16,64	3,41	1,28	0,26	147,81	1,50
9	0,40	4,52	14,86	2,51	1,80	0,30	131,96	3,67
10	0,45	3,93	18,92	2,67	1,47	0,21	168,06	2,70
Médias	0,59	4,27	15,29	3,73	1,26	0,28	135,84	3,66
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Tabela 8 - Consumos de combustível (l): por fardo - CCf, horário - CCh, por hectare - CCa e por tonelada - CCT; Capacidades efetivas de enfardamento: por hectare - CCA e por tonelada - CET; energia equivalente (Mcal/ha) consumida na operação de enfardamento - ECE e teor de matéria estranha mineral (terra) no resíduo enfardado - IM, por unidade experimental na área B.

UE	CCf (l)	CCh (l/h)	CCa (l/ha)	CCT (l/t)	CCA (t/h)	CCT (ha/h)	ECE	IM
1	1,03	4,59	18,35	5,21	0,88	0,25	163,04	4,78
2	0,57	3,73	16,07	3,62	1,03	0,23	142,79	0,22
3	0,64	3,96	16,97	3,54	1,12	0,23	150,76	2,07
4	0,67	4,29	16,88	3,93	1,09	0,25	149,95	3,19
5	0,68	3,37	14,09	4,03	0,84	0,24	125,20	1,14
6	0,58	3,27	15,28	4,24	0,77	0,21	135,75	1,41
7	0,97	5,24	23,56	6,10	0,86	0,22	209,27	0,56
8	1,06	5,05	20,38	6,04	0,84	0,25	181,05	1,30
9	0,85	5,06	21,90	4,88	1,04	0,23	194,51	7,94
10	0,78	4,95	19,05	4,39	1,13	0,26	169,24	4,20
Médias	0,78	4,35	18,25	4,60	0,96	0,24	162,16	6,63
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

APÊNDICE 3

Informações utilizadas no cálculo de
custos das máquinas envolvidas no
sistema de enfardamento.

Tabela 1: Informações referentes ao trator Ford 6610 TR4¹.

Ítem	C O N S U M O		Período (horas)
	kg	litros peças	
Lubrificantes:			
Graxa	0,5		10
Motor		8	150
Hidráulico, Trans- missão (cambio, di- ferencial, Trans. final trazeira)		57	1.200
Transmissão Dianteira		3,5	1.200
Filtros:			
Combustível		1	300
Óleo de motor		1	150
Hidráulico		1	300
Ar (primário)		1	600
Ar (secundário)		1	1.800
Direção hidráulica		1	1.200
Revisão da Transmis- são dianteira			1.200
Revisão do sistema hidráulico			5.000
Duração da bateria			3.000-5.000

¹ Informações fornecidas pelo revendedor Fortrac - Piracicaba - SP em 15/10/91.

Tabela 2: Despesas previstas em 5 anos, para o trator Ford 6610 TR4, em dolares (1 US\$ = Cr\$ 578,20).

Ítems/anos	1	2	3	4
Lubrificantes	368,66	368,66	368,66	368,66
Filtros	181,94	214,80	253,72	200,97
Sist. Hidr.			450,00	
Trans. Diant.	663,72	663,72	663,72	663,72
Bateria			350,00	
Pneus e Câmaras			1916,58	
Combustível ²	2180,59	2180,59	2180,59	2180,59
Seguro ³	158,68	158,68	158,68	158,68
Abrigo ³	158,68	158,68	158,68	158,68
Operador ⁴	4068,09	4068,09	4068,09	4068,09
Totais	7780,36	7813,22	10568,72	7799,39

Preço do Trator Ford 6610 TR4 - US\$ 31.736,42

² 8879 litros por ano. Consumos: 4,31 l/h no enfardamento e 10 l/h na sulcação.

³ Estimado em 0,5% do preço do trator novo ao ano.

⁴ Considerou-se salário do operador de 3 salários mínimos mais 8% de FGTS, 8,2% de férias remuneradas e 27,4% de INPS.

Tabela 2 (cont.): Despesas previstas em 5 anos, para o trator Ford 6610 TR4, em dolares (1 US\$ = Cr\$ 578,20).

Ítens/anos	5	6	7
Lubrificantes	368,66	368,66	368,66
Filtros	201,66	181,94	200,97
Sist. Hidr.		450,00	
Trans. Diant.	663,72	663,72	663,72
Bateria		350,00	
Pneus e Câmaras		1916,58	
Retifica		3860,00	
Combustível ⁵	2180,59	2180,59	2180,59
Seguro ⁶	158,68	158,68	158,68
Abrigo ⁶	158,68	158,68	158,68
Operador ⁷	4068,09	4068,09	4068,09
Totais	7780,36	14356,94	7799,38

⁵ 8879 litros por ano. Consumos: 4,31 l/h no enfardamento e 10 l/h na sulcação.

⁶ Estimado em 0,5% do preço do trator novo ao ano.

⁷ Considerou-se salário do operador de 3 salários mínimos mais 8% de FGTS, 8,2% de férias remuneradas e 27,4% de INPS.

Tabela 3: Índices de depreciação utilizados nos cálculos⁸

	A N O S D E U S O			
	1	2	3	4
Depreciação (%)	58,72	53,53	47,72	42,55
Valor de Revenda	18635,63	16988,51	14979,59	13503,85
Valor Depreciado	13100,79	14747,91	16756,83	18232,57

Tabela 3: continuação.

	A N O S D E U S O		
	5	6	7
Depreciação (%)	37,70	33,14	27,86
Valor de Revenda	11964,63	10517,44	8841,67
Valor Depreciado	19771,79	21218,98	22894,75

⁸ Índices médios obtidos pelas informações do Suplemento "Agrofolha" do jornal Folha de São Paulo, entre 10/01/89 e 17/09/91.

Tabela 4: Despesas previstas e índices de depreciação utilizados nos cálculos para a enfardadora SODE JS 90⁹

	A N O S D E U S O			
	1	2	3	4
Despesas	543,30	543,30	724,40	724,40
Depreciação (%)	20,00	36,00	48,80	59,00
Valor de Revenda	14488,00	11590,40	9272,32	7425,10
Valor Depreciado	3622,00	6519,60	8837,68	10684,90

Tabela 4: continuação.

	A N O S D E U S O		
	5	6	7
Despesas	905,5	905,5	1086,60
Depreciação (%)	67,20	73,8	79,00
Valor de Revenda	5940,08	4744,82	3803,10
Valor Depreciado	12169,92	13365,18	14306,90

⁹ Na ausência de informação sobre a depreciação real da enfardadora, optou-se pelo método teórico da amortização variável citado por MIALHE (1974), que mais se aproxima do comportamento da depreciação do trator.

APÊNDICE 4

Memória de Cálculo

CONVENÇÕES

A memória de cálculo listada a seguir mostra as expressões que deram origem às tabelas do apêndice 2 e obedecem à seguinte convenção:

- a) algarismo entre parênteses: refere-se à coluna da tabela atual. Quando acompanhado de outros algarismos e da letra "A", refere-se a outra tabela, conforme item b, abaixo;
- b) letra "A" acompanhada de algarismos: os algarismos precedentes à letra "A" referem-se, quando entre parentesis a uma coluna; fora do parentesis ao número da tabela de origem e os posteriores à ela, ao apêndice em que se encontra;
- c) +, -, x, /: operações matemáticas básicas, adição, subtração, multiplicação e divisão;
- d) (,), [,], {, }: simbologia matemática tradicional;
- e) números inteiros ou fracionários: constantes ou fatores de conversão de unidades.

Tabela 1

$$\begin{aligned}
 (1) &= (4)5A1 \times 1,1905 & (2) &= (1)5A1 \times 1,1905 \\
 (3) &= (2)5A1 \times 1,1905 & (4) &= (3)5A1 \times 1,1905 \\
 (5) &= (2) + (3) + (4) \\
 (6) &= [1 - (1)6A1] \times (2) + [1 - (2)6A1] \times (3) + \\
 &\quad [1 - (3)6A1] \times (4) \\
 (7) &= (5)/(1)
 \end{aligned}$$

Tabela 2

$$\begin{aligned}
 (1) &= (4)11A1 \times 1,1905 & (2) &= (1)11A1 \times 1,1905 \\
 (3) &= (2)11A1 \times 1,1905 & (4) &= (3)11A1 \times 1,1905 \\
 (5) &= (2) + (3) + (4) \\
 (6) &= [1 - (1)12A1] \times (2) + [1 - (2)12A1] \times (3) + \\
 &\quad [1 - (3)12A1] \times (4) \\
 (7) &= (5)/(1)
 \end{aligned}$$

Tabela 3

$$\begin{aligned}
 (1) &= (1)8A1 & (2) &= (1) - 338,58 \\
 (3) &= (2) \times [1 - (2)13A1] & (4) &= (3)13A1 \times 10 \\
 (5) &= (4) \times [1 - (2)13A1] & (6) &= (3) \times (4)
 \end{aligned}$$

Tabela 4

$$\begin{aligned}
 (1) &= (4)8A1 & (2) &= (1) - 338,58 \\
 (3) &= (2) \times [1 - (5)13A1] - 37,62 & (4) &= (4)8A1 \times 10 \\
 (5) &= (4) \times [1 - (5)8A1] & (6) &= (3) \times (4)
 \end{aligned}$$

Tabela 5

$$\begin{aligned}
 (1) &= 0,1751 \times (8)18A1 + 2,6888 \\
 (2) &= 3.1416 \times (6)18A1 \times [(7)18A1]^2/4 \\
 (3) &= (1)/(2) & (4) &= 1,42 \times (2)18A1/10.000 \\
 (5) &= (1)/[(4) \times 1.000] & (6) &= [1 - (2)13A1] \times (5) \\
 (7) &= (1)18A1 + (3)18A1 & (8) &= (2)18A1/(7) \\
 (9) &= (5) \times (3)3A2
 \end{aligned}$$

Tabela 6

$$\begin{aligned}
 (1) &= 0,1751 \times (8)19A1 + 2,6888 \\
 (2) &= 3.1416 \times (6)19A1 \times [(7)19A1]^2/4 \\
 (3) &= (1)/(2) & (4) &= 1,42 \times (2)19A1/10.000 \\
 (5) &= (1)/[(4) \times 1.000] & (6) &= [1 - (5)13A1] \times (5) \\
 (7) &= (1)19A1 + (3)19A1 & (8) &= (2)19A1/(7) \\
 (9) &= (5) \times (3)4A2
 \end{aligned}$$

Tabela 7

$$\begin{aligned}
 (1) &= 0,00085 \times [(4)18A1/(5)18A1] \times (7)5A2 \\
 (2) &= 30,6 \times (4)18A1/(5)18A1 \\
 (3) &= (2) \times (7)5A2/(3.600 \times (4)5A2) \\
 (4) &= 1.000 \times (1)/(1)5A2 & (5) &= (2)/(4) \\
 (6) &= (4)5A2 \times 3.600/(7)5A2 & (7) &= 8,883 \times (3)
 \end{aligned}$$

Tabela 8

$$\begin{aligned}
 (1) &= 0,00085 \times [(4)19A1/(5)19A1] \times (7)6A2 \\
 (2) &= 30,6 \times (4)19A1/(5)19A1 \\
 (3) &= (2) \times (7)6A2/(3.600 \times (4)6A2) \\
 (4) &= 1.000 \times (1)/(1)6A2 & (5) &= (2)/(4) \\
 (6) &= (4)6A2 \times 3.600/(7)6A2 & (7) &= 8,883 \times (3)
 \end{aligned}$$