

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

**Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**

**José Vitor Salvi**

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

**Piracicaba**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**José Vitor Salvi**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**

**Orientador:**  
**Prof. Dr. MARCOS MILAN**

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

**Piracicaba**  
**2006**

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

Salvi, José Vitor

Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar / José Vitor Salvi . --  
Piracicaba, 2006.  
89 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1.Cana-de-Açúcar 2. Colheita 3. Estatística aplicada 4. Mecanização agrícola I. Título

CDD 633.61

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

**“O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade. O otimista vê a  
oportunidade em cada dificuldade.”**

**Winston Churchill**

**À**

**meus pais, Antonio (*in memorian*) e Ivone;**

**meus irmãos Márcio e Paulo;**

**minha cunhada Alessandra e meu sobrinho Gabriel;**

**meus padrinhos Cecília e Antonio Camilli,**

**Dedico**

**À**

**Cristiana K. Wu,**

**Cecília K. Wu e toda a sua família,**

**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

À **USP/ESALQ**, por meio do **Departamento de Engenharia Rural**, pela oportunidade da realização do mestrado.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES** pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. **Marcos Milan** pela orientação na realização desse trabalho, que auxiliou no meu desenvolvimento profissional.

Ao Prof. Dr. **Gabriel Sarriés** pelo suporte estatístico.

Ao Prof. Dr. **José Paulo Molin** pelos aprendizados que auxiliaram na minha formação.

Às empresas: **John Deere, Usina São Manoel e Usina Moema** pelo apoio nas etapas realizadas.

Ao eng. agrônomo **Marcos Matos** pelo apoio nas atividades realizadas no programa e pela amizade de longa data; e sua esposa, eng. agrônomo **Marina Matos** pela amizade.

Aos eng. agrícolas **Gustavo Fontana e Gustavo Nagumo**, pela amizade, apoio e troca de experiências nas determinações realizadas a campo.

A família **Marques de Souza: Adriano Barbosa**, pela amizade, apoio e troca de experiências nas atividades realizadas a campo; sua esposa **Adriana** e seu filho **André Luiz** pelo convívio.

Aos amigos da ‘velha guarda’: eng. agrônomos **Oscar Queiroz e André Beltrame** pela longa amizade e convívio.

Ao eng. agrônomo **Thiago L. Romanelli**, pela amizade, convívio e apoio em momento oportuno.

Ao eng. agrônomo **Gustavo Faulin**, pela amizade e ensinamentos sobre qualidade de vida.

Aos amigos do programa de pós-graduação: **Leandro Gimenez, Leonardo Mascarin, Giuliano Senatore, Flávia Frasson, Rubén Collantes, Cassiano Mota**, pela convivência e momentos de reflexão e descontração.

A família **Vieira (Pedro Abel, sua esposa Adriana e filhos)**, pela amizade, convívio e apoio.

Ao Prof. Dr. **Tomaz Caetano C. Ripoli**, pelos aprendizados durante as monitorias.

Ao Prof. Dr. **Edmundo Escrivão Filho** (USP/EESC) pelo aprimoramento de meu senso crítico.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: **Áureo Oliveira, Juarez Amaral, Francisco de Oliveira, José Geraldo Gomes, José Ferreira de Oliveira (Juquita), e Luiz Afonso da Costa**, pelo apoio nas atividades realizadas durante a pós-graduação.

Às secretárias do LER, **Fernanda B. N. Silva e Davilmar Collevatti** pela agradável convivência.

A todos, que direta ou indiretamente, auxiliaram na realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1 Fatores a serem considerados na avaliação do corte de base .....	13
2.1.1 Influência do sistema de preparo do solo e plantio .....	13
2.1.2 Influência das características da cana-de-açúcar .....	15
2.1.3 Perdas, danos e impurezas minerais em função do corte de base.....	16
2.1.4 Impurezas minerais e sua influência na produção dos derivados de cana-de-açúcar .....	18
2.1.5 Velocidade de trabalho e perdas nas colhedoras de cana-de-açúcar .....	19
2.1.6 Automatização do controle de corte de base .....	20
2.2 Controle estatístico do processo - CEP .....	21
2.2.1 Gráfico de controle .....	22
2.2.1.1 Capacidade do processo.....	24
2.2.2 Histograma .....	25
2.2.3 Utilização do CEP em operações agrícolas .....	26
2.3 Método de pesquisa em escala de campo .....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Dispositivo semi-automático de controle de altura do corte de base - DAC.....	30
3.2 Etapa 1: avaliação do dispositivo de corte de base.....	32
3.2.1 Caracterização das áreas.....	32
3.2.2 Procedimento de ensaio.....	33
3.2.3 Qualidade operacional .....	34
3.2.3.1 Altura de tocos - ADT .....	34
3.2.3.2 Tocos arrancados - TA .....	35
3.2.3.3 Impureza mineral - IM.....	36
3.2.4 Análise estatística .....	37
3.3 Etapa 2: avaliação da qualidade operacional em regime normal de trabalho.....	38
3.3.1 Caracterização das áreas.....	38
3.3.2 Procedimento de ensaio.....	39

3.3.3 Qualidade operacional .....	39
3.3.3.1 Altura de tocos - ADT .....	40
3.3.3.2 Cisalhamento dos tocos .....	40
3.3.3.3 Tocos arrancados - TA, e abalados - TAb .....	41
3.3.3.4 Perdas visíveis na colheita.....	41
3.3.3.5 Impureza mineral - IM.....	43
3.3.4 Análise estatística .....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
4.1 Etapa 1: avaliação do dispositivo de corte de base.....	44
4.1.1 Caracterização das áreas.....	44
4.1.2 Análise descritiva da qualidade operacional .....	45
4.1.2.1 Avaliação da variabilidade do corte de base .....	45
4.1.2.1.1 Distribuição da altura de tocos - ADT.....	46
4.1.2.1.2 Cartas de controle .....	49
4.1.2.1.3 Capacidade do processo .....	53
4.1.2.2 Tocos arrancados - TA .....	54
4.1.2.3 Impureza mineral - IM.....	56
4.1.3 Análise comparativa da qualidade operacional .....	56
4.1.3.1 Tecnologia de corte de base.....	57
4.1.3.2 Período de trabalho.....	58
4.1.3.3 Comparação entre os cortes.....	59
4.2 Etapa 2: avaliação da qualidade operacional em regime normal de trabalho.....	61
4.2.1 Caracterização das áreas.....	61
4.2.2 Análise descritiva da qualidade operacional .....	63
4.2.2.1 Avaliação da variabilidade do corte de base .....	63
4.2.2.1.1 Distribuição da altura de tocos - ADT.....	64
4.2.2.1.2 Cartas de controle .....	67
4.2.2.1.3 Capacidade do processo .....	71
4.2.2.2 Cisalhamento dos tocos .....	72
4.2.2.3 Tocos arrancados - TA, e abalados - TAb.....	73
4.2.2.4 Perdas visíveis na colheita.....	74



4.2.2.5 Impureza mineral - IM.....	76
4.2.3 Proposta de melhoria da qualidade operacional .....	78
5 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS .....	81
ANEXO .....	86

## RESUMO

### QUALIDADE DO CORTE DE BASE DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, existem algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-máquina-planta, que tem causado preocupações, devido às perdas de matéria-prima deixada no campo e à redução da longevidade do canavial, ocasionados pela deficiência do controle de altura de corte. A melhoria da qualidade do corte e da matéria-prima é proposta na bibliografia por meio de intervenções na colheita e em outras práticas culturais existentes, e de mudanças nos projetos das colhedoras. Os fabricantes desses equipamentos têm desenvolvido dispositivos para auxiliar o operador no controle da altura de corte. Tendo em vista a importância do corte de base na qualidade e perda de matéria-prima e na longevidade da soqueira, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de um dispositivo semi-automático de controle de altura do corte de base, DAC, na qualidade do corte de base e seu desempenho ao longo de uma jornada de trabalho. Para tanto, os ensaios foram realizados em duas usinas de açúcar e álcool, com colhedoras equipadas com o DAC. Para a avaliação da qualidade do corte de base, foram utilizadas duas metodologias distintas, denominadas de etapa 1 e etapa 2. A primeira procurou identificar a influência da utilização do DAC na qualidade operacional. A segunda foi voltada para a avaliação da qualidade operacional com o uso DAC em situação normal de trabalho. Nas duas etapas, utilizaram-se técnicas do controle estatístico do processo. Os resultados mostraram que, em termos gerais e nas condições do trabalho, os parâmetros qualitativos analisados do corte de base realizado por colhedoras de cana-de-açúcar não atendem aos padrões especificados pelas usinas, independente do uso do DAC.

Palavras-chave: Mecanização, Cana-de-Açúcar, Colheita, Controle Estatístico do Processo

## **ABSTRACT**

### **BASE CUTTING QUALITY OF SUGAR CANE HARVESTERS**

In sugar cane mechanized harvesting, there are some peculiarities related to soil-machine-plant interaction which has been causing some concern due to raw material left on the field losses and the reduction in sugar cane crop longevity caused by deficiency in cut height control. Improvement in cut quality and raw material are proposed in bibliography by means of intervention at harvest and other crop practices available and changes in harvester design. Harvester producers have developed devices to aid the operator in controlling cut height. With the importance of base cutting in raw material quality and losses and crop longevity in mind, this study aimed at evaluating the influence of a semi-automatic base cutting control device, DAC, on base cutting quality and its performance on a normal working day. Thus, the trials were carried out in two sugar and alcohol mills with harvesters equipped with DAC. Two different methodologies, denominated stage one and stage two, were used in order to evaluate base cutting quality. The first one tried to identify the influence of DAC utilization on operational quality. The second one evaluated the operational quality with DAC use on a normal working condition. On both stages, techniques of statistical process control were used. The results showed that, in general and under the harvester operation conditions, the analyzed qualitative parameters of base cutting done sugar cane harvesters do not meet the standard specified by sugar mills regardless the DAC use.

Keywords: Mechanization, Sugar Cane, Harvester, Statistical Process Control

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil produziu, na safra 2005/2006, 336 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, que o consolida como maior produtor mundial dessa cultura, e desse montante, 85,0 % da produção originou-se da região centro-sul (CARVALHO, 2006). Esta região apresentou, na safra citada, um aumento da área de corte de 7,0 % devido à ampliação da cultura em novas áreas e de cana não colhida na safra anterior (cana bis). No entanto, no mesmo período, ocorreu uma redução de produtividade de 4,0 %, acarretados pelo clima desfavorável, antecipação do corte, com a colheita de cana com menos de doze meses, e do aumento em 4,9 % do estágio médio de corte, passando de 3,9 para 4,1 cortes, elevando a participação de áreas de soqueiras na produção.

A partir da primeira soca, há um declínio progressivo da produção, que com o passar dos cortes, culminará na necessidade de renovação do canavial. O manejo dos ciclos das soqueiras é fator primordial para se manter a longevidade do canavial, visando aumentar o número de cortes econômicos, refletindo-se num prazo maior de tempo entre as reformas do canavial, e em melhor viabilidade do empreendimento (CÂMARA; OLIVEIRA, 1993). Desta forma, destaca-se a participação das soqueiras no contingente de produção de cana, sendo de grande importância o estudo das alternativas para conter a queda de produção com as sucessivas colheitas e/ou aumentar a longevidade dos canaviais.

No processo de produção da cana, a colheita se destaca pelos altos custos envolvidos e dificuldades operacionais, seja ela conduzida de forma manual, semi-mecanizada ou mecanizada. Nos últimos anos, a colheita tem passado por uma fase de substituição do corte manual para o mecanizado e, de acordo com Nunes Júnior et al. (2005), 38,8 % da produção de cana da safra 2003/2004 da região centro-sul do país foi colhida mecanicamente e destas, 40,7 % na forma picada e crua. Existe a perspectiva desses percentuais aumentarem nos próximos anos devido ao custo, escassez de mão-de-obra e pela legislação ambiental, que reduz gradativamente a queima de canaviais, inviabilizando a colheita manual.

Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar existem algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-máquina-planta, que tem causado preocupações, devido às perdas de cana no campo, redução da qualidade da matéria-prima e a redução da longevidade do canavial. Um dos componentes da colhedora que originam esses problemas é o cortador de base.

No corte basal das colhedoras de cana-de-açúcar, a deflexão e a deficiência no controle da altura de corte, provocam danos na soqueira causando perdas de matéria-prima, diminuição da população de colmos e redução da qualidade tecnológica da cana colhida. As perdas são constituídas de massa deixada no campo, e a população de colmos é reduzida por duas maneiras: soqueiras destruídas ou removidas mecanicamente; e por deterioração, devido aos danos por cisalhamento dos tocos, que facilita o ataque de pragas e doenças. A cana colhida tem sua qualidade tecnológica reduzida com o cortador de base por rebolos fragmentados sujeitos a contaminação e incorporação de terra com a cana, caso as lâminas dos discos dos cortadores trabalhem em contato ou abaixo da superfície do solo, e se o sistema radicular de soqueiras arrancadas forem carregados com a cana. A terra e outras 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.

A melhoria da qualidade do corte e da matéria-prima é sugerida por meio de intervenções na colheita e em outras práticas culturais existentes como no preparo do solo, plantio, distância entre sulcos; e de mudanças nos projetos das colhedoras (RIDGE, 1980). Atualmente os fabricantes de colhedoras estão disponibilizando no mercado sistemas e dispositivos para auxiliar o operador no controle da altura do corte de base.

Tendo em vista a importância do corte de base na qualidade e perda de matéria-prima e na longevidade do canavial, o objetivo desse trabalho é avaliar a influência de um dispositivo semi-automático de controle de altura do corte de base, DAC, na qualidade do corte de base e seu desempenho ao longo de uma jornada de trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente no Brasil são utilizadas, com maior frequência, as colhedoras combinadas automotrizes de cana picada. Nesse tipo de máquina, a cana passa por várias etapas dentro da colhedora, desde o momento do corte basal até o carregamento no veículo de transporte. Durante a colheita, a máquina, Figura 1, é posicionada em uma fileira de cana e quando se inicia o deslocamento da colhedora, os ponteiros são cortados pelo cortador de pontas. O sistema de alimentação é constituído pelos divisores de linhas, rolo alimentador e tombador, que direcionam a fileira de cana para o corte. O corte de base é realizado por dois discos rotativos com lâminas, e o recolhimento e transporte interno das canas inteiras é realizado por rolos alimentadores e transportadores. O corte da cana em rebolos é feito pelos picadores e a retirada das impurezas (limpeza) pelo extrator primário. Em seguida, os rebolos são elevados pelo elevador de taliscas e na parte superior, antes do descarregamento dos rebolos, ocorre uma segunda limpeza pelo extrator secundário (NEVES, 2003).

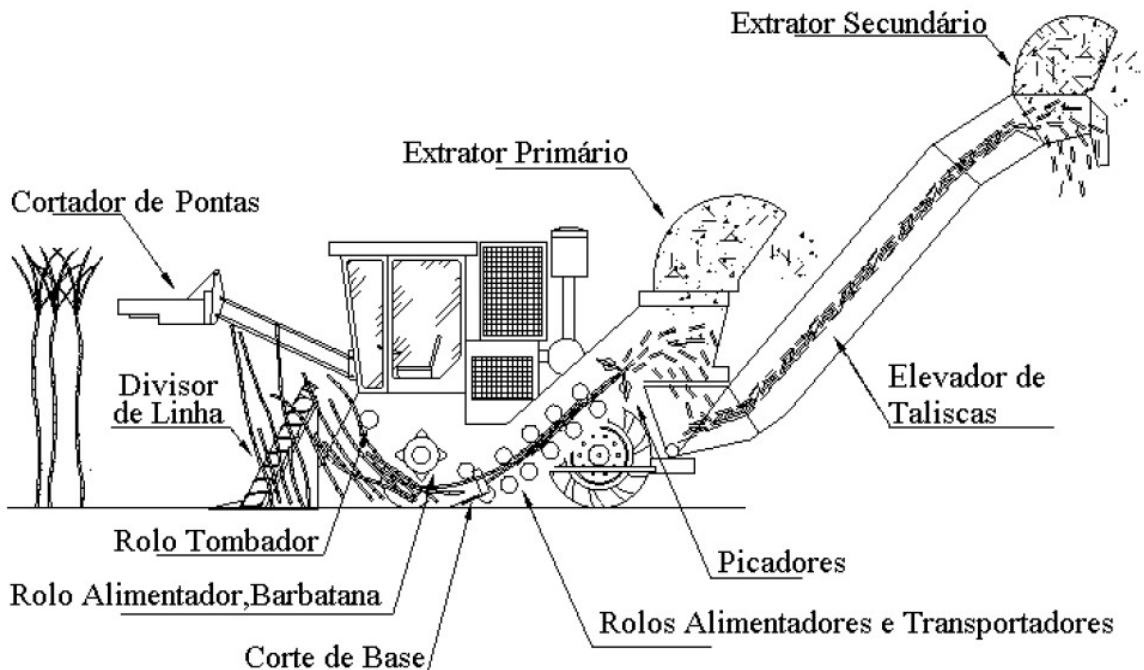


Figura 1 - Esquema de uma colhedora de cana picada com destaque para os principais órgãos ativos, extraído de Neves (2003)

## **2.1 Fatores a serem considerados na avaliação do corte de base**

O sistema de corte de base das colhedoras de cana picada utiliza um cortador de disco duplo rotativos com múltiplas lâminas, o qual, além de cortar a base dos colmos por impacto, auxilia no processo de alimentação e de varredura do solo, recolhendo os colmos derrubados pela colhedora, além de fragmentos liberados na divisão de linhas (BRAUNBECK; MAGALHÃES, 2002). A variação da altura de corte do cortador de base geralmente é realizada por mecanismos hidráulicos controlados manualmente pelo operador (RIPOLI; PARANHOS, 1990). Os principais fatores que devem ser considerados para a avaliação no corte de base são: preparo de solo e plantio; características da cana-de-açúcar; perdas, danos e impurezas minerais em função do corte de base, velocidade de trabalho e a automatização do controle de corte de base.

### **2.1.1 Influência do sistema de preparo do solo e plantio**

O sistema de preparo do solo e plantio surge como um dos aspectos mais importantes em relação ao corte basal. À medida que na área aumentam os desníveis, buracos, presença de obstáculos como pedras e tocos, também aumentam as dificuldades de operação das colhedoras, refletindo em maiores perdas de matéria-prima, aumento nos percentuais de matéria estranha e de manutenção das máquinas (VOLPATO, 2001).

Apesar do conjunto cortador basal possuir acionamento hidráulico permitindo variação na altura do corte, ele é projetado para cortar colmos em um ponto um pouco acima do nível do terreno, com a touceira devendo estar sobre um leve camalhão, Figura 2(a). Essa condição é raramente encontrada, pois as práticas de preparo do solo em uso no Brasil não estão voltadas para a colheita mecanizada (VOLPATO, 2001; RIPOLI; RIPOLI, 2002).

O plantio de cana-de-açúcar é realizado em sulcos, a uma profundidade média de 30 cm, o que normalmente dificulta a operação do mecanismo de corte e alimentação da colhedora, devido ao desnivelamento no solo (MAGALHÃES; BRAUNBECK, 1998). Quando a cana se encontra dentro do sulco, Figura 2(b), não há possibilidade da máquina cortar na altura desejada, próximo ao nível da soqueira, ocorrendo um dilaceramento do internódio do que, propriamente, um cisalhamento, que seria o esperado. O dilaceramento se deve, principalmente, a menor resistência de sustentação pelo colmo ao corte, e desgaste por abrasão das facas, por entrar em contato com o

solo. Tal situação gera um corte não homogêneo, deixando um toco alto e fragmentado, aumentando as perdas no campo e a probabilidade de ataque de insetos e doenças na soqueira, além de incorporar solo à matéria-prima colhida (RIPOLI; RIPOLI, 2002).

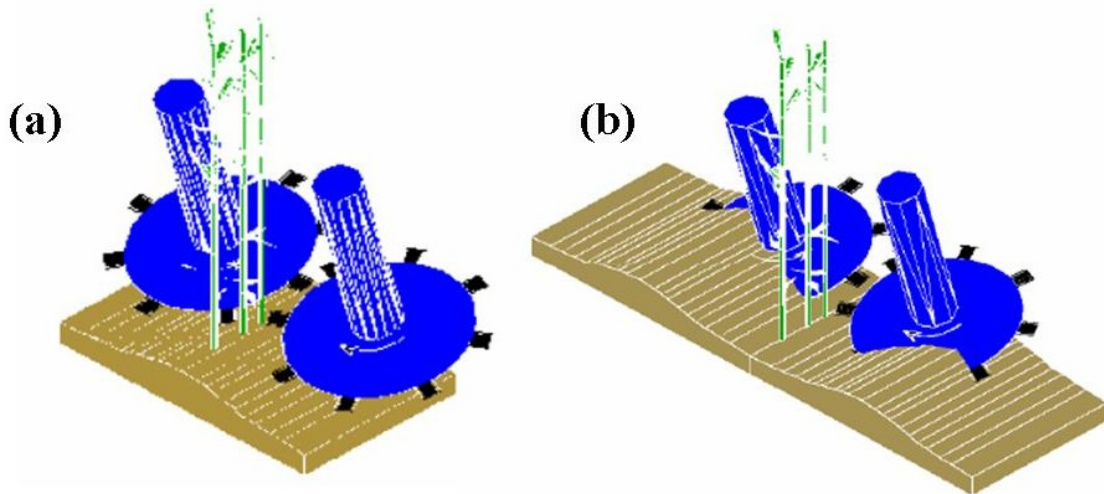


Figura 2 - Touceira sobre o camalhão (a); sulco fundo e impacto das facas no solo (b), adaptado de Volpato (2001)

O plantio nivelado pode ser uma solução, pois deixa a superfície do solo praticamente uniforme, sem ondulações. Essas condições facilitam o emprego da colhedora, a máquina pode desenvolver maior velocidade e as lâminas sofrem menor desgaste, gerando uniformidade na altura de corte dos colmos e menor desperdício das partes basais mais ricas em sacarose. Porém, um dos principais problemas do plantio nivelado está relacionado com os aspectos agrônômicos envolvidos com a retenção de água no sulco, razão pela qual o seu emprego não é adotado em todas as regiões produtoras (FURLANI NETO, 2000).

O espaçamento entre fileiras de plantio também interfere na qualidade do processo de colheita mecanizada. As máquinas existentes no mercado exigem um espaçamento ideal de 1,5 m, em função de suas bitolas. Em espaçamentos menores, a máquina, ao operar numa fileira de colmos, estará com seus rodados sobre a próxima fileira a ser colhida, deitando os colmos, esmagando-os, dificultando o corte, prejudicando a soqueira e favorecendo a compactação do solo. A ausência de paralelismo entre fileiras eleva as perdas de colheita (RIPOLI; RIPOLI, 2002).



### 2.1.2 Influência das características da cana-de-açúcar

As características morfológicas e fisiológicas das variedades interferem no corte mecânico de cana. Em princípio, as colhedoras operam melhor em canas eretas, vigorosas e de sistema radicular profundo. As canas eretas facilitam o corte, da base e do topo, havendo com isso, um ganho na capacidade de trabalho da máquina, pois a colheita ocorre sem maiores interrupções, acarretando em menores perdas em canas não cortadas e melhor limpeza. As canas devem ser vigorosas e com sistema radicular profundo porque o corte mecânico basal resulta na ação de lâminas em rotação e exigem certa resistência de sustentação dos colmos para ocorrer o cisalhamento adequado. Caso a cana possua sistema radicular superficial e não seja vigorosa, pode ocorrer um corte imperfeito ou um corte dilacerante, destruindo aquele internódio. Como consequência tem-se um aumento da área de infecção e maior deterioração, como também, maior probabilidade de infecção ou destruição da soqueira com redução do brotamento subsequente (RIPOLI; RIPOLI, 2002).

A alta produtividade de colmos, acima de  $120,0 \text{ t.ha}^{-1}$ , pode reduzir a capacidade de trabalho de determinadas colhedoras, em função da necessária redução da velocidade de deslocamento. A cana acamada e/ou entrelaçada, proporciona um aumento da probabilidade de embuchamento e de perdas, Figura 3. Se a colheita for em cana crua, esses efeitos negativos são acentuados (RIPOLI; RIPOLI, 2002).

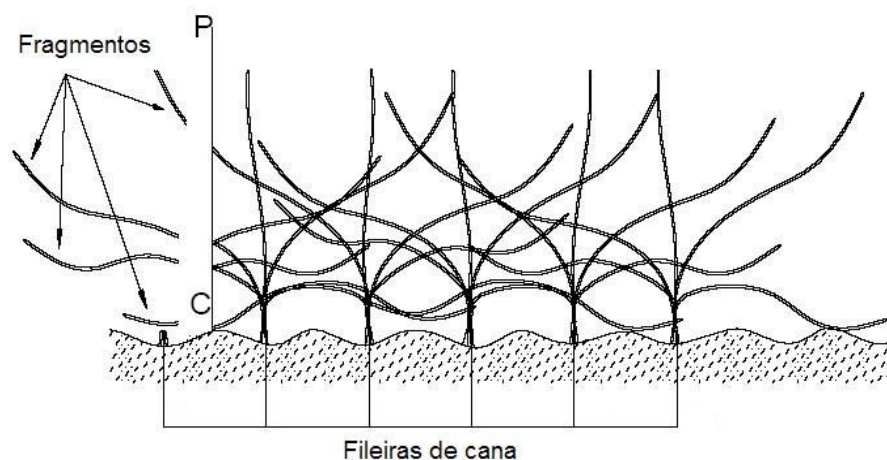


Figura 3 - Plano vertical PC de divisor de fileira em colhedoras numa cana acamada e entrelaçada, levando às perdas, adaptado de RIPOLI e RIPOLI (2002)

Campanhão (2000) apresenta as características desejáveis em uma variedade para colheita em cana crua: porte ereto, fácil despalha, palmito curto, diâmetro de colmo de médio para grosso, teor de fibra médio, boa capacidade de brotação sob palhiço, população uniforme de colmos, resistência à cigarrinha, teor médio de Pol de 16 e produtividade agrícola acima de 88,0 t.ha<sup>-1</sup>.

### **2.1.3 Perdas, danos e impurezas minerais em função do corte de base**

Em todas as etapas da colheita até a saída dos produtos finais da usina, ocorrem perdas de açúcar e de matéria-prima. Uma parte dessas perdas acontece diretamente no corte basal e outras indiretamente, devido à perda de eficiência industrial provocada pelo recolhimento de terra (RIDGE; DICK, 1988).

Segundo Fernandes e Irvine (1986), as perdas de matéria-prima no processo de colheita estão no material não colhido (desponte e corte basal), no carregamento (cana deixada no campo), no transporte até a indústria e na evaporação de água do colmo. Já as perdas de açúcar no processo de colheita estão no material não colhido ou perdido no sistema (colmos, pontas, corte basal - tocos), na deterioração microbiológica ou bioquímica (inversão da sacarose) e na exudação na superfície do colmo.

Na cana-de-açúcar existe um gradiente de acúmulo de sacarose da região basal à região apical da planta. O mecanismo de acumulação de sacarose no colmo da cana é o mesmo, tanto em tecidos imaturos como adultos (da região apical à basal) mas, o acúmulo difere nesses dois tecidos, em função de reguladores de crescimento e da ação de enzimas (invertases). Nos tecidos imaturos, em que predomina a rápida expansão celular, o açúcar acumulado é rapidamente hidrolizado pela invertase ácida vacuolar. As hexoses resultantes movem-se rapidamente para o citoplasma, onde são utilizadas no mecanismo de crescimento: processos respiratórios, glicólises, síntese de aminoácidos, proteínas e lipídios e outros compostos orgânicos (ALEXANDER, 1973).

Outra forma de classificar as perdas de matéria-prima é apresentada por Copersucar (1989), sendo classificadas em visíveis e invisíveis. A denominação de perdas visíveis é dada pela facilidade de serem detectadas no campo, representadas pelas canas inteiras, toletes, pedaços de cana, ponteiros, tocos e canas esmagadas perdidas no campo ou presas à colhedora. Já as perdas invisíveis são representadas pelos estilhaços e fragmentos de colmos que se desprendem durante

a ação dos mecanismos de corte e picagem da colhedora e são lançados e misturados ao solo, dificultando assim a quantificação desse tipo de perda no campo.

O uso do corte mecânico apresenta algumas peculiaridades relacionadas às interações máquina-planta durante a colheita, ocasionado pelo disco cortador basal, que pode gerar danos à cana e provocar perdas de produção. Os danos podem reduzir a produção na colheita seguinte, por aumentar a exposição do toco ao ataque de pragas e doenças (tocos muito altos e/ou dilacerados), pela destruição ou remoção das novas gemas responsáveis pela brotação e pela danificação do sistema radicular (KROES; HARRIS, 1996).

Segundo Stupiello e Fernandes (1984), o conceito de matéria-estranha refere-se a tudo que não for colmos ou rebolos de colmos maduros que acompanham a matéria-prima, como palhas, palmito, folhas, colmos secos, pedra, solo, etc. O teor de matéria-estranha depende das condições de cultivo (comprimento dos colmos, idade e desenvolvimento), da variedade de cana-de-açúcar, da qualidade da limpeza, do tipo e da umidade do solo, da altura do corte basal e da presença de ponteiros, da eretibilidade dos colmos, da produtividade agrícola e do tipo de máquina empregada. De acordo com Brotherdon (1980), a matéria estranha presente na matéria-prima oriunda de uma colhedora de cana picada constitui-se de material vegetal (palhas, ponteiros, folhas, brotos imaturos, raízes, etc.) e de material mineral (solo solto e aderido às raízes, pedras, areias, etc.).

A deficiência no controle da altura de corte das colhedoras de cana-de-açúcar, além de contaminar os colmos com terra durante a operação em profundidade, provoca também corte elevado com a conseqüente perda de matéria-prima. Essas perdas são aquelas que ficam no campo sob a forma de material não cortado (constituem-se basicamente de tocos deixados pela regulagem da altura de corte pelo disco cortador basal), pedaços, estilhaços, lascas e caldo, logo após a ação do disco cortador basal (VOLPATO, 2001).

Além da variabilidade da altura de corte, a manutenção inadequada das lâminas de corte basal, associada com características varietais do canavial, podem aumentar significativamente a porcentagem de tocos e rebolos rachados e mal cisalhados, o que pode acarretar em perdas visíveis e invisíveis (RIPOLI; RIPOLI, 2002).

Ridge et al. (1984) verificaram uma menor contaminação da matéria-prima colhida com terra em canaviais com colmos eretos e em cana sem queima prévia para colheita, em comparação a canaviais com colmos deitados e em cana queimada. A diferença pode ser

explicada através da exudação da sacarose na cana queimada o que acarreta maior aderência superficial do solo ao colmo.

Segundo Ridge (1980), as maneiras de minimizar o problema da presença de solo na matéria-prima são as alterações nas práticas culturais existentes como no preparo do solo, plantio, largura entre fileiras, ou por meio de mudanças no projeto do disco cortador basal. Segundo o autor, os fatores relacionados ao corte basal que contribuem para o alto nível de solo na matéria-prima são: ação de corte e movimentação de solo das sapatas dos levantadores helicoidais de cana deitada; excessivo ângulo do empurrador de colmos antes do corte basal e excessivo fluxo de solo no cortador basal quando o corte é realizado abaixo do nível do solo.

#### **2.1.4 Impurezas minerais e sua influência na produção dos derivados de cana-de-açúcar**

Mutton (1998) indica os fatores que afetam as impurezas minerais decorrentes da colheita de cana crua: condições de cultivo, variedade, tipo de solo, teor de umidade do terreno, altura do corte basal, produtividade agrícola, condição climática no momento da colheita e tipo de subsistema de colheita.

A quantidade de impureza mineral que entra na indústria juntamente com a matéria-prima tem aumentado muito nos últimos anos em função da colheita mecanizada da cana-de-açúcar. O solo presente na matéria-prima reduz a eficiência na indústria e aumenta os custos operacionais e de manutenção, além de provocar desgaste de equipamentos da fábrica e nas colhedoras em razão do seu efeito abrasivo. A quantidade de terra incorporada à matéria-prima varia com o porte dos colmos (GARSON, 1992).

Em relação aos problemas operacionais na fábrica, em função da presença de solo na matéria-prima, Müller et al. (1982) os agrupa da seguinte forma: transporte de material adicional; redução na capacidade efetiva do esmagador; requerimento adicional na capacidade de filtragem e perdas de pol e lodo; fadigamento da planta química da usina e dificuldades de manter a qualidade do açúcar.

Como consequência da maior quantidade de terra na cana e da contaminação microbiana, ocorre a redução da pureza da cana, o aumento da dextrana e a queda da qualidade do açúcar e da fermentação. Em relação à contaminação microbiana, tem-se estabelecido que para cada grama de solo pode-se encontrar cerca de  $10^8$  bactérias (bastonetes – *Leuconostoc mesenteroides*), sendo

que na rizosfera da cana-de-açúcar a população de bactérias em um quilo de solo pode atingir a  $10^{10}$  (TROST; STEELE, 2002).

O mosto, caldo para a preparação do álcool, é rico em nutrientes, açúcares e uma série de componentes que são substratos para o crescimento das bactérias e durante a fermentação as leveduras e bactérias competem por esses substratos. Caso a população de bactérias no vinho bruto for muito alta ( $10^6$  a  $10^7$  bastonetes.mL<sup>-1</sup>), mais açúcares serão desviados para a formação de biomassa bacteriana e ácidos orgânicos, como, por exemplo, o lático. As bactérias têm uma taxa de crescimento muito alta e, em alguns casos chegam a dobrar a população a cada 30 minutos. Essa contaminação bacteriana reduz o rendimento da fermentação, podendo levar à floculação, dificuldade de concentrar o lêvedo na centrífuga, aumento do tempo de fermentação e do açúcar residual no vinho e elevação do consumo de ácido e de antibióticos (TROST; STEELE, 2002).

Além do corte mecanizado, existem outros fatores que interferem no aumento do índice de impureza mineral na cana-de-açúcar. Amorim (2003) mostra que, em relação à qualidade da matéria-prima, existe correlação positiva entre: umidade do ar (%) e matéria mineral na cana colhida (kg.t<sup>-1</sup>); porcentagem de terra na cana e índice de bactérias; matéria mineral e índice de dextrana. Segundo o autor, existe correlação negativa entre porcentagem de terra na cana e rendimento global na industrial.

### **2.1.5 Velocidade de trabalho e perdas nas colhedoras de cana-de-açúcar**

A velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno, porém, tendo uma máquina em velocidade elevada, sua capacidade de corte por unidade de tempo será maior. Geralmente, as colhedoras podem trabalhar com velocidade de até 9,0 km.h<sup>-1</sup>, segundo especificações dos fabricantes, mas atualmente no estado de São Paulo, não têm ultrapassado 4,0 a 6,0 km.h<sup>-1</sup>, possivelmente devido à falta de sistematização dos talhões, voltados para a colheita mecânica. As maiores velocidades em talhões não adequadamente sistematizados, principalmente no que se refere à condição da soqueira, levam inevitavelmente a um aumento de perdas de matéria-prima. A velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão no que diz respeito à sistematização, porte do canavial e a produtividade agrícola estimada (RIPOLI; RIPOLI, 2002).

Ripoli et al. (2001), avaliaram o desempenho de uma colhedora de rodado de esteira em um canal de terceiro corte, porte ereto, produtividade de 176,0 t.ha<sup>-1</sup> e previamente sistematizado para a colheita mecânica com quatro velocidades de deslocamento: 1,5, 3,0, 5,0 e 7,0 km.h<sup>-1</sup>. Os resultados mostraram, para estas condições, que não houve influência da velocidade de deslocamento sobre as perdas totais de matéria-prima, índice de matéria estranha total e qualidade tecnológica da matéria-prima.

### **2.1.6 Automatização do controle de corte de base**

Para Garson (1992), um controle automatizado de altura do mecanismo de corte basal das colhedoras de cana-de-açúcar pode ser um efetivo caminho para reduzir a quantidade de solo presente no suprimento de cana para a indústria. De acordo com Garson; Armstrong (1993), as outras vantagens de um sistema automatizado de controle de altura de corte basal são: redução do consumo de combustível; maior facilidade de operação da colhedora; redução dos danos à base da cana.

Volpato (2001) desenvolveu um mecanismo articulado de barras de sustentação de um conjunto de discos cortadores de base, denominado de cortador de base flutuante. O mecanismo acompanha a superfície do perfil de solo com base na força de interação desenvolvida no ponto de contato disco-solo, com o intuito de evitar o corte e o recolhimento de solo durante a operação de colheita.

Ripoli et al. (2003) estudaram um mecanismo de corte de base flutuante, comparando-o com o cortador de base regular, controlado manualmente em diferentes velocidades. De acordo com os resultados obtidos o mecanismo, nas condições realizadas pelo estudo, não apresentou vantagens na redução da presença de solo na cana-de-açúcar colhida.

Salvi et al. (2005) analisam o uso de um dispositivo semi-automático de corte de base sob utilização de operadores com graus de experiência distintos. Os resultados mostraram que a habilidade/experiência do operador tem influência para a altura de corte da cana e o uso do dispositivo auxiliou o operador menos experiente a obter uma altura média de corte dentro do limite especificado pela usina. No entanto, a altura de corte não pode ser considerada sob controle estatístico e o uso do dispositivo não interferiu nos índices de impureza mineral, em comparação com o sistema de corte basal regular, controlado manualmente.

## 2.2 Controle estatístico do processo - CEP

Para intervir em práticas culturais ou analisar o desempenho de novas tecnologias é necessário que as atividades sejam controladas. O controle é definido como um processo de monitoração para garantir que as atividades sejam realizadas conforme o planejado e corrigidas de quaisquer desvios significativos. O processo de controle consiste na mensuração do desempenho atual, comparação com o estipulado e correção dos desvios ou padrões inadequados (ROBBINS, 2002).

O controle estatístico do processo é um conjunto de técnicas de resolução de problemas e são úteis na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade por meio da redução da variabilidade. O CEP pode ser aplicado em qualquer processo e é constituído de sete itens: folha de verificação, estratificação, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de causa e efeito, diagrama de dispersão e gráfico de controle (MARSHALL JUNIOR et al., 2003).

Trindade et al. (2000) definem o CEP como um procedimento para manutenção das variáveis dentro dos limites padrões estabelecidos por normas técnicas, a fim de que o processo se comporte de forma controlada. Por este processo, as conclusões e tomadas de decisões são embasadas em dados numéricos (estatísticos).

Em qualquer processo de produção, certa variabilidade inerente ou natural sempre existirá, que é um efeito cumulativo de muitas causas pequenas, essencialmente inevitáveis. No sistema de controle estatístico do processo, essa variabilidade natural é chamada de “sistema estável de causas aleatórias” e um processo que opera apenas com as causas aleatórias da variação está sob controle estatístico, sendo inerente ao processo. Outros tipos de variabilidade podem, ocasionalmente, estar presentes na saída de um processo. Essa variabilidade surge, em geral, de três fontes: máquinas ajustadas ou controladas de maneira inadequada, erros do operador, ou matéria-prima defeituosa. Tal variabilidade é, geralmente, muito grande quando comparada com o sistema estável, e representa, usualmente, um nível inaceitável do desempenho do processo. Essas fontes de variabilidade, que não fazem parte do padrão de causas aleatórias, são referidas como “causas atribuíveis” ou “especiais”. Diz-se que um processo que opera na presença de causas atribuíveis está fora de controle (MONTGOMERY, 2004). De modo geral, as causas comuns devem ser tratadas via ação gerencial, enquanto que as atribuíveis devem ser tratadas pelos próprios operadores (MARSHALL JUNIOR et al., 2003).

### 2.2.1 Gráfico de controle

O gráfico (ou carta) de controle é uma das técnicas para monitoramento em tempo real, largamente utilizada para detectar rapidamente a ocorrência de causas atribuíveis das mudanças do processo, de modo que a investigação do processo e ação corretiva possa ser realizada antes da operação (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Vieira (1999), o gráfico de controle típico exibe três linhas paralelas: a central, que representa o valor médio do indicador analisado; a superior, que representa o limite superior de controle (LSC); e a inferior, que representa o limite inferior de controle (LIC). Os limites são calculados estatisticamente através da média ( $\bar{x}$ ) e do desvio padrão ( $S$ ). O LSC é a média do indicador mais três vezes o desvio padrão ( $\bar{x} + 3S$ ) e o LIC é a média menos três vezes o desvio padrão ( $\bar{x} - 3S$ ), que gera um intervalo de seis vezes o desvio padrão ( $6S$ ). Os pontos representam amostras tomadas em momentos diferentes e são unidos por segmento de reta, para melhor visualizar a evolução do indicador ao longo do tempo, Figura 4. O processo está sob controle estatístico se todos os pontos do gráfico estão dentro dos limites de controle e se a sua distribuição dentro dos limites é aleatória. Um ou mais pontos fora dos limites de controle ou em distribuição não aleatória indicam que o processo está fora de controle.

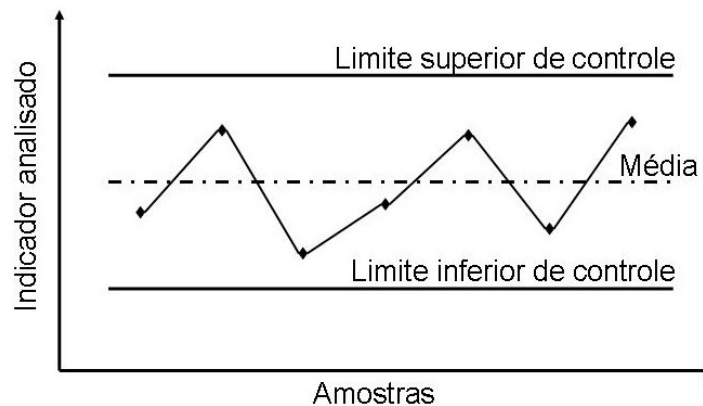


Figura 4 - Esquema de um gráfico (ou carta) de controle típico

Para que o processo seja considerado consistentemente bom, deve atender não só aos limites de controle estatístico, como também aos limites de especificação, inferior, LIE, ou



superior, LSE, respectivamente. Esses limites são obtidos a partir das necessidades do cliente, traduzidas no projeto do processo (MARSHALL JUNIOR et al., 2003).

De acordo com Montgomery (2004), há uma relação muito próxima entre gráficos de controle e teste de hipóteses. O gráfico testa a hipótese de que o processo esteja em um estado de controle estatístico. Um ponto que se localiza entre os limites de controle é equivalente à não rejeição da hipótese de controle estatístico, e um que se localiza fora dos limites é equivalente à rejeição do controle estatístico. Esse esquema de teste de hipótese é útil de muitas maneiras, mas há algumas diferenças entre gráficos de controle e testes de hipóteses. Quando as hipóteses estatísticas são testadas, é verificada a validade das suposições, enquanto gráficos de controle são usados para detectar afastamentos de um estado assumido de controle estatístico. Além disso, as causas atribuíveis, ou especiais, podem resultar em muitos tipos diferentes de mudanças nos parâmetros do processo. O autor apresenta exemplos dessas mudanças: a média poderia mudar instantaneamente para um novo valor e permanecer nele (deslocamento continuado); a média pode mudar abruptamente, mas a causa atribuível poderia ser de curta duração e a média poderia voltar ao seu valor nominal ou sob controle; a causa atribuível poderia resultar em um deslocamento constante ou tendência no valor da média. Apenas o deslocamento continuado se ajusta ao modelo usual de teste estatístico de hipóteses.

O gráfico de controle apenas detectará causas atribuíveis e o uso rotineiro e atento desses gráficos irá identificar e confirmar causas atribuíveis (ou especiais) existentes no processo. Se essas causas puderem ser eliminadas do processo, a variabilidade será reduzida e o processo melhorará. A ação da engenharia, da gerência e do operador será, usualmente, necessária para eliminar as causas atribuíveis. Essa atividade de melhoria do processo pelo uso do gráfico de controle está ilustrada na Figura 5. Na identificação e eliminação de causas atribuíveis, é importante descobrir a causa de raiz subjacente do problema e atacá-la. Existem pelo menos cinco razões para a utilização das cartas de controle: é uma técnica que proporciona aumento de produtividade; são efetivas na prevenção de defeitos; previnem ajustes desnecessários; fornecem informações que permitem diagnosticar o processo; avalia a capacidade do processo através de parâmetros estipulados (MONTGOMERY, 2004).

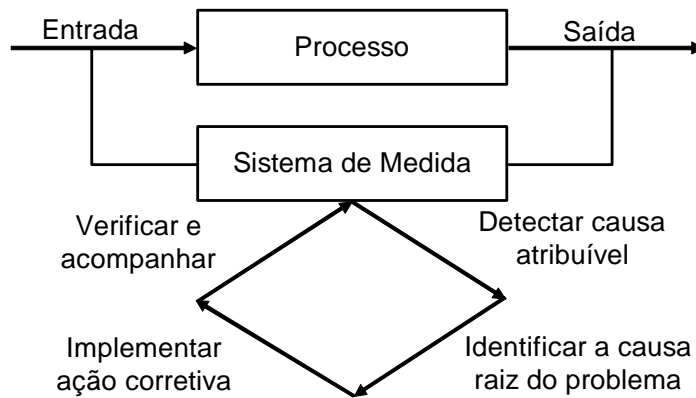


Figura 5 - Melhoria do processo com o uso do gráfico de controle (MONTGOMERY, 2004).

### 2.2.1.1 Capacidade do processo

Os gráficos de controle fornecem informação sobre o valor de vários parâmetros importantes do processo e sobre sua estabilidade ao longo do tempo. Isso permite que se faça uma estimativa da capacidade do processo. Essa informação é de uso extraordinário para os planejadores do produto e do processo (MONTGOMERY, 2004).

A capacidade do processo (CP) é uma faixa de valores dentro da qual o sistema produz quando não existem problemas ocasionais, representados pelos limites de controle estatístico da carta de controle, LSC e LIC. Ela verifica como uma variabilidade inerente a um processo se compara com as especificações ou exigências para o produto. O índice da CP analisa-o com as especificações do indicador e é definido como a relação entre a amplitude das especificações (LSE – LIE) com a amplitude da capacidade (6S) (BONILLA, 1994; VIEIRA, 1999). A classificação do índice da capacidade do processo encontra-se na Figura 6.

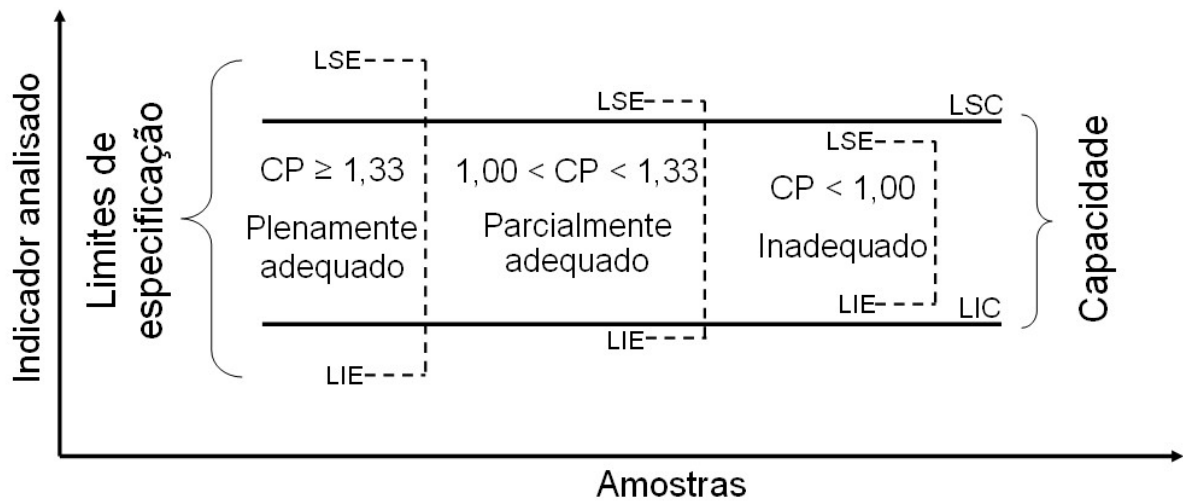


Figura 6 - Classificação dos índices de capacidade do processo, CP, adaptado de Bonilla (1994)

Pela Figura 6 pode-se verificar que para índices de CP com valor maior ou igual a 1,3, o processo encontra-se plenamente adequado, com a CP dentro da faixa dos limites especificados. Quando os valores do índice da CP estão entre 1,0 e 1,3, diz-se que o processo está parcialmente adequado, pois a CP está muito próxima dos limites especificados. Para valores do índice da CP menor que 1,0, a amplitude dos limites de controle estatístico é maior que a amplitude dos limites especificados, que torna o processo inadequado.

O cálculo do índice da CP deve seguir as pressuposições que a característica analisada tem distribuição normal e que o processo está sob controle estatístico. Mudanças na variabilidade do processo afetam a CP, pois na medida em que ocorre a redução da variabilidade, a amplitude da capacidade também reduz, o que aumenta o seu índice (BONILLA, 1994).

### 2.2.2 Histograma

O histograma é uma representação visual dos dados na qual é possível verificar três propriedades: forma, tendência central e dispersão (MONTGOMERY, 2004). Segundo Dellaretti Filho e Drumond (1994) um histograma pode ser definido como um gráfico de barras que associa os valores de uma característica de qualidade, divididos em pequenos intervalos, com a frequência com que ocorrem na amostra. Seu objetivo principal é resumir um grande conjunto de

dados, ressaltando-se suas características, como faixa de valores observados, dispersão e padrão de variação, permitindo rápida compreensão dos resultados.

O histograma deve apresentar distribuição tipo normal, na qual a maioria dos dados concentra-se em torno da medida central e um número semelhante de medidas situa-se de cada lado desse ponto. Outras configurações de um histograma podem representar a mistura de dados ou um controle desigual dos limites, resultando em queda acentuada em um de seus lados, assimétricos com dois picos, platô ou achatado e pico isolado (DELLARETTI FILHO; DRUMOND, 1994; VIEIRA, 1999).

### **2.2.3 Utilização do CEP em operações agrícolas**

Lopes et al. (1995), desenvolveram uma metodologia para determinar os padrões de qualidade em operações agrícolas mecanizadas na cultura de cana-de-açúcar por meio de um sistema que incluía treinamento e conscientização dos operadores e o uso do controle estatístico do processo (CEP) para a análise dos dados. Os autores descreveram todas as operações mecanizadas do processo de produção de cana e estabeleceram a relação cliente-fornecedor entre elas. Os operadores definiram os defeitos das operações anteriores que afetavam o desempenho de sua atividade, obtendo pontos críticos para cada etapa do processo produtivo. Os parâmetros definidos por esta atividade foram a profundidade de sulco, espaçamento entre sulcos e a quantidade de impurezas minerais entregue na indústria. Os resultados indicaram que a profundidade do sulco estava acima da desejada pela empresa e que os espaçamentos entre sulcos estavam sendo afetados por causas especiais ao processo, como operadores despreparados, equipamentos mal regulados em função ao tipo de solo trabalhado, equipamentos desgastados e problemas no preparo da área. Com relação às impurezas entregues a indústria, os autores mostraram que o controle já apresentava bons resultados, reduzindo em 20% o índice de impurezas comparando-se duas safras de amostragens. Como conclusão, os autores creditaram esta redução ao retorno da informação da usina para o campo, conscientizando os operadores da importância da qualidade de seu trabalho e, de forma geral, a inclusão de processo de controle do processo resultou em ganho de eficiência e redução de custos tanto na parte agrícola quanto na industrial.

Sarriés (1997) utilizou-se de técnicas de controle estatístico do processo para quantificar impurezas minerais durante a operação de carregamento de cana. O autor elaborou um diagrama de causa e efeito para levantar os fatores que influenciavam o nível de impurezas minerais e foi utilizado o conceito de estratificação na definição de metodologia, amostrando talhões de solo arenoso e argiloso na época de estiagem e na época de chuvas. O autor conclui que os gráficos de controle juntamente com a ferramenta de análise exploratória de dados mostraram-se apropriados, pois permitiram detectar objetivamente as cargas anormais, com altos níveis de impurezas minerais, passo importante na identificação das causas especiais assinaláveis.

Jacovine (2000) avaliou a qualidade operacional na colheita de madeira em cinco subsistemas do sistema de toras curtas (adotados pela empresa em estudo), verificando se as especificações das operações estavam sendo atendidas e se o processo está sob controle. O autor analisa cada etapa do processo de colheita florestal, propondo medidas para melhoria da qualidade operacional. Os itens avaliados nos cinco subsistemas foram a altura de cepas, a altura da faixa de fratura, cepas danificadas, cepa com espeto, cepas cobertas pela galhada, cepa rachada, comprimento de toras e toras com gancho. O trabalho mostrou que a qualidade operacional nos sistemas de colheita de madeira avaliados é baixa, sendo que as especificações estabelecidas não são atendidas e o processo de colheita está fora de controle ou mostrando tendência para isso. Segundo o autor, o uso do controle estatístico de processo pode contribuir na identificação dos pontos críticos, mostrando oportunidades de melhoria na qualidade operacional de colheita de madeira.

Bonato (2004) identificou e avaliou as operações de maior impacto nos custos e na qualidade para a obtenção do feno enfardado. As operações de sega e enfardamento foram consideradas críticas sob o aspecto econômico e qualitativo em relação ao feno (produto final). O autor analisou a qualidade da operação mecanizada de sega utilizando dois equipamentos, um de arrasto e o outro autopropelido. Avaliou também a qualidade do enfardamento através da contagem de ciclos de prensagem manual e automático em relação ao comprimento de fardos e ciclos de prensagem. Para a operação de sega, os resultados indicaram que existem causas especiais atuando no processo, bem com tendência de execução da operação acima dos limites de altura de corte estabelecido. Essa tendência de cortar acima do limite foi atribuída ao receio de contaminação da massa ceifada por causa do micro relevo da propriedade, prejudicando o desempenho do processo e qualidade da operação. A máquina autopropelida apresentou um

maior índice de valores dentro do limite de especificação, em relação à máquina de arrasto, devido ao seu sistema de plataforma flutuante. Na operação de enfardamento constatou-se um maior potencial de melhoria e para tanto, um dispositivo eletrônico de contagem foi acoplado ao equipamento, resultando na melhoria da qualidade do processo produtivo, principalmente com relação à conformação dos fardos.

Peche Filho et al. 2002, avaliaram a qualidade da operação de subsolagem em áreas de reforma de canaviais em três fazendas denominadas de A, B e C, localizadas no município de Ribeirão Preto, SP, utilizando as cartas de controle e histogramas. Em condições locais, o processo operacional adotado obteve um melhor controle na operação de subsolagem na fazenda A, porém a operação que obteve uma menor amplitude, foi realizada na C. Em termos gerais, a regularidade pré-determinada não conseguiu ser mantida ao longo do talhão. Foi observado que a profundidade de subsolagem ficou fora do limite de especificação (0,45 e 0,5 m), elaborado pela equipe técnica das fazendas, mostrando que esta operação precisa ser melhorada.

Fernandes et al. (2000), avaliaram a qualidade das operações agrícolas para a cultura de cana-de-açúcar, envolvendo o preparo do solo (subsolagem) e a aplicação de herbicidas. Os indicadores da qualidade, profundidade de subsolagem e concentração média de gotas por área, foram definidos pela equipe técnica da empresa avaliada e os padrões de qualidade (limites de especificação) foram determinados com base em critérios agrônômicos para atender a cultura. Os resultados mostraram que a profundidade da subsolagem estava sob controle estatístico, porém com o limite superior de controle, LSC, muito acima do desejado pela empresa estudada gerando maior custo do sistema de produção e a diminuição da capacidade operacional das máquinas. Na aplicação de herbicidas, 78% da área amostrada tinha deposição de gotas fora do padrão, cujo resultado foi influenciado por condições climatológicas e da regulação da máquina no momento da aplicação. Como conclusão os autores apontam a eficiência do CEP na avaliação de operações agrícolas e destacam a possibilidade de redução de custo com a sua utilização.

Nesses trabalhos foram utilizadas as cartas de controle para a análise de uma ou várias etapas de um processo de produção de produtos agrícolas, porém, nota-se que em nenhum dos casos citados, foi determinada a capacidade do processo.

### **2.3 Método de pesquisa em escala de campo**

A pesquisa aplicada deve, por definição, fornecer informações úteis ao manejo das áreas no setor produtivo preferivelmente do que definir novos conceitos (IKERD, 1993). Por isso é crescente o número de pesquisadores e produtores que estão envolvidos em pesquisa participativa, onde essa associação pesquisador/produtor contribui para programas de longa duração e assumem funções de liderança na identificação, localização e condução dos programas de pesquisa “on-farm” (GERBER, 1992).

Alguns tipos de investigações ou metas de pesquisa requerem precisão somente por meio de experimentações controladas em escala de parcelas no campo. Outras metas de pesquisa são melhores processadas em experimentos “on-farm”. De acordo com Lockeretz (1987), algumas metas de pesquisa como a avaliação produtiva de um sistema de manejo sobre as reais condições de campo são melhores processadas em experimentos “on-farm”, sendo utilizados diversos tipos de delineamentos, entre eles, a estatística descritiva.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em duas usinas de açúcar e álcool, com colhedoras automotrizes de cana picada, de rodados de esteira, equipadas com um dispositivo semi-automático de controle da altura de corte de base (DAC). Para a avaliação da qualidade do corte de base, foram utilizadas duas metodologias distintas, denominadas de etapa 1 e etapa 2. A primeira procurou identificar a influência da utilização do DAC para a qualidade do corte basal. A segunda foi voltada para a avaliação da qualidade do corte de base, com o uso DAC, em situação normal de trabalho.

Nas duas etapas, a colheita é realizada conforme esquema da Figura 7. A colhedora, operando em cana crua, era acompanhada de um transbordo (1), o qual após estar com a carga completa (2), deslocava-se para fora do talhão transferindo a carga para carretas estacionadas nos carregadores (3). As carretas são tracionadas por caminhões que levam a matéria prima colhida para a usina.



Figura 7 - Esquema da operação de colheita

#### 3.1 Dispositivo semi-automático de controle de altura do corte de base - DAC

O DAC é composto por transdutores, um controle principal e um programa desenvolvido especialmente para fazer a interface dos dados coletados. Os transdutores recebem as informações das variações de pressão dos discos corte de base e do rolo levantador, transformando esses sinais em sinais elétricos, fazendo com que o cortador de base, acompanhe automaticamente o micro relevo, Figura 8.





Figura 8 - Pontos de verificação de variação de pressão para controle da altura de corte do DAC (a); controle de altura,  $h$ , dos discos de corte de base (b)

A sensibilidade da variação de pressão é determinada pelo operador no controlador do DAC, antes de realizar a colheita, de acordo com as condições da área a ser colhida e, durante a operação, são realizados ajustes finos na sensibilidade, de acordo com as variações do terreno e da cultura. Quando o DAC permanece desligado, o controle da altura de corte é feito pelo dispositivo regular da colhedora (controle hidráulico manual), Figura 9.

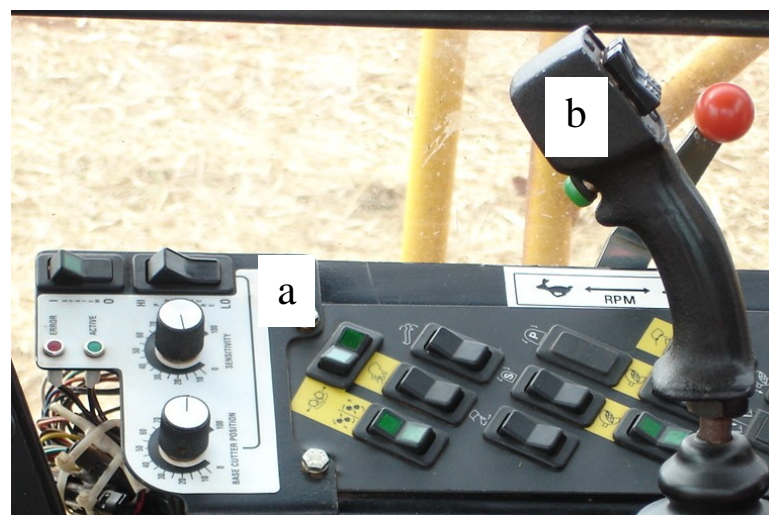


Figura 9 - Controladores dos dispositivos de corte de base das colhedoras: dispositivo semi-automático de controle de corte de base, DAC (a); controlador manual (b)

### 3.2 Etapa 1: avaliação do dispositivo de corte de base

Nessa etapa, a avaliação foi efetuada para identificar a influência da utilização do DAC na qualidade do corte de base. As avaliações foram realizadas em duas fazendas de propriedade de uma usina localizada na região central do estado de São Paulo nos dias 15 e 16 de dezembro de 2004. Nos dois dias de avaliação utilizou-se de uma colhedora de 243 kW de potência bruta no motor com um ano de uso e equipada com o DAC. As regulagens e manutenções necessárias foram realizadas de acordo com as especificações do fabricante da máquina e da usina, antes da realização dos ensaios.

#### 3.2.1 Caracterização das áreas

No dia 15 de dezembro, a colhedora operou em um talhão de 4,7 hectares, Figura 10, com um canavial de 6° corte, variedade RB 83-5089, espaçamento de 1,4 metros em latossolo vermelho amarelo de textura média com declividade de 5,0%.

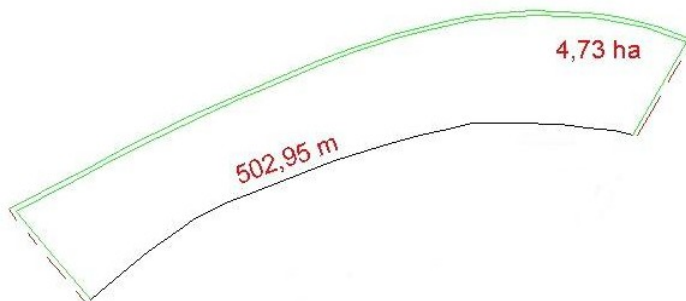


Figura 10 - Mapa do talhão do ensaio do dia 15/12/04, sem escala

No dia 16 de dezembro, a colhedora operou em um talhão com área de 3,3 hectares, Figura 11, declividade de 4,0%, latossolo vermelho amarelo de textura média, com um canavial de 2° corte, variedade SP 80-3280 e espaçamento de 1,4 metros.

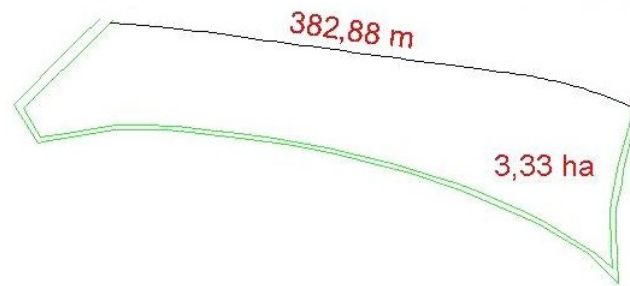


Figura 11 - Mapa do talhão do ensaio do dia 16/12/04, sem escala

Para a caracterização da cultura, foram determinados os teores de fibra e de açúcar total recuperável (ATR), população de colmos, porte do canavial, umidade do solo e produtividade média dos talhões. O porte e a população de colmos foram medidos a partir da metodologia descrita por Ripoli et al. (1977) e os teores de fibra e ATR foram obtidos por amostragem na usina da matéria-prima colhida no ensaio, ilustrado no item 3.2.3.3. A produtividade média das áreas e a umidade do solo durante a realização dos ensaios foram fornecidas pela usina.

Foi estabelecida uma velocidade média de trabalho para esta avaliação de  $5,0 \text{ km.h}^{-1}$ . A manutenção dessa velocidade foi verificada por meio da medição do tempo que a colhedora percorria 50,0 m de fileira de cana, demarcados por estacas no campo em trechos retilíneos. Realizavam-se quatro repetições de medições de tempo, para cada situação analisada. Caso a velocidade estivesse fora da faixa estipulada, o operador era avisado para realizar os ajustes necessários.

### 3.2.2 Procedimento de ensaio

As avaliações foram realizadas em esquema fatorial com interações entre os fatores: período e tecnologia. O período refere-se aos horários de trabalho da colhedora (manhã e tarde), e tecnologia refere-se ao DAC ligado (SL) e desligado (SD). A opção SL ou SD era decidida por meio de sorteio, utilizando nestes dois dias o mesmo operador, com experiência em trabalhar nas duas condições: DAC ligado ou desligado.

O operador era avisado do resultado do sorteio (SL ou SD) e iniciava seus trabalhos no período. A colhedora depositava a cana colhida em dois transbordos com capacidade unitária de 8000 kg, rebocados por um trator agrícola 4x2 TDA. Utilizaram-se quatro transbordos em dois conjuntos, para que a colhedora não precisasse interromper a operação. O operador foi instruído a

mudar de tecnologia, ligar ou desligar o sistema, a cada quatro conjuntos de transbordos cheios para a cana de 2° corte, e a cada cinco conjuntos para o canavial de 6° corte, para cada período. Com o DAC desligado, o operador controla a altura pelo dispositivo regular da colhedora (controle hidráulico manual). Após o término do ensaio em um período de trabalho, o mesmo procedimento se repete para o próximo.

### **3.2.3 Qualidade operacional**

A qualidade do corte, qualidade operacional, realizada pelos dispositivos de controle do corte de base da colhedora foi avaliada pela variabilidade da altura de corte, medida pela altura dos tocos das fileiras de cana, expressa em centímetro (cm), por tocos arrancados e deixados no campo, expresso em porcentagem, e pelo teor de impureza mineral presente na matéria-prima colhida, em porcentagem.

#### **3.2.3.1 Altura de tocos - ADT**

Durante o processo de colheita e enchimento dos transbordos, os pontos de coleta de altura de tocos eram determinados aleatoriamente, no sentido da fileira de cana cortada pela colhedora, em intervalos de três minutos entre eles, realizando dezesseis amostras para cada tecnologia (SL, SD) e período (manhã, tarde), Figura 12. Em cada ponto, o palhiço era retirado, medindo-se vinte alturas de tocos e o comprimento da linha do local de medição, Figuras 13 e 14. Essa medição era feita na cana remanescente no campo, do nível do solo até o ponto de corte, totalizando ao final 320 alturas para cada situação. Utilizou-se uma trena graduada com divisão de 0,001 m para as medições e na ocorrência de sulco profundo, uma régua niveladora foi utilizada para auxiliar a medição, Figura 15.



Figura 12 - Ponto de coleta e medição da altura de toco, ADT



Figura 13 - Linha de colheita aberta para a medição da ADT



Figura 14 - Distância medida dos tocos encontrados na linha colhida



Figura 15 - Régua niveladora na medição com sulco profundo

### 3.2.3.2 Tocos arrancados - TA

Durante a medição da ADT, realizou-se a contagem de tocos arrancados e deixados no campo, TA, verificando se o sistema radicular estava totalmente sem aderência ao solo, Figura 16.



Figura 16 - Tocos arrancados na fileira de cana

Em cada amostra de ADT, quantificavam-se os valores de TA para a análise de sua frequência em cada parâmetro analisado. O cálculo da porcentagem de TA foi feito pela relação entre o número de TA pelo número total de tocos observados durante a medição da ADT, eq. (1).

$$TA = \left( \frac{nta}{nto} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

*TA*: frequência de tocos arrancados, em porcentagem (%);

*nta*: número total de tocos arrancados nas amostras;

*nto*: número total de tocos observados nas amostras.

### 3.2.3.3 Impureza mineral - IM

Os transbordos descarregavam a cana colhida em carretas estacionadas nos carregadores, sendo cada uma carregada com dois transbordos, totalizando quatro carretas para a cana de 2° corte e cinco para a cana de 6° corte. Na usina, todas as carretas foram amostradas, perfurando-se a carga por meio de uma sonda em três locais distintos. As amostras obtidas eram destinadas ao laboratório da usina, para avaliação da impureza mineral e dos teores de fibra e ATR da cana. No canavial de segundo corte, o teor médio de IM foi obtido a partir dos valores percentuais das cinco amostras do material colhido e o de sexto corte, das seis amostras obtidas das carretas.



Figura 17 - Amostragem da carga pela sonda

### 3.2.4 Análise estatística

A análise estatística da qualidade operacional dos dispositivos de corte de base foi realizada em duas fases. A primeira refere-se à análise por estatística descritiva, com a avaliação da variabilidade do corte de base a partir elaboração de histogramas e cartas de controle de médias e de desvio padrão para a ADT, seguindo-se as metodologias de Montgomery (2004) e Vieira (1999). Considerou-se como limite máximo de especificação de altura de tocos (LE), o padrão adotado pela usina de 5,0 cm. A partir das cartas de controle, analisou-se a capacidade do processo de corte de base, seguindo as metodologias de Bonilla (1994) e Vieira (1999), para o caso de especificação unilateral, altura máxima de corte, LE, de 5,0 cm. Para o cálculo da capacidade do processo, realizaram testes nos valores de ADT para a identificação e exclusão de dados discrepantes (outliers), com a verificação das pressuposições de normalidade e de homogeneidade de variâncias dos dados utilizando-se do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS). Para os casos em que a normalidade e/ou a homogeneidade não foram verificados, recorreu-se à transformação de dados pelo método potência ótima de Box Cox (SAS INSTITUTE, 2001). Os tocos arrancados foram estudados por estatística descritiva, elaborando-se a frequência média para cada corte, tecnologia e período analisado. Os teores de impureza mineral foram normalizados com a mesma metodologia descrita para a ADT e calculados a média para cada parâmetro analisado.

A segunda fase corresponde à análise comparativa da qualidade operacional para verificar a influência da utilização do DAC na qualidade do corte de base, em que as variáveis ADT e IM

foram estudadas pela análise da variância (ANOVA) e comparação de médias por meio do teste de Tukey em nível de significância de 5,0 % utilizando o programa SAS, levando em conta as possíveis interações entre os fatores corte, tecnologia e período para as variáveis resposta ADT e IM.

### 3.3 Etapa 2: avaliação da qualidade operacional em regime normal de trabalho

Nessa etapa a avaliação do corte de base das colhedoras, qualidade operacional, foi realizada em situação normal de colheita, ao longo da jornada de trabalho, entre os dias 5 e 8 de outubro de 2005 em uma fazenda pertencente a uma usina, localizada na região norte do estado de São Paulo. Para as avaliações foram utilizadas duas colhedoras automotrizes de cana-de-açúcar da frente de colheita da usina, denominadas de *A* e *B*. A colhedora *A* possui um motor de 275 kW e a colhedora *B*, 243 kW e ambas as máquinas estavam com seis meses de uso e operaram com o DAC ligado.

#### 3.3.1 Caracterização das áreas

O solo dos talhões era um latossolo vermelho de textura média e no período de avaliação, foi considerado apto para a colheita mecanizada, em termos de umidade, pela equipe técnica da usina. A declividade dos talhões foi de 3,0%, e o canavial era de 3° corte, com a variedade RB 83-5486. A Figura 18 apresenta o mapa esquemático dos talhões onde os trabalhos foram realizados.

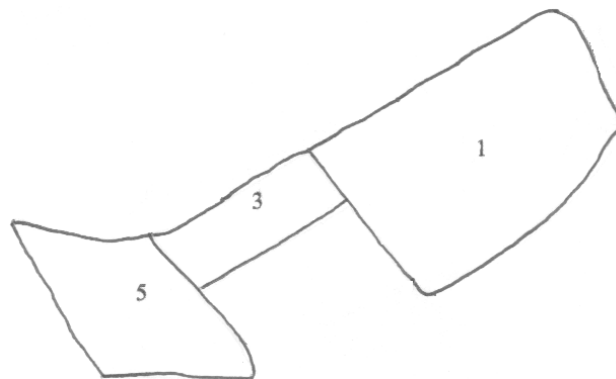


Figura 18 - Mapa dos talhões 01, 03 e 05, sem escala



Para a caracterização da cultura, foram determinados os teores de fibra e açúcar total recuperável (ATR), população de colmos e porte do canavial. O porte e a população de colmos foram medidos a partir da metodologia descrita por Ripoli et al. (1977). Os teores de fibra e ATR foram obtidos por amostragem da matéria-prima do ensaio na usina, ilustrado no item 3.2.3.3.

Realizou-se a caracterização da rotina de trabalho com o cálculo da capacidade de produção operacional, velocidade média de trabalho e eficiência operacional e de processamento. O procedimento de cálculo, referente a essas variáveis, encontra-se no anexo A.

### **3.3.2 Procedimento de ensaio**

Na fazenda, foram selecionados três talhões adjacentes, sistematizados para o corte mecanizado, com área suficiente para a colheita em quatro dias de jornadas de oito horas de trabalho cada, e que tivessem a mesma época de plantio, variedade e tratos culturais.

Os talhões da análise foram divididos em quatro faixas e cada faixa possuía cana suficiente para ser colhida em um dia de jornada de trabalho. Realizou-se um sorteio para que cada colhedora trabalhasse em duas faixas aleatórias. A coleta de dados iniciava-se após a colheita de no mínimo quatro fileiras contínuas de cana, para adaptação da colhedora e do operador às condições do canavial.

As regulagens e manutenções necessárias durante a operação foram realizadas de acordo com as especificações do fabricante das colhedoras e da usina, na primeira hora da jornada de trabalho. Nessa primeira hora, também era realizada a abertura de regiões de manobras dos transbordos e das colhedoras, e a colheita das linhas não contínuas dentro do talhão, ficando sete horas para as análises.

### **3.3.3 Qualidade operacional**

A avaliação do corte realizado pelas colhedoras, qualidade operacional, foi determinada por meio da altura de toco (ADT), expressa em centímetro (cm); cisalhamento do toco (qualitativo); tocos abalados (TAb) e arrancados (TA), em porcentagem; perdas visíveis na colheita, expressa em porcentagem; e o teor de impureza mineral (IM), em porcentagem.

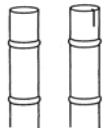
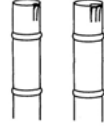
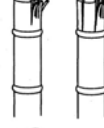
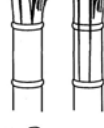
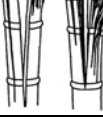
### 3.3.3.1 Altura de tocos - ADT

A ADT foi determinada de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.3.1. As amostras, foram coletadas em intervalos de vinte minutos, totalizando dezessete pontos amostrados ao longo do turno. Após as medições, os tocos eram cortados no nível do solo e armazenados em sacos para posterior determinação de perdas. No caso da presença de sulco profundo, diferentemente do descrito do item 3.2.3.1, os tocos eram medidos a partir da superfície do solo, dentro do sulco, sem a utilização da régua niveladora.

### 3.3.3.2 Cisalhamento dos tocos

Nos pontos de coleta da ADT, antes do corte dos tocos, foi realizada a avaliação visual do cisalhamento dos tocos em função do corte de base das colhedoras. Elaborou-se um padrão visual, adaptado de Kroes (1997), com notas de 1,0 a 5,0, em que “1,0” é classificado como *ruim*, com os tocos altamente dilacerados, e “5,0” como *ótimo*, com os tocos não apresentando dilaceramento, Tabela 1.

Tabela 1 - Notas e conceitos para o cisalhamento dos tocos, adaptado de Kroes (1997)

Conceito	Nota	Exemplo visual
Ótimo	5,0	
Muito Bom	4,0	
Bom	3,0	
Regular	2,0	
Ruim	1,0	

### 3.3.3.3 Tocos arrancados - TA, e abalados - TAb

Durante a medição da ADT, realizou-se a contagem de tocos considerados arrancados, TA e abalados, TAb. Para os tocos arrancados, seguiu-se a metodologia do item 3.2.3.2. Os tocos foram considerados como abalados quando as raízes encontravam-se parcialmente expostas. Em cada amostra de ADT, quantificavam-se os valores de TAb para a análise de sua frequência na jornada de trabalho. O cálculo da porcentagem de TAb foi feito pela relação entre o número de TAb pelo número total de tocos observados durante a medição da ADT, eq. (2).

$$TAb = \left( \frac{ntab}{nto} \right) \times 100 \quad (2)$$

em que:

*TAb*: frequência de tocos abalados, em porcentagem (%);

*ntab*: número total de tocos abalados nas amostras;

*nto*: número total de tocos observados nas amostras.

### 3.3.3.4 Perdas visíveis na colheita

Nos períodos entre as coletas de dados da ADT, realizava-se a quantificação das perdas visíveis na colheita, a fim de analisar a participação das perdas por tocos nas perdas totais. Determinava-se, aleatoriamente, o ponto de coleta na linha anterior à colhida, acompanhando-se o sentido de deslocamento da colhedora, com intervalos entre os pontos de aproximadamente vinte minutos, totalizando dezessete pontos ao longo da jornada de trabalho.

Em cada ponto era colocado, no centro da linha de cana, um gabarito articulável de madeira, com dimensões internas de 1,4 x 1,4 m totalizando uma área de 1,96 m<sup>2</sup>, Figura 19. Nesta área retiravam-se do palhiço as lascas, cana inteira, pedaço, ponteiro e rebolo, Figura 20, classificados de acordo com Copersucar (1988) e Neves (2003). O material obtido era armazenado em sacos devidamente identificados e ao final do turno, as perdas eram separadas e pesadas em balanças eletrônicas com escala de 0,01 kg, Figuras 21 e 22.



Figura 19 - Gabarito utilizado na avaliação de perdas na colheita



Figura 20 - Coleta do material dentro do gabarito de amostragem



Figura 21 - Separação do material encontrado no gabarito



Figura 22 - Pesagem do material ao final do turno de trabalho

O cálculo das perdas visíveis totais foi obtido por meio da somatória da porcentagem de cada perda classificada ( $P$ ) do material coletado no gabarito, eq. (3).

$$P = \left( \frac{M}{Mt} \right) \times 100 \quad (3)$$

em que:

$P$ : porcentagem de perdas, em (%);

$M$ : massa de material coletado no campo, em  $t \cdot ha^{-1}$ ;

$Mt$ : produtividade do talhão, acrescido da massa do material remanescente do campo, em  $t \cdot ha^{-1}$ .

### **3.3.3.5 Impureza mineral - IM**

Todos os caminhões que continham a matéria-prima colhida da área analisada foram amostrados para a quantificação do teor de impurezas minerais, IM, pelo laboratório da empresa, conforme descrito no item 3.2.3.3. O teor médio de IM foi obtido a partir dos valores percentuais das amostras do material colhido de cada carreta dos caminhões.

### **3.3.4 Análise estatística**

Os resultados da caracterização da rotina de trabalho e da qualidade operacional foram analisados por meio de estatística descritiva, com o cálculo das médias e do coeficiente de variação, CV, expresso em porcentagem. Para o cálculo e classificação do CV será utilizada a metodologia descrita por Pimentel-Gomes e Garcia (2002).

Na avaliação da variabilidade da altura do corte de base, os valores de ADT foram analisados por histogramas e cartas de controle de médias e de desvio padrão, seguindo as metodologias de Montgomery (2004) e Vieira (1999), considerando como limite máximo de especificação de altura de tocos (LE), o padrão adotado pela usina de 2,0 cm. Após a elaboração das cartas de controle, analisou-se a capacidade do processo do corte de base pela altura de tocos, com a normalização dos dados e eliminação de pontos fora dos limites de controle das cartas, seguindo as metodologias de Bonilla (1994) e Vieira (1999) para o caso de especificação unilateral, altura máxima de corte, LE, de 2,0 cm. A normalização dos valores de ADT foi realizada com o programa estatístico Statistical Analysis System, SAS.

Os valores médios da qualidade operacional das duas colhedoras da frente de colheita da usina, foram analisados com as metas (LE) que a usina pretende alcançar nos parâmetro em estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item apresentam-se os resultados dos ensaios referentes às duas etapas de avaliação do corte de base. A etapa 1 compara a qualidade do corte com e sem o uso do DAC em um talhão de segundo e outro de sexto corte, enquanto que a etapa 2 avalia a qualidade do corte com o uso do DAC ao longo de uma jornada de trabalho.

### 4.1 Etapa 1: avaliação do dispositivo de corte de base

Os ensaios foram realizados com uma colhedora operando em dois talhões, segundo e sexto corte, alternando-se o uso do DAC, ligado/desligado em períodos de trabalho distintos, manhã e tarde. A usina adota como padrão de corte, LE, uma altura máxima de 5,0 cm.

#### 4.1.1 Caracterização das áreas

Na Tabela 2 apresentam-se os valores referentes aos teores de fibra e açúcar total recuperável (ATR), população de colmos, porte e velocidade média nos locais do ensaio. A umidade do solo e a produtividade média foram fornecidas pela usina.

Tabela 2 - Caracterização dos locais do ensaio

Variáveis	Segundo corte		Sexto corte	
	Período		Período	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Fibra (%)	11,2	12,6	12,3	12,1
ATR	145,2	143,9	142,7	145,2
População (colmos.m <sup>-1</sup> )	14,3	13,9	9,2	8,2
Porte (frequência %)	Deitado (93,0)	Deitado (91,0)	Ereto (90,0)	Ereto (94,0)
Umidade solo (%)	13,7	13,2	9,9	9,1
Produtividade média (t.ha <sup>-1</sup> )	110,0	110,0	60,0	60,0
Velocidade média (km.h <sup>-1</sup> )	5,0	5,1	5,1	5,2

Nota: ATR: açúcar total recuperável

Por meio da Tabela 2, verifica-se que a umidade do solo foi 26,5 % inferior no talhão de sexto corte e que o porte foi classificado como deitado para o canavial de segundo corte, e ereto para o sexto, ambos com mais de 90,0 % de frequência nos pontos analisados. A Figura 23 mostra a vista geral do porte dos canaviais. O operador manteve a velocidade média ao redor de 5,0 km.h<sup>-1</sup>. A população de colmos no talhão de segundo corte ficou com média de 14,1 colmos por metro com produtividade média de 110,0 t.ha<sup>-1</sup>, enquanto que o talhão de sexto corte mostrou uma média de 8,2 colmos por metro e produtividade média de 60,0 t.ha<sup>-1</sup>.



Figura 23 - Vista geral do porte dos canaviais do ensaio do dia 16/12/04, segundo corte (a) e do dia 15/12/04, sexto corte (b)

#### 4.1.2 Análise descritiva da qualidade operacional

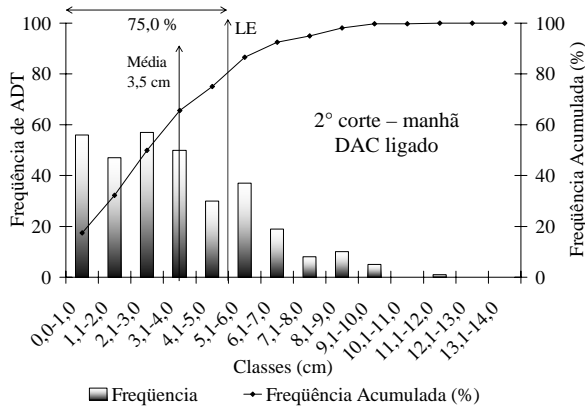
Nesse item será analisado, por estatística descritiva, a variabilidade do corte de base, as médias da frequência de tocos arrancados e o teor médio de impureza mineral, para cada corte, tecnologia e período.

##### 4.1.2.1 Avaliação da variabilidade do corte de base

A avaliação da variabilidade do corte de base será examinada com a utilização de três técnicas: os histogramas, para a distribuição da altura de toco; as cartas de controle, para verificar o comportamento da altura de corte ao longo do período analisado, elaborados com os dados reais coletados a campo; e a capacidade do processo, para verificar se o processo de corte de base consegue atender o LE da usina, 5,0 cm.

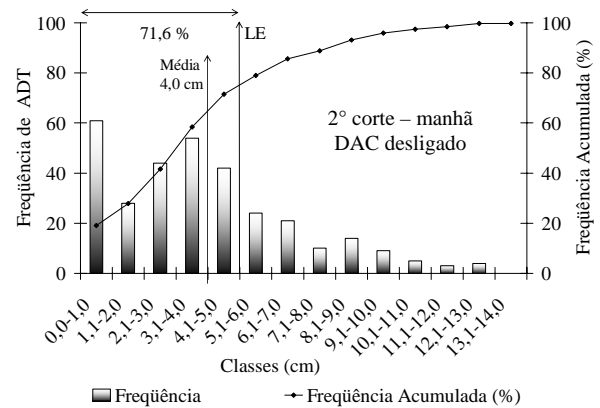
#### 4.1.2.1.1 Distribuição da altura de tocos - ADT

As Figuras 24 e 25 mostram a distribuição de altura de tocos, ADT, no canalial de 2º corte, com o DAC ligado e desligado, no período da manhã e da tarde, respectivamente, onde se destaca também o limite de especificação da usina, 5,0 cm.



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

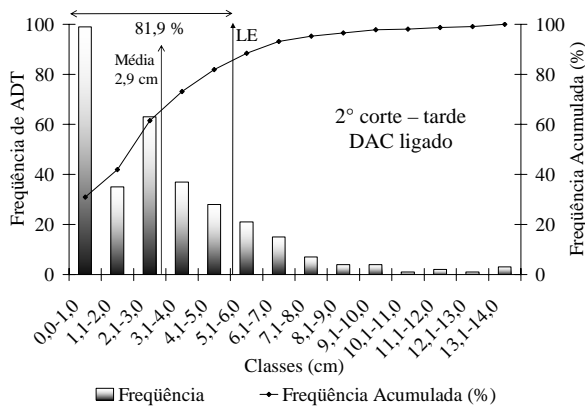
(a)



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

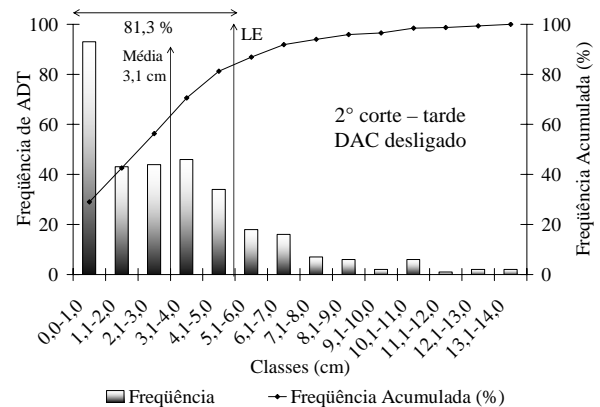
(b)

Figura 24 - Distribuição da altura de tocos, ADT, em 2º corte, no período da manhã, com o DAC ligado (a) e desligado (b)



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

(a)



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

(b)

Figura 25 - Distribuição da altura de tocos, ADT, em 2º corte, no período da tarde, com o DAC ligado (a) e desligado (b)

Verifica-se nas Figuras 24 e 25, que a distribuição da ADT é assimétrica, independente da tecnologia e período analisado. O DAC consegue nos dois períodos, frequências superiores de



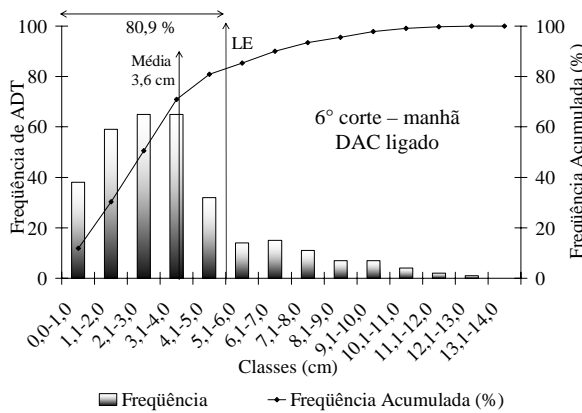
altura de tocos dentro dos padrões da usina, com o melhor resultado no período da tarde, 81,9 %. Analisando a média de frequência de ADT nos dois períodos por tecnologia, verifica-se que com o uso do DAC, 78,5 % dos tocos analisados estão dentro do limite máximo especificado pela usina. Com o DAC desligado, o valor é de 76,5 %. Analisando a média de frequência de ADT com as duas tecnologias por período, verifica-se que o período da tarde mostrou a maior porcentagem de tocos dentro dos padrões da usina, 81,6 %, ante 73,3 % no período da manhã. A partir da distribuição de ADT, elaborou-se a Tabela 3, que mostra o percentual da ADT com o corte na classe de 0,0 a 1,0 cm.

Tabela 3 - Percentual da altura de tocos (ADT) com corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, para as condições avaliadas, em 2° corte

2° corte	Percentual de ADT na classe de 0,0 a 1,0 cm (%)		
	DAC		
Período	Ligado	Desligado	Média Período
Manhã	14,7	16,9	15,8
Tarde	27,2	25,9	26,6
Média DAC	21,0	21,4	

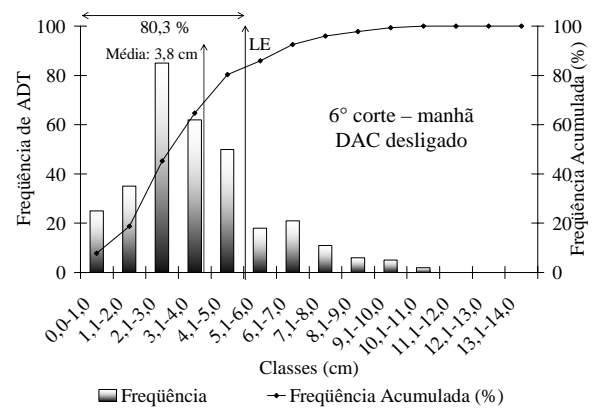
A Tabela 3 mostra que o período da tarde apresentou os maiores percentuais de ADT com corte na classe de 0,0 a 1,0 cm e, em relação à tecnologia, o DAC desligado apresentou um percentual superior em 0,4 %.

As Figuras 26 e 27 mostram os histogramas de distribuição de altura de tocos, ADT, no canal de 6° corte, com o DAC ligado e desligado, no período da manhã e da tarde, respectivamente.



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

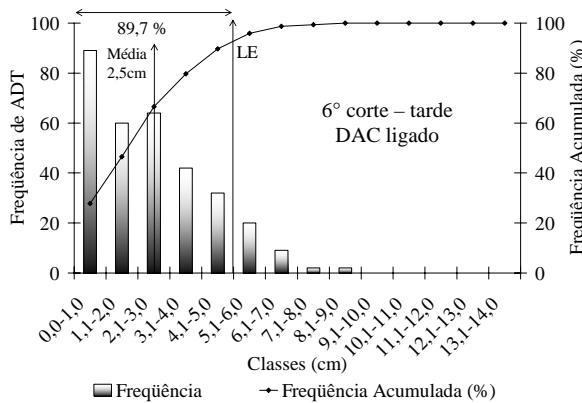
(a)



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

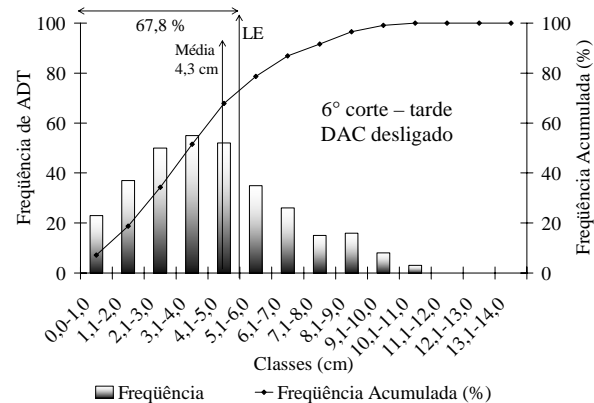
(b)

Figura 26 - Distribuição da altura de tocos, ADT, em 6º corte, no período da manhã, com o DAC ligado (a) e desligado (b)



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

(a)



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 5,0 cm

(b)

Figura 27 - Distribuição da altura de tocos, ADT, em 6º corte, no período da tarde, com o DAC ligado (a) e desligado (b)

Pelas Figuras 26 e 27, pode-se verificar que a distribuição da ADT é assimétrica, independente da tecnologia e período analisado. O DAC consegue nos dois períodos, índices superiores em termos de frequência de altura de tocos dentro dos padrões da usina, com o melhor resultado no período da tarde, 89,7 %. Analisando a média de frequência de ADT nos dois períodos por tecnologia, verifica-se que o com o uso do DAC, 85,3 % dos tocos analisados estão dentro do limite especificado pela usina. Com o DAC desligado, o valor é de 74,1 %. Analisando a média de frequência de ADT com as duas tecnologias por período, verifica-se que o período da manhã mostrou a maior porcentagem de tocos dentro dos padrões da usina, 80,6 %, ante 78,9 %

no período da tarde. A partir da distribuição de ADT, elaborou-se a Tabela 4, que mostra o percentual da ADT na classe de 0,0 a 1,0 cm.

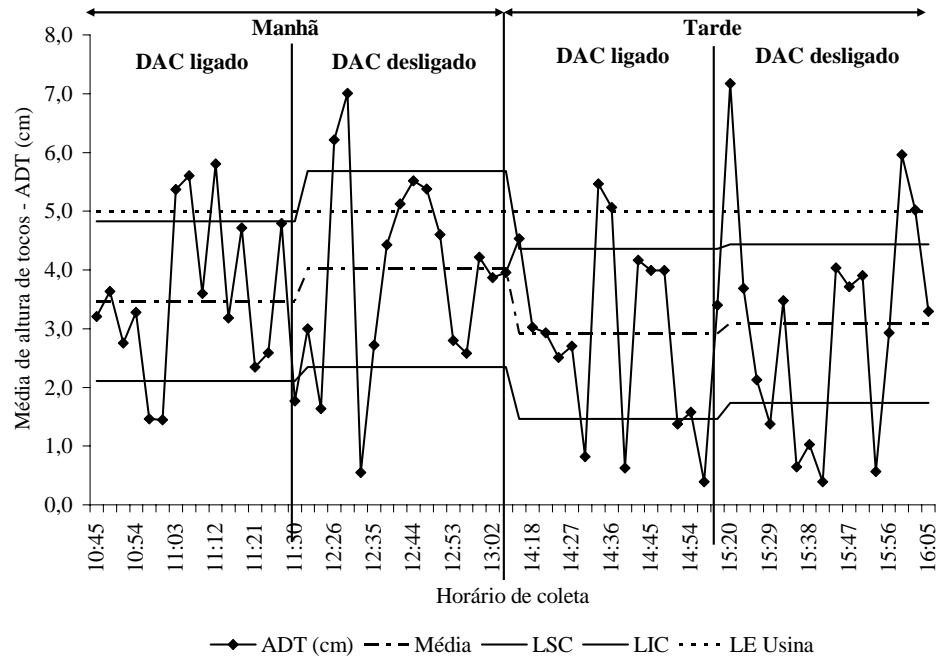
Tabela 4 - Percentual da altura de tocos (ADT) com corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, em 6° corte, para as condições avaliadas

6° corte	Percentual de ADT na classe de 0,0 a 1,0 cm (%)		
	DAC		
Período	Ligado	Desligado	Média Período
Manhã	4,7	2,2	3,5
Tarde	19,1	2,2	10,7
Média DAC	11,9	2,2	

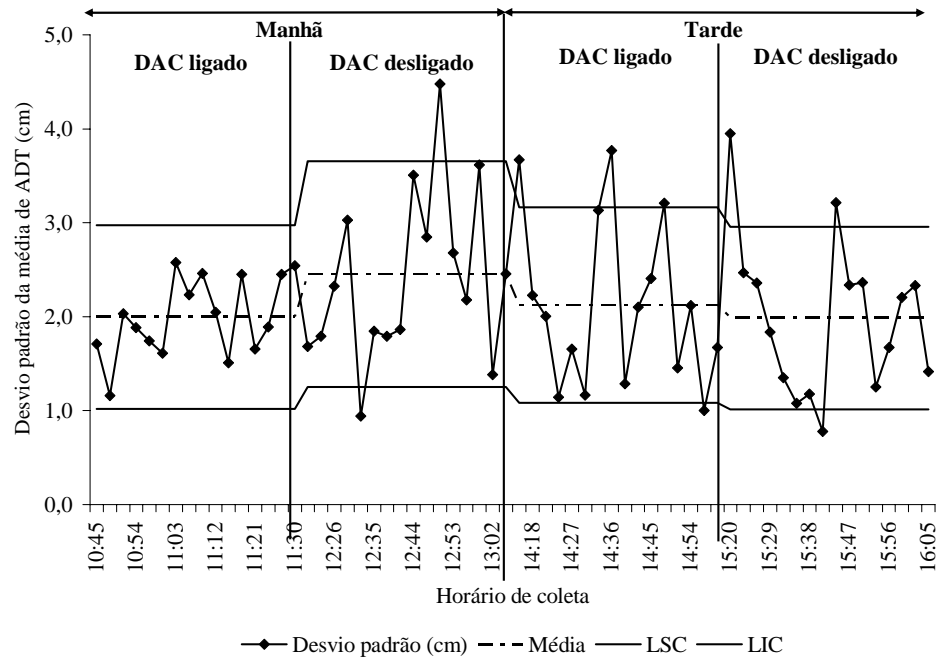
Observa-se na Tabela 4 que no 6° corte, o DAC apresentou a maior frequência de corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, com a maior participação no período da tarde. A maior porcentagem de ADT com corte nessa classe no 6° corte, auxiliou na diminuição das médias das ADT e na manutenção de seus valores dentro dos limites da usina.

#### 4.1.2.1.2 Cartas de controle

As Figuras 28 e 29 mostram as cartas de controle para médias de ADT e desvios padrão para o canal de 2° corte. A partir delas, verifica-se que existem causas atribuíveis atuando no sistema durante os períodos, com ou sem uso do DAC, e as variações que ocorrem não podem ser atribuídas somente ao processo.



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; LE: limite máximo de especificação  
 Figura 28 - Carta de controle para médias de altura de tocos (ADT) em canalial de 2° corte



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle

Figura 29 - Carta de controle do desvio padrão da média de ADT em canalial de 2° corte

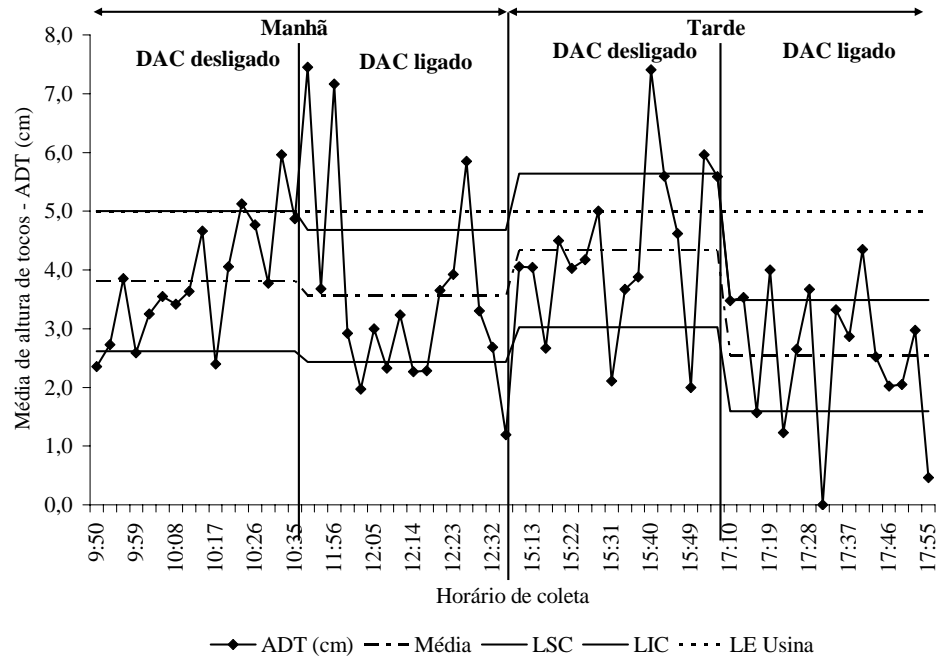
Nas cartas de controle das Figuras 28 e 29, observa-se que mesmo com um operador treinado/experiente e o uso do DAC, não foi possível manter o processo sob controle, com vários pontos fora dos limites estatísticos. As causas atribuíveis podem estar ligadas ao funcionamento do DAC, ao operador, e ao sistema de produção da cana (preparo do solo, plantio e condução da cultura).

No período da manhã, o DAC ligado mostra menor variabilidade no corte de base, e os limites de controle estatístico da média de ADT estão dentro do LE da usina, enquanto que com o DAC desligado, operação manual, ocorre o aumento da média de ADT e o limite superior de controle, LSC está acima do LE da usina. Destaca-se que no período da manhã, com o uso do DAC ligado, os pontos de média de ADT que apresentam valores menores ou iguais a 3,0 cm estavam em sulcos profundos com camalhão, Figura 28. O desvio padrão da média de ADT com o DAC ligado está sob controle estatístico, com todos os pontos dentro dos limites de controle, enquanto que com o DAC desligado, o desvio padrão é superior em 0,5 cm e com pontos fora dos limites de controle, Figura 29.

No período da tarde, a média de ADT com o DAC ligado é 0,2 cm inferior, no entanto, o desvio padrão da média de ADT para o dispositivo ligado é 0,1 cm superior. Nas duas tecnologias desse período, os limites de controle estatístico encontram-se abaixo do LE da usina, Figuras 28 e 29. No período da tarde, não foram encontrados sulcos profundos nas amostras.

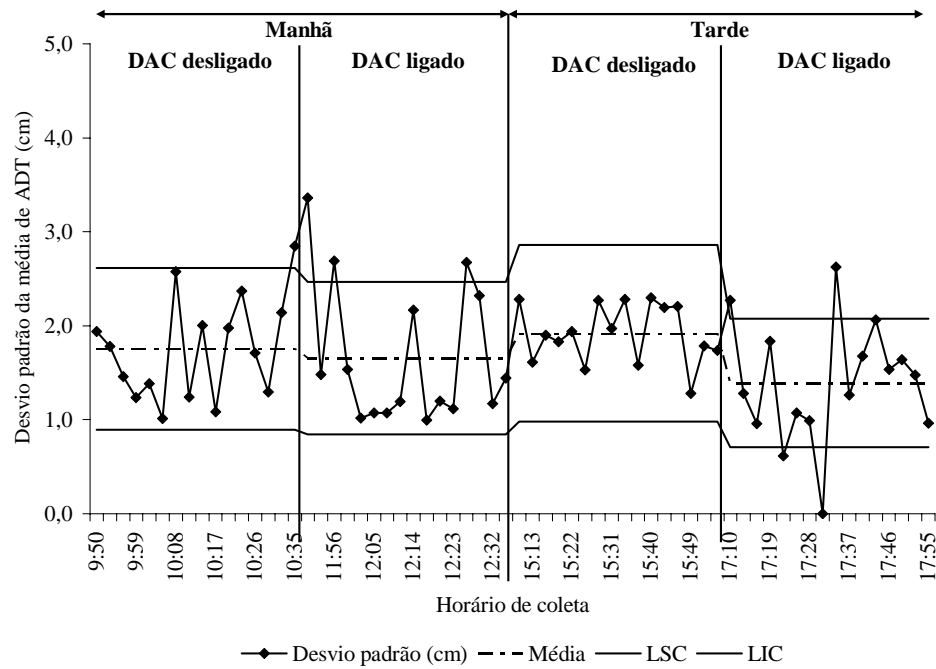
De acordo com a Tabela 3 e a Figura 28, verificou-se a frequência de ADT com corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, está presente em maior quantidade nos pontos de médias de ADT menores que 1,2 cm com o DAC desligado no período da manhã e ligado na tarde. Este tipo de corte, pode em algumas situações, incorporar terra com a matéria-prima colhida devido ao possível contato das facas com o solo, que acelera o desgaste devido à abrasão, diminuindo a qualidade do corte.

As Figuras 30 e 31, mostram as cartas de controle do processo para médias de ADT e desvio padrão para o canavial de 6° corte. Em linhas gerais, o processo de corte de base não está sob controle para nenhum dos períodos avaliados indicando que causas atribuíveis atuam no processo.



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; LE: limite máximo de especificação

Figura 30 - Carta de controle para médias de altura de tocos (ADT) em canavial de 6º corte



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle

Figura 31 - Carta de controle do desvio padrão da média de ADT em canavial de 6º corte

A operação, com o DAC ligado ou desligado, não consegue atuar de modo a superar as causas atribuíveis embora o dispositivo semi-automático tenha trabalhado com o limite superior de controle (LSC) abaixo do limite solicitado pela usina de 5,0 cm nos dois períodos. Já a operação manual, DAC desligado, o LSC igualou-se ou ficou acima do limite da usina, nos dois períodos. As causas atribuíveis podem ser as mesmas citadas no caso do canavial de 2º corte, com o acréscimo de infestação de plantas daninhas, em maior intensidade na área trabalhada no período da tarde.

Na Figura 30 observa-se que nos dois períodos, a variabilidade do corte diminui quando o DAC é ligado, auxiliando na redução da média de ADT. Por meio dos dados da Tabela 4 e da Figura 30, verificou-se que a frequência de ADT com corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, está presente em maior quantidade nos pontos de médias de ADT menores que 1,0 cm, no período da tarde com o DAC ligado.

Na Figura 31, a média do desvio padrão de ADT com a utilização do DAC ligado, é inferior em 0,1 cm no período da manhã e 0,5 cm no período da tarde, no entanto, no período da tarde, em operação manual, DAC desligado, o desvio padrão encontra-se em controle estatístico, com todos os pontos dentro dos limites.

#### **4.1.2.1.3 Capacidade do processo**

Os valores de ADT foram normalizados para o cálculo do índice de capacidade do processo (CP) para cada parâmetro nos dois cortes analisados e classificados de acordo com o proposto por Vieira (1999). Calculou-se o valor mínimo de limite especificado de ADT que a usina precisaria adotar para que o processo se torne adequado, considerando que a variabilidade da altura de corte existente não seja alterada, Tabela 5.

Tabela 5 - Índice de capacidade do processo (CP), classificação e o valor mínimo do limite de especificação (LE) para a adequação do processo para os parâmetros analisados

2° Corte				6° Corte			
Manhã	CP	Classificação	LE mínimo (cm)	Manhã	CP	Classificação	LE mínimo (cm)
DAC ligado	0,36	Inadequado	10,2	DAC ligado	0,41	Inadequado	8,8
DAC desligado	0,13	Inadequado	14,1	DAC desligado	0,23	Inadequado	14,2
2° Corte				6° Corte			
Tarde	CP	Classificação	LE mínimo (cm)	Tarde	CP	Classificação	LE mínimo (cm)
DAC ligado	0,30	Inadequado	11,4	DAC ligado	0,47	Inadequado	9,3
DAC desligado	0,25	Inadequado	12,0	DAC desligado	0,13	Inadequado	12,0

Pela Tabela 5 pode-se verificar que em todos os casos, independente do corte e dos parâmetros analisados, o processo de corte de base não tem condições de manter a altura de corte especificada pela usina de 5,0 cm. No segundo corte, para que o corte de base torne-se adequado com a variabilidade existente, a usina teria que adotar um valor de LE mínimo de 11,4 cm para o DAC ligado e de 14,1 cm para o DAC desligado. Para o sexto corte, o valor de adequação seria de 9,3 cm para o dispositivo ligado e de 14,2 cm para o DAC desligado. Os maiores valores de CP e os menores de LE para adequação foram no 6° corte com o sistema ligado nos períodos da manhã e da tarde. Para manter o LE utilizado pela usina, 5,0 cm, é necessário reduzir a variabilidade do corte de base, mostrado pela amplitude dos limites estatísticos das cartas de controle.

#### 4.1.2.2 Tocos arrancados - TA

Na Tabela 6 é apresentado o percentual de tocos arrancados e deixados no campo para o segundo corte.



Tabela 6 - Percentual de tocos arrancados e deixados no campo em 2° corte, nas condições avaliadas

2° corte	Percentual de tocos arrancados (%)		
	DAC		
Período	Ligado	Desligado	Média Período
Manhã	0,0	0,3	0,2
Tarde	0,9	6,6	3,8
Média DAC	0,5	3,5	

A Tabela 6 mostra que a maior frequência de tocos arrancados e deixados no campo foi na condição em que o sistema de corte basal foi operado manualmente, com o DAC desligado, independente do período analisado. Na operação manual ocorreram as maiores oscilações de médias e de desvio padrão de ADT ao longo do tempo de avaliação e valores médios de desvio padrão superiores, com exceção do 2° corte no período da tarde, que obteve um desvio padrão médio 0,1 cm inferior em comparação com o DAC ligado, no mesmo período, Figuras 28 e 29. Os tocos arrancados auxiliam na redução da longevidade do canavial e, se forem incorporados com a matéria-prima colhida podem aumentar o teor de impureza mineral, IM.

Na Tabela 7 é apresentado o percentual de tocos arrancados para o canavial de sexto corte.

Tabela 7 - Percentual de tocos arrancados e deixados no campo, em 6° corte nas condições avaliadas.

6° corte	Percentual de tocos arrancados (%)		
	DAC		
Período	Ligado	Desligado	Média Período
Manhã	2,8	4,4	3,6
Tarde	0,6	3,1	1,9
Média DAC	1,7	3,8	

A Tabela 7 mostra que a maior frequência de tocos arrancados e deixados no campo foi nas condições em que o sistema de corte basal foi operado manualmente, DAC desligado, independente do período analisado. Na operação manual ocorreram maiores oscilações de médias de ADT ao longo do tempo de avaliação e valores médios de desvio padrão superiores, Figuras 30 e 31.

### 4.1.2.3 Impureza mineral - IM

A Tabela 8 mostra o percentual de impureza mineral, IM, para os dois cortes analisados, nas condições avaliadas.

Tabela 8 - Percentual de impureza mineral, IM, em 2° corte e em 6° corte nas condições avaliadas

2° corte				6° corte			
Percentual de impureza mineral (%)				Percentual de impureza mineral (%)			
Período	DAC		Média Período	Período	DAC		Média Período
	Ligado	Desligado			Ligado	Desligado	
Manhã	1,3	0,6	1,0	Manhã	0,7	1,5	1,1
Tarde	0,8	...	...	Tarde	0,3	0,3	0,3
Média DAC	1,1	...		Média DAC	0,5	0,9	

Nota – Sinal convencional utilizado:

... Dado numérico não disponível

Os dados da Tabela 8 mostram para o segundo corte, que o maior teor de IM, 1,3 % encontra-se para o DAC ligado no período da manhã e o menor valor, 0,6 %, para o DAC desligado no mesmo período. As carretas do segundo corte que continham cana colhida com o DAC desligado no período da tarde não foram amostradas na usina. No sexto corte, o maior teor de IM, 1,5 %, foi para o DAC desligado no período da manhã e os menores valores, 0,3 %, ficaram no período da tarde, com as duas tecnologias em estudo.

### 4.1.3 Análise comparativa da qualidade operacional

Por meio da análise estatística dos dados pelo SAS, foram observadas interações significativas entre os três fatores analisados, corte, tecnologia e período, o que levou à realização de análises posteriores com desdobramentos dentro de cada fator individualmente. Com relação à variável resposta impureza mineral foram consideradas apenas as interações corte *versus* tecnologia e tecnologia *versus* período, uma vez que a interação tripla corte *versus* tecnologia *versus* período não foi possível de ser testada devido a dados perdidos (um nível completo).

#### 4.1.3.1 Tecnologia de corte de base

A Tabela 9 mostra a comparação das médias de ADT e de IM entre as tecnologias de corte de base em relação ao período de trabalho no canal de 2° corte.

Tabela 9 - Comparação das médias de altura de tocos, ADT, e impureza mineral, IM, entre tecnologias de corte basal em relação ao período de trabalho, em 2° corte

Média de ADT (cm)					Média de IM (%)				
DAC		Período	Pr>T	Resultados	DAC		Período	Pr>T	Resultados
Desligado	Ligado				Desligado	Ligado			
4,0	3,5	Manhã	0,1921	n.s.	0,56	1,29	Manhã	0,0001	**
3,1	2,9	Tarde	0,5112	n.s.	...	...	Tarde	...	...

Nota – Sinais convencionais utilizados:

n.s. Diferença não significativa estatisticamente

\*\* Diferença estatística com confiança de 99%

... Dado numérico não disponível

Pela análise da Tabela 9 observa-se que não ocorreram diferenças significativas para os dois períodos em termos da altura de corte do toco para o sistema operando com o DAC ligado e desligado. O dispositivo desligado obteve um melhor resultado quanto às impurezas minerais carregadas para a usina. Os valores obtidos foram de 1,3%, ligado e 0,6% desligado, no período da manhã, uma diferença significativa de 0,7%. O valor de IM para o DAC ligado no período da manhã, 1,3 %, pode ser explicado pelo fato de que alguns pontos amostrados de média de ADT (médias menores ou iguais a 3,0 cm, Figura 28) estarem em sulcos profundos com camalhão. As lâminas dos discos do corte base, nestas condições, entram em contato com o solo do camalhão, contaminando a matéria-prima colhida com terra, elevando o teor de IM. No período da tarde, os valores de IM não estão disponíveis.

A Tabela 10 mostra a comparação das médias de ADT e IM entre tecnologias de corte basal em relação ao período de trabalho no canal de 6° corte.

Tabela 10 - Comparação das médias de altura de tocos, ADT, e impureza mineral, IM, entre tecnologias de corte basal em relação ao período de trabalho, em 6° corte

Média de ADT (cm)					Média de IM (%)				
DAC		Período	Pr>T	Resultados	DAC		Período	Pr>T	Resultados
Desligado	Ligado				Desligado	Ligado			
3,8	3,5	Manhã	0,0281	*	1,47	0,67	Manhã	0,0546	n.s.
4,3	2,5	Tarde	0,0001	**	0,30	0,33	Tarde	0,8044	n.s.

Nota – Sinais convencionais utilizados:

n.s. Diferença não significativa estatisticamente

\* Diferença estatística com confiança de 95%

\*\* Diferença estatística com confiança de 99%

Observa-se na Tabela 10 que estatisticamente houve diferença na altura de corte entre a operação com o sistema ligado e desligado com o DAC cortando a uma altura menor do que a operação manual. No caso das impurezas minerais não ocorreram diferenças significativas mesmo com o DAC operando a uma altura inferior do que o operado manualmente.

#### 4.1.3.2 Período de trabalho

Na Tabela 11 apresenta-se a comparação das médias de ADT e IM entre períodos de trabalho em relação à tecnologia de corte de base utilizada no canal de 2° corte.

Tabela 11 - Comparação das médias de altura de tocos, ADT, e impureza mineral, IM, entre períodos de trabalho em relação à tecnologia de corte basal utilizada, em 2° corte

Média de ADT (cm)					Média de IM (%)				
Período		DAC	Pr>T	Resultados	Período		DAC	Pr>T	Resultados
Manhã	Tarde				Manhã	Tarde			
4,0	3,1	Desligado	0,0001	**	...	...	Desligado	...	...
3,5	2,8	Ligado	0,0007	**	1,29	0,80	Ligado	0,0001	**

Nota – Sinais convencionais utilizados:

\*\* Diferença estatística com confiança de 99%

... Dado numérico não disponível

A comparação entre períodos no segundo corte, Tabela 11, revela que existem diferenças quanto à altura de corte de base e ao período de trabalho. No período da tarde o corte foi realizado a uma altura menor com o DAC em uso ou não. A impureza mineral com o DAC ligado no período da manhã foi de 1,3 %, ante 0,8 % no período da tarde, com diferença significativa.

Na Tabela 12 é apresentada a comparação das médias de ADT e IM entre períodos de trabalho em relação à tecnologia de corte de base utilizada no canavial de 6° corte.

Tabela 12 - Comparação das médias de altura de tocos, ADT, e impureza mineral, IM, entre períodos de trabalho em relação à tecnologia de corte de base utilizada, em 6° corte

Média de ADT (cm)					Média de IM (%)				
Período		DAC	Pr>T	Resultados	Período		DAC	Pr>T	Resultados
Manhã	Tarde				Manhã	Tarde			
3,8	4,3	Desligado	0,0077	*	1,47	0,30	Desligado	0,0001	**
3,5	2,5	Ligado	0,0001	**	0,43	0,33	Ligado	0,2133	n.s.

Nota – Sinais convencionais utilizados:

n.s. Diferença não significativa estatisticamente

\* Diferença estatística com confiança de 95%

\*\* Diferença estatística com confiança de 99% estatisticamente

A comparação do sexto corte entre os períodos, Tabela 12, mostra que o corte foi realizado a uma altura inferior no período da tarde com o uso do DAC, enquanto que com o dispositivo desligado, a ADT se eleva no período da tarde. A altura de corte maior para o sistema de corte de base operado manualmente, pode estar ligada à infestação de capim braquiária (*Brachiaria plantagynea*) no canavial, fazendo com que o operador, por falta de visibilidade, realizasse o corte a uma altura superior para evitar o contato das lâminas dos discos de corte de base com o solo. A ADT superior pode ser observada nos histogramas e cartas de controle do item 4.1.2.1., em que mais da metade das médias de amostras de ADT são superiores a 3,0 cm e 2,2 % dos tocos analisados tiveram corte no nível do solo, enquanto com o DAC ligado no mesmo período, apresentou 19,1 % dos tocos analisados na classe de 0,0 a 1,0 cm. É importante ressaltar que o índice de impurezas para o sistema operado manualmente foi menor no período da tarde enquanto que com o DAC ligado, não existiram diferenças entre os períodos.

#### 4.1.3.3 Comparação entre os cortes

As Tabelas 13 e 14 mostram as comparações das médias de ADT e IM entre os cortes de cana-de-açúcar em relação ao DAC desligado e ligado, com o período de trabalho, respectivamente.

Tabela 13 - Comparação das médias de altura de tocos, ADT, e impureza mineral, IM, entre cortes de cana-de-açúcar em relação ao DAC desligado e o período de trabalho

Média de ADT (cm) - DAC desligado					Média de IM (%) - DAC desligado				
2° Corte	6° Corte	Período	Pr>T	Resultados	2° Corte	6° Corte	Período	Pr>T	Resultados
4,0	3,8	Manhã	0,4199	n.s.	0,56	1,47	Manhã	0,0148	*
3,0	4,3	Tarde	0,0001	**	...	...	Tarde	...	...

Nota – Sinais convencionais utilizados:

n.s. Diferença não significativa estatisticamente

\* Diferença estatística com confiança de 95%

\*\* Diferença estatística com confiança de 99%

... Dado numérico não disponível

Tabela 14 - Comparação das médias de altura de tocos, ADT, e impureza mineral, IM, entre cortes de cana-de-açúcar em relação ao DAC ligado e o período de trabalho

Média de ADT (cm) - DAC ligado					Média de IM (%) - DAC ligado				
2° Corte	6° Corte	Período	Pr>T	Resultados	2° Corte	6° Corte	Período	Pr>T	Resultados
3,5	3,6	Manhã	0,3826	n.s.	1,29	0,43	Manhã	0,0001	**
2,8	2,5	Tarde	0,1860	n.s.	0,80	0,33	Tarde	0,0001	**

Nota – Sinais convencionais utilizados:

n.s. Diferença não significativa estatisticamente

\*\* Diferença estatística com confiança de 99%

Na comparação entre os cortes, 2° e 6°, Tabelas 13 e 14, observa-se que não existiu diferença em termos de altura quando o DAC opera ligado. Para a operação manual ocorreu diferença na altura no período da tarde com uma maior altura para o 6° corte. Observa-se para o 6° corte que o nível de impurezas minerais foi inferior ao 2° corte, independente da tecnologia e período, com exceção do DAC desligado no período da manhã em que o teor médio de IM é maior para o 6° corte. Nota-se que para essa situação, 6° corte no período da manhã, a frequência de tocos arrancados é superior em comparação ao mesmo cenário em 2° corte, Tabelas 6 e 7. Destaca-se ainda que no canal de 2° corte, o teor médio de umidade do solo é superior em relação ao canal de 6° corte. Conforme ressaltado, no período da tarde para o 2° corte não estão disponíveis, portanto não se estabeleceu a comparação.

## 4.2 Etapa 2: avaliação da qualidade operacional em regime normal de trabalho

Os resultados referem-se à avaliação do corte realizado pelas colhedoras, qualidade operacional, efetuada com base na rotina normal de trabalho de uma usina. A usina adota um padrão de corte com altura máxima de 2,0 cm (LE) e os ensaios foram feitos com duas colhedoras operando em três talhões ao longo da jornada de trabalho, estipulada em oito horas por dia.

### 4.2.1 Caracterização das áreas

As colhedoras operaram em talhões com declividade de 3,0 %, em canavial de terceiro corte, com porte classificado como deitado em 93,0 % dos pontos analisados. Além do porte deitado, as canas estavam entrelaçadas e as gemas do colmo em contato com o solo, enraizadas, Figuras 32 a 34. Os valores do teor de fibra, ATR e população de colmos encontram-se na Tabela 15.



Figura 32 - Corte do canavial, talhões 01, 03 e 05

Figura 33 - Cana com enraizamento do colmo

Figura 34 - Fileira de cana com colmos entrelaçados

Tabela 15 - Teor de fibra, ATR e população de colmos da frente de colheita em quatro dias de avaliação das duas colhedoras

Variáveis	Colhedora A				Colhedora B				Frente de colheita	
	Data		Média	CV (%)	Data		Média	CV (%)	Média	CV (%)
	5/10	7/10			6/10	8/10				
Fibra (%)	12,45	11,74	12,10	4,15	11,84	12,17	12,01	1,94	12,05	3,05
ATR	129,99	142,19	136,09	6,34	136,09	143,28	139,69	3,64	137,89	4,99
População (colmos.m <sup>-1</sup> )	10,40	9,30	9,85	7,90	12,00	10,50	11,25	9,43	10,55	8,66

Nota: CV: coeficiente de variação; ATR: açúcar total recuperável

A partir dos dados da Tabela 15, verifica-se que o coeficiente de variação, CV, para os três parâmetros analisados está classificado como baixo, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002). A população de colmos na área de operação da colhedora A é 12,4 % inferior em relação à área de trabalho da colhedora B.

A Tabela 16 apresenta os valores da caracterização da rotina de trabalho das colhedoras, durante a avaliação, quanto à produtividade do canavial, velocidade média, capacidade de produção operacional, eficiência operacional e de processamento.

Tabela 16 - Caracterização da rotina de trabalho das colhedoras A e B, em seus dias de avaliação

Variáveis	Colhedora A				Colhedora B				Frente de colheita	
	Data		Média	CV (%)	Data		Média	CV (%)	Média	CV (%)
	5/10	7/10			6/10	8/10				
Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	112,70	99,60	106,15	8,73	132,50	125,20	128,85	4,01	117,50	13,66
Velocidade média (km.h <sup>-1</sup> )	4,23	4,60	4,42	5,93	3,82	3,96	3,89	2,54	4,15	8,94
Cpo (t.h <sup>-1</sup> )	52,89	57,26	55,08	5,61	37,35	53,32	45,34	24,91	50,21	13,72
EFOP (%)	83,10	88,30	85,70	4,29	76,00	88,00	82,00	10,35	83,85	3,12
EFPR (%)	90,30	93,20	91,75	2,23	78,70	92,30	85,50	11,25	88,63	4,99

Nota: CV: coeficiente de variação; Cpo: capacidade de produção operacional; EFOP: eficiência operacional; EFPR: eficiência de processamento

A colhedora A no dia 7 de outubro operou na área de menor produtividade dos talhões, 99,6 t.ha<sup>-1</sup>, e obteve nesta área uma velocidade média de trabalho de 4,6 km.h<sup>-1</sup>, eficiência operacional (EFOP), de 88,3 %, eficiência de processamento (EFPR), de 93,2 % e capacidades de produção operacional (Cpo), de 57,3 t.h<sup>-1</sup>. Quando essas variáveis são analisadas na área de maior produtividade de operação da colhedora A, dia 5 de outubro, a velocidade média de trabalho reduziu em 8,7 %, 4,3 km.h<sup>-1</sup>, ocorrendo também a redução da EFOP, da EFPR e da Cpo, Tabela 16.



A colhedora *B* no dia 6 de outubro, realizou a colheita na área de maior produtividade dos talhões do ensaio,  $132,5 \text{ t.ha}^{-1}$ , e obteve uma velocidade média de trabalho de  $3,8 \text{ km.h}^{-1}$ , EFOP de 76,0 %, EFPR de 78,7 % e Cpo de 37,3 %. Quando essas variáveis são analisadas na área de menor produtividade de operação da colhedora *B*, dia 8 de outubro, a velocidade média de trabalho aumentou em 5,0 %,  $4,0 \text{ km.h}^{-1}$ , ocorrendo também o aumento da EFOP, da EFPR e da Cpo, Tabela 16.

Na análise da média das colhedoras, observa-se que a colhedora *A* trabalhou em uma área com uma produtividade 17,6 % inferior e apresentou uma velocidade média superior em 12,0 % e valores superiores em EFOP (4,3 %), EFPR (6,8 %) e Cpo superior em 17,7 %.

A produtividade média dos talhões em que a frente de colheita operou foi de  $117,5 \text{ t.ha}^{-1}$  e as colhedoras trabalharam com uma velocidade média de  $4,1 \text{ km.h}^{-1}$ . A Cpo, ficou em  $50,2 \text{ t.h}^{-1}$  e as eficiências analisadas apresentaram valores superiores de 80,0 %, Tabela 16. Os parâmetros produtividade e Cpo apresentaram valores de coeficientes de variação (CV) classificados como médios. Os outros parâmetros da caracterização da rotina de trabalho mostraram CV classificados como baixos.

## **4.2.2 Análise descritiva da qualidade operacional**

A qualidade operacional será estudada por meio de estatística descritiva, com a análise da variabilidade da altura do corte de base; conceituação qualitativa do cisalhamento do toco; tocos arrancados, TA, e abalados, TAB; perdas visíveis na colheita e teor de impureza mineral, IM, na matéria-prima colhida.

### **4.2.2.1 Avaliação da variabilidade do corte de base**

A avaliação da variabilidade do corte de base será estudada por meio de três técnicas: para a distribuição da altura de toco, serão utilizados histogramas. As cartas de controle, que contém os dados reais coletados a campo, verificarão o comportamento da altura de corte ao longo da jornada de trabalho. A capacidade do processo, em que os dados são normalizados e eliminados os possíveis pontos fora dos limites de controle, servirá para analisar se o processo de corte de base, sem a atuação de causas atribuíveis, consegue atender o LE da usina, 2,0 cm.

#### 4.2.2.1.1 Distribuição da altura de tocos - ADT

A Figura 35 mostra a distribuição da altura de tocos, ADT, nos dois dias de avaliação da colhedora A.

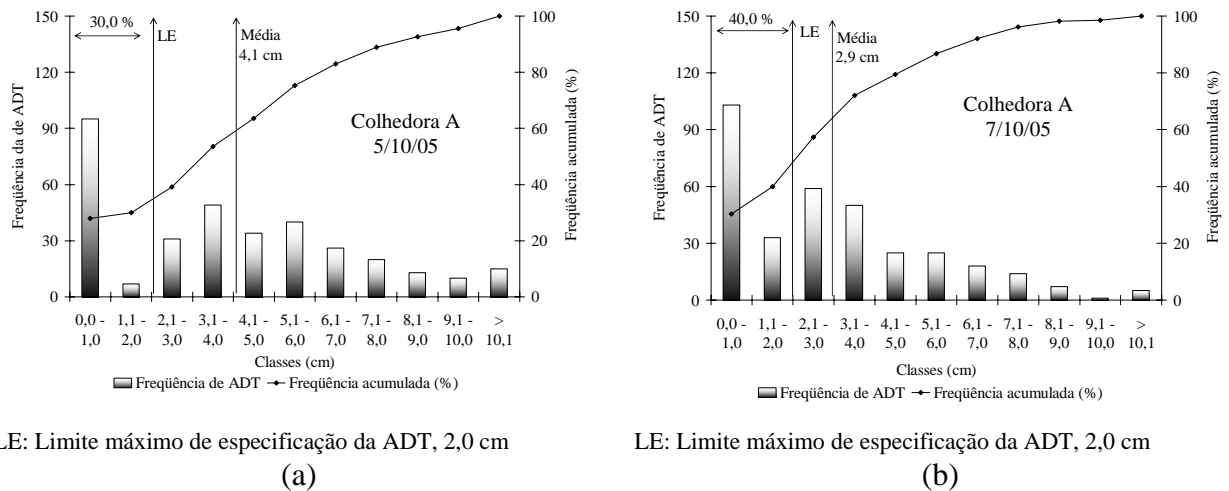
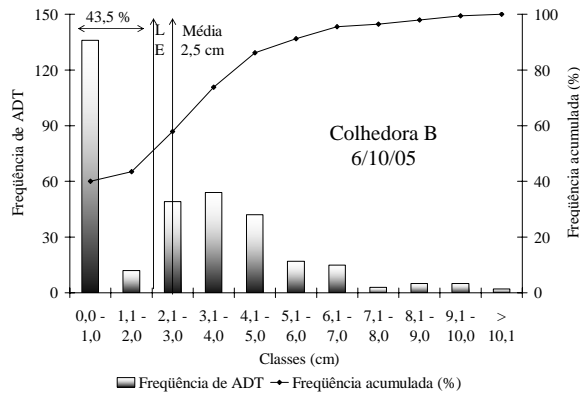


Figura 35 - Distribuição da altura de tocos, ADT, para a colhedora A no dia 5 (a) e 7 de outubro de 2005 (b)

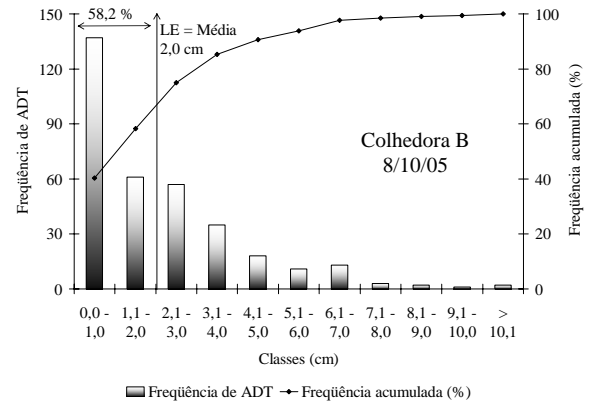
A partir dos dados da Figura 35, verifica-se que a colhedora A, em 5 de outubro, mostrou a menor frequência da frente de colheita de tocos dentro do limite especificado, 30,0 %, e média de ADT de, 4,1 cm, que está acima do LE. No dia 7 de outubro, dia que a colhedora A operou em uma área de menor produtividade, a porcentagem de tocos analisados dentro do limite especificado pela usina aumentou para 40,0 % e a média de altura reduziu para 2,9 cm. Apesar da redução da média, ela está acima da LE. A distribuição da ADT na colhedora A nos dois dias de avaliação está assimétrica com maior frequência na classe de 0,0 a 1,0 cm.

A Figura 36 mostra a distribuição da altura de tocos, ADT, para a colhedora B nos dois dias de avaliação.



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 2,0 cm

(a)



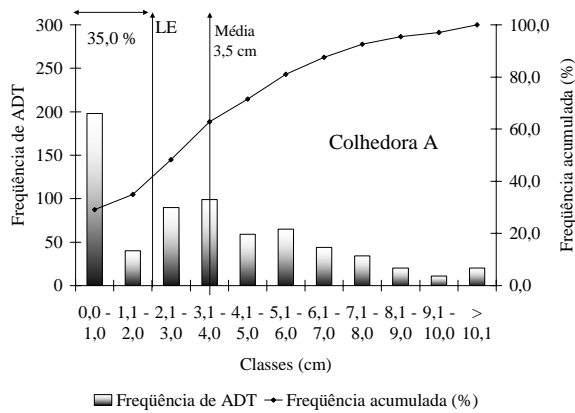
LE: Limite máximo de especificação da ADT, 2,0 cm

(b)

Figura 36 - Distribuição da altura de tocos, ADT, para a colhedora *B* no dia 6 (a) e 8 de outubro de 2005 (b)

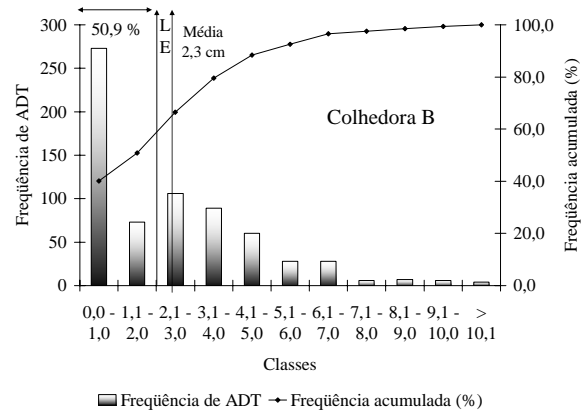
A colhedora *B* apresentou no dia 6 de outubro, 43,5 % dos tocos analisados dentro do limite de ADT, no entanto, dentro desse limite, mais de 90,0 % dos dados estão de classe de 0,0 a 1,0 cm, a maior concentração nesta classe da frente de colheita, que gerou uma distribuição assimétrica dos dados. A média de ADT no dia 6 de outubro foi de 2,5 cm e está acima do LE da usina. Em 8 de outubro, dia que a colhedora *B* operou em uma área de menor produtividade, a frequência de tocos dentro do limite especificado elevou-se para 58,2 % com um aumento da frequência na classe de 1,1 a 2,0 cm. A distribuição dos dados nesse dia é assimétrica e a média de ADT foi de 2,0 cm, valor igual ao limite especificado pela usina.

A Figura 37 mostra a distribuição da altura de tocos, ADT, para os dois dias de avaliação das colhedoras *A* e *B*, respectivamente.



LE: Limite máximo de especificação da ADT, 2,0 cm

(a)



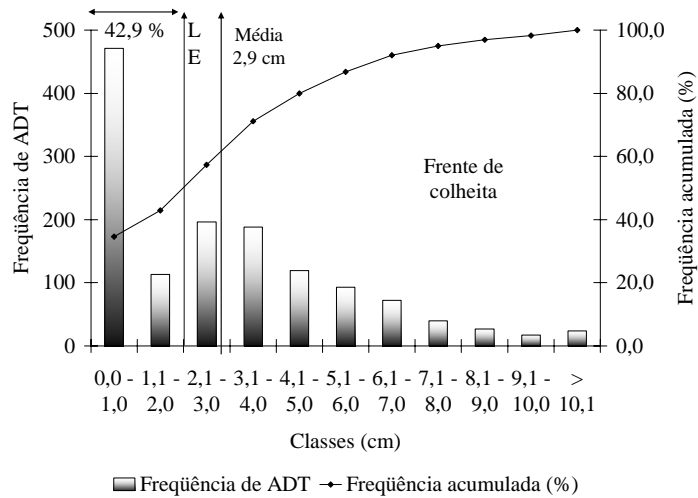
LE: Limite máximo de especificação da ADT, 2,0 cm

(b)

Figura 37 - Distribuição da altura de tocos, ADT, para os dois dias de avaliação da colhedora A (a) e da colhedora B (b)

O histograma de distribuição dos dados de ADT nos dois dias de avaliação da colhedora A, mostram uma distribuição assimétrica com uma concentração de 29,1 % dos tocos na classe de 0,0 a 1,0 cm e 35,0 % dos tocos analisados dentro do LE. A média de corte da colhedora A foi de 3,5 cm. A colhedora B mostrou uma distribuição assimétrica dos dados e valores superiores de frequência de ADT dentro do limite especificado, 50,9 % e de corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, 39,5 %. Essas porcentagens resultaram em uma média de ADT na colhedora B de 2,3 cm.

A partir dos dados das duas colhedoras, elaborou-se a distribuição da ADT, para a frente de colheita, Figura 38.



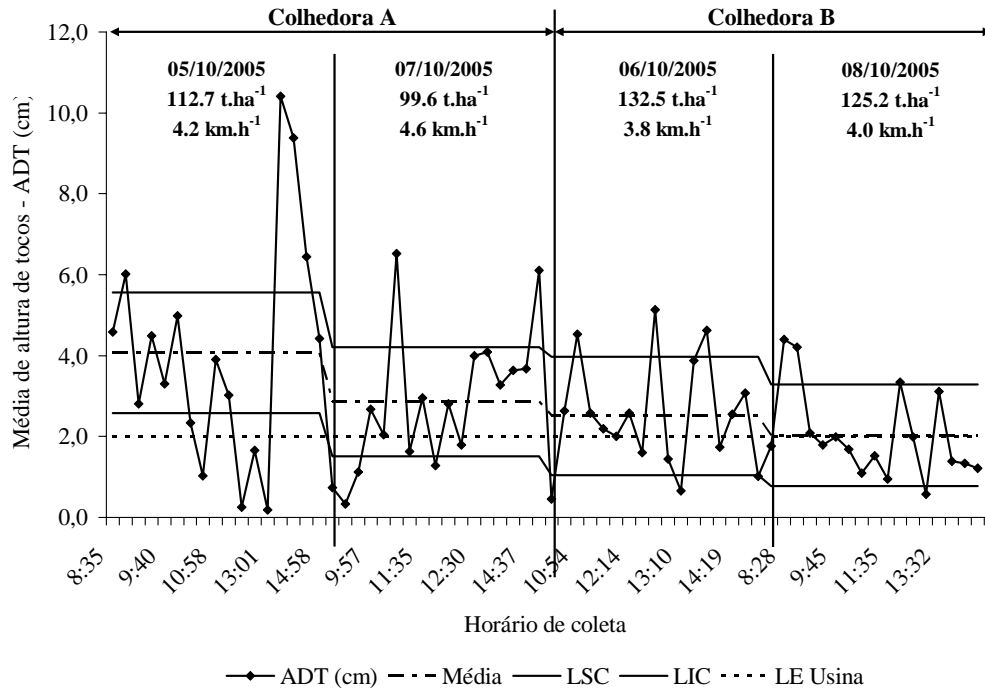
LE: Limite máximo de especificação da ADT, 2,0 cm

Figura 38 - Distribuição da altura de tocos, ADT, da frente de colheita da usina

O histograma da Figura 38 mostra que a frente de colheita da usina está com 42,9 % dos tocos analisados dentro do LE e com média de ADT de 2,9 cm, que está acima do LE. A distribuição dos dados é assimétrica com uma concentração de 34,3 % na classe de 0,0 a 1,0 cm.

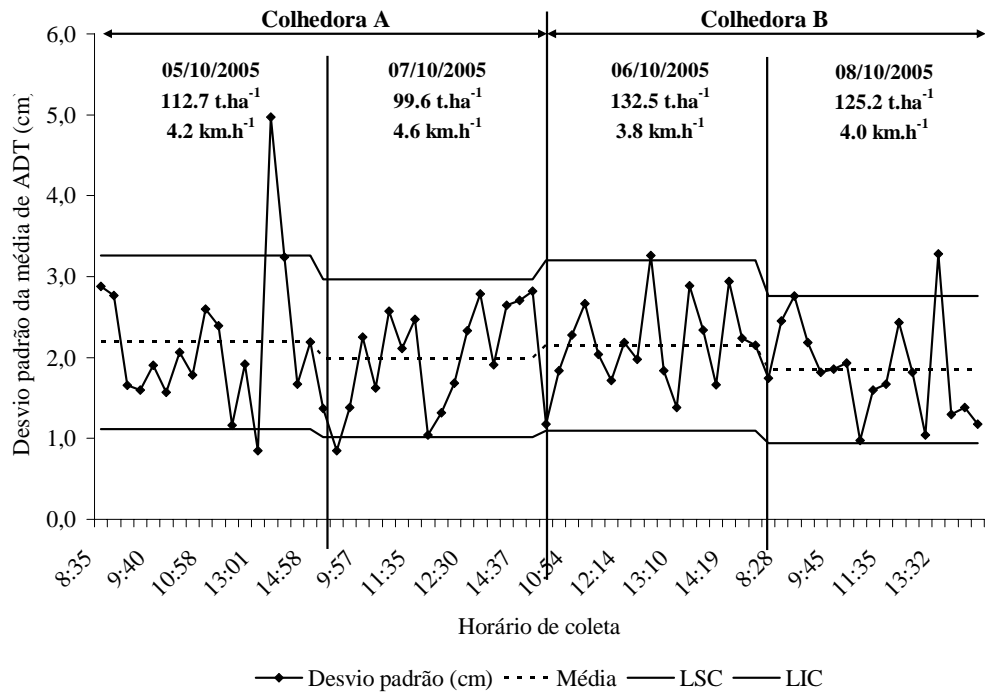
#### 4.2.2.1.2 Cartas de controle

A avaliação da regularidade do corte das colhedoras nos quatro dias de avaliação pode ser observada por meio das cartas de controle de médias e desvio padrão da altura de toco (ADT), apresentadas nas Figuras 39 e 40, respectivamente.



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; LE: limite máximo de especificação

Figura 39 - Cartas de controle com médias de ADT em quatro dias de avaliação das colhedoras da frente de colheita



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle

Figura 40 - Cartas de controle de desvio padrão para ADT em quatro dias de avaliação das colhedoras da frente de colheita

Em 5 de outubro, dia que a colhedora A operou em uma área com produtividade de 112 t.ha<sup>-1</sup>, a carta de controle apresentou uma queda das médias das amostras de ADT nas primeiras horas da jornada de trabalho, mas em torno das treze horas ocorreu um aumento na altura, atingindo aproximadamente 10,0 cm de média, Figura 39. Nesse horário, a colhedora atingiu um local dentro do talhão onde a cana encontrava-se em condições desfavoráveis ao corte, exigindo manobras na fileira de cana para realizar a colheita, o que deixou a altura de tocos acima do LE da usina e reduziu a eficiência de processamento da colhedora (EFPR), Tabela 16. A Figura 41 mostra a fileira de cana após as manobras de colheita.



Figura 41 - Vista geral do canavial após as manobras nas fileiras de cana (a) e tocos remanescentes na fileira colhida (b)

A colhedora A, em 5 de outubro, obteve valores de ADT e de desvio padrão de 4,1 e 2,2 cm, respectivamente e o corte não apresentou controle estatístico devido aos pontos fora do limite de controle (LSC e LIC), originados pela ação de causas atribuíveis, como as regiões onde o canavial gerou dificuldades para a colheita devido ao porte e ao entrelaçamento dos colmos, Figura 41.

Em 7 de outubro, a colhedora A operou em uma área com produtividade 11,6 % inferior, e as cartas de controle de médias e de desvio padrão das Figuras 39 e 40 mostraram um aumento das médias das amostras de ADT e de desvio padrão ao longo da jornada de trabalho, que resultou em uma média da jornada de 2,9 cm, e um desvio padrão médio de 2,0 cm, não apresentando controle estatístico devido aos pontos fora dos limites de controle. A maioria dos pontos fora dos limites de controle da média de ADT está abaixo do LIC e contribuíram para a

redução da média de ADT e no aumento da concentração de ADT nas classes de 0,0 a 1,0 cm e de 1,1, a 2,0 cm do histograma da Figura 35 (b).

A colhedora *B*, que no dia 6 de outubro trabalhou na área de maior produtividade dos talhões,  $132,5 \text{ t.ha}^{-1}$ , apresentou um corte de base que não está sob controle estatístico, devido a pontos de média e de desvio padrão fora dos limites de controle, obtendo valores médios de ADT e desvio padrão de 2,5 e 2,2 cm, respectivamente, Figuras 39 e 40.

Na Figura 39, observa-se que a colhedora *B* no dia 6 de outubro, mostrou uma queda da média das amostras de ADT nas primeiras horas de trabalho, no entanto, entre as 12:30 h e o fim da jornada, ocorreu uma mudança no comportamento da variação da ADT, em que algumas amostras ficam fora dos limites de controle. Na Figura 40, a carta das médias de desvio padrão mostra o mesmo comportamento nesse período da jornada de trabalho, com o desvio oscilando entre 3,3 e 1,4 cm. Essa mudança da variabilidade do corte pode ser atribuída aos colmos entrelaçados, que nesse dia apresentou a maior população de colmos e a maior produtividade dos talhões, ocorrendo a necessidade de realizar manobras na fileira de cana para a colheita, deixando um corte concentrado na classe de 0,0 a 1,0 cm, ao contrário do que ocorreu na colhedora *A*, que deixava tocos elevados, acima de 5,0 cm, após as manobras para a colheita. A dificuldade da colheita nessa área fez com que nesse dia ocorresse a menor eficiência de processamento (EFPR) da frente de colheita. A colhedora *B*, que obteve no dia 6 de outubro média de ADT de 2,5 cm e de desvio padrão de 2,2 cm, apresentou 40,0 % dos tocos na classe de 0,0 a 1,0 cm, Figura 36 (a).

Em 8 de outubro, dia que a colhedora *B* operou em uma área com produtividade 5,5 % inferior, observa-se que o processo de corte de base não está sob controle estatístico, devido a pontos fora dos limites de controle. As médias de ADT e de desvio padrão foram de 2,0 e 1,9 cm, respectivamente, Figuras 39 e 40. As médias das amostras de ADT estavam em queda ao longo da jornada de trabalho, no entanto, entre 11:30 h e 14:00 h, ocorreu uma mudança na variação da ADT. Esse comportamento também é observado na carta de controle da média de desvio padrão de ADT, Figura 40. A mudança de comportamento da variabilidade do corte pode ser atribuída ao entrelaçamento dos colmos, dificultando o trabalho da colhedora nesse período, ocorrendo a necessidade de realizar manobras na fileira de cana para a colheita. O intervalo de mudança na variação do corte de base na jornada de trabalho foi inferior em 18,5 % em relação ao dia 6 de outubro, o que resultou em uma eficiência de processamento superior em 14,7 % no dia 8 de outubro.



A análise das médias das colhedoras mostra que a colhedora *B*, operando em área de produtividade 17,6 % superior em relação à colhedora *A*, apresentou uma média de ADT 34,3 % inferior e um desvio padrão médio 2,4 % superior.

As duas colhedoras analisadas apresentaram dificuldades na operação com o canavial de porte deitado e colmos entrelaçados, ocorrendo a necessidade de realizar manobras internas na fileira de cana para a colheita, que prejudicou a eficiência de processamento, EFPR. As manobras internas resultaram para a colhedora *A* tocos acima do LE, ao contrário da colhedora *B*, que obteve uma concentração do corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, deixando a média de ADT 34,3 % inferior. Os valores de desvio padrão na colhedora *B* foram de 2,2 cm no dia 5 e 2,0 no dia 7 de outubro e na colhedora *A* foram de 2,2 no dia 6 e 1,9 no dia 8 de outubro. A colhedora *B* obteve médias de ADT e de desvio padrão com valores de 2,5 e 2,2 cm, respectivamente para o dia 6; 2,0 e 1,9 cm para o dia 8.

#### 4.2.2.1.3 Capacidade do processo

Os valores de ADT foram normalizados para o cálculo do índice da capacidade do processo de corte de base (CP) para as duas colhedoras analisadas, e foram classificados de acordo com a metodologia proposta por Vieira (1999). Calculou-se o valor mínimo de limite especificado de ADT que a usina precisaria adotar para que o processo se torne adequado, considerando que a variabilidade da altura de corte existente não seja alterada, Tabela 17.

Tabela 17 - Índice da capacidade do processo de corte de base (CP), classificação e o valor mínimo de limite de especificação (LE) para a adequação do processo para as colhedoras analisadas

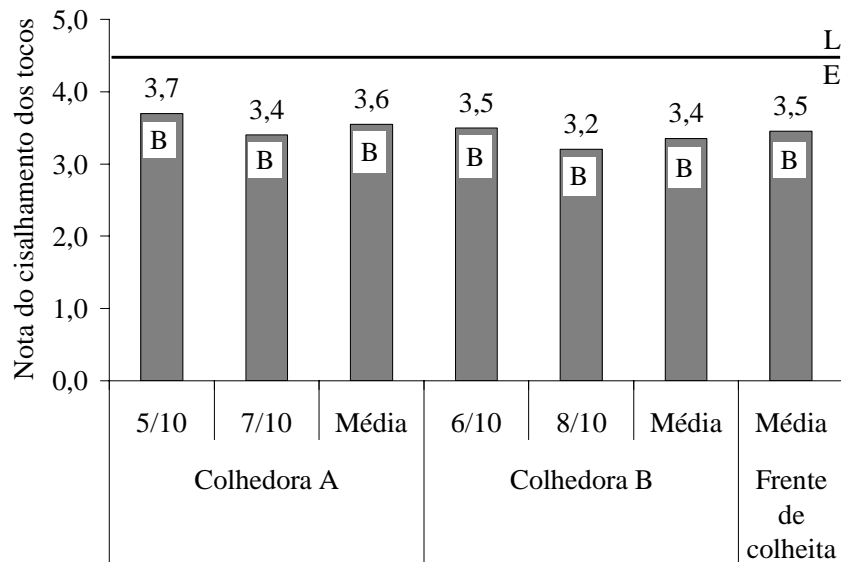
Parâmetros	Colhedora A		Colhedora B	
	Data		Data	
	5/10	7/10	6/10	8/10
Índice CP	-0,14	0,01	0,12	0,25
Classificação	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado
Limite de especificação mínimo (cm)	12,8	11,6	10,7	8,7

Pela Tabela 5 pode-se verificar que em todos os casos, independente da colhedora analisada, o processo de corte de base não tem condições de manter a altura de corte especificada

pela usina de 2,0 cm. Na colhedora *A*, para que o corte de base torne-se adequado com a variabilidade existente, a usina teria que adotar um valor de LE de no mínimo de 12,8 cm, que atende os dois dias analisados. Na colhedora *B*, o valor de adequação seria de 10,7 cm. Os maiores valores de CP e os menores de LE para adequação foram para a colhedora *B*. Para manter o LE utilizado pela usina, 2,0 cm, é necessário reduzir a variabilidade do corte de base, mostrado pela amplitude dos limites estatísticos das cartas de controle.

#### 4.2.2.2 Cisalhamento dos tocos

A Figura 42 mostra a nota e o conceito atribuídos ao cisalhamento dos tocos para o colhedora *A*, *B* e para a frente de colheita.



LE: limite mínimo de especificação de nota, 4,5  
 CV colhedora *A*: 6,0 %; CV colhedora *B*: 6,3 %; CV frente colheita: 4,1 %

Figura 42 - Nota e conceito atribuídos ao cisalhamento dos tocos

Os conceitos de cisalhamento dos tocos nos dois dias de análise da colhedora *A* foram os mesmos, classificados como *bom*, *B*, com notas médias para o corte de 3,7 para o dia 5 de outubro e de 3,4 para o dia 7, Figura 47. A pontuação do dia 5 pode ter sido influenciada pela troca de facas do sistema de corte basal durante jornada de trabalho, devido à danificação por

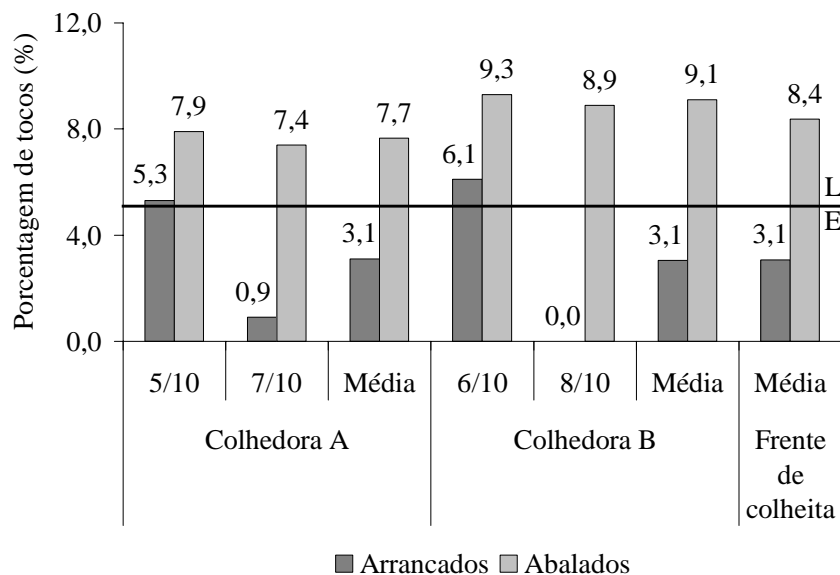
pedras. Nos outros dias, as facas só eram trocadas antes do início das atividades, e a necessidade de troca por desgaste ao longo da jornada de trabalho era decidida pelo operador.

Na colhedora *B*, os conceitos de cisalhamento dos tocos foram os mesmos, classificados com *bom*, com notas médias para o corte de 3,5 para o dia 6 de outubro e de 3,2 para dia 8, a menor da frente de colheita, Figura 42.

Os coeficientes de variação, CV, das colhedoras e da frente de colheita, apresentam baixos valores, menores de 10,0 %. A usina possui como limite de especificação para o cisalhamento dos tocos, a nota mínima de 4,5, que tem como conceito *muito bom*, *MB*. Observa-se na Figura 42, que as colhedoras da frente de colheita não atendem ao valor mínimo estabelecido pela usina.

#### 4.2.2.3 Tocos arrancados - TA, e abalados - TAb

A Figura 43 mostra a porcentagem de tocos arrancados, TA, e abalados, TAb, para a colhedora *A*, *B* e na frente de colheita.



LE: limite máximo de especificação de TA e TAb, 5,0 %

Tocos arrancados: CV colhedora *A*: 100,4 %; CV colhedora *B*: 141,4 %; CV frente colheita: 1,1 %

Tocos abalados: CV colhedora *A*: 4,6 %; CV colhedora *B*: 3,1 %; CV frente colheita: 12,2 %

Figura 43 - Porcentagem de tocos arrancados, TA e abalados, TAb

A colhedora *A* obteve nos dois dias de avaliação uma média de tocos arrancados de 3,1 %, e um CV classificado como muito alto entre os dias, com a oscilação de TA entre 5,3 e 0,9 %. No

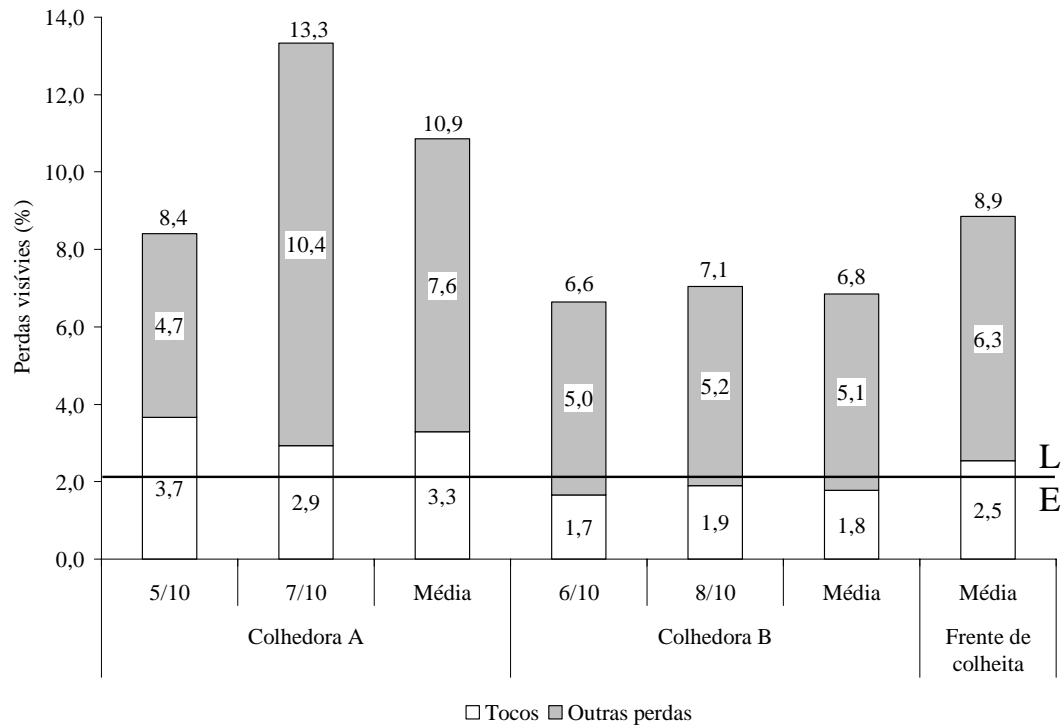
caso dos tocos abalados, a média foi de 7,7 %, com um CV classificado como baixo. No dia 7 de outubro colhedora *A* apresentou uma frequência de TA de 0,9 % e TAb de 7,4 %. Nesse dia a colhedora obteve uma média de ADT de 2,9 cm e desvio padrão de 2,0 cm, não ocorrendo mudanças no comportamento da variabilidade do corte ao longo da jornada de trabalho.

A colhedora *B* obteve nos dois dias de avaliação uma média de TA igual ao da colhedora *A*, 3,1 %, porém o CV está classificado como muito alto, com o TA oscilando entre 6,1 % para o dia 6 de outubro e ausência de tocos arrancados no dia 8 de outubro. Para os tocos abalados, TAb, a média da colhedora *B* foi de 9,1 %, com um CV baixo entre os dias analisados. No dia 8 de outubro colhedora *B* não apresentou frequência de TA e TAb de 8,9 %. Nesse dia, a colhedora apresentou um intervalo de mudança de comportamento na variabilidade do corte de base 18,5 % inferior em relação ao dia 6 de outubro.

A análise das médias das colhedoras mostra que a frequência de tocos arrancados na colhedora *B* foi 1,6 % inferior, no entanto, a de tocos abalados foi 15,9 % superior. Os dados da frente de colheita para TA e TAb, mostram que somente o TA atende ao padrão especificado pela usina, 5,0 %.

#### **4.2.2.4 Perdas visíveis na colheita**

A Figura 44 mostra a participação das perdas de tocos nas perdas visíveis totais para a colhedora *A*, colhedora *B* e na frente de colheita. Nessa figura, são apresentadas as perdas totais, constituídas de perdas por tocos, e as outras perdas, que é somatória das perdas por lascas, cana inteira, rebolos, ponteiro e pedaços.



LE: limite máximo de especificação das perdas visíveis totais, 2,0 %

Perdas tocos: CV colhedora A: 15,7 %; CV colhedora B: 9,5 %; CV frente colheita: 42,2 %

Perdas totais: CV colhedora A: 32,0 %; CV colhedora B: 4,2 %; CV frente colheita: 32,1 %

Figura 44 - Perdas visíveis, tocos, outras perdas, e total das colhedoras analisadas (%)

Em 5 de outubro, dia em que a colhedora A obteve uma média de ADT de 4,1 cm, as perdas por tocos foram de 3,7 %, com a participação de 44,0 % nas perdas totais. No dia 7 de outubro, as perdas por tocos foram de 2,9 %, e colaboraram com 21,8 % nas perdas totais, que foi de 13,3 %. As perdas que mais contribuíram nesse dia foi a de cana inteira, 6,8 %. A colhedora A operou no dia 7 de outubro na área de menor produtividade dos talhões e, no momento em que foram realizadas manobras na fileira de cana para a colheita, ela deixou nesses pontos, alguns colmos de cana, Figura 45, que contribuíram para o aumento da porcentagem de perdas visíveis totais. Na média de perdas da colhedora A, as perdas por tocos foi de 3,3 %, que colaboraram com uma participação de 30,3 % nas perdas totais, que ficou em 10,9 %, e o seu maior constituinte foram as perdas de canas inteiras, com 4,4%.



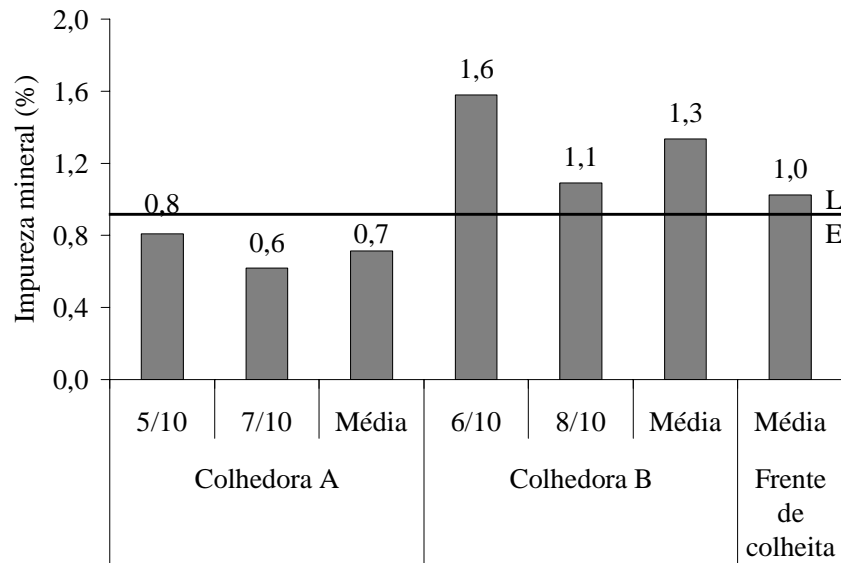
Figura 45 - Perdas visíveis de colmos de cana no campo, (a) e (b)

A colhedora *B* apresentou no dia 6 de outubro, perdas por tocos no valor de 1,7 %, responsável pela participação de 24,2 % nas perdas totais, que nesse dia foi de 6,6 %. No dia 8 de outubro, as perdas por tocos foram de 1,9 %, que representa 26,8 % das perdas totais, que nesse dia foi de 7,1 %. A média da colhedora *B* mostrou perdas por tocos de 1,8 %, com baixo CV, e essas perdas tem a participação de 25,0 % nas perdas totais. Nos dois dias de análise da colhedora *B* e na sua média, o maior constituinte das perdas totais foram de canas inteiras, que se originaram pelo mesmo motivo descrito na colhedora *A*, porém com menor frequência.

A média de perdas visíveis totais na frente de colheita foi de 8,9 %, acima do pretendido pela usina, 2,0 %, com um CV classificado como alto e 29,2 % das perdas totais são de perdas por tocos, que ficou em 2,5 % e o maior constituinte das perdas totais da frente de colheita são as perdas por cana inteira, que foi de 4,0 %. A colhedora *A* apresentou valores de perdas por tocos superiores em 45,5 %, já que possuiu uma média de ADT superior em 34,3 % em relação à colhedora *B*.

#### 4.2.2.5 Impureza mineral - IM

A Figura 46 mostra o teor de impureza mineral, IM, para a colhedora *A*, *B* e na frente de colheita.



LE: limite máximo de especificação de IM, 0,9 %

CV colhedora A: 18,8 %; CV colhedora B: 25,9 %; CV frente colheita: 42,8 %

Figura 46 - Porcentagem de impureza mineral, IM (%)

Verifica-se na Figura 46 que a colhedora A mostrou em 5 de outubro, dia em obteve média de ADT de 4,1 cm e de desvio padrão de 2,2 cm, um teor de impureza mineral de 0,8 %. No dia 7 de outubro, a colhedora A apresentou a impureza mineral de 0,6 %. A média de IM para a colhedora A foi de 0,7 %, com um coeficiente de variação classificado como médio.

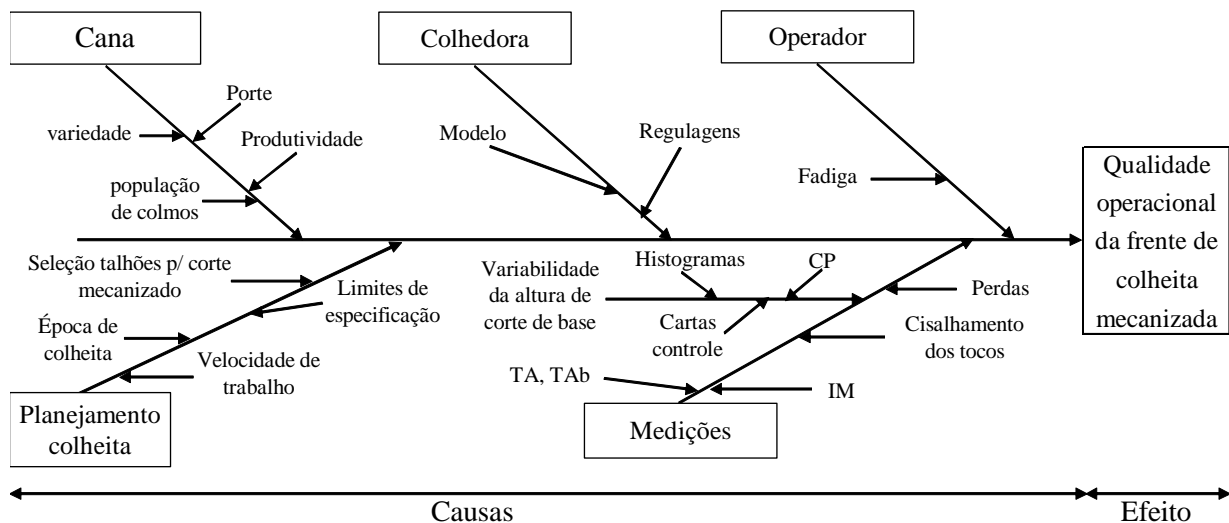
A colhedora B apresentou no dia 6 de outubro um teor de impureza mineral de 1,6 %, e no dia 8 de outubro, 1,1 %. A média de IM dessa colhedora foi de 1,3 %, com um coeficiente de variação alto. Os teores de impureza mineral na colhedora B podem ser explicados pelo fato que, nos dois dias de avaliação, a colhedora apresentou 39,5 % dos tocos com corte na classe de 0,0 a 1,0 cm, com valor de ADT de 2,5 cm e desvio padrão de 2,2 cm para o dia 6 e ADT de 2,0 cm e desvio de 1,9 cm para o dia 8. As lâminas do disco de corte de base, em contato com o solo, podem acrescentar terra à matéria-prima colhida e aumentar o teor de impureza mineral. Outro fator que pode explicar o teor de IM na colhedora B são as variações da altura do corte de base durante as manobras internas, contribuindo para o arranque de tocos com as raízes e terra, que eram jogados para a próxima fileira a ser colhida pelos divisores de linhas, Figura 47.



Figura 47 - Raízes com terra na fileira de cana a ser colhida

#### 4.2.3 Proposta de melhoria da qualidade operacional

Tendo em vista os resultados da qualidade operacional da frente de colheita mecanizada, elaborou-se um diagrama de causa e efeito para identificar, nessas condições, as principais causas que podem interferir na operação, Figura 48.



CP: capacidade do processo; TA: tocos arrancados; TAb: tocos abalados; IM: impureza mineral

Figura 48 - Diagrama de causa e efeito para qualidade operacional da frente de colheita mecanizada



O diagrama da Figura 48 mostra cinco causas primárias que interferem na qualidade operacional da frente de colheita mecanizada: cana, colhedora, operador, planejamento da colheita e medições. Em cada causa primária, existem causas secundárias que identificam com mais detalhes os possíveis fatores que interferem na operação.

Na usina em estudo, o porte interferiu na qualidade operacional, pois os colmos deitados e entrelaçados dificultaram a colheita. Há a necessidade de verificar se o canavial apresentou essas características por fatores varietais, como um tombamento originado por não realizar a colheita em época adequada, ou ambientais, como um vendaval que possa ter atingido a cana.

Sugere-se identificar se o operador teve dificuldades durante a jornada de trabalho. Na colhedora *B*, nos dois dias de avaliação, ocorreram mudanças na variabilidade do corte de base a partir da metade da jornada de trabalho. As dificuldades de operação, como a realização de manobras internas, podem gerar fadiga no operador.

A capacidade do processo mostrou que o corte de base está inadequado para as duas colhedoras em estudo, exigindo a verificação no limite especificado de ADT, pois com a variabilidade do corte existente, o processo não consegue atender o atual LE de 2,0 cm.

As medições indicam que a avaliação rotineira da variabilidade do corte de base pelos histogramas, cartas de controle e capacidade do processo, auxiliam na identificação e eliminação das causas atribuíveis existentes no sistema, melhorando a qualidade operacional por meio de ações corretivas, que podem ser aplicadas antes e/ou durante a operação, dependendo da origem das causas. A avaliação freqüente dos tocos arrancados e abalados, das perdas na colheita e de cisalhamento dos tocos, permite verificar se os padrões da usina estão sendo mantidos para que a qualidade operacional seja atendida.

## 5 CONCLUSÃO

Em termos gerais e nas condições do trabalho, os parâmetros qualitativos analisados do corte de base realizado por colhedoras de cana-de-açúcar não atendem aos padrões especificados pelas usinas, independente do uso do DAC.

Na avaliação do DAC, etapa 1, o corte de base, com e sem o auxílio do dispositivo, não está sob controle estatístico e o processo não tem condições de manter a altura de corte especificada pela usina de 5,0 cm. Existem diferenças na altura do toco (ADT) e no índice de impureza quando se considera o período de trabalho, manhã ou tarde, independente do uso do DAC. O uso do dispositivo pode ser útil para a manutenção de uma altura de corte menor, mas foi influenciado pelo estado do canavial. Para o canavial de 6º corte de porte ereto, o DAC influenciou, mas, no canavial de 2º corte de porte deitado, não ocorreu influência. A utilização DAC não trouxe vantagens quanto à impureza mineral, no entanto apresentou uma frequência inferior de tocos arrancados.

Em operação contínua, etapa 2, o corte de base, operado com o DAC, não está sob controle estatístico, independente da colhedora analisada, e o processo não tem condições de manter a altura de corte especificada pela usina de 2,0 cm. A análise das médias da frente de colheita dos parâmetros qualitativos analisados com os limites especificados pela usina, mostra que somente a frequência de tocos arrancados atende aos padrões. Os coeficientes de variação estão classificados como muito altos para as perdas por tocos, perdas totais e teor de impureza mineral.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A.G. **Sugarcane physiology**: a comprehensive study of the *Saccharum* source-to-sink system. London: Elsevier Scientific, 1973. 752 p.
- AMORIM, H.V. O que é qualidade da matéria prima? In: REUNIÃO AGRÍCOLA FERMENTEC, 8., 2003, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: Fermentec, 2003. p. 5-6.
- BANCHI, A.D.; PINTO, R.S.A.; LOPES, J.R.; GONÇALVES, N.H.; LIMA, E.B. Máquinas agrícolas: gerenciamento através de suas eficiências de utilização. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 18, n. 73, p.18-21, abr. maio 1994.
- BONATO, R.G. **Qualidade operacional da fenação: análise do processo de produção**. 2004. 118 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- BONILLA, J.A. **Qualidade total na agricultura**: fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 344 p.
- BRAUNBECK, O.A.; MAGALHÃES, P.S.G. A contribuição da FEAGRI-UNICAMP. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa da cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Os Autores, 2002. cap. 15, p. 194-207.
- BROTHERTON, G.A. The influence of extraneous matter on C.C.S. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Townsville, v. 1, p. 7-12, 1980.
- CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura; FEALQ, 1993. 252 p.
- CAMPANHÃO, J.M. Comportamento de variedades em áreas de colheita mecanizada de cana verde. In: WORKSHOP CANA CRUA: EXPERIÊNCIA ACUMULADA, 2., 2000, Jaboticabal. **Workshop...** Piracicaba: UNESP; STAB, 2000. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, E.P. **Resultados da safra 2005/2006**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=referencia&SubSecao=palestras%20e%20a%20presentações&SubSubSecao=coletivas&id=%20and%20id=8>>. Acesso em: 2 fev. 2006.
- COOPERSUCAR. **Colheita mecanizada de cana picada**: avaliação de perdas invisíveis e estilhaços nos sistemas das colhedoras. São Paulo: CTC;DCEA, 1989 53 p. Relatório técnico.
- DELLARETTI FILHO, O.; DRUMOND, F.B. **Itens de controle e avaliação de processos**. Belo Horizonte: Fundação Chistiano Ottoni, 1994. 151 p.

FERNANDES, A. C.; IRVINE, J. E. Comparação da produtividade da cana-de-açúcar por colheita mecanizada e por corte manual. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 5, n. 6, p. 112-116, jul.;ago. 1986.

FERNANDES, R.A.T.; MILAN, M.; PECHE FILHO, A. Gerenciamento da qualidade em operações mecanizadas em um sistema de produção de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 3, p. 215-220, set. 2000.

FURLANI NETO, V.L. Sistematização e adequação de áreas e máquinas para colheita mecanizada. In: REUNIÃO AGRÍCOLA FERMENTEC, 5., 2000, Piracicaba. **Reunião...** Piracicaba: Fermentec, 2000. 1 CD-ROM.

GARSON, C.A. Control of harvester base cutter height. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Townsville, v. 1, p. 156-162, 1992.

GARSON, C.A; ARMSTRONG, M. Ultrasonic base cutter height control: a report on 1992 season experiments. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Bundaberg, v.1, p. 52-59, 1993.

GERBER, J.M. Farmer participation in research: a model for adaptive research and education. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 7, n. 3, p. 118-121, Mar. 1992.

GONÇALVES, N.G.; LIMA, E.B.; BANCHI, A.D.; PINTO, R.S.A.; LOPES, J.R. Eficiências de uso de máquina agrícola. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 5., 1993, Águas de São Pedro. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1993. p. 165-168.

IKERD, J.E. The question of good science. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 8, n. 2, p. 91-92, Feb. 1993.

JACOVINE, L.A.G. **Gestão da qualidade na colheita de madeira em povoamentos eqüiâneos**. 2000. 136 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

KROES, S. **The cutting of sugarcane**. 1997. 356 p. Thesis (Ph.D.) - University of Southern Queensland, Toowoomba, 1997.

KROES, S.; HARRIS, H.D. Knockdown causes major damage to cane during harvesting. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Brisbane, v. 1, p. 137-144, 1996.

LOCKERETZ, W. Establishing the proper role for on farm research. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 2, n. 3, p. 132-136, Mar. 1987.

LOPES, M.B.; MILAN, M.; COELHO, J.L.D. Qualidade em operações agrícolas mecanizadas na cultura de cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 3, p. 26-30, jan.; fev. 1995.

MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O. A. colheita de cana-de-açúcar: atualidade e perspectiva. In: CONGRESO DE INGENIERÍA RURAL Y MECANIZACIÓN AGRARIA EN EL AMBITO LATINOAMERICANO. **Anais...** La Plata: Argentina, 1998. p. 262-271.

MARSHALL JUNIOR, I.; CIERCO, A.A.; ROCHA, A.V.; MOTA, E.B. **Gestão da qualidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003. 160 p.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 p.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. Trator - implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 13, p. 409-436.

MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 514 p.

MÜLLER, A.L.; PLAYER, M.R.; WEISE, M.B. An examination of the input, disposition and effect of dirt in Queensland sugar mills. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Mackay, v.1, p. 1-9, 1982.

MUTTON, M.J.R. Impurezas decorrentes da cana crua. In: WORKSHOP CANA CRUA: EXPERIÊNCIA ACUMULADA, 1., 1998, Jaboticabal. **Workshop...** Piracicaba: UNESP; STAB, 1998. 1 CD-ROM.

NEVES, J.L.M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar e alternativas para sua redução**. 2003. 223 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

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

PECHE FILHO, A.; SILVA, L.C.; BÊN, J.C.; NAGAOKA, A.K. Avaliação da qualidade de subsolagem com base em medidas de profundidade na reformulação de lavoura de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. 1 CD-ROM.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

RIDGE, D.R. Minimizing the problem of soil in chopper harvester cane. **Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists**, Manila, v. 2, p. 315-323, 1980.

RIDGE, D.R.; DICK, R.G. Current reserch on green cane harvesting and dirt rejection by harvesters. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Townsville, v. 1, p. 19-25, 1988.

RIDGE, D.R.; HURNEY, A.P.; DICK, R.G. Cane harvester efficiency. **Proceedings of the Conference on Agricultural Engineering**. Bundaberg, v. 1, p. 118-122, 1984.

RIPOLI, T.C.C.; MIALHE, L.G.; NOVAES, H.P. Um critério para avaliação de canaviais visando a colheita. Separata de: **Anais do IV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Pelotas, v. 1, p. 1-10, 1977.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; MOLINA JUNIOR, W.F.; RIPOLI, M.L.C. Operation and economic performance of a green cane chopped harvester in Brazil. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2001. (Paper, 011003).

RIPOLI, T.C.C.; PARANHOS, S.B. **Máquinas para corte e carregamento de cana**. Piracicaba: CALQ, Departamento Editorial, 1990. 46 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa da cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. 2.ed. Piracicaba: Os Autores, 2002. 302 p.

RIPOLI, M.L.C; RIPOLI, T.C.C.; OLIVEIRA, M.A. Evaluation of two different base cutters in green cane mechanical harvest. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2003, Las Vegas. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2003. (Paper, 031015).

ROBBINS, S.P. **Administração**: mudanças e perspectivas. São Paulo: Saraiva, 2002. 520 p.

SALVI, J.V.; MILAN, M.; SARRIES, G.A.; SOUZA, A.B.M.; NAGUMO, G.K.; MATOS, M.A. Avaliação dos sistemas de corte basal de uma colhedora de cana de açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34, 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: SBEA, 2005. 1 CD-ROM.

SARRIÉS, G.A. **Controle estatístico da qualidade para impurezas minerais em carregamentos de cana-de-açúcar**. 1997. 83 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT**: guide for personal computers. 8th.ed. Cary, 2001. 943 p.

STUPIELLO, J.P.; FERNANDES, A.C. Qualidade da matéria-prima provenientes das colhedoras e seus efeitos na fabricação de álcool e açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 45-49, mar. abr. 1984.

TRINDADE, C.; REZENDE, J.L.P.; JACOVINE, L.A.G.; SARTORIO, M.L. **Ferramentas da qualidade**: aplicação na atividade florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 124 p.

TROST, L.W.; STEELE, F.M. Control of microbiological losses prior to cane delivery, and during sugar processing. **International Sugar Journal**, London, v. 104, n. 1239, p. 118-123, June 2002.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 198 p.

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

**ANEXO**



## Anexo A - Procedimento de cálculo da capacidade, eficiências e velocidade média de trabalho, utilizados na caracterização da Etapa 2

Realizou-se a caracterização da rotina de trabalho com o cálculo da capacidade de produção operacional, velocidade de trabalho e eficiência operacional e de processamento.

Para a coleta dos dados da capacidade e das eficiências, utilizou-se uma planilha de preenchimento manual e um cronômetro digital portátil marca Casio, modelo HS-6, ambos fixados em uma prancheta para as anotações e classificações dos tempos da colhedora, Figura 49. Os dados eram coletados a partir do início do deslocamento da colhedora. Utilizou-se também um equipamento de GPS de mão marca Garmin, modelo e-Trex Venture para as anotações periódicas da velocidade de trabalho das colhedoras ao longo do dia. Os dados eram coletados por meio do acompanhamento da operação na cabine da colhedora, junto ao operador, ao longo da jornada de trabalho, Figura 50.



Figura 49 - Prancheta e cronômetro para anotações e tomada de tempos



Figura 50 - Integrante da equipe de campo dentro da colhedora para coleta de dados

Os dados de velocidade eram coletados, com intervalos regulares de vinte minutos, ao longo da jornada de trabalho da colhedora. Para que a anotação fosse realizada, a máquina deveria estar com velocidade constante de colheita. A classificação dos tempos utilizados nas coletas de campo foi adaptada a partir da metodologia proposta por Gonçalves et al. (1993) e descritos na Tabela 18.

Tabela 18 - Descrição e classificação dos tempos, adaptado de Gonçalves et al. (1993)

Tempo	Sigla	Descrição
Trabalhando	TTrab	Tempo em que a máquina exerce efetivamente a sua função
Manobra de cabeceira	TMC	Tempo de manobra da colhedora na saída de corte do talhão
Aguardo de transbordo	TAT	Tempo em que a colhedora parava devido à ausência de transbordo
Manobra dentro do talhão	TMT	Tempo de manobra interna no talhão durante a colheita
Movimento	Tmov	Tempos em deslocamento no talhão (somatória dos tempos Ttrab, TMC, TMT)
Total	Ttotal	Tempo total do ensaio

A medição da área colhida (AC), em hectares, foi realizada por meio do GPS de mão. Após o término do turno era feito o contorno da AC, delimitada previamente por estacas de madeira no início e no final da colheita.

O total de cana colhida foi obtido por meio da somatória das cargas de cada ensaio, cargas pesadas na balança da usina, eq. (4).

$$MTC = \sum_{i=1}^n (PBC_i - PLC_i) \quad (4)$$

em que:

*MTC*: material total colhido no dia do ensaio, em toneladas (t);

*PBC<sub>i</sub>*: peso bruto do caminhão *i*, em toneladas, sendo *i* = 1 a *n*;

*PLC<sub>i</sub>*: peso líquido do caminhão *i*, em toneladas, sendo *i* = 1 a *n*;

*n*: número total de caminhões.

A partir dos tempos, descritos na Tabela 18, das áreas obtidas com o GPS e do material total colhido (MTC) determinou-se a capacidade de produção operacional, de acordo com as propostas adaptadas de Mialhe (1974) e Molin; Milan (2002), apresentada na eq (5).

$$C_{po} = \frac{MTC}{\sum TMov} \quad (5)$$

em que:

*C<sub>po</sub>*: capacidade de produção operacional, em toneladas por hora (t.h<sup>-1</sup>);

*MTC*: material total colhido, em toneladas (t);

*T<sub>mov</sub>*: tempo em movimento da colhedora, em horas (h).

Para o cálculo da capacidade de produção operacional utilizou-se os tempos em movimento da colhedora no talhão (*T<sub>mov</sub>*). Foi analisado apenas o tempo em movimento (*T<sub>mov</sub>*) por este considerar o efeito do sistema de colheita da usina sobre o desempenho das máquinas, tempos referentes ao gerenciamento.

Com os dados dos tempos determinaram-se, com base na proposta de Banchi et al. (1994), as eficiências operacional (*EFOP*) e de processamento (*EFPR*) para cada avaliação e colhedora, eq. (6) e (7).

$$EFOP = \left( \frac{\sum TTrab}{\sum TMov} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que:

*EFOP*: eficiência operacional, em %;

*T<sub>trab</sub>*: tempo trabalhado da colhedora, em horas (h);

*T<sub>mov</sub>*: tempo em movimento da colhedora, em horas (h).

$$EFPR = \left( \frac{\sum (TTrab + TMC)}{\sum (TTrab + TMC + TMT)} \right) \times 100 \quad (7)$$

em que:

*EFPR*: eficiência de processamento, em %;

*T<sub>trab</sub>*: tempo trabalhado da colhedora, em horas (h);

*TMC*: tempo de manobra de cabeceira, em horas (h);

*TMT*: tempo de manobras dentro do talhão, em horas (h).

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)