

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DAS PERDAS INVISÍVEIS DE CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp.*) E IMPUREZAS VEGETAIS NA
COLHEITA MECANIZADA

POR

EDSON ESTEVES MORAES

Sancar

Este exemplar corresponde a
redação final da disserta-
ção de Mestrado defendida
por Edson Esteves Moraes e
aprovada pela Comissão Jul-
gadora em 12 de fevereiro de
1992. Campinas, 01 de abril
de 1992.

Orientador:

Prof. Dr. OSCAR A. BRAUNBECK

x 
Presidente da Banca

Dissertação apresentada como cumprimento parcial dos
requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia
Agrícola: área de concentração Máquinas Agrícolas.

Campinas - SP
Janeiro - 1992

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

1197-6744

A Lilian e Dimitria
pelo carinho e compreensão

AGRADECIMENTOS

- à Faculdade de Engenharia Agrícola pela oportunidade;
- à COPERSUCAR pela concessão da realização e publicação deste trabalho;
- à Usina São Martinho/Monte Sereno pela cessão de recursos humanos e infra-estrutura para realização dos experimentos;
- à CAPES e UNICAMP pelo fornecimento das bolsas de estudo;
- ao Prof. Dr. Oscar A. Braunbeck pela orientação, incentivo e amizade;
- aos Eng. Claudio Shuzo Ando, Maurílio de Oliveira Mello e Sérgio Issamu Matsumoto e técnicos agrícolas Antônio Sérgio Marchi e Douglas Edson da Rocha pelo auxílio na realização do trabalho.

SUMARIO

	Página
FOLHA DE ROSTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMARIO	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	7
4 MATERIAL E METODOS	22
4.1 Material	22
4.2 Métodos	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Experimento 1	54
5.2 Experimento 2	59
5.3 Experimento 3	67
5.4 Experimento 4	72
5.5 Experimento 5	77
5.6 Experimento 6	81
6 CONCLUSÕES	87
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	89
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
9 ABSTRACT	93
10 ANEXOS	95

LISTA DE FIGURAS

Figura	----- Titulo -----	Página
1	Sistemas mecânicos da colhedora Dedini DM-6000.	24
2	Sistemas mecânicos da colhedora Santal Rotor III-A	25
3	Detalhe do sistema picador/lançador e ventiladores da colhedora Santal Rotor III-A	27
4	Facção picador da colhedora Dedini DM-6000 .	29
5	Pontos de leitura da velocidade do ar nas carenagens dos extratores da DM-6000	34
6	Pontos de leitura da velocidade do ar na carenagem dos ventiladores da Rotor III-A .	35
7	Identificação das séries de ensaios realizadas para determinação das perdas invisíveis	37
8	Veículo de transporte posicionado ao lado da colhedora para coletar a cana processada . .	38
9	Leitura da velocidade de saída do ar na DM-6000 por anemômetro digital	39
10	Pesagem do feixe de canas limpas	41
11	Distribuição das canas ao longo da esteira alimentadora	42

Figura	----- Titulo -----	Página
12	Condições de operação das colhedoras nas séries de ensaios para determinação das impurezas vegetais na carga	45
13	Esquema hidráulico da colhedora Dedini DM-6000	48
14	Esquema hidráulico para redução da rotação do extrator primário da DM-6000	50
15	Montagem hidráulica para controle da rotação do extrator primário da DM-6000	51
16	Detalhe de toletes de cana sendo arremessados pelo extrator primário da DM-6000	64
17	Detalhe da passagem de toletes de cana diante dos ventiladores da Rotor III-A	65
18	Canas com folhas e ponteiros utilizadas nas séries de ensaios para determinação das impurezas vegetais na carga	81
19	Remoção das impurezas vegetais pelo extrator primário da DM-6000	86

LISTA DE TABELAS

Tabela	----- Título -----	Página
1	Perdas invisíveis (PI%) de cana limpa na colhedora DM-6000. operando com os extratores na condição normal de trabalho .	55
2	Análise de variância do experimento 1 . . .	56
3	Perdas invisíveis de cana limpa (PI%) nas colhedoras DM-6000 e Rotor III-A. operando com os extratores/ventiladores na condição normal de trabalho. Variedade SP71-6163 . .	60
4	Análise de variância do experimento 2 . . .	61
5	Nova análise de variância do experimento 2.	62
6	Perdas invisíveis de cana limpa (PI%), na colhedora DM-6000, em três condições de operação dos extratores.Variedade SP71-6163	68
7	Análise de variância do experimento 3 . . .	69
8	Nova análise de variância do experimento 3.	70
9	Perdas invisíveis de cana limpa (PI%), na colhedora DM-6000, em quatro condições de operação dos extratores.Variedade SP71-6163 Cana crua	73
10	Análise de variância do experimento 4 . . .	74

Tabela	----- Título -----	Página
11	Perdas invisíveis de cana limpa (PI%) nas colhedoras DM-6000 e Rotor III-A, em duas condições de operação dos extratores e ventiladores. Cana queimada	78
12	Análise de variância do experimento 5	79
13	Nova análise de variância do experimento 5.	80
14	Impurezas vegetais na carga (IVC%). Variedade SP71-6163. Cana crua	83
15	Análise de variância do experimento 6	84

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi determinar as perdas invisíveis e a incidência de impurezas vegetais na cana processada pelas colhedoras de cana picada, Dedini DM-6000, e Santal Rotor III-A.

Os ensaios foram realizados na Usina São Martinho (Pradópolis-SP), em novembro de 1989, nas dependências da oficina mecânica.

As colhedoras, que permaneceram estacionárias, foram alimentadas por uma esteira rolante tracionada por motor elétrico. Nos ensaios de perdas invisíveis foram utilizadas canas limpas, desfolhadas e despontadas. Para a determinação das impurezas vegetais na carga, foram processados colmos integrais, com folhas e ponteiros, simulando a condição adversa de canavial tombado.

As diferentes características dos sistemas de limpeza pneumáticos, extratores na DM-6000, e ventiladores na Rotor III-A, afetaram as magnitudes das perdas invisíveis e os índices de impurezas vegetais na carga. No processamento da variedade SP71-6163 pelas colhedoras, as perdas invisíveis foram de 3.54% na DM-6000 e 1.26% na Rotor III-A.

A maior perda invisível na cana processada pela DM-6000, ocorreu em função do extrator primário, que às vezes desintegrava os toletes de cana quando estes eram aspirados pela hélice do extrator. Na Rotor III-A isto não acontecia pois os toletes, quando removidos, eram insuflados na direção oposta à dos ventiladores. Na colheita estes toletes compõem as perdas visíveis, que não são consideradas neste trabalho.

As perdas invisíveis foram maiores na cana crua que na cana queimada, quando o processamento foi realizado pela DM-6000. Na variedade NA56-79, as perdas invisíveis foram de 4.47% na cana crua e 2.03% na cana queimada, enquanto que na SP71-6163 os valores foram de 3.54% e 1.84%, respectivamente.

A colhedora DM-6000 foi mais efetiva que a Rotor III-A na remoção das impurezas vegetais da cana crua processada. Os índices de impurezas vegetais na matéria-prima entregue pelas colhedoras foram de 10.72% (DM-6000) e 17.88%-(Rotor III-A).

Os valores das perdas invisíveis e a incidência de impurezas vegetais na carga, em função dos diferentes ajustes dos sistemas de limpeza pneumáticos das colhedoras ensaiadas, são analisados e discutidos neste trabalho.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem crescido no Brasil o interesse pela colheita de cana-de-açúcar por colhedoras de cana picada, principalmente em áreas com topografia adequada e problemas relacionados à mão-de-obra.

Estas máquinas cortam, picam, limpam e carregam a cana-de-açúcar em operações integradas.

Para FERNANDES et al (1977), a adoção desta modalidade de colheita introduz certos inconvenientes, tais como, aumento dos índices de impurezas na carga, que implicam na redução da qualidade tecnológica da matéria-prima fornecida para moagem e perdas de cana no campo.

Considera-se como impurezas toda matéria estranha ao processamento industrial da cana-de-açúcar, ou seja, que não se prestam à extração de açúcar ou de álcool. Geralmente as impurezas vegetais como folhas, ponteiros e raízes, compreendem a maior porcentagem de impurezas nas

cargas transportadas à usina, seguidas pelas impurezas minerais como terra, pedras e eventuais pedaços de metal.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar implica que para o processamento industrial o colmo deve estar maduro, sadio e limpo, sendo a cana madura aquela que atingiu seu potencial máximo de acúmulo de sacarose, FERNANDES (1988). Colocando-se à parte as particularidades e a eficiência da usina ou destilaria, o rendimento da recuperação de açúcar ou de álcool estará na dependência direta da qualidade tecnológica da matéria-prima.

As impurezas presentes na cana a ser moída oneram os custos de transporte e manutenção de equipamentos industriais, e reduzem a eficiência de moagem e extração de sacarose, BURLEIGH (1988), DICK (1986a), de BEER (1980).

Na colheita mecânica de cana crua, onde não se queima o canavial para se efetuar uma pré-limpeza nas canas, os índices de perdas e impurezas tendem a aumentar devido à maior massa vegetal que será processada pela colhedora.

As perdas de cana-de-açúcar durante a colheita mecânica podem ser divididas em duas componentes, perdas

visíveis e invisíveis. As perdas são denominadas visíveis quando podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, constituindo-se principalmente de canas inteiras, toletes e tocos resultantes da altura do corte basal. Estas perdas podem ser facilmente determinadas por coleta manual.

As perdas na forma de caldo, serragem e estilhaços de cana, que ocorrem devido à ação de mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana durante o processamento interno nas colhedoras, são definidas como perdas invisíveis.

BURLFIGH (1988), comenta que as perdas invisíveis raramente são consideradas na literatura publicada devido à impossibilidade de se quantificá-las no campo, apesar de se constituírem como característica importante na colheita de cana picada.

Segundo YOUNGER (1980), a tentativa de se reduzirem os índices de impurezas na cana colhida através do aumento da velocidade de saída de ar dos extratores/ventiladores das colhedoras, pode elevar as perdas de matéria-prima a níveis inaceitáveis. Por outro lado, o sistema de extratores e/ou ventiladores é responsável pelo maior consumo de potência disponível no

motor, além de ser o ponto principal de ocorrência de perdas de matéria-prima.

DICK (1986a), afirma que um ajuste nos extratores que permita a colhedora operar num ponto ótimo em relação às perdas e impurezas, é difícil de se avaliar com precisão no campo, em razão da dificuldade de se coletarem os fragmentos de toleles de cana que são atirados pelos extratores das colhedoras.

Portanto, para se avaliar a magnitude das perdas invisíveis e os índices de impurezas vegetais na carga em diferentes ajustes dos extratores das colhedoras de cana picada, torna-se necessária a determinação destes parâmetros em condições controladas de laboratório.

OBJETIVOS

O trabalho foi realizado com os seguintes objetivos:

1 - Determinar as perdas invisíveis na cana processada pelas colhedoras:

- Dedini DM-6000, em até quatro diferentes condições de operação dos extratores;

- Santa~~l~~ Rotor III-A, em duas diferentes condições de operação dos ventiladores.

2 - Determinar os índices de impurezas vegetais na carga com as colhedoras:

- Dedini DM-6000 processando cana crua em três diferentes condições de operação dos extratores;

- Santa~~l~~ Rotor III-A processando cana crua na condição normal de operação dos ventiladores.

3 - Comparar os sistemas pneumáticos de limpeza das duas colhedoras em função dos resultados das perdas

invisíveis e impurezas vegetais na carga, verificados nos ensaios.

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

YOUNGER (1980) comenta que na Austrália, onde 100% da colheita é mecanizada, a preocupação com a queda na qualidade tecnológica da cana fornecida para moagem, devido ao acréscimo das impurezas na matéria-prima, levou os fabricantes a procurar melhorar os sistemas de limpeza das colhedoras.

Segundo o autor, a vazão nos extratores das colhedoras está geralmente na faixa de $14\text{m}^3/\text{s}$ com velocidade de saída de ar aproximada de 30m/s , a uma rotação de 2500rpm. Os extratores são acionados hidráulicamente e consomem cerca de 52hp da potência do motor. Em termos de consumo de combustível isto significa 11.3L/h. O sistema de extratores utiliza 25% da potência de saída do motor (20% da potência nominal) e representa 25% do custo total de uma colhedora padrão.

YOUNGER afirma ainda que os esforços dos fabricantes em tentar melhorar a eficiência de limpeza dos extratores pelo aumento da velocidade de saída do ar, produziu altos índices de perdas, pois os ponteiros de cana possuem características aerodinâmicas semelhantes aos toletes, apesar das densidades diferirem entre si.

De BEER (1980), num trabalho de revisão da literatura sobre colheita mecânica de cana-de-açúcar, cita que testes na África do Sul em duas usinas, mostraram que as impurezas reduziram a taxa de moagem em 2.2 a 3.0% para cada 1.0% adicional de folhas na matéria-prima. O efeito das impurezas na sacarose % cana foi ilustrado pelo fato de que a cana limpa continha 13% de sacarose, e adições de 5, 10 e 20% de impurezas reduziram este valor para 12.4 , 11.7 e 10.4% respectivamente.

O autor cita ainda um estudo de perdas invisíveis em colhedoras, realizado na Flórida, onde toda cana encontrada no interior da máquina foi somada com a cana entregue pela colhedora. Ainda assim houve um déficit de 3.2% em peso que foi considerado como perda invisível devido à desintegração dos toletes e ao caldo perdido.

De BEER também publica nesse artigo os resultados de testes de campo comparativos entre colheita mecânica de cana picada e o sistema convencional utilizado na África do Sul. Os índices de impurezas vegetais variaram de 6%, sob condições de campo satisfatórias, a 17% sob condições adversas. As perdas de cana no campo variaram de 2 a 10% e as perdas invisíveis de 3 a 6%, para colhedoras novas e em bom estado de manutenção.

FERNANDES et al (1977), comentam que o uso de máquinas na colheita de cana-de-açúcar resolveu parte do problema da mão-de-obra , mas introduziu outro, que é a menor qualidade tecnológica da matéria-prima devido à maior incorporação de impurezas na cana colhida. Os efeitos mais prejudiciais das impurezas na indústria foram separados em duas categorias:

- redução da capacidade de moagem, extração de açúcar, pureza do caldo e açúcar recuperável;
- aumento dos custos de manutenção, quantidade de melaço, perdas indeterminadas e quebras de equipamentos.

No levantamento realizado, a cana processada por colhedoras de cana picada apresentou índices de impurezas 2.7 vezes maiores que a cana cortada manualmente e carregada mecanicamente. Apesar do objetivo principal do trabalho não ter sido o estudo comparativo de colhedoras,

ficou demonstrado que os índices finais de impurezas na carga não são resultado apenas do tipo de máquina utilizada na colheita mas também das condições em que se encontrava a cultura.

BURLEIGH (1988), nota que o decréscimo da qualidade tecnológica da matéria-prima e o aumento nas perdas podem exceder qualquer redução de custos obtida pela mecanização. Cada 1% de acréscimo de impurezas determina um decréscimo de 1.3 a 1.4% de açúcar recuperável e um aumento proporcional nos custos de transportes. Níveis de impurezas de 2 a 5% são típicos em sistemas de colheita manual bem manejados enquanto que em colheita mecânica estes índices variam de 5 a 8% em cana ereta, mas em condições adversas podem ficar na faixa de 10 a 20%.

Segundo o autor, a maioria das determinações de perdas de cana reportadas na literatura foram obtidas pesando-se apenas a parte que pode ser recuperada no campo por coleta manual. Todos os sistemas de colheita, exceto com colhedoras combinadas, podem recuperar até 94% da produção do campo. A menor eficiência do sistema de colheita por colhedoras de cana picada, 83 a 91%, é devida às perdas invisíveis que ocorrem durante a picagem e limpeza, e que podem variar de 5 a 10%.

BURLEIGH aponta que a dificuldade de se quantificar a perda invisível, levou alguns pesquisadores a determinarem a perda total de cana para comparar com a estimativa da produtividade potencial da cultura. A comparação das perdas totais com as perdas visíveis publicadas na literatura, indicaram a extensão de quanto as estimativas de perdas totais podem estar subestimadas quando se consideram apenas as perdas visíveis. A média das perdas visíveis constituíram apenas 40% da média das perdas totais encontradas.

DICK (1986a) publicou um trabalho a respeito das pesquisas em colheita mecânica desenvolvidas na Austrália até a época. Segundo o autor, as perdas eram avaliadas recolhendo-se as canas que ficavam no campo após a passagem das colhedoras. Além desta tarefa ser longa e trabalhosa, a precisão dos resultados era limitada pela perda de pequenos pedaços e fragmentos de cana que eram atirados pelos ventiladores e extratores das colhedoras. As perdas de cana foram avaliadas em 2 a 7t/ha para cana crua e 1 a 5t/ha para cana queimada. Detectou-se também que o conteúdo de açúcar (ccs) diminuiu na razão de (ccs/100) - 0.023, para cada 1% de impurezas adicionais. Estes resultados estimularam estudos mais detalhados dos sistemas de limpeza das colhedoras e das causas das perdas de cana.

No artigo é relatado que os testes de campo com a colhedora Massey-Ferguson MF-205 apontaram variações relativas na performance dos extratores primário e secundário, dependendo das condições da cultura, mas em geral o extrator secundário mostrou-se ineficaz em remover quantidades adicionais de impurezas após a limpeza realizada pelo primário. Na MF-205 a perda significativa de cana se deu através do extrator primário sendo insignificantes no secundário. Na VT-6000 as perdas foram devidas principalmente ao extrator secundário, que foi mais efetivo na limpeza quando comparado ao extrator secundário da MF-205.

DICK conclui o trabalho afirmando que devido aos problemas encontrados na condução dos testes no campo, as pesquisas futuras em sistemas de limpeza de colhedoras serão realizadas em laboratório, visando detectar mais precisamente os índices de perdas de cana limpa e recomendar ajustes melhores de velocidade de extratores.

MASON et al (1980) definem a eficiência de coleta de cana (CCE) pela relação entre a cana disponível no campo e a quantidade de cana que é fornecida à indústria. Na prática a eficiência de coleta de cana é

determinada pela equação:

$$CCE = (CDC - CPC) / CDC \quad (1)$$

onde:

CDC - peso de cana disponível no campo [N];

CPC - peso de cana perdida no campo [N].

Os autores reconhecem a dificuldade de se estimar as perdas de cana no campo de maneira satisfatória devido à presença de caldo e fragmentos de cana que não podem ser coletados. Comparando os dados obtidos para as condições australianas com pesquisas de outros países, os articulistas discordam de afirmações que indicam que a eficiência de coleta de cana deve aumentar com a introdução de colhedoras de cana picada. Eles argumentam que um aspecto duvidoso dessa afirmação consiste nas perdas extras de caldo e partículas de cana que são características em colhedoras de cana picada, e que quando ignoradas podem minimizar as perdas associadas a esta modalidade de colheita.

MASON et al concluem o artigo notando que os dados referentes às perdas de caldo e fragmentos de cana não são completamente conclusivos, entretanto há uma grande evidência quanto ao potencial de perdas internas nas

colhedoras de cana picada, as quais não podem ser ignoradas para efeito do cálculo da eficiência de coleta de cana, tal como foi definida.

DICK e RIDGE (1988)' comentam que, na Austrália, a queda na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar fornecida à indústria, levou o Bureau of Sugar Experiment Station (BSES) a desenvolver estudos no sentido de melhorar a eficiência dos sistemas de limpeza das colhedoras e diminuir as perdas de matéria-prima. Para isto, construiu-se em 1984 um laboratório para a realização de testes mais precisos que visavam verificar ajustes nos extratores das colhedoras, que até então eram efetuados no campo. O componente mais importante do laboratório é uma esteira de 12m, acionada por motor hidráulico de velocidade variável.

Segundo os autores, as canas eram colhidas no campo manualmente ou por colhedoras de cana inteira, pesadas em células de carga de 0.2kgf de resolução e colocadas na esteira de forma tal que a base da cana ficasse voltada para a colhedora, simulando assim a alimentação no campo. Nos testes com cana limpa, as perdas foram determinadas pesando-se as canas antes e após o processamento pelas colhedoras.

DICK e RIDGE concluem o artigo relatando que nos levantamentos realizados com colhedoras Versatile-Toft, modelo VT-6000, séries 2 e 3, as perdas de cana e os níveis de impurezas na matéria-prima processada variaram com a velocidade do ar no extrator primário. As perdas foram maiores e as impurezas menores na colhedora série 3, que operou com velocidade de saída do ar em torno de 21m/s, em comparação com a colhedora série 2, onde a velocidade era de 17m/s.

De BEER et al (1986) afirmam que a avaliação de uma colhedora ou de um sistema de colheita requer um extraordinário esforço de pesquisa. O usuário da máquina geralmente não precisa de testes rigorosos para comparar o desempenho de um equipamento com outro já existente, portanto em casos desse tipo os levantamentos são facilmente realizáveis. Os órgãos de pesquisa, por outro lado, necessitam de uma avaliação mais detalhada e criteriosa para estabelecer possíveis diferenças entre colhedoras, ou verificar o efeito de diferentes sistemas na performance da máquina. Para este fim, a metodologia a ser empregada nos levantamentos deve ser mais elaborada e precisa, sendo que em muitos casos deve-se montar uma bancada de testes.

Segundo os autores, uma das maiores dificuldades de se testar uma colhedora isoladamente está no estabelecimento de um padrão para comparar seu desempenho. Portanto, não se recomenda testar uma máquina isoladamente, mas conduzir os testes com outra máquina para efeito comparativo.

ROZEFF e CRAWFORD (1980) ao avaliarem as perdas de cana no campo por colhedoras Claas 1400, utilizaram um fator de reajuste de peso para pedaços de cana que eram amassados em consequência de tráfego. Segundo os autores, baseados em levantamentos anteriores, o fator de multiplicação a ser utilizado para cana crua deve ser de 1.64 enquanto para cana queimada o fator deve ser de 1.57, o que denota uma tendência maior de perda de peso para a cana crua.

REMUS (1980) estudando o processo de corte no sistema picador de uma colhedora KTP-1, concluiu em seu artigo que as perdas ocorridas durante a picagem são consideráveis face ao montante de partículas de cana detectadas durante os testes. Embora o objetivo da pesquisa não tenha sido a quantificação dessas perdas, o autor recomenda que esse fenômeno seja investigado.

Segundo BRAUNBECK e PELIZARI (1986), as colhedoras Dedini-Toft apresentaram perdas invisíveis (na forma de serragem) significativamente superiores às MF-201, na picagem efetuada com facão usado.

No caso da carregadora contínua, o sistema picador era diferente, mas as perdas também ocorreram em níveis preocupantes. A alimentação na carregadora efetuou-se com feixes de cana de 30kg, que correspondia aproximadamente à densidade média de alimentação no campo. Para diversas montagens com variação de número de facas, rotação e comprimento de toletes, as perdas invisíveis variaram de 1.18 a 3.32%. Concluiu-se que apesar das diversas variáveis mecânicas que podem ser otimizadas na carregadora contínua em termos de redução das perdas invisíveis no sistema picador, elas não serão inferiores a 1%, e mais frequentemente estarão em torno de 1.5%.

Na Austrália tem se conseguido minimizar as perdas tanto no sistema picador quanto nos extratores das colhedoras, RIDGE (1987). Na Austoft 7000, testes realizados no BSES mostraram que as perdas no sistema picador podem ser reduzidas de 2.5 a 1.5% alterando-se o posicionamento das lâminas para permitir um pequeno desalinhamento entre elas. No sistema de limpeza, as perdas foram minimizadas através da redução da velocidade de saída

do ar no extrator primário. Com essas modificações diminuíram-se em 2 a 3% as perdas em cana queimada.

DICK (1988) afirma que a velocidade de saída do ar nos extratores primários das colhedoras deve ficar abaixo de 16m/s. Aumentos significativos de perdas devem ser esperados com velocidades acima de 20m/s. Concluiu-se que é preferível aumentar a vazão do fluxo de ar pelo aumento do diâmetro dos extratores para se manter a eficiência de limpeza com redução de perdas.

A remoção de impurezas em colhedoras de cana picada geralmente é efetuada por métodos pneumáticos. Os sistemas de limpeza por extratores/ventiladores atualmente em uso requerem alta potência de acionamento e não atingem a eficiência desejada, sendo portanto necessário o estudo do comportamento aerodinâmico de toletes, folhas e ponteiros de cana-de-açúcar, CLAYTON et al (1980).

A velocidade de ar necessária para remoção de folhas secas e verdes, em um duto vertical de 356mm de diâmetro, variou de 9.7 a 13.2m/s respectivamente. O artigo apresenta gráficos que relacionam a velocidade terminal de toletes e ponteiros de diversos tamanhos. Estas faixas de velocidades podem se sobrepor, o que determina que para se obter a máxima redução de impurezas sem perdas

significativas de cana, deve-se manter um estreito controle na velocidade do fluxo de ar.

Vários pesquisadores se utilizaram do princípio da inversão de movimento para simular em laboratório o processo de alimentação de cana nas colhedoras durante a colheita. Por este princípio, a máquina permanece estacionária enquanto as canas são alimentadas na colhedora por meio de uma esteira, na velocidade desejada.

ABREU e PUIG (1983), simularam o avanço da colhedora a uma velocidade média de 3.5km/h usando taxas de alimentação de cana entre 16 e 20kg/s, no estudo de um novo esquema construtivo para colhedoras de cana picada. As partes motoras na bancada de testes, construída em escala natural, eram acionadas independentemente por motores hidráulicos e elétricos.

PERALTA e ABREU (1980), ao estudarem uma nova câmara de limpeza para a Libertadora 1200-B, retiraram a parte frontal da colhedora, incluindo os discos de corte-base e picador, substituindo-a por uma esteira de 5m com velocidade linear de 7.6km/h.

MONTERO e CIL (1977), construíram uma bancada de testes para estudar o processo de separação pneumática de impurezas. A utilização de esteira permitiu variar a taxa de alimentação de cana de 10 a 22kg/s.

NOVAIS (1977) construiu uma unidade estacionária para estudar o sistema de corte basal de colmos. A alimentação da unidade era efetuada por uma esteira acionada por motor elétrico. O autor afirma que os testes de campo posteriores confirmaram totalmente os resultados obtidos por simulação na unidade estacionária.

O anemômetro é um instrumento que pode ser usado para determinar a velocidade local do ar, mas que se utilizam de outros princípios que não aqueles que relacionam pressão e velocidade, JORGENSEN (1983). Dentre os vários tipos de anemômetros os mais comuns são os de pás rotativas, que são projetados para registrarem diretamente a velocidade do ar, ou para dar uma leitura em rotações em determinado período para posterior conversão em velocidade.

Para JORGENSEN, a vazão na seção de um duto pode ser determinada pela medida da velocidade local em um número suficiente de pontos para se estabelecer a distribuição de velocidades e então integrá-las sobre a área. Para se estabelecer os locais dos pontos de medidas,

recomenda-se dividir o duto em um número de áreas iguais tomando-se as medidas no centro de cada área.

Segundo o BSES BULLETIN (1988), os pesquisadores australianos têm usado anemômetros para medir a velocidade de saída do ar em extratores de colhedoras. A leitura das revoluções de uma pequena hélice durante o intervalo de um minuto é posteriormente convertida em velocidade. A velocidade é determinada calculando-se a média das medições em diferentes pontos da carenagem do extrator.

MATERIAL E METODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Campo de amostragem

As amostras de canas utilizadas para processamento pelas colhedoras nas séries de ensaios, foram colhidas de dois talhões vizinhos com mesmo tipo de solo, plantados com as variedades NA56-79 e SP71-6163, segundo corte e doze meses de idade.

Cada talhão foi separado em duas parcelas sendo uma destinada para cana crua e a outra para cana queimada, totalizando quatro parcelas.

4.1.2 Colhedoras

Foram necessárias duas colhedoras Dedini DM-6000 (principal e auxiliar) e uma colhedora Santal ROTOR III-A, ano 88 e com características originais de fábrica. A colhedora auxiliar foi utilizada nas duas séries de ensaios em que se reduziu a rotação do extrator primário da colhedora principal em teste.

As colhedoras Dedini possuem motor diesel Scania DS 11-40 turbinado, 6 cilindros em linha, 4 tempos e que fornece 260 hp a 2100 rpm.

A colhedora Santal é equipada com motor diesel Scania DN-11, 6 cilindros em linha, 4 tempos e que fornece uma potência de 215 hp a 2100 rpm.

As colhedoras Dedini e Santal possuem diferenças básicas de projeto quanto aos sistemas de picagem, extratores/ventiladores e elevador/lançador, conforme esquematizado nas Fig. 1 e Fig. 2.

As características dos sistemas citados para cada colhedora serão descritos a seguir.

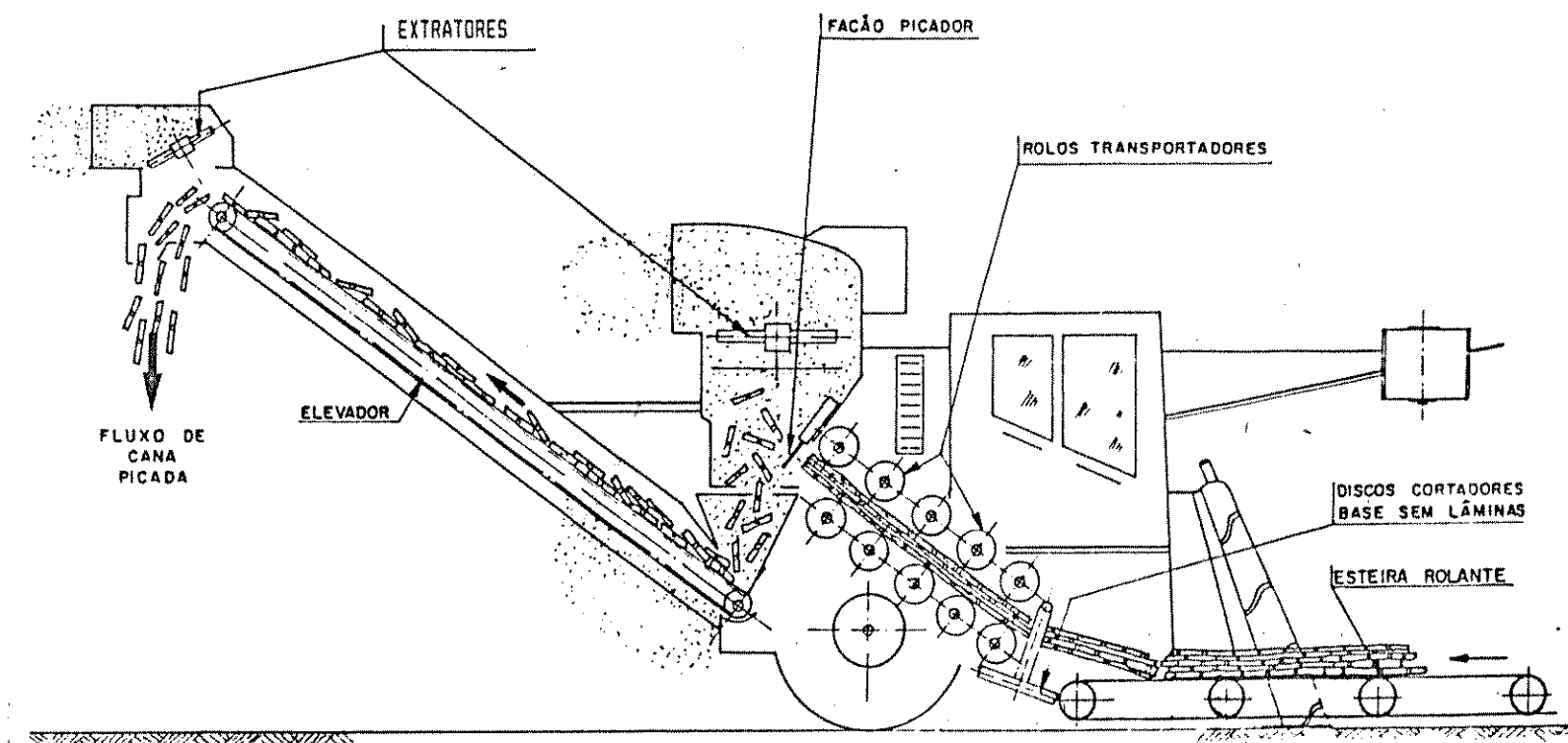


Fig. 1 - Sistemas mecânicos da colhedora Dedini DM-6000.

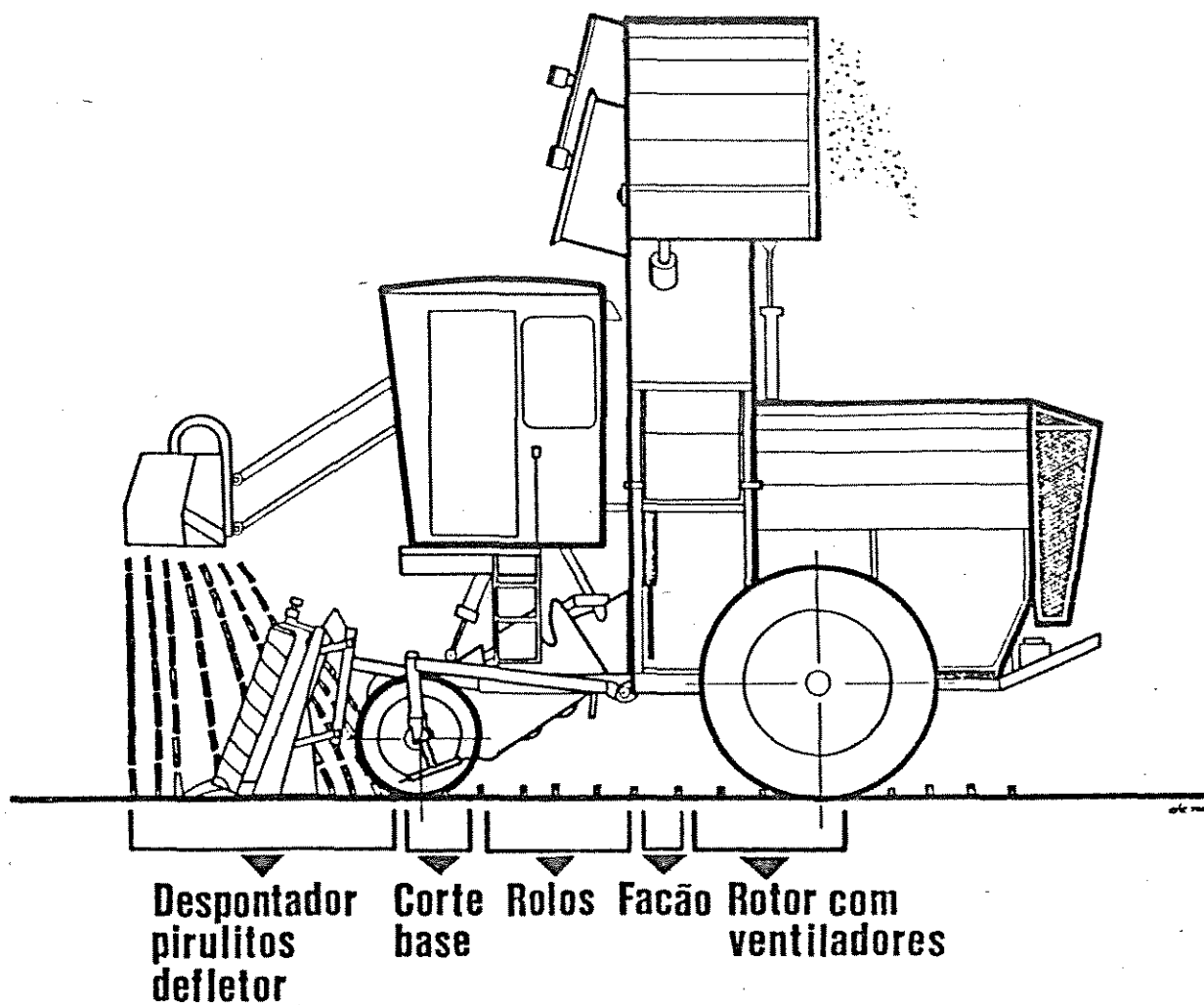


Fig. 2 - Sistemas mecânicos da colhedora Santal Rotor III-A.

4.1.2.1 Sistema picador da colhedora Rotor III-A

O facão picador está montado em um eixo que é sincronizado com as três pás lançadoras por intermédio de uma caixa na razão de transmissão 3:1. O volante gira com a rotação maior que a das pás e nele está montado uma faca plana fixada por dois parafusos e uma trava. A faca possui uma inclinação de aproximadamente cinco graus relativa ao volante, conforme desenho esquemático na Fig. 3.

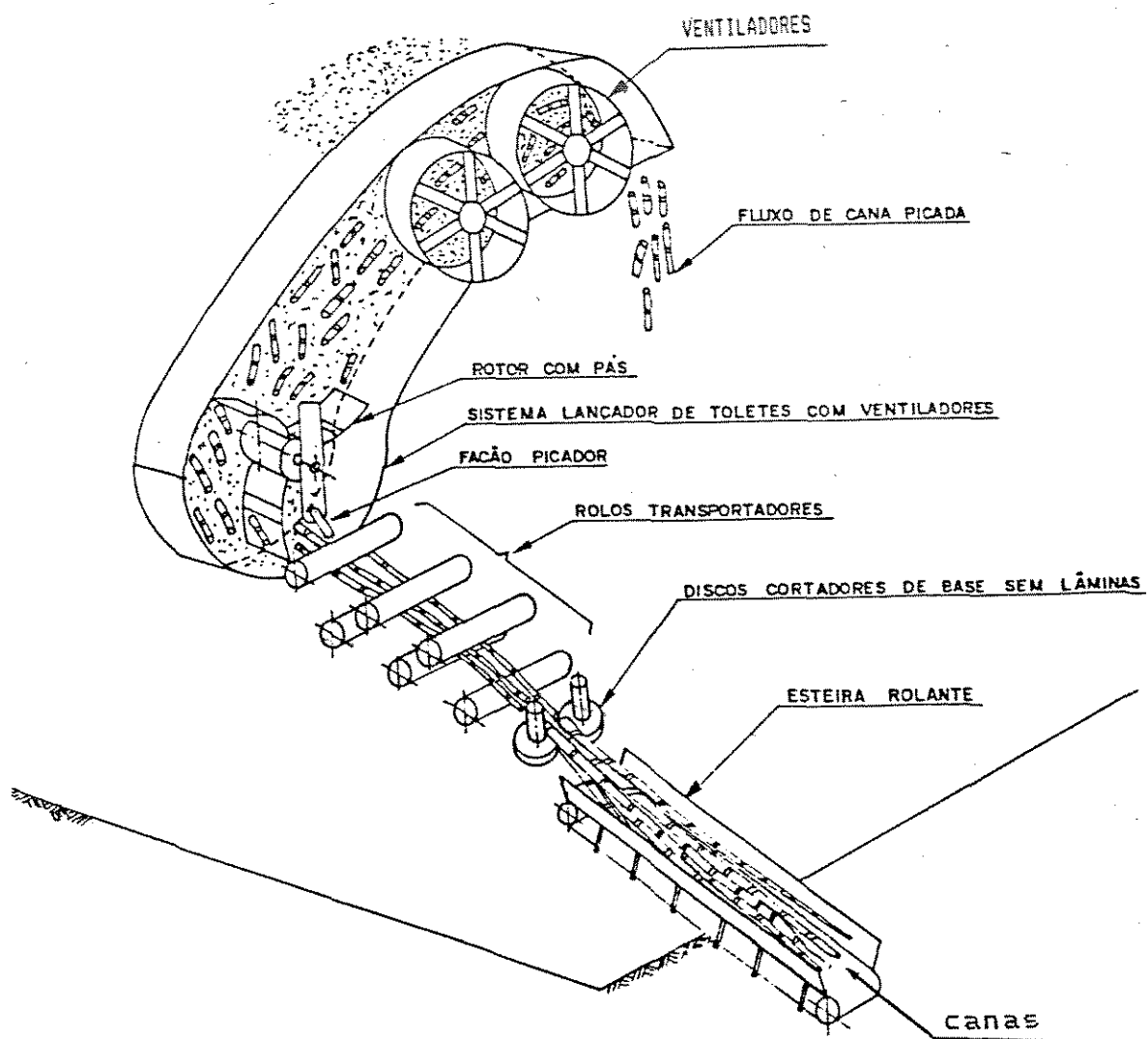


Fig. 3 - Detalhe do sistema picador/lançador e ventiladores da colhedora Santal Rotor III-A.

4.1.2.2 Conjunto lançador e ventiladores da colhedora Rotor III-A

Um rotor com três pás acopladas eleva e lança a cana picada para o veículo de transporte. Este rotor é composto por um cilindro que gira em torno de seu eixo, onde defasadas de cento e vinte graus, estão montadas as pás. Dentro de sua carcaca o conjunto funciona como uma turbina, lançando os toletes que saem pela sua abertura superior, percorrendo um duto defletor, em cuja extremidade superior se encontram os dois ventiladores, encarregados de promoverem a limpeza dos toletes de cana em um único estágio, conforme desenho esquemático na Fig. 3.

4.1.2.3 Sistema picador da colhedora DM-6000

O sistema picador da colhedora Dedini é composto de uma faca rotativa acoplada a um volante e redutor de engrenagens. O corte é realizado a cada rotação completa do volante, conforme mostrado na Fig. 4.

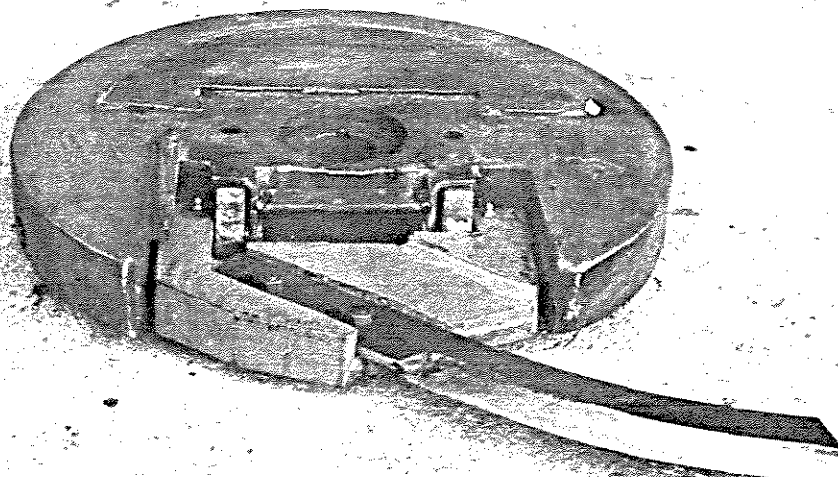


Fig. 4 - Facão picador da colhedora Dedini DM-6000

4.1.2.4 Conjunto elevador e extratores da colhedora DM-6000

O elevador é uma esteira composta por duas correntes com taliscas e fundo em chapa perfurada, que conduz a cana picada em toletes até a unidade transportadora.

O extrator primário localiza-se acima da base do elevador e do facão picador, efetuando a primeira etapa de limpeza após o corte dos colmos inteiros em toletes.

Na parte superior do elevador está posicionado o extrator secundário, que ao aspirar o ar através da massa de matéria-prima que está sendo carregada no veículo de transporte, é responsável pelo segundo estágio da limpeza dos toletes, conforme mostrado na Fig. 2.

4.1.3 Outros equipamentos e infra-estrutura necessária

- caminhão-oficina para reparos e modificações nos sistemas das colhedoras;
- veículo de transporte de cana picada para receber a cana processada pelas colhedoras;
- balança eletrônica de plataforma com capacidade de 490N (resolução de 0.1N) , para pesagem das amostras de cana e toletes coletados;
- balança analítica para pesagem de fragmentos e pequenos pedaços de cana, folhas e palhas;
- anemômetro digital;
- cronômetro digital;
- manômetro, mangueiras e conexões hidráulicas;
- caminhão para transporte das amostras de cana;
- esteira de 4.5m de comprimento, acionada por motor elétrico, com velocidade de 5.0km/h, que é aproximadamente a velocidade média desenvolvida pela colhedora em operação;
- mão-de-obra para corte e manuseio das amostras de cana e para a coleta e pesagem do material durante a realização dos ensaios;
- operador e mecânico experientes em colhedoras de cana picada.

4.2 METODOS

4.2.1 Colheita das amostras

As canas destinadas ao processamento pelas colhedoras foram colhidas aleatoriamente em cada parcela, exceto nas linhas de plantio próximas aos carregadores, que foram descartadas.

As canas foram cortadas manualmente com facão, rente ao solo, visando o maior aproveitamento possível das mesmas.

A queima das canas foi efetuada imediatamente antes da realização das séries de ensaio com cana queimada.

Depois de colhidas, as amostras foram transportadas por caminhão até o local de preparo das mesmas.

Entenda-se por ensaio o processamento pela colhedora de um lote de trinta canas e por série de ensaios o conjunto de repetições.

4.2.2 Preparo das amostras de cana

Em um barracão coberto, as canas foram desfolhadas e despontadas manualmente, separadas aleatoriamente em lotes de trinta unidades, amarradas em feixe e transportadas por caminhão até o local de realização dos ensaios, para pronta utilização.

Nas séries de ensaios referentes à determinação dos índices de impurezas vegetais na carga, os colmos não foram desfolhados nem despontados, visando simular a condição de campo com canavial tombado, onde o desponte não é realizado eficientemente pelas colhedoras.

4.2.3 Determinação da velocidade de saída do ar dos extratores/ventiladores

O anemômetro digital empregado fornecia leitura direta da velocidade do fluxo de ar numa faixa de zero a trinta metros por segundo.

Na colhedora DM-6000 a carenagem foi dividida em doze áreas iguais e as leituras de velocidades foram tomadas nos centros dessas áreas, em dez repetições, conforme desenho esquemático na Fig. 5.

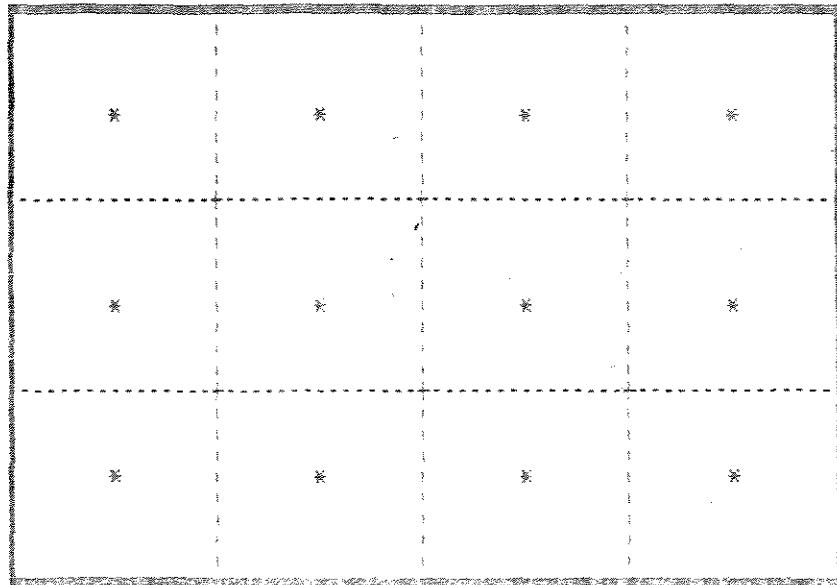


Fig. 5 - Pontos de leitura da velocidade do ar nas carenagens dos extratores da DM-6000.

A velocidade média do fluxo de ar foi determinada pela média aritmética do total de leituras.

Na colhedora Rotor III-A o procedimento adotado foi o mesmo, sendo que os pontos de leitura foram definidos conforme indicado na Fig. 6, devido à forma diferente da carenagem e disposição dos ventiladores.

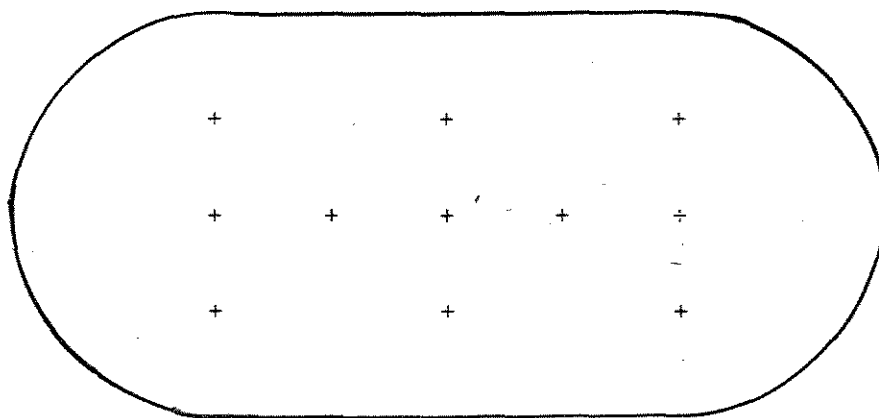


Fig. 6 - Pontos de leitura da velocidade do ar na carenagem dos ventiladores da Rotor III-A.

4.2.4 Ensaio das colhedoras

A avaliação do desempenho das colhedoras nas séries de ensaios abrangeram as seguintes determinações:

- perdas invisíveis de cana-de-açúcar (PI%);
- índice de impurezas vegetais na carga (IVC%).

4.2.4.1 Perdas invisíveis de cana-de-açúcar (PI%)

Considerou-se como perda invisível, a perda de peso da cana-de-açúcar que ocorre durante o seu processamento interno pela colhedora, na forma de caldo, serragem e estilhaços, em decorrência da ação dos mecanismos da máquina que cortam, transportam, picam e limpam a matéria-prima destinada à moagem.

Como as amostras de cana foram cortadas manualmente para utilização nos ensaios, conforme descrito no item 4.2.1, não foi considerada a perda invisível devido à ação do disco de corte-base da colhedora.

Com os colmos limpos, foram realizadas doze séries de ensaios para a determinação das perdas invisíveis, que estão esquematizadas na Fig. 7.

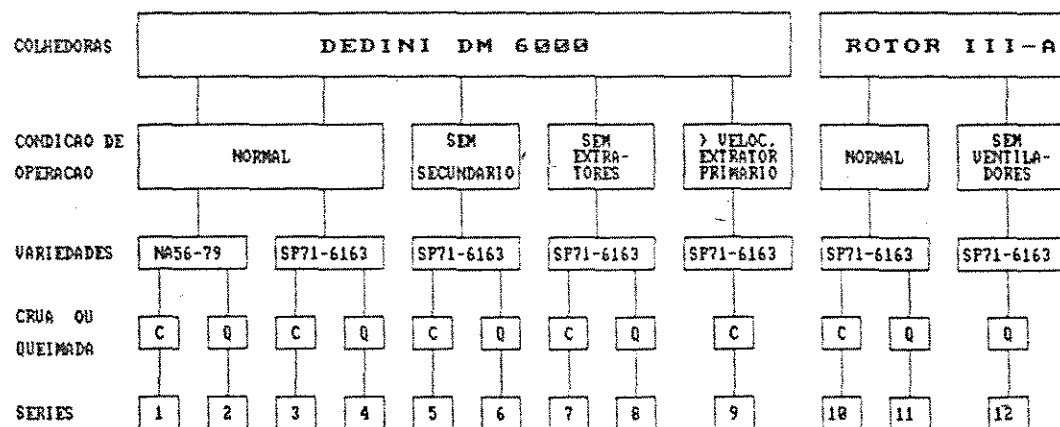


Fig. 7 - Identificação das séries de ensaios realizadas para determinação das perdas invisíveis.

A perda invisível (PI%) foi determinada pela relação entre o peso da cana que se perdeu durante o processamento interno da colhedora e o peso inicial das amostras de trinta canas:

$$PI\% = \frac{PSA - (TLC + TLP + TLM)}{PSA} \times 100 \quad (2)$$

onde:

TLC - peso dos toletes coletados na carga [N];

TLP - peso dos toletes coletados no piso [N];

TLM - peso dos toletes coletados na máquina [N];

PSA - peso total das amostras de trinta canas [N].

4.2.4.1.1 Procedimento para determinação
das perdas invisíveis (PI%)

As colhedoras foram preparadas da seguinte maneira:

- a) Retiraram-se as facas dos discos de corte-base;
- b) trocou-se o facão picador em uso por um novo;
- c) efetuou-se uma limpeza geral na colhedora;
- d) a colhedora foi colocada frente à esteira alimentadora;
- e) posicionou-se o veículo de transporte de cana picada ao lado da colhedora para coletar a cana processada, conforme mostrado na Fig. 8;

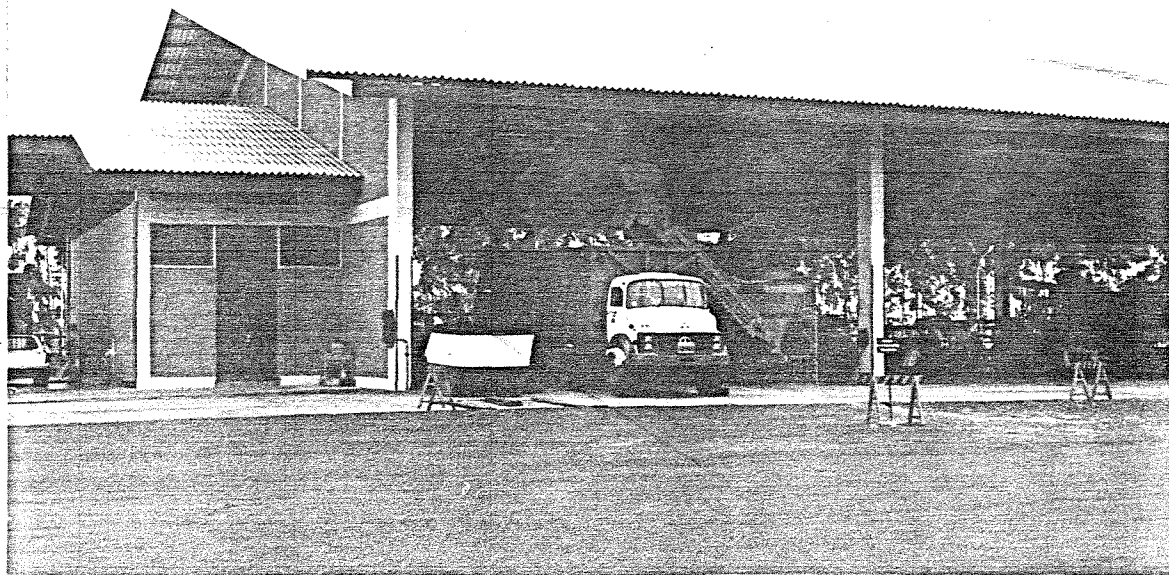


Fig. 8 - Veículo de transporte posicionado ao lado da colhedora para coletar a cana processada.

f) realizou-se a leitura das velocidades de saída do ar dos extratores/ventiladores com o anemômetro digital, conforme mostrado na Fig. 9.

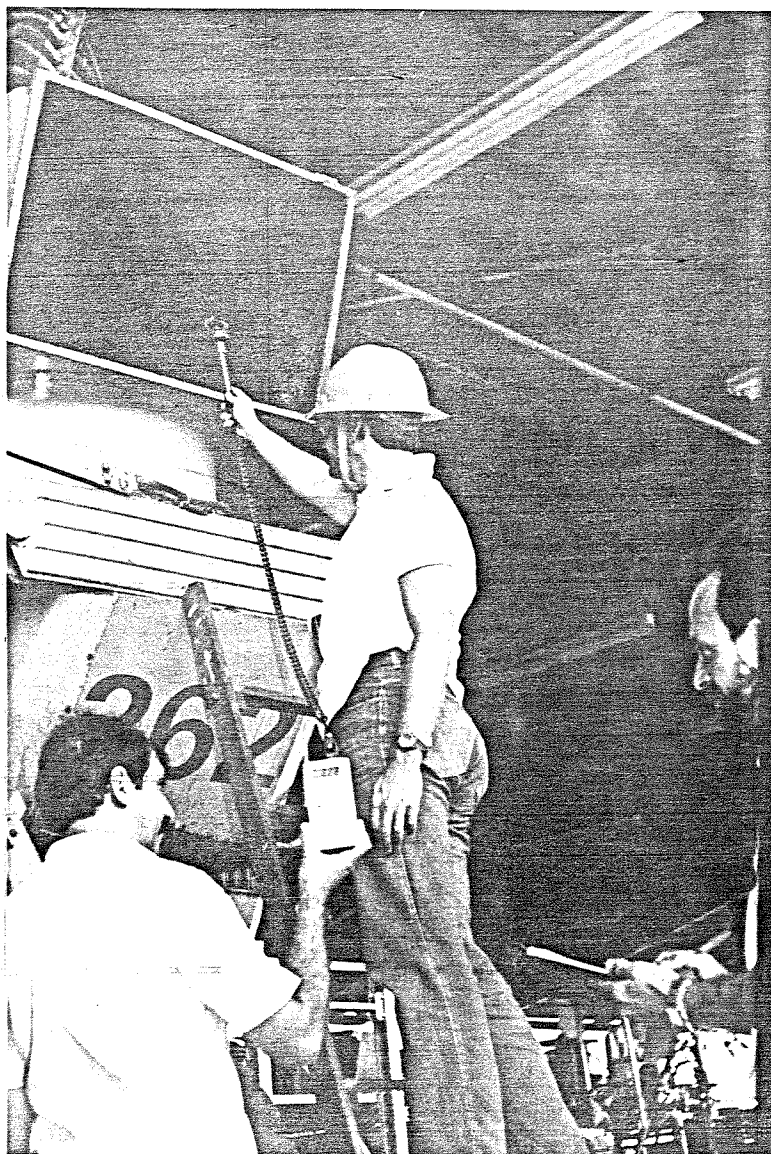


Fig. 9 - Leitura da velocidade de saída do ar na DM-6000 por anemômetro digital.

A execução das séries de ensaio procedeu-se conforme descrição seguinte:

- g) A colhedora foi colocada em funcionamento por três minutos para remover qualquer sobra de material que porventura se encontrasse no interior da mesma;
- h) houve inspeção e, quando necessário, limpeza do interior da máquina;
- i) efetuou-se a limpeza do interior da carroceria do veículo de transporte;
- j) pesou-se o feixe de trinta canas (PSA) e distribuíram-se as mesmas ao longo da esteira alimentadora, respeitando a disposição de dez canas por metro. As canas foram posicionadas com as suas bases voltadas para a colhedora, para simular a colheita no campo, Fig. 10 e Fig. 11;

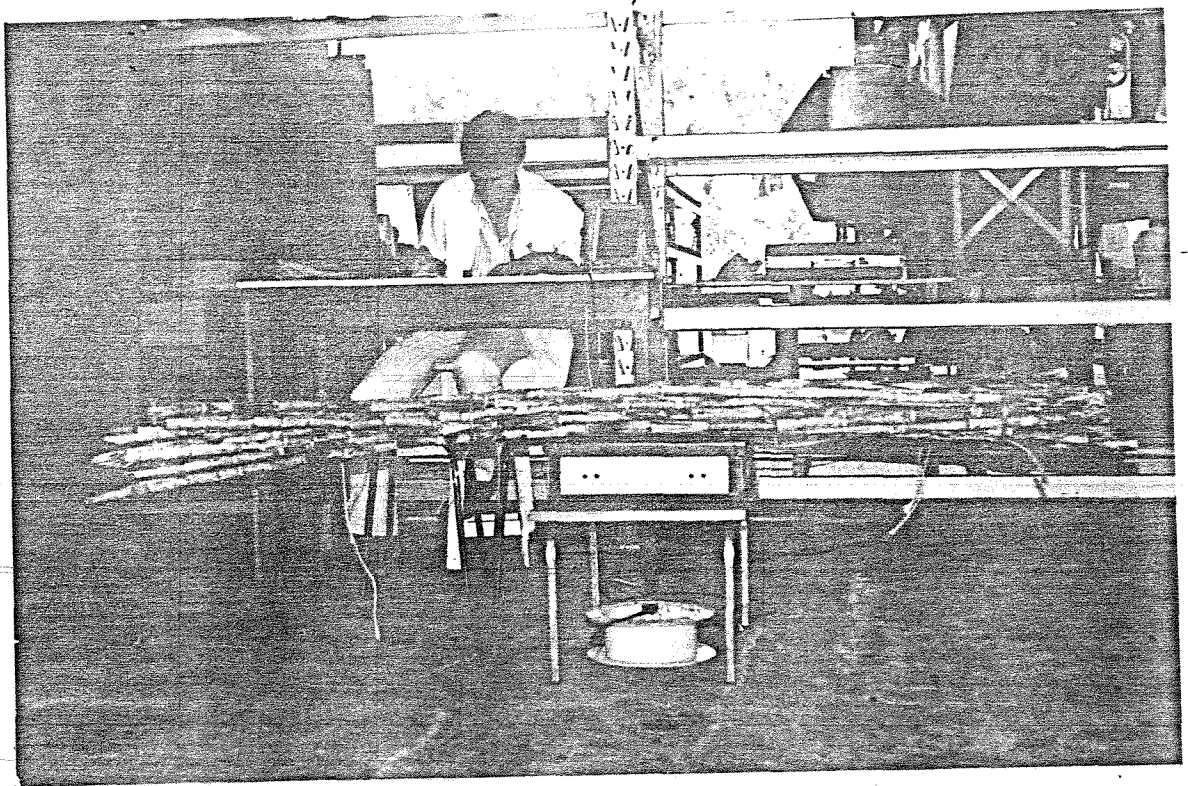


Fig. 10 - Pesagem do feixe de canas limpas.

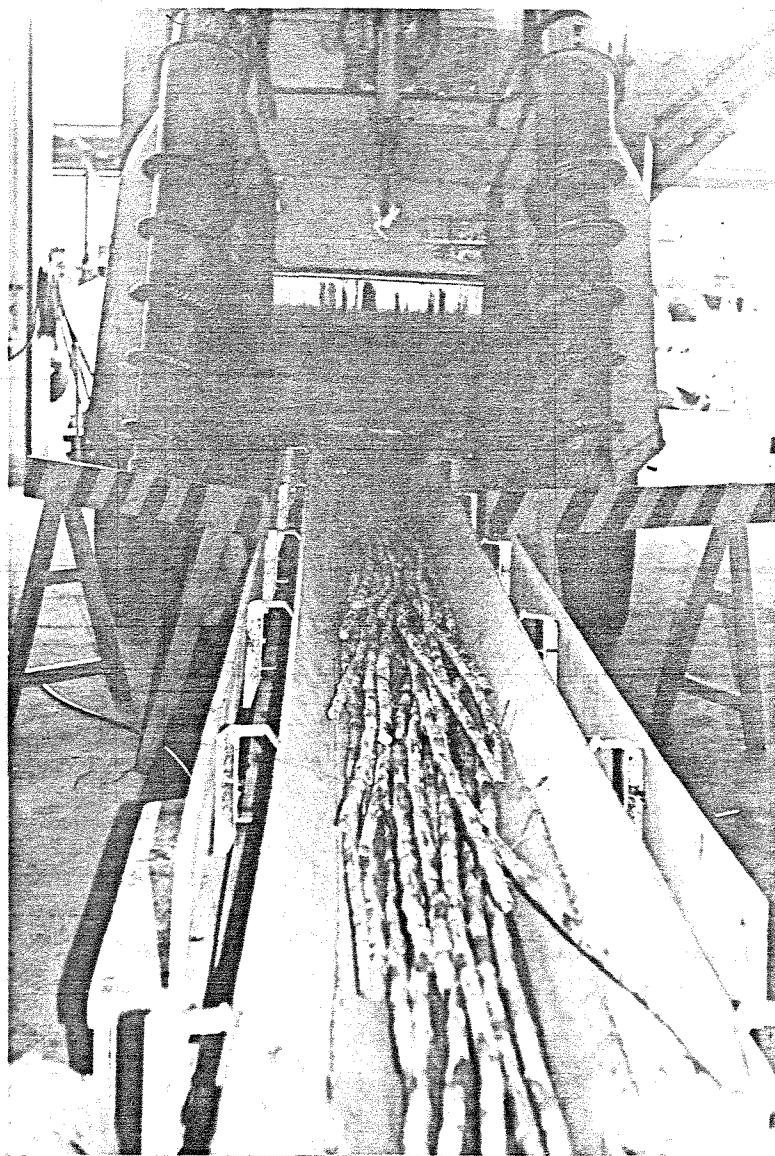


Fig. 11 - Distribuição das canas ao longo da esteira alimentadora.

k) colocou-se a colhedora em funcionamento à rotação normal de trabalho e alimentou-se a mesma através da esteira rolante;

Apos o processamento da matéria-prima pela colhedora, foram coletados e pesados:

- l) os toletes que caíram no piso (TLP);
- m) os toletes que porventura caíram sobre a colhedora (TLM);
- n) os toletes que foram depositados na carroceria do veículo de transporte (TLC);
- o) Anotaram-se os dados em planilhas específicas;
- p) A colhedora foi deixada em funcionamento por três minutos para certificar-se que todo o material foi processado e recolhido;
- q) O ensaio foi repetido (alíneas "g" a "p") até atingir o número necessário para completar a série.

4.2.4.2 Índice de impurezas vegetais na carga (IVC%)

O índice de impurezas vegetais na carga indica a porcentagem de palhas, folhas e ponteiros, em peso, contida na matéria-prima processada (depositada no veículo de transporte) que será destinada à moagem.

O índice de impurezas vegetais na carga é definido pela expressão seguinte:

$$IVC\% = \frac{PIV}{PTC} \times 100 \quad (3)$$

onde :

PIV - peso de impurezas vegetais na carga [N];

PTC - peso total da carga [N].

Foram realizadas quatro séries de ensaios para determinar os índices de impurezas vegetais na carga. A Fig. 12 mostra as condições de operação das colhedoras nas quatro séries de ensaios.

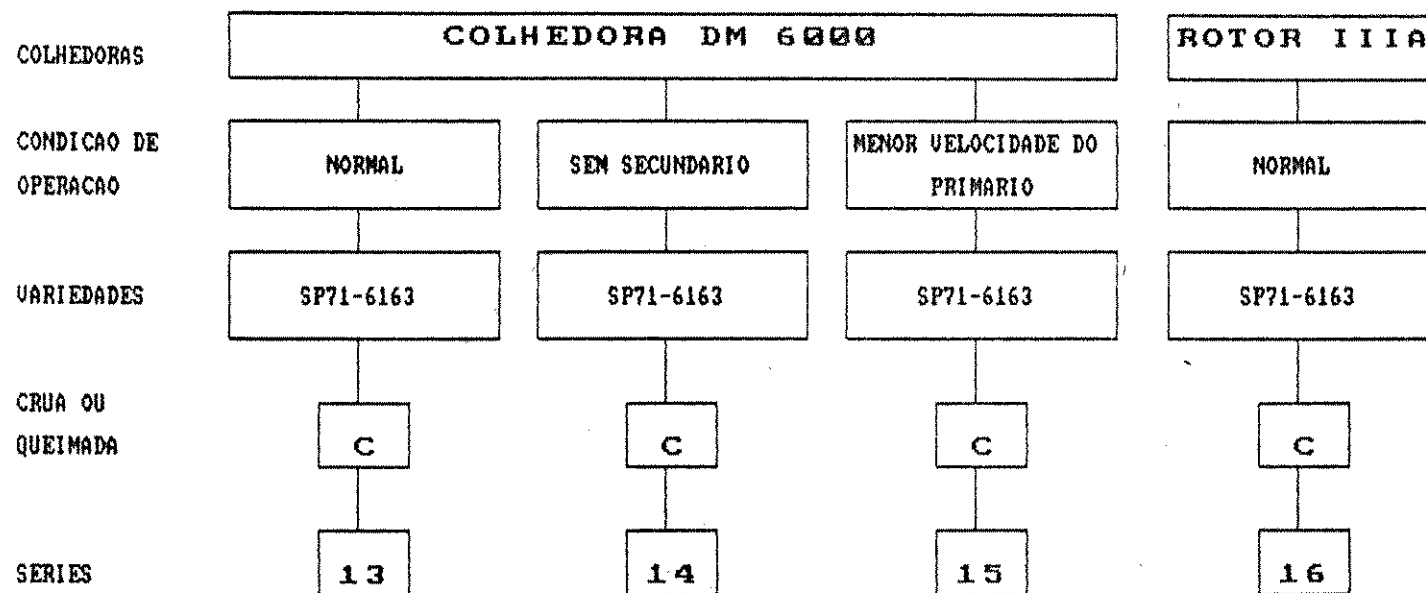


Fig. 12 - Condições de operação das colhedoras nas séries de ensaios para determinação das impurezas vegetais na carga.

4.2.4.2.1 Procedimento para determinação
dos índices de impurezas vegetais
na carga (IVC%)

O preparo das colhedoras foi efetuado de forma idêntica ao procedimento adotado para a determinação das perdas invisíveis, conforme já citado nas alíneas "a" a "f" da seção 4.2.4.1.1.

A execução das séries de ensaios obedeceu o mesmo procedimento adotado para a determinação das perdas invisíveis, conforme já descrito nas alíneas "g" a "k" da seção 4.2.4.1.1.

Após o processamento das canas pela colhedora:
a) foram coletados e pesados todo material depositado na carroceria do veículo de transporte (PTC).

b) Pesaram-se as folhas, palhas e ponteiros do material coletado na carroceria do veículo de transporte para obtenção do PIV.

c) Anotaram-se os dados em planilhas específicas.

d) A colhedora foi deixada em funcionamento por três minutos para certificar-se que todo material foi processado e recolhido.

e) O ensaio foi repetido até atingir o número necessário para complemento da série.

4.2.5 Utilização da colhedora auxiliar

Nas duas séries de ensaios em que se utilizou a DM-6000 operando com o extrator primário abaixo de sua rotação normal de trabalho, necessitou-se do emprego de uma colhedora auxiliar de mesma marca e modelo, devido às características de operação destas máquinas.

Na colheita de cana picada as colhedoras Dedini operam com o motor na rotação nominal de 2100rpm, fornecendo potência para três bombas hidráulicas.

Nesta rotação de trabalho as bombas de engrenagens, marca Commercial séries P30 e P75, fornecem ao circuito hidráulico uma vazão fixa para o acionamento dos diversos sistemas da colhedora.

A bomba de pistões axiais de deslocamento volumétrico variável, marca Sundstrand série 23, fornece uma faixa de vazão variável controlada pela alavanca de acionamento da transmissão das rodas, conforme esquematizado na Fig. 13.

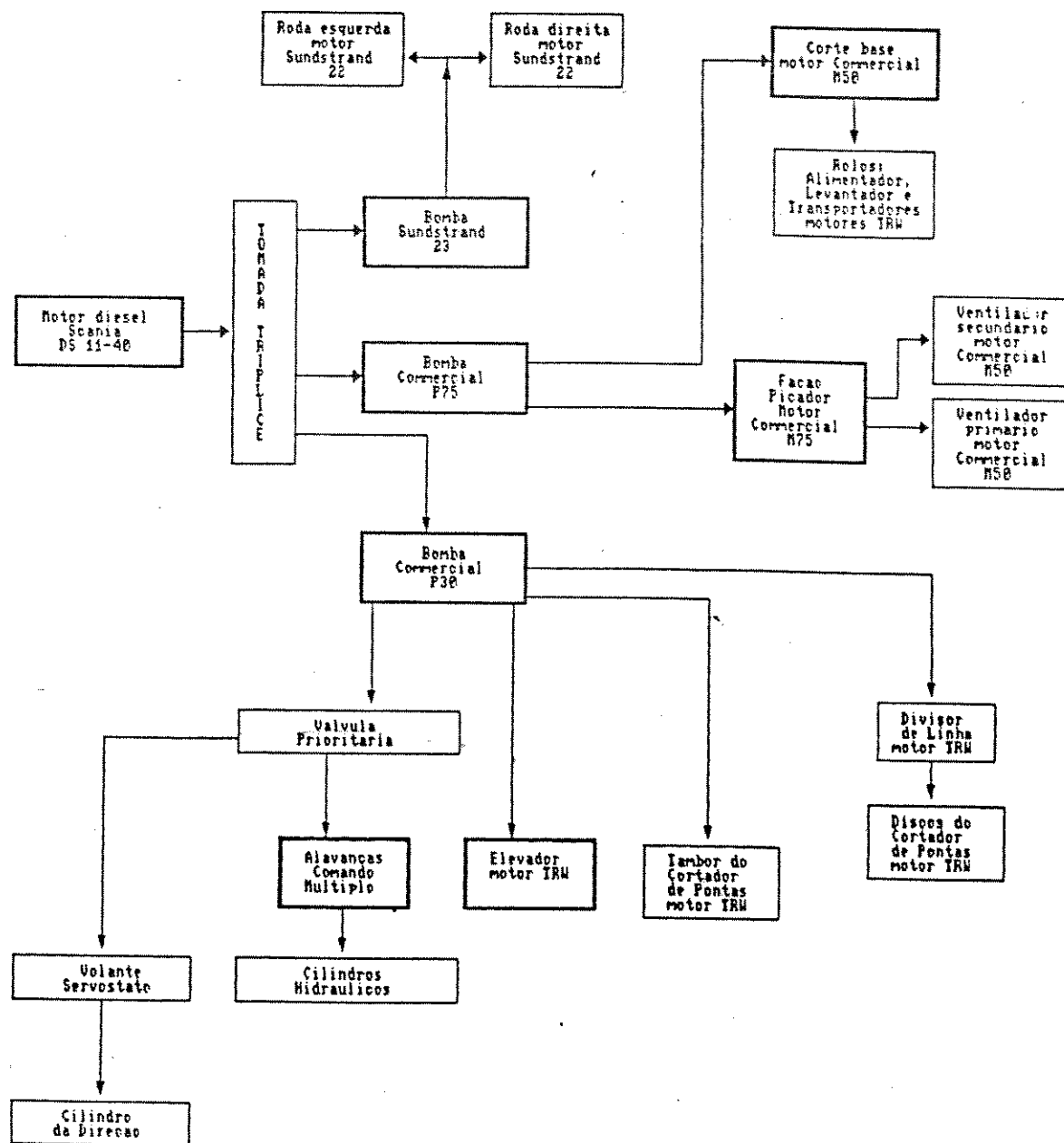


Fig. 13 - Esquema hidráulico da colhedora Dedini DM-6000.

Como os circuitos hidráulicos não são independentes, para diminuir a rotação do extrator primário da colhedora em teste, foi utilizada uma colhedora auxiliar. O circuito hidráulico referente a esta montagem está esquematizado na Fig. 14. Visto que a rotação do extrator primário da colhedora principal foi controlada pela aceleração da colhedora auxiliar, os sistemas restantes da colhedora principal continuaram operando nas rotações normais de trabalho.

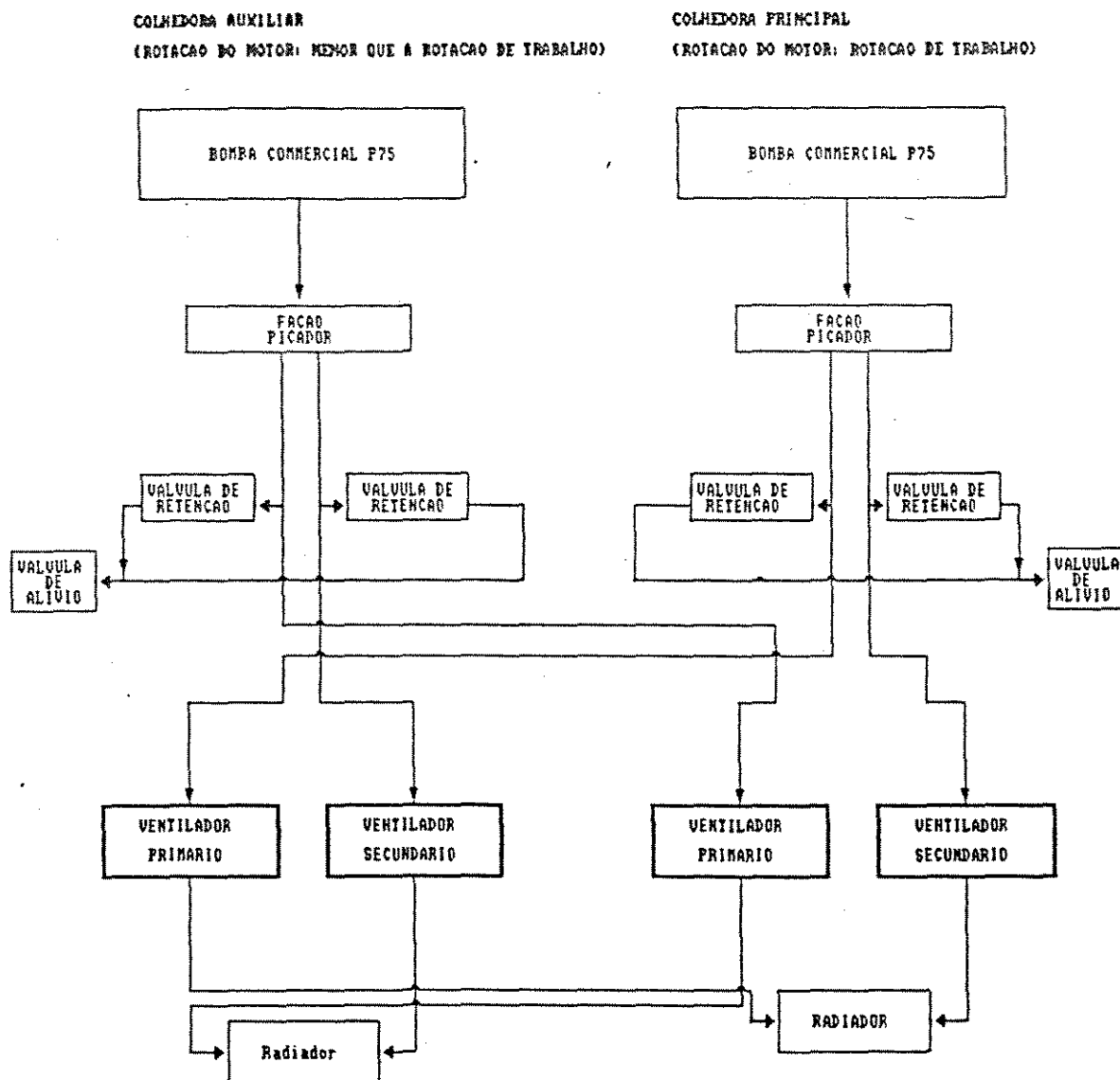


Fig. 14 - Esquema hidráulico para redução da rotação do extrator primário da DM-6000.

A bomba Sundstrand de vazão variável não foi utilizada para controlar a rotação do extrator pelo fato de não ser recomendada pelo fabricante para acionar motores hidráulicos que não sejam da mesma marca. A Fig. 15 apresenta as colhedoras montadas segundo o circuito hidráulico mencionado anteriormente.

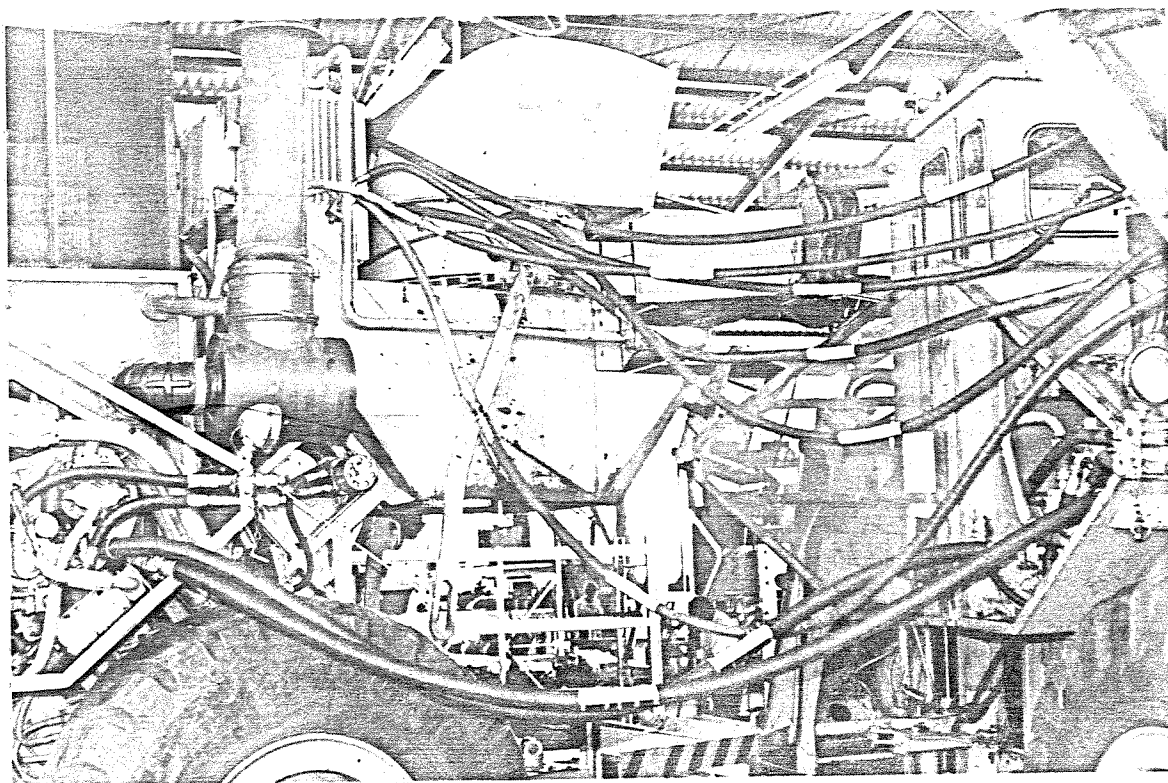


Fig. 15 - Montagem hidráulica para controle da rotação do extrator primário da DM-6000.

4.2.6 Análises estatísticas

Foram empregados o teste F para análise de variância e o método de TUKEY para as comparações de médias.

Nos experimentos 1, 2, 3, 4 e 5, os dados originais foram transformados em $\arcsen \sqrt{\%}$, para posterior análise estatística. A transformação proporciona maior homogeneidade nas variâncias e foi utilizada nos experimentos em que as porcentagens dos dados nas séries de ensaios variaram numa faixa próxima a zero por cento.

Os delineamentos experimentais adotados nos seis experimentos, que abrangeram as dezesseis séries de ensaios realizadas, estão apresentados no quadro 1.

BO 1 - Delineamentos experimentais adotados nos seis experimentos para determinacao das perdas invisiveis e impurezas vegetais na carga.

PERDAS INVISIVEIS (PI%)					
EXPERIMENTO	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	DESCRICAO	TRATAMENTOS	BLOCOS	SERIES
1	Blocos ao acaso com repeticoes	Confronto entre cana crua e queimada com 2 variedades sendo processadas pela DM 6000 na condicao normal de operacao.	Cana crua Cana queimada	SP-716163 NA56-79	1,2,3 e 4
2	Blocos ao acaso com repeticoes	Confronto entre as 2 colhedoras processando a SP71-6163 nas formas crua e queimada.	DM 6000 Rotor III-A	Cana crua Cana queimada	3,4,10 e 11
3	Blocos ao acaso com repeticoes	Confronto entre 3 condicoes de operacao da DM 6000 processando a SP71-6163 nas formas crua e queimada.	Normal Sem secundario Sem extratores	Cana crua Cana queimada	3,4,5,6,7 e 8
4	Inteiramente casualizado	Confronto entre 4 condicoes de operacao da DM 6000 processando a SP71-6163 na forma crua	Normal Sem secundario Sem extratores) vel. primario		3,5,7 e 9
5	Blocos ao acaso com repeticoes	Confronto entre 2 condicoes de operacao das colhedoras DM 6000 e Rotor III-A processando SP71-6163 queimada.	Normal Sem extratores	DM 6000 Rotor III-A	6,8,11 e 12
INDICE DE IMPUREZAS VEGETAIS NA CARGA (IIUC%)					
6	Inteiramente casualizado	Confronto entre 3 condicoes de operacao da DM 6000 e uma da Rotor III-A (normal).	Normal Sem secundario (vel. primario		13,14,15 e 16

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento 1

Nesse experimento determinaram-se as perdas invisíveis em cana crua e queimada, com as variedades NA56-79 e SP71-6163, sendo processadas pela colhedora DM-6000 na condição normal de operação.

Nessa condição de trabalho, a velocidade média da massa de ar na saída do extrator primário foi de 22.3m/s, enquanto na do extrator secundário foi de 20.9m/s.

A Tabela 1 apresenta os resultados de perdas invisíveis, obtidos para o experimento 1:

TABELA 1 - Perdas invisíveis (PI%) de cana limpa na colhedora DM-6000, operando com os extratores na condição normal de trabalho.

Colhedora DM-6000 ¹		
TRATAMENTOS	BLOCOS	PI% (%)
CRUA	NA56-79	4.47 ^A
	SP71-6163	3.54 ^B
QUEIMADA	NA56-79	2.03 ^C
	SP71-6163	1.84 ^C

¹ velocidade média do ar : 22.3 m/s (primário)
: 20.9 m/s (secundário)

médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (dms=8.60).

A análise de variância apresentada na tabela 2, possibilita as considerações que se seguem.

TABELA 2 - Análise de variância do experimento 1.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	185.12	185.12	99.2**
Bloco	1	11.52	11.52	6.2*
Tr. x Bl.	1	3.86	3.86	2.1
Resíduo	56	104.55	1.87	

Total	59	305.05		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

O efeito altamente significativo para tratamentos (cana crua e queimada) levou ao confronto entre médias pelo método de Tukey, revelando que as perdas invisíveis foram maiores em cana crua que em cana queimada, independente da variedade de cana.

O efeito significativo para variedades levou à comparação entre médias de variedades dentro dos tratamentos. Em cana crua as perdas invisíveis foram maiores na NA56-79, quando comparada à SP71-6163. Na cana queimada não houve diferença significativa entre as médias das variedades.

A não significância para a interação tratamentos x variedades mostra que, em relação às perdas invisíveis, os efeitos dos tratamentos não dependeram das variedades, ou seja, as perdas invisíveis foram maiores em cana crua independente da variedade em estudo.

Embora a literatura publicada cite a ocorrência de maiores perdas na colheita de cana crua, nenhum artigo consultado discorreu sobre os motivos que justifiquem este fato em cana crua limpa, o mesmo acontecendo em relação às perdas invisíveis, cujas informações são escassas.

Ao ensaiarem a colhedora Toft VT-7000, UENO et al (1989), concluíram que a injúria causada pelos mecanismos da colhedora nos colmos processados, foi maior na cana crua que na cana queimada.

DICK (1986b), afirma que o aumento das perdas em cana crua está condicionado aos maiores índices iniciais de impurezas vegetais presentes na matéria-prima processada. Fotografias de alta velocidade mostraram que as folhas se enrolavam nos toletes, os quais acabavam sendo aspirados pelo extrator, juntamente com as impurezas.

ROZZEF e CRAWFORD (1980), ao corrigirem os pesos de toletes de cana, amassados por tráfego, utilizaram um coeficiente de correção maior para cana crua do que para cana queimada. Os autores esclarecem que o emprego dos coeficientes citados foi baseado em experiência anterior.

5.2 Experimento 2

Nesse experimento determinaram-se as perdas invisíveis nas colhedoras 'DM-6000 e Rotor III-A, processando a variedade SP71-6163, nas formas crua e queimada, com os ventiladores/extratores à rotação normal de trabalho.

A velocidade média do ar na saída dos ventiladores da Rotor III-A foi de 17.4m/s e na DM-6000 as velocidades nos dois extratores foram iguais às observadas no experimento 1.

A Tabela 3 apresenta os resultados de perdas invisíveis, obtidos para o experimento 2:

TABELA 3 - Perdas invisíveis de cana limpa (PI%), nas colhedoras DM-6000 e ROTOR III-A, operando com os extratores/ventiladores na condição normal de trabalho. Variedade SP71-6163.

Variedade SP71-6163		
TRATAMENTOS	BLOCOS	PI% (%)
DM-6000 ¹	CRUA	3.54 ^A
	QUEIMADA	1.84 ^B
ROTOR III-A ²	CRUA	1.26 ^C
	QUEIMADA	1.23 ^C

¹ velocidade média do ar : 22.3 m/s (primário)
: 20.9 m/s (secundário)

² velocidade média do ar : 17.4 m/s

médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (dms=0.42).

A análise de variância apresentada na tabela 4, permite as considerações subsequentes.

TABELA 4 - Análise de variância do experimento 2.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	123.12	123.12	116.5**
Bloco	1	34.88	34.88	33.8**
Tr. x Bl.	1	32.94	32.94	31.2**
Resíduo	56	59.16	1.06	

Total	59	250.10		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

O efeito altamente significativo para a interação tratamentos (colhedoras) x blocos (cana crua e queimada) indica que as perdas invisíveis nas colhedoras ensaiadas, dependeram da condição da cana estar crua ou queimada, o que levou à decomposição do seu número de graus de liberdade. A nova análise de variância é apresentada na tabela 5.

TABELA 5 - Nova análise de variancia do experimento 2.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Mq d. Crua	1	141.72	141.72	134.2**
Mq d. Queimada	1	14.35	14.35	13.6**
Resíduo	56	59.16	1.06	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Os resultados dessa nova análise de variância permitem considerar que, tanto para cana crua como para queimada, as médias das perdas invisíveis, comparadas pelo método de Tukey, foram maiores quando se utilizou a DM-6000 no processamento das canas.

A diferença nas médias de perdas invisíveis entre as colhedoras DM-6000 e Rotor III-A foi mais acentuada quando as colhedoras processaram cana crua.

Esses resultados apóiam as advertências de BURLEIGH et al (1988), quando apontam que as perdas na

colheita de cana picada podem estar subestimadas, quando se consideram apenas as perdas visíveis no campo. Pelos resultados apresentados, pode-se concluir que o erro será maior quando a colheita for realizada por máquinas cujo sistema de limpeza é constituído por extratores.

O fato da DM-6000 ter apresentado maiores níveis de perdas invisíveis que a Rotor III-A, deve-se à diferença entre os sistemas pneumáticos de limpeza dessas colhedoras.

Os extratores da DM-6000 aspiram o ar através da massa de matéria-prima e, dependendo da velocidade do fluxo de ar, os toletes são removidos, sendo desintegrados pela hélice do extrator conforme mostrado na Fig. 16. Por outro lado, o posicionamento do facão picador também permite o arremesso dos toletes na direção do extrator primário.

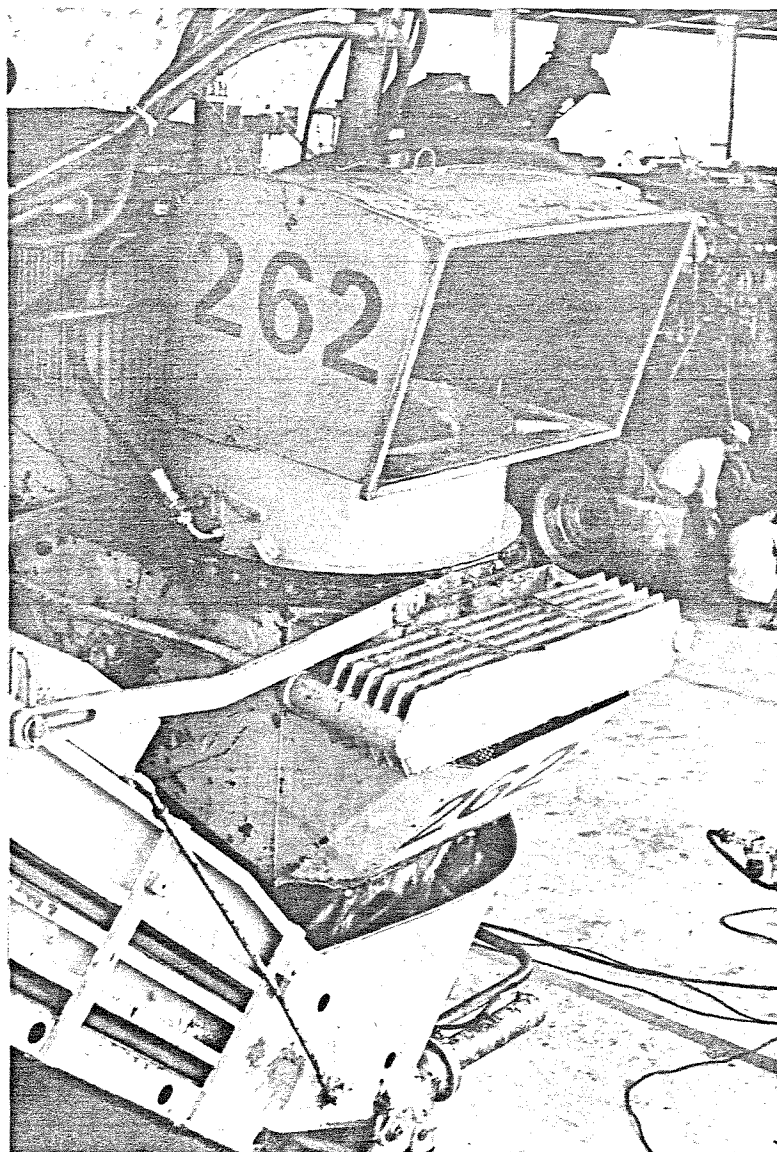


Fig. 16 - Detalhe de toletes de cana sendo arremessados pelo extrator primário da DM-6000.

Na Rotor III-A, os ventiladores insuflam o ar e os toletes podem ser removidos, mas no sentido oposto ao das hélices, o que evita a desintegração dos mesmos, conforme ilustrado na Fig. 17. Esses toletes ao serem atirados no campo compõem as perdas visíveis.

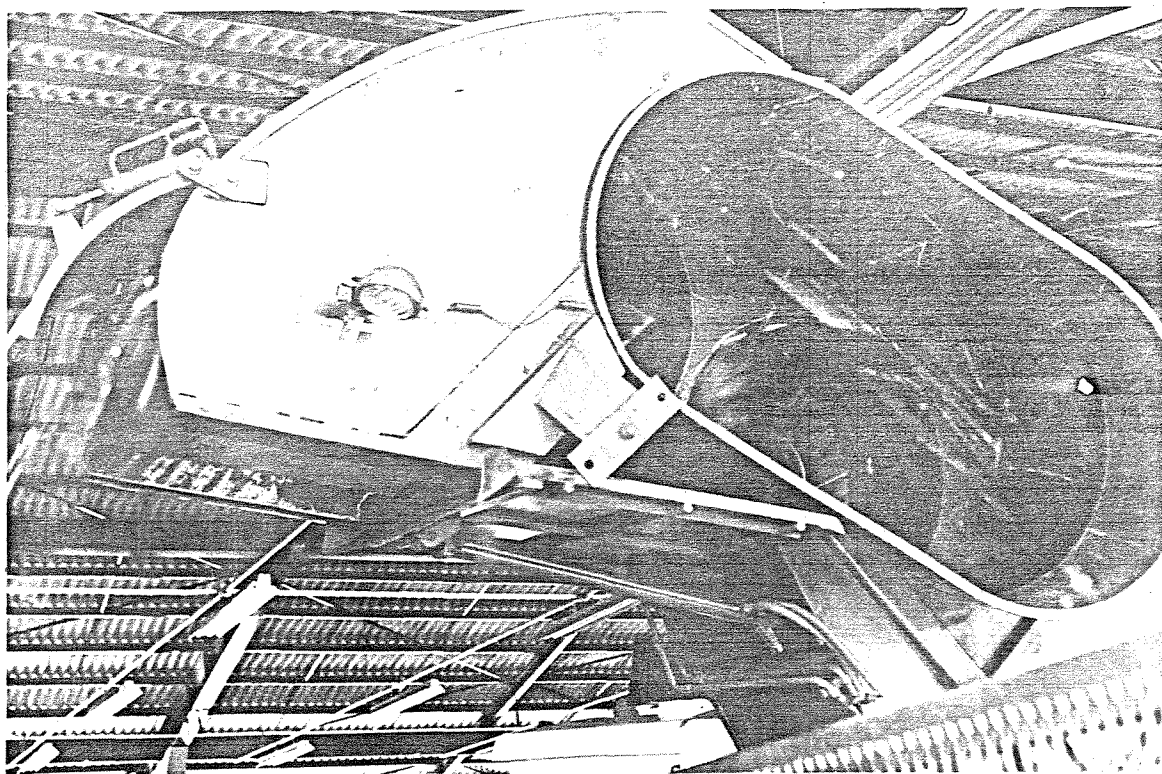


Fig. 17 - Detalhe da passagem de toletes de cana diante dos ventiladores da Rotor III-A.

Essas diferentes características referentes aos sistemas de limpeza da Rotor III-A e DM-6000, podem ser verificadas na pesquisa de Ando et al (1989), os quais determinaram as perdas visíveis no campo durante toda a

safrá de 89/90, utilizando estas colhedoras na colheita de cana queimada. As perdas no campo (toco, tolete, cana inteira) foram de 3.3% para a DM-6000 e de 4.0% para a Rotor III-A. Entretanto, em todos os levantamentos realizados, com diferentes variedades de cana, as perdas de toletes foram maiores quando se utilizou a Rotor III-A , com média de 1.1% contra 0.6% da DM-6000. Pode-se concluir que nem todos os toletes removidos pelos extratores da DM-6000 passaram pela hélice sem terem sido desintegrados, o que provavelmente contribuiu para que as perdas de toletes levantadas no campo para esta colhedora fossem menores.

5.3 Experimento 3

Nesse experimento determinaram-se as perdas invisíveis na colhedora DM-6000 processando a variedade SP71-6163, nas formas crua e queimada, em três condições de operação:

- a) com os dois extratores operando à rotação normal;
- b) com o extrator secundário desligado e o primário na rotação normal;
- c) com os dois extratores desligados.

As velocidades de saída do ar dos dois extratores foram iguais às observadas nos experimentos anteriores.

A Tabela 6 apresenta os resultados de perdas invisíveis, obtidos para o experimento 3:

TABELA 6 - Perdas invisíveis de cana limpa (PI%),
na colhedora DM-6000, em tres condicoes
de operacao dos extratores.
Variedade SP71-6163

Colhedora DM-6000 ¹		
TRATAMENTOS	BLOCOS	PI% (%)
DOIS EXTRATORES LIGADOS	CRUA	3.54 ^A
	QUEIMADA	1.84 ^B
EXTRATOR SECUNDARIO DESLIGADO	CRUA	3.97 ^A
	QUEIMADA	1.86 ^B
DOIS EXTRATORES DESLIGADOS	CRUA	1.25 ^C
	QUEIMADA	0.82 ^C

¹ velocidade media do ar : 22.3 m/s (primario)
: 20.9 m/s (secundario)

medias seguidas de mesmas letras nao diferem entre si
pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (dms=0.55).

A análise de variância apresentada na tabela 7 possibilita as considerações subsequentes.

TABELA 7 - Análise de variância do experimento-3.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	2	270.78	135.39	105.5**
Bloco	1	153.82	153.82	119.9**
Tr. x Bl.	2	23.67	11.83	9.2**
Resíduo	84	107.78	1.28	

Total	89	556.05		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

O efeito altamente significativo para a interação tratamentos (condições de operação da DM-6000) x blocos (cana crua e queimada), levou à decomposição do seu número de graus de liberdade.

A nova análise de variância é apresentada na tabela 8.

TABELA 8 - Nova análise de variância do experimento 3.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tr d. Crua	2	226.22	113.11	88.4**
Tr d. Queimada	2	68.23	34.11	26.6**

Residuo	84	107.78	1.28	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Esta nova análise de variância revelou significância para tratamentos tanto no bloco de cana crua quanto no de cana queimada.

Em ambos os blocos, o desligamento do extrator secundário não afetou as perdas invisíveis, quando comparado à colhedora na condição normal de operação (os dois extratores ligados), evidenciando que as perdas invisíveis dependeram principalmente do desempenho do extrator primário.

DICK (1986a), relata que na colhedora MF-205, cujo sistema de limpeza é constituído por extratores, como na DM-6000, a perda significativa ocorreu através do extrator primário, que foi mais efetivo na remoção das impurezas quando comparado com o extrator secundário.

A comparação de médias pelo método de Tukey, apontou diferenças altamente significativas para as perdas invisíveis com a DM-6000 operando com os extratores desligados, em comparação com as outras duas condições de operação, que não diferiram entre si. A perda invisível que ocorre com os extratores desligados se devem principalmente à ação do facão picador.

O desligamento do extrator primário resultou na redução das perdas invisíveis tanto na cana crua quanto na queimada, demonstrando ser o ponto principal de ocorrência destas perdas.

O efeito significativo para a interação mostra que as diferenças entre médias de tratamentos dependeram dos blocos (cana crua e queimada). As diferenças entre as médias de perdas invisíveis para os tratamentos estudados foram mais acentuadas em cana crua do que em cana queimada.

5.4 Experimento 4

Nesse experimento determinaram-se as perdas invisíveis na colhedora DM-6000 processando a variedade SP71-6163 na forma crua, em quatro condições de operação descritas a seguir:

a) colhedora operando com os dois extratores à rotação normal de trabalho;

b) colhedora operando sem o extrator secundário e com o primário na rotação normal;

c) colhedora operando sem os dois extratores;

d) colhedora operando com o extrator primário na rotação inferior à de trabalho e o secundário na rotação normal.

A velocidade média do ar na saída do extrator primário à menor rotação foi de 12.1m/s.

A Tabela 9 apresenta os resultados de perdas invisíveis, obtidos para o experimento 4:

TABELA 9 - Perdas invisíveis de cana limpa (P1%),
na colhedora DM-6000, em quatro condições
de operação dos extratores.
Variedade SP71-6163. Cana crua.

Colhedora DM-6000	
TRATAMENTOS	P1% (%)
DOIS EXTRATORES ¹ LIGADOS	3.54 ^A
EXTRATOR SECUNDARIO DESLIGADO	3.97 ^A
DOIS EXTRATORES DESLIGADOS	1.25 ^B
EXTRATOR PRIMARIO ² A MENOR ROTACAO	1.53 ^B

¹ velocidade média do ar : 22.3 m/s (primario)
: 20.9 m/s (secundario)

² velocidade média do ar : 12.1 m/s (primario)
: 20.9 m/s (secundario)

médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si
pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (dms=0.71).

A análise de variância apresentada na tabela 10 permite as considerações que se seguem.

TABELA 10 - Análise de variância do experimento 4.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	3	286.35	95.45	59.5**
Residuo	54	86.68	1.61	

Total	57	373.03		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise de variância apontou efeito altamente significativo entre tratamentos.

O confronto de médias pelo teste de Tukey, confirmando os resultados da análise de variância, registrou diferenças altamente significativas para tratamentos.

Os tratamentos com a DM-6000 nas condições de operação normal, e com o extrator secundário desligado não diferiram significativamente entre si, o mesmo acontecendo

quando a colhedora operou com os dois extratores desligados, e com o extrator primário na menor rotação.

Os dois primeiros tratamentos apresentaram diferenças altamente significativas em relação aos dois últimos, que obtiveram menores índices de perdas invisíveis.

Os resultados desse experimento confirmaram aqueles que foram obtidos no experimento anterior, estabelecendo que a condição de operação do extrator primário, determina a magnitude das perdas invisíveis para a colhedora DM-6000.

DICK e RIDGE (1988), citam que as perdas no campo na colheita de cana crua, foram de 11%, com a colhedora Claas 1400 operando com os ventiladores na condição normal de operação. Quando a velocidade de saída do ar foi reduzida para 20m/s, as perdas de cana pelos ventiladores diminuíram para 4%.

RIDGE (1987), publicou um artigo relatando que, na Austrália, as perdas em cana queimada foram reduzidas de 2 a 3%, através da diminuição da velocidade de saída do ar no extrator primário das colhedoras.

O experimento evidencia que os projetos existentes de colhedoras utilizam velocidades de ar (20-22m/s) muito próximas da velocidade terminal dos toletes (aproximadamente 25m/s), o que coloca uma porcentagem alta de toletes em trajetória ascendente.

5.5 Experimento 5

Nesse experimento determinaram-se as perdas invisíveis nas colhedoras DM-6000 e Rotor III-A processando a variedade SP71-6163 na forma queimada. As colhedoras operaram com os extratores/ventiladores primeiramente ligados e posteriormente desligados.

A Tabela 11 apresenta os resultados de perdas invisíveis, obtidos para o experimento 5:

A análise de variância apresentada na tabela 12 permite as seguintes considerações.

TABELA 12 - Análise de variancia do experimento 5.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	34.20	34.20	56.9**
Bloco	1	1.40	1.40	2.3
Tr. x Bl.	1	17.35	17.35	28.9**
Resíduo	56	33.64	0.60	

Total	59	86.59		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise de variância apontou efeito altamente significativo para a interação tratamentos (condições de operação) x blocos (colhedoras). Isto significa que os efeitos dos tratamentos dependeram dos blocos, ou seja, das colhedoras ensaiadas. A decomposição do número de graus de liberdade conduziu a uma nova análise de variância que é apresentada na tabela 13.

TABELA 13 - Nova análise de variância do experimento 5.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tr d. DM6000	1	50.13	50.13	88.6**
Tr d. Rotor	1	1.42	1.42	2.4
Residuo	56	33.64	0.60	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

A nova análise de variância apontou diferença altamente significativa entre tratamentos com a colhedora DM-6000. Com a Rotor III-A não houve diferença significativa entre os tratamentos.

A comparação entre médias pelo método de Tukey confirmou os resultados da análise de variância. Para a colhedora DM-6000 as perdas invisíveis foram maiores na condição normal de operação, quando comparada à condição com os dois extratores desligados. Com a colhedora Rotor III-A não houve diferença significativa entre os dois tratamentos estudados, revelando que a limpeza pneumática por ventiladores não afetou as perdas invisíveis. Estes resultados reafirmam a diferença existente entre os sistemas de limpeza das colhedoras ensaiadas, no tocante às perdas invisíveis, conforme já discutido no experimento 2.

5.6 Experimento 6

Nesse experimento determinaram-se os índices de impurezas vegetais na carga com as colhedoras DM-6000 e Rotor III-A processando a variedade SP71-6163 na forma crua, com folhas e ponteiros, conforme mostrado na Fig. 18.

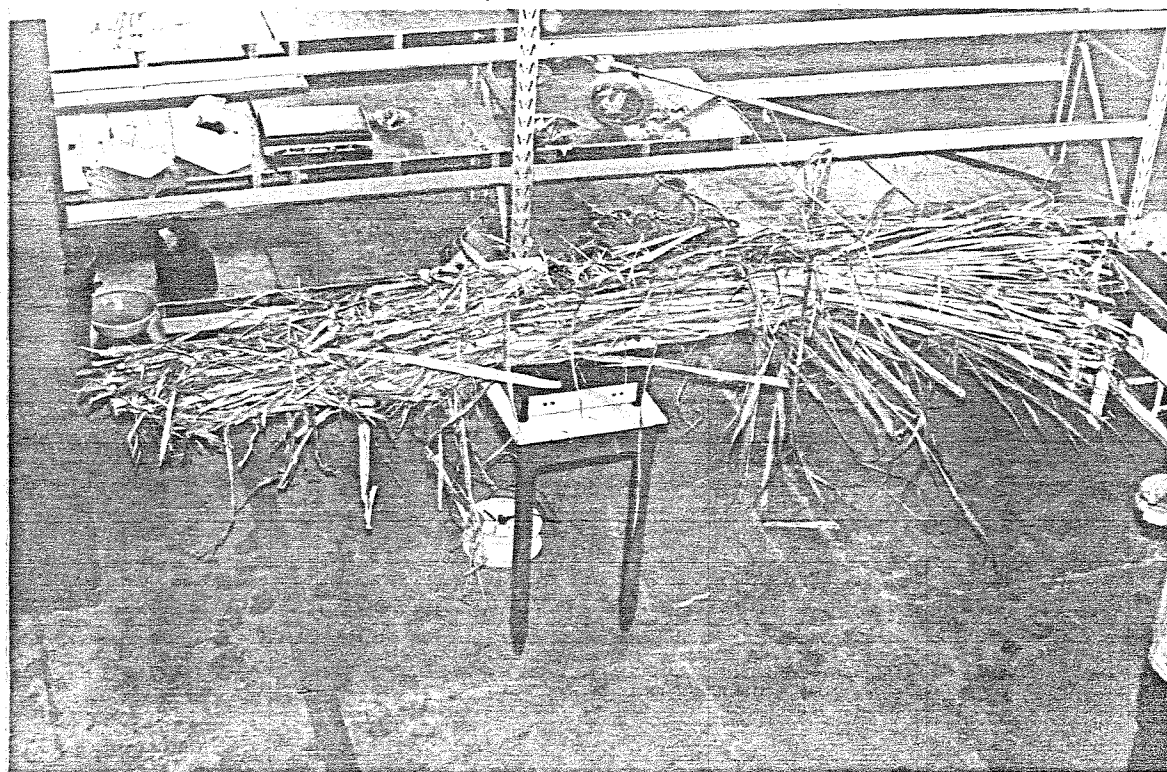


Fig. 18 - Canas com folhas e ponteiros utilizadas nas séries de ensaios para determinação das impurezas vegetais na carga.

A colhedora DM-6000 operou em três diferentes condições de trabalho, ou seja, com os dois extratores ligados, com o extrator primário operando à menor rotação e o secundário na rotação normal, e finalmente com o extrator secundário desligado e o primário na rotação normal. A colhedora Rotor III-A operou com os dois ventiladores na rotação normal de trabalho.

As velocidades do ar nas saídas dos extratores/ventiladores das colhedoras foram as mesmas correspondentes aos experimentos anteriores.

A Tabela 14 apresenta os índices de impurezas vegetais na carga (IVC%), obtidos para o experimento 6.

TABELA 14 - Impurezas vegetais na carga (IUC%).

Variedade SP71-6163. Cana crua.

Variedade SP71-6163		
TRATAMENTOS	COLHEIDORAS	IUC% (%)
DOIS EXTRATORES ¹ LIGADOS	DM-6000	10.72 ^A
EXTRATOR SECUNDARIO DESLIGADO		14.05 ^B
EXTRATOR PRIMARIO ² A MENOR ROTACAO		14.64 ^B
DOIS EXTRATORES ³ LIGADOS	ROTOR III-A	17.88 ^C

¹ velocidade media do ar : 22.3 m/s (primario)
: 20.9 m/s (secundario)

² velocidade media do ar : 12.1 m/s (primario)
: 20.9 m/s (secundario)

³ velocidade media do ar : 17.4 m/s

medias seguidas de mesmas letras nao diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (dms=2.04).

A análise de variância apresentada na tabela 15, permite as considerações a seguir.

TABELA 15 - Análise de variancia do experimento 6.

C. VARIACAO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	3	283.72	94.57	29.7**
Residuo	40	127.24	3.18	

Total	43	410.96		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise de variância apontou efeito altamente significativo entre tratamentos, o que levou à comparação de médias pelo teste de Tukey.

A colhedora DM-6000 na condição normal de operação apresentou o menor índice de impurezas vegetais na carga. Os tratamentos relativos à DM-6000 operando sem o

extrator secundário, e com menor rotação do primário, ficaram numa escala intermediária, e suas respectivas médias não diferiram entre si. O maior índice de impurezas na carga foi referente à colhedora Rotor III-A, com diferença altamente significá-tiva em relação aos outros tratamentos.

A menor velocidade do ar nos ventiladores da Rotor III-A, aliada ao fato da limpeza pneumática ser efetuada em um único estágio, pode ter contribuído na incidência dos maiores índices de impurezas vegetais na cana processada. Por outro lado, a velocidade com que a massa de matéria-prima é lançada pelo rotor pode dificultar a remoção das impurezas pelos ventiladores.

O efeito de se reduzir a velocidade de saída do ar no extrator primário da DM-6000, foi equivalente à retirada do extrator secundário, o que mostra a importância de um perfeito ajuste do extrator primário, para controlar os índices de impurezas na carga e, conseqüentemente, as perdas invisíveis. Vale notar que mesmo nestas condições, a DM-6000 foi mais efetiva na limpeza das impurezas vegetais quando comparada à Rotor III-A.

O fato da DM-6000 ter apresentado a menor média de impurezas vegetais na carga, e o maior índice de perdas

invisíveis, considerando a condição normal de operação, comprova as afirmações de YOUNGER (1980), RIDGE (1987) e DICK (1988), que estabelecem que o aumento da capacidade de limpeza dos extratores/ventiladores está diretamente relacionado com o aumento das perdas de cana.

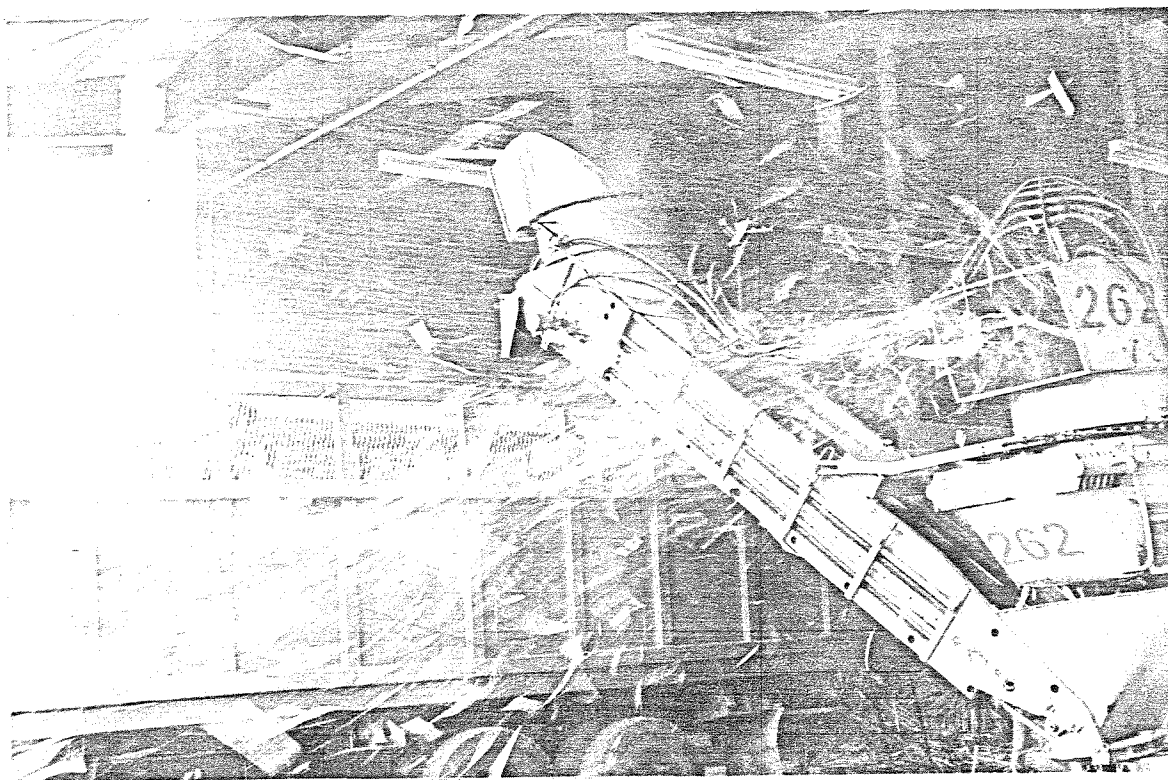


Fig. 19 - Remoção das impurezas vegetais pelo extrator primário da DM-6000.

CONCLUSÕES

As principais conclusões do trabalho foram:

- Na colhedora DM-6000 as perdas invisíveis foram maiores em cana crua quando comparada à cana queimada.

- A colhedora DM-6000, que utiliza extratores no seu sistema de limpeza pneumático, apresentou maiores perdas invisíveis de cana que a Rotor III-A, que emprega ventiladores.

- Ao se estimar a perda total de matéria-prima na colheita de cana picada, considerando-se apenas as perdas visíveis no campo, o erro poderá ser maior quando a colheita for efetuada por colhedoras que empreguem extratores.

- O extrator primário da DM-6000 foi o ponto principal de ocorrência das perdas invisíveis, que não foram afetadas pelo funcionamento do extrator secundário.

- A redução da velocidade de saída do ar no extrator primário da DM-6000 diminui as perdas invisíveis de cana.

- O desligamento dos ventiladores da Rotor III-A não afetou a magnitude das perdas invisíveis de matéria-prima.

- A colhedora DM-6000 foi mais efetiva na remoção das impurezas vegetais quando comparada à Rotor III-A.

- A redução da velocidade de saída do ar no extrator primário implicou no aumento das impurezas vegetais presentes na carga.

- Em ambas as colhedoras, as perdas invisíveis originadas com os extratores/ventiladores desligados ocorreram, principalmente, devido à ação dos facões picadores.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Determinação das perdas invisíveis utilizando-se a cana integral, com folhas e ponteiros, simulando a colheita de cana crua.

2. Teste de novos tipos de extratores e ventiladores em colhedoras nacionais, pois segundo a literatura, o acréscimo da vazão de ar pelo aumento do diâmetro dos ventiladores, seguido pela redução da velocidade do ar, propicia uma limpeza mais eficiente com menores perdas de cana.

3. Determinação da eficiência de limpeza dos extratores/ventiladores em função de diferentes índices iniciais de impurezas vegetais da matéria-prima a ser processada.

4. Avaliação das perdas invisíveis de cana em outros sistemas mecânicos das colhedoras como corte basal e picador.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABREU, J. & PUIG, A. A new constructive technological scheme for sugarcane harvester. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 18., La Habana, Feb. 21-26, 1983. Proceedings. Cuba, 1983. v.1. p.450-460.
- ANDO, C. S. et alli. Avaliação de perdas visíveis no campo e impurezas no carregamento. Piracicaba, CTC/COPERSUCAR, 1989. 45p. (Relatório Técnico de circulação interna).
- BRAUNBECK, O. & PINTO, A. C. P. Carregamento contínuo : resultados operacionais. Boletim Técnico Copersucar, (34): 3-14, mar.1986.
- BUREAU OF SUGAR EXPERIMENT STATIONS. Extractor air speed important in reducing cane losses. BSES Bulletin, (24): 24, Oct.1988.
- BURLEIGH & Associates. A comparative evaluation of sugarcane harvesting and transport systems for use in the Brazilian sugar industry. São Paulo, COPERSUCAR, 1988. 54p.
- CLAYTON, J. E. ; HEDICK JR, W. C. & FRANKS, G. N. Air velocities required to convey sugarcane and leaf trash in a vertical air stream. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., Durban, Jun. 13-29, 1974. Proceedings. Durban, 1974. v.2. p.1155-1161.
- DE BEER, A. G. A review of mechanical harvesting and its effect on sugarcane quality. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb. 1-11, 1980. Proceedings. Philippines, 1980. v.1. p.LVII-LXI.
- _____. ; BAXTER, S. W. D. & RIDGE, R. D. Test procedures preferred by ISSCT for mechanical sugarcane harvesters or harvesting systems. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 19., Jakarta, Aug. 21-31, 1986. Proceedings. Indonesia, 1987. v.3. p.1184-1221.

- DICK, R. G. Australian cane harvester research : past, present and future. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 19., Jakarta, Aug. 21-31, 1986. Proceedings. Indonesia, 1987. v.3. p.157-167.
- _____. Potential losses higher when harvesting green. BSES Bulletin, (15): 8-10, Jul.1986.
- _____. Harvesters can be modified to cut green cane. BSES Bulletin, (22): 9-16, Apr.1988.
- _____. & RIDGE, D. R. Harvester extractor performance and dirt rejection studies. In: BSES Progress Report, 1988. 25p. (Project 308.80.134)
- FERNANDES, A. C. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Piracicaba, CTC/COPERSUCAR, 1988. 88p. (Relatório Técnico de circulação interna).
- _____. ; OLIVEIRA, E. R. & QUEIROZ, L. Sugarcane trash measurements in Brazil. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo, Sep. 9-25, 1977. Proceedings. São Paulo, 1978. v.2. p.1963-1973.
- JORGENSEN, R. Fan engineering. Buffalo, Buffalo Forge Co., 1970. p.2.90-2.98.
- MASON, V. et alli. Review of cane harvester performance. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb. 1-11, 1980. Proceedings. Philippines, 1980. v.1. p.782-799.
- MONTERO, J. B. & CIL, J. A. Investigation of a pneumatic separation system for sugarcane harvesting machine. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo, Sep. 9-25, 1977. Proceedings. São Paulo, 1978. v.2. p.2023-2038.
- NOVAIS, G. R. Establishing optimum standards for the lower cutting device of the sugarcane harvester. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo, Sep. 9-25, 1977. Proceedings. São Paulo, 1978. v.2. p.2011-2022.
- PERALTA ABREU, U. A. & ABREU, L. E. Behavior of a suction pneumatic chamber for sugarcane extraneous matter removal under varying vegetal mass feeding rates. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb. 1-11, 1980. Proceedings. Philippines, 1980. v.1. p.891-906.

- REMUS, J. S. Analysis of the cutting process in the chopper of KTP-1 sugarcane harvester. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb. 1-11, 1980. Proceedings. Philippines, 1980. v.1. p.907-915.
- RIDGE, D. R. Research and innovations aid harvesters efficiency. BSES Bulletin, (9): 9-11, Jul.1987.
- ROZEFF, N. & CRAWFORD JR, H. R. Green cane vs. burned cane comparisons, 1978-1979. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb. 1-11, 1980. Proceedings. Philippines, 1980. v.1. p.916-932.
- UENO, M. ; IZUMI, H. & YASUDA, H. Evaluation of mechanical harvesting system for green cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 20., São Paulo, Oct. 12-21, 1989. Proceedings. Brazil, 1989. v.2. p.1023-1033.
- YOUNGER, J. A. Quality cane and extraneous matter. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, Feb. 1-11, 1980. Proceedings. Philippines, 1980. v.1. p.885-890.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine invisible losses and incidence of vegetable impurities in the sugar cane processed by chopper harvesters Dedini DM-6000 and Santal Rotor III-A.

Trials carried out under controlled conditions at the maintenance workshop of São Martinho Sugarmill (Pradópolis - SP), in november, 1989.

The harvesters, wich stayed stationary, were fed by a conveyor driven by an electric motor. For the tests of invisible losses clean cane without leaves, straw and top was used. To determine vegetable impurities in the load, wholestalks were processed with leaves and tops, simulating adverse condition of lodged cane crop.

The different features of the pneumatic cleaning systems, extractors in the DM-6000 and blowers in the Rotor III-A, affected the magnitude of invisible losses and the amount of vegetable impurities in the load.

The largest invisible losses in the cane processed by the DM-6000 occurred due to primary extractor, which sometimes desintegrated the billets as they passed through the extractor's blades. This fact did not happen in the Rotor III-A because the billets, when removed, were blown in the opposite direction of the blowers. In the field, these billets left behind the machine, compose the visible losses, which are not considered in this work.

The DM-6000 harvester had higher invisible losses in green cane than in burnt cane.

The DM-6000 harvester was more effective than the Rotor III-A in removing vegetable impurities when green cane was processed.

The values of invisible losses and incidence of vegetable impurities in the load, due to the different adjustments of pneumatic cleaning systems of the harvesters, are analysed and discussed in this work.

ANEXOS

A1 - Resultados gerais da serie de ensaio 1

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	TLC (g)	TLP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	27	33650.00	28864.00	2720.60	183.60	1831.90	5.59
2	27	30350.00	26327.30	2273.40	234.50	1514.80	4.99
3	29	36250.00	32100.30	2317.90	229.20	1515.25	4.18
4	28	35700.00	31249.10	1970.00	259.60	2320.50	6.50
5	24	27850.00	26635.10	1591.50	227.10	1214.26	4.36
6	29	38050.00	36013.60	1352.40	300.80	1236.62	3.25
7	27	36550.00	33058.10	1809.00	136.60	1167.30	3.19
8	27	36750.00	31211.60	3047.70	543.70	1947.00	5.30
9	28	30100.00	25421.30	2065.20	427.60	1305.90	4.60
10	30	43300.00	39006.60	1936.00	125.60	1431.80	3.31
11	30	29400.00	26592.80	1372.60	151.60	1203.00	4.36
12	29	33600.00	29992.40	1937.60	185.40	1404.60	4.42
13	30	34450.00	31035.50	1340.30	138.60	1935.60	5.62
14	30	29300.00	26050.10	1202.50	489.60	749.80	2.56
15	30	40000.00	37542.20	879.10	429.20	1949.50	4.78

A2 - Resultados gerais da serie de ensaio 2

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	ILC (g)	TLP (g)	TLM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	44350.00	41445.10	1367.80	429.40	1106.70	2.50
2	30	38000.00	35954.10	1074.00	346.40	627.00	1.65
3	30	36850.00	34594.60	1113.00	179.70	755.80	2.61
4	30	40300.00	37981.80	802.80	496.30	1019.10	2.53
5	30	43900.00	41479.50	1267.70	zero	1152.80	2.63
6	30	37600.00	35620.30	1327.10	64.20	500.40	1.54
7	30	42000.00	39816.10	1350.50	217.70	615.70	1.47
8	30	43700.00	41639.70	950.50	206.20	900.60	2.07
9	30	40350.00	37980.90	1667.00	73.90	628.00	1.56
10	30	40500.00	38580.70	1512.70	83.90	322.70	0.80
11	30	39000.00	36557.20	1361.60	zero	1091.20	2.77
12	30	41500.00	38812.00	1781.60	290.90	615.50	1.40
13	30	38150.00	35265.20	1670.70	151.20	1062.90	2.79
14	30	40200.00	38125.80	1114.50	274.70	685.00	1.70
15	30	37050.00	34899.00	1266.40	zero	884.60	2.39

A3 - Resultados gerais da serie de ensaio 3

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	TLC (g)	ILP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	35200.00	32066.40	951.20	27.30	1355.10	3.85
2	30	33500.00	29024.60	1806.50	353.50	1515.40	4.52
3	30	32100.00	29070.50	1250.90	zero	970.60	3.05
4	29	28700.00	25323.90	1751.00	445.90	1179.20	4.11
5	30	34450.00	31725.00	1452.10	90.00	1174.10	3.41
6	30	31650.00	28109.00	1520.70	61.40	1070.10	5.91
7	30	30750.00	28314.60	1145.00	58.30	1232.10	4.01
8	30	32700.00	30043.30	1595.60	52.70	1000.40	3.00
9	30	32550.00	30692.30	1419.70	zero	430.00	1.35
10	30	30000.00	27560.20	1281.60	250.30	899.90	3.00
11	30	34200.00	31235.20	1809.20	20.00	1134.00	3.32
12	30	30000.00	27525.20	1407.10	zero	1067.70	3.56
13	30	31550.00	28574.20	1470.10	264.70	1241.00	3.90
14	30	32150.00	29729.00	1304.40	87.80	1020.00	3.20
15	30	33350.00	31129.50	1166.50	133.70	920.30	2.76

A4 - Resultados gerais da serie de ensaio 4

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	TLC (g)	TLP (g)	TLM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	31700.00	29267.40	1859.80	20.40	612.40	1.93
2	30	39800.00	36601.80	2100.20	211.00	887.00	2.23
3	30	32700.00	30290.60	1327.80	243.60	830.00	2.54
4	30	31950.00	30339.00	1096.80	49.00	465.20	1.46
5	30	33100.00	31116.90	1140.40	334.60	503.10	1.54
6	30	32150.00	30674.30	678.90	69.00	727.00	2.26
7	30	31300.00	29329.80	1195.00	97.30	677.90	2.16
8	30	34250.00	31860.90	1821.90	54.20	505.00	1.47
9	30	36500.00	34479.10	1193.70	369.50	457.70	1.25
10	30	34650.00	32631.80	872.80	449.60	695.80	2.01
11	30	36300.00	34397.80	1093.10	108.60	620.50	1.71
12	30	34000.00	33330.50	900.10	105.20	464.20	1.33
13	30	36750.00	34735.60	742.80	493.70	777.90	2.12
14	30	33750.00	32192.50	1059.20	109.10	389.20	1.15
15	30	32150.00	30520.80	755.90	110.50	762.00	2.37

A5 - Resultados gerais da serie de ensaio 5

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	TLC (g)	TLP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	32150.00	31141.00	463.60	73.70	470.90	1.46
2	31	35500.00	34450.90	536.60	zero	522.50	1.47
3	30	34150.00	33056.00	222.70	302.20	568.30	1.66
4	30	35400.00	33870.00	1058.10	35.60	425.50	1.20
5	30	33400.00	32410.20	500.60	8.40	464.00	1.39
6	30	35600.00	34765.90	429.50	33.30	371.30	1.04
7	30	31150.00	30260.70	506.10	zero	303.20	1.23
8	30	32400.00	31430.00	351.30	zero	567.90	1.75
9	30	29900.00	29377.00	235.20	zero	287.00	0.96
10	30	31250.00	30596.40	315.50	zero	330.10	1.03
11	30	28250.00	27777.70	154.50	35.50	202.30	1.00
12	31	27950.00	27134.00	361.20	zero	454.00	1.62
13	30	27100.00	26668.40	169.60	zero	262.00	0.97
14	30	35550.00	34797.70	437.40	zero	314.90	0.89
15	30	29500.00	28776.20	362.40	35.50	325.90	1.10

A6 - Resultados gerais da serie de ensaio 6

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	ILC (g)	TLP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	33250.00	31509.80	671.40	486.20	504.60	1.52
2	30	30950.00	30091.40	505.00	9.10	344.50	1.11
3	30	28600.00	27628.90	491.10	27.70	452.30	1.58
4	31	27500.00	26906.40	213.80	zero	379.80	1.33
5	30	30900.00	30276.30	224.30	zero	399.40	1.29
6	30	29500.00	29020.90	156.60	zero	322.50	1.09
7	31	31450.00	30889.00	150.00	77.20	333.80	1.06
8	30	28150.00	27084.80	738.10	88.80	238.30	0.85
9	30	31650.00	31053.60	243.30	17.00	336.10	1.06
10	30	31850.00	30729.70	675.10	zero	445.20	1.40
11	30	28100.00	27473.20	289.90	zero	336.90	1.20
12	31	33700.00	32468.80	699.30	zero	531.90	1.58
13	31	27550.00	27185.80	78.20	zero	286.00	1.04
14	31	31250.00	30350.70	76.30	zero	323.00	1.03
15	31	26800.00	26094.10	356.50	zero	349.40	1.30

07 - Resultados gerais da serie de ensaio 7

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	ILC (g)	TLP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	36600.00	33871.00	1251.20	188.10	1283.90	3.52
2	30	34400.00	30760.40	1492.40	187.70	1951.50	5.67
3	30	33400.00	30523.50	1479.60	175.50	1121.40	3.36
4	30	32200.00	28610.00	1600.50	191.10	1500.60	4.69
5	29	35100.00	31879.30	1530.20	30.20	1652.30	4.71
6	30	30950.00	28842.60	1303.00	224.70	579.70	1.87
7	30	32750.00	29391.90	1744.30	439.90	1119.90	3.42
8	30	30950.00	27720.50	1922.40	zero	1307.10	4.22
9	30	29700.00	26504.90	1412.10	441.00	1342.00	4.52
10	30	28050.00	25135.50	1365.00	293.80	1255.70	4.48
11	30	31800.00	29140.90	1672.00	111.00	874.50	2.75
12	30	30300.00	27965.40	1512.30	177.00	1144.50	3.72
13	30	28750.00	26160.90	1262.40	109.70	1137.00	3.95
14	30	31300.00	28309.60	1198.90	369.10	1422.40	4.54
15	30	30350.00	26247.40	2177.60	682.30	1242.70	4.09

A8 - Resultados gerais da serie de ensaio 8

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	ILC (g)	TLP (g)	TLM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	34100.00	31629.40	1476.50	314.10	688.03	1.99
2	30	34200.00	31813.30	1368.70	544.00	474.00	1.39
3	30	34750.00	32705.90	1199.80	229.20	615.10	1.77
4	30	33350.00	31694.20	973.80	239.40	442.60	1.33
5	30	31400.00	29109.60	657.20	990.90	642.30	2.05
6	30	31600.00	30256.30	660.90	146.20	536.60	1.70
7	30	32750.00	30874.40	766.60	236.90	872.10	2.66
8	30	34600.00	32319.90	1597.70	116.40	566.00	1.64
9	30	29850.00	28355.80	1012.50	64.20	417.50	1.40
10	30	32350.00	30226.40	1193.70	144.80	785.10	2.43
11	30	35100.00	32122.80	1554.70	724.00	698.50	1.99
12	30	26400.00	24590.60	999.50	202.60	607.30	2.30
13	30	33600.00	31605.70	1116.90	421.20	456.20	1.36
14	30	30650.00	28901.40	1029.60	245.40	473.40	1.54
15	30	32200.00	30077.40	790.40	590.50	741.70	2.30

A9 - Resultados gerais da serie de ensaio 9

ensaio n.	casas n.	PSA (g)	TLC (g)	TLP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	39900.00	38167.60	1238.60	zero	493.60	1.24
2	30	38650.00	36766.20	1024.30	429.50	430.00	1.11
3	30	38400.00	35093.50	2837.80	82.60	386.10	1.01
4	30	39200.00	36840.90	1704.20	14.90	640.00	1.63
5	30	39550.00	37600.60	1328.70	400.90	139.80	0.35
6	30	41600.00	39737.00	1212.30	508.20	142.50	0.34
7	30	37850.00	36204.10	1090.60	171.50	300.80	0.80
8	30	38000.00	35771.90	1277.70	652.60	297.00	0.78
9	30	36250.00	34338.60	1274.10	340.00	200.50	0.60
10	30	35200.00	32014.70	1787.70	271.90	325.70	0.93
11	30	37250.00	35400.10	1372.50	124.30	353.10	0.95
12	30	37850.00	35642.00	1694.70	252.90	260.40	0.69
13	30	44650.00	42118.30	1940.50	241.00	342.20	0.77
14	30	40700.00	38369.80	1834.10	168.60	327.50	0.80
15	30	41350.00	39341.50	1529.60	96.60	382.30	0.92

A10 - Resultados gerais da serie de ensaio 1B

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	TLC (g)	TLP (g)	ILM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	27700.00	26200.70	1192.90	71.70	234.70	0.65
2	29	26050.00	25540.00	901.20	107.60	141.20	0.53
3	30	28400.00	26190.00	1642.70	106.00	381.30	1.34
4	30	33900.00	32049.70	1186.90	291.00	371.60	1.10
5	30	29540.00	27920.50	1061.40	151.70	405.40	1.37
6	30	32500.00	29902.10	1716.90	435.70	365.30	1.12
7	30	35650.00	33437.90	1220.50	470.40	521.20	1.46
8	30	35000.00	32462.20	1944.90	263.10	329.00	0.94
9	30	30150.00	27961.60	1656.20	103.90	348.30	1.16
10	30	35200.00	32909.00	1609.00	261.20	420.00	1.19
11	30	34000.00	31007.50	1565.00	960.00	387.50	1.14
12	29	30400.00	28396.00	1471.10	152.00	300.10	1.25
13	30	31050.00	29378.40	706.30	550.70	414.60	1.34
14	30	32550.00	30401.10	1018.90	346.00	704.00	2.16
15	30	29400.00	25426.30	1426.40	2007.40	539.90	1.04

A11 - Resultados gerais da serie de ensaio 11

ensaio n.	canas n.	FS0 (g)	TLC (g)	TLP (g)	TLM (g)	PI (g)	PI% (%)
1	30	33800.00	32456.20	812.30	247.30	284.20	0.84
2	30	34203.00	32829.00	732.00	350.40	279.00	0.82
3	30	32950.00	31202.90	1053.90	486.60	201.60	0.61
4	30	31250.00	29432.50	1097.10	516.10	204.30	0.65
5	30	32150.00	29983.90	1642.50	305.10	217.50	0.68
6	30	32000.00	31500.10	859.20	75.00	267.70	0.82
7	29	28600.00	27385.20	605.00	344.00	264.00	0.93
8	30	26650.00	25033.10	1170.00	280.10	158.00	0.59
9	30	25550.00	23804.50	1246.70	266.50	232.30	0.91
10	30	28850.00	27526.30	837.70	267.10	210.90	0.76
11	30	28750.00	26900.20	1236.90	124.00	400.10	1.39
12	30	29150.00	27731.20	1127.40	138.00	152.60	0.52
13	30	26850.00	25273.60	1014.60	265.30	296.50	1.10
14	30	29050.00	27351.40	1326.80	166.90	205.40	0.71
15	29	26400.00	25016.30	959.20	179.40	245.10	0.93

A12 - Resultados gerais da serie de ensaio 12

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	TLC (g)	TLP (g)	ILM (g)	FI (g)	PI% (%)
1	30	33750.00	32937.30	360.30	109.70	334.70	0.99
2	30	32100.00	30720.00	151.00	817.40	402.00	1.25
3	30	31250.00	30731.00	172.60	10.00	327.60	1.05
4	30	31100.00	30203.40	407.00	54.20	355.40	1.14
5	30	30500.00	29590.20	263.30	30.00	599.70	1.97
6	30	34450.00	33006.00	227.00	12.00	404.20	1.17
7	30	31200.00	290625.0	205.50	55.20	313.50	1.00
8	30	31000.00	31250.70	152.30	30.90	366.10	1.15
9	30	33350.00	32017.50	900.30	10.60	405.60	1.22
10	30	32650.00	32130.70	206.20	zero	233.10	0.71
11	30	30150.00	29445.70	341.10	49.70	313.50	1.04
12	31	31500.00	30732.10	417.10	zero	350.00	1.11
13	31	30100.00	20568.30	1214.50	42.60	274.60	0.91
14	30	30500.00	29729.60	595.40	zero	175.00	0.57
15	30	31500.00	31029.20	124.40	52.90	293.50	0.93

A13 - Resultados gerais da serie de ensaio 13

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	PTC (g)	PIU (g)	IUC% (%)
1	30	39350.00	27614.50	3471.60	11.17
2	30	42550.00	29362.20	3809.40	11.40
3	30	37450.00	25483.50	3462.00	11.99
4	30	39350.00	27199.70	3499.60	11.40
5	30	34400.00	24551.30	2493.50	9.19
6	30	33300.00	22886.30	3693.70	13.92
7	30	40350.00	28667.70	3598.40	9.75
8	30	43200.00	30521.70	3843.30	11.15
9	30	36400.00	27183.60	2582.50	8.67
10	30	41750.00	30630.60	3256.90	9.61
11	30	32000.00	22375.70	2390.70	9.65

A14 - Resultados gerais da serie de ensaio 14

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	PTC (g)	PIU (g)	IVC% (%)
1	30	40900.00	29419.60	4303.90	12.76
2	30	39700.00	27775.80	4182.50	13.09
3	30	37150.00	26223.40	4253.70	13.96
4	30	37450.00	26367.80	4368.40	14.19
5	30	35250.00	25650.70	3629.00	12.39
6	30	35550.00	25478.80	4398.90	14.72
7	30	40600.00	28232.30	4697.30	14.26
8	30	34850.00	24719.30	3894.10	13.61
9	30	41500.00	30510.50	4879.60	13.79
10	30	38600.00	28351.30	4936.50	14.83
11	30	43600.00	28574.10	5838.40	16.97

A15 - Resultados gerais da serie de ensaio 15

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	PTC (g)	PIU (g)	IUCX (%)
1	30	43350.00	31336.90	4047.90	11.44
2	30	41350.00	28736.90	5139.60	15.17
3	30	47350.00	33872.60	6201.00	15.47
4	30	44450.00	31297.70	5913.20	15.89
5	30	43450.00	30363.40	5411.40	15.13
6	30	35450.00	26009.50	3693.10	12.43
7	30	41702.00	28176.90	5115.60	15.37
8	30	43800.00	31447.30	5029.00	13.79
9	30	35600.00	24377.90	4373.30	15.21
10	30	44350.00	32789.60	5514.10	14.40
11	30	48350.00	32950.00	6600.20	16.71

A16 - Resultados gerais da serie de ensaio 16

ensaio n.	canas n.	PSA (g)	FTC (g)	PIU (g)	IUC% (%)
1	30	42100.00	30883.50	5662.50	15.49
2	30	45350.00	33594.40	4964.60	12.88
3	30	40700.00	30066.60	5767.00	16.09
4	30	46650.00	33242.70	6776.60	16.93
5	30	46700.00	34383.60	7215.20	17.14
6	30	39300.00	29657.90	6170.10	17.24
7	30	43650.00	31786.10	7612.00	19.32
8	30	42000.00	29774.30	7091.90	19.24
9	30	50450.00	36900.30	9744.00	20.89
10	30	43750.00	30676.00	8077.50	20.84
11	30	44750.00	31851.50	8284.00	20.64