



QUALIDADE DO CORTE DOS REBOLOS NA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇUCAR EM DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS¹

Carlos Renato Guedes Ramos¹, Kléber Pereira Lanças², Jefferson Sandi³, Gabriel Albuquerque de Lyra⁴ & Thais Maria Millani⁵

RESUMO: O comprimento dos rebolos colhidos por colhedoras de cana-de-açúcar picada influenciam diretamente a qualidade da matéria-prima colhida, pois pode diminuir a deterioração, a presença de impurezas, as perdas e o custo com transportes. Ajustado dentro da cabine do operador, o comprimento dos rebolos varia de acordo com a configuração de ajuste dos componentes do sistema de alimentação das máquinas como os rolos alimentadores e o rolo picador, bem como o número de facões presentes neste. O objetivo foi avaliar a frequência de distribuição de tamanho e a qualidade do corte dos rebolos colhidos na colheita mecanizada de cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor da colhedora. Foi determinado o uso de duas velocidades de deslocamento para a colhedora, sendo a velocidade V1 de 4,0 km h⁻¹ e a velocidade V2 de 5,5 km.h⁻¹ e três diferentes rotações do motor da colhedora, sendo a rotação do motor M1 de 1800 rotações por minuto (rpm), a rotação do motor M2 de 1950 rpm e a rotação do motor M3 de 2100 rpm. Foram analisados aleatoriamente 114 rebolos por tratamento, nos quais foram medidos seus comprimentos e analisado a qualidade do corte. O aumento da rotação do motor da colhedora causou maior variabilidade na distribuição de comprimento dos rebolos colhidos, além disso, observou-se diminuição do comprimento dos rebolos e da qualidade do corte, apresentando danos em torno de 7%, 21% e 34% nas rotações do motor M1, M2 e M3, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Colhedora de cana-de-açúcar, Comprimento dos rebolos, Danos aos rebolos.

BILLETS CUT QUALITY IN THE MECHANIZED HARVESTING OF SUGAR CANE IN DIFFERENT OPERATIONAL CONDITIONS

ABSTRACT: The length of billets in sugar cane mechanized harvesting directly influence the quality of the raw materials harvested, it can reduce deterioration, impurities, the losses and cost of transport. Adjusted in the operator's cab, the length of billets changes according to roller train and choppers speed, as well as to its number of blades. The objective was to evaluate the frequency of length distribution and the cut quality of billets harvested in mechanized harvesting of sugar cane in different forward ground speed and engine rotation. There were used two machine forward ground speed, being one speed 4.0 km h⁻¹ (V1), and the other of speed 5.5 km h⁻¹ (V2) and three different engine rotations, being one (M1) of 1800 revolutions per minute (rpm), a second (M2) of 1950 rpm, and the third (M3) of 2100 rpm. One hundred and fourteen billets were randomly analyzed. The increase in engine rotation caused the most variability on billet length distribution. In addition it resulted in a decrease in billet length and cut quality, presenting damages of 7%, 21% and 34% for engine rotations M1, M2 and M3, respectively.

KEYWORDS: Sugar Cane harvester, Billets length, Billets damages.

¹ Eng^o. Agrônomo, Doutorando em Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Engenharia Rural, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP. cramos@fca.unesp.br

² Eng^o. Mecânico, Prof. Titular, FCA/UNESP, Engenharia Rural, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP. kplancas@fca.unesp.br

³ e ⁴ Eng^o. Agrônomo, Doutorando em Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Engenharia Rural, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP. jffsandi@gmail.com; gabriel.lyra@hotmail.com

⁵ Eng^a. Florestal, Mestranda em Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Engenharia Rural, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP. thaismillani3@gmail.com

*Autor para correspondência: cramos@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

A mecanização envolvida no cultivo da cana-de-açúcar tem sido importante para a redução dos custos e manutenção da competitividade do setor, principalmente em anos de crise na agricultura. O sistema de colheita mecanizada possibilita a utilização de práticas de manejo operacional das colhedoras que influenciam na tomada de decisão sobre a qualidade do material colhido. A operação de recolhimento de palhiço para produção de energia realizada por muitas unidades produtoras é um dos fatores que direcionam o uso de técnicas de manejo operacional ao ser realizada a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, pois a quantidade de material vegetal que fica no solo após a passagem da colhedora é resultante da escolha de determinadas configurações de ajuste dos sistemas de limpeza dessas máquinas.

Considera-se que a matéria-prima com qualidade tecnológica ideal para o processamento industrial deve possuir colmos sadios, recém-cortados, livres de impurezas e com ocorrência mínima de pragas ou doenças. Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, quanto menores os rebolos presentes na matéria-prima colhida, maior será a densidade de carga, porém isso pode aumentar a deterioração, significando perda invisível (FUELLING 1982; RIPOLI 1996).

A qualidade operacional na colheita mecanizada de cana-de-açúcar é avaliada levando-se em consideração a sua eficácia tanto de capacidade operacional, como nas operações de limpeza da matéria-prima (Ao final do processamento), qualidade tecnológica do material colhido e índice de perdas de matéria-prima industrializável, não se restringindo apenas a capacidade efetiva em kg h⁻¹ ou t dia⁻¹, como é geralmente considerado em estudos do desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar (RIPOLI; RIPOLI, 2009).

Realizado dentro da cabine em algumas máquinas, o ajuste do comprimento dos rebolos ocorre pela variação da velocidade dos rolos alimentadores. Ao fazê-lo, o controle varia a velocidade de rotação destes rolos em relação ao rolo picador, alterando o comprimento dos rebolos, podendo reduzir sua qualidade por aumentar as perdas pelo corte (PATANE; WHITEING, 2014).

Segundo Schroeder et al. (2009a), a manutenção da máquina, e, em especial, a condição do corte de base e do rolo picador, tem um impacto significativo sobre o grau de danos e perdas de açúcar, sendo essencial manter afiadas e corretamente sincronizadas as lâminas do rolo picador. Os autores afirmam que pesquisas indicam que a perda de açúcar no processo de corte pode triplicar quando estas lâminas estão danificadas.

Ao avaliar os critérios de qualidade dos rebolos colhidos por colhedoras de cana-de-açúcar picada, Fuelling (1982) afirma que o tamanho ideal de comprimento dos rebolos fica em torno de 20 a 25 cm, pois pode diminuir a deterioração, a matéria estranha, as perdas e o custo com transportes, enquanto que rebolos esraçalhados em ambas as extremidades podem contribuir para a deterioração mais rápida da matéria-prima.

Segundo Peloia et al. (2010) é necessário analisar o processo de colheita a fim de checar as possíveis causas para a não obtenção de tamanhos padrões dos rebolos colhidos, pois seu tamanho afeta diretamente a densidade de carga de transbordos e caminhões, o nível de deterioração, as perdas invisíveis e os processos industriais e de transporte.

As perdas de cana-de-açúcar podem ser divididas em visíveis e invisíveis, em que as visíveis são aquelas que podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, podendo ser colmos inteiros e/ou suas frações, rebolos e tocos resultantes do corte basal, enquanto as invisíveis são na forma de caldo, “serragem” e estilhaços que ocorrem em razão da ação dos mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana-de-açúcar durante o processamento interno (NEVES et al. 2004).

Neves et al. (2006) afirmam que as perdas invisíveis são diferentes para cada fluxo de cana, sendo que as perdas invisíveis na forma de estilhaços aumentam com o aumento do fluxo de cana-de-açúcar processado pela colhedora, e as de serragem diminuem, mantendo-se constante as perdas totais.

Apesar de ser fator importante na colheita de cana-de-açúcar picada, as perdas invisíveis são consideradas impossíveis de serem quantificadas no campo e por isso, raramente são levadas em consideração na bibliografia publicada (BURLEIGH et al., 1988).

Benedini et al. (2009) procurando quantificar as perdas invisíveis, observaram que estas representam em torno de 2,0 a 5,5% das perdas totais e que as perdas invisíveis causadas pelos picadores são menores apenas que as perdas provocadas pelo corte de base.

A otimização do sistema de alimentação, onde a velocidade de rolos alimentadores é sincronizada e combinada com a velocidade de rotação do rolo picador, reduz a perda de caldo quando a cana é cortada em rebolos, isso também melhora a capacidade de alimentação e produz um fluxo mais uniforme de material através das lâminas do rolo picador e da câmara de limpeza (extrator primário), consequentemente, as perdas de caldo e frações de reboło são reduzidas no rolo picador e extrator primário, aumentando a eficiência do sistema (SCHROEDER et al., 2009a).

Maleki e Jamshidi (2011) ao avaliarem uma previsão de modelo para perdas nos rebolos cortados pelas lâminas do rolo picador caracterizaram a intensidade dos danos mecânicos nos rebolos em três grupos: baixo, médio e alto. Os autores concluíram que economicamente seria necessário considerar as perdas não apenas do ponto de vista quantitativo, mas também do qualitativo, pois a perda qualitativa, que inclui as maiores perdas de açúcar, é ignorada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a frequência de distribuição do comprimento e da qualidade do corte dos rebolos colhidos na colheita mecanizada de cana-de-açúcar em função de diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor da colhedora.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em junho de 2012 na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, pertencente a Usina Santa Cândida, localizada no município de Bocaina, estado de São Paulo, com coordenadas geográficas: 22°06'22" de Latitude Sul, 48°28'46" de Longitude Oeste e altitude de 532 metros em relação ao nível do mar.

A colheita ocorreu sem queima prévia do canavial, que encontrava-se plantado em espaçamento entre fileiras de 1,5 m, em seu segundo estágio de corte, sendo a variedade RB 855156 apresentando produtividade média estimada pela usina era de 85 t ha⁻¹. O relevo encontrava-se em condições adequadas para a operação de colheita mecanizada, com sulcos apresentando paralelismo ideal.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, em que os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3x2 (três rotações do motor e duas velocidades de deslocamento).

Os tratamentos aplicados durante a colheita foram:

V1M1 - Colhedora avaliada na velocidade de colheita V1 (4,0 km h⁻¹) e rotação do motor M1 (1800 rpm);

V2M1 - Colhedora avaliada na velocidade de colheita V2 (5,5 km h⁻¹) e rotação do motor M1 (1800 rpm);

V1M2 - Colhedora avaliada na velocidade de colheita V1 (4,0 km h⁻¹) e rotação do motor M2 (1950 rpm);

V2M2 - Colhedora avaliada na velocidade de colheita V2 (5,5 km h⁻¹) e rotação do motor M2 (1950 rpm);

V1M3 - Colhedora avaliada na velocidade de colheita V1 (4,0 km h⁻¹) e rotação do motor M3 (2100 rpm);

V2M3 - Colhedora avaliada na velocidade de colheita V2 (5,5 km h⁻¹) e rotação do motor M3 (2100 rpm).

A configuração do sistema de corte dentro da cabine foi ajustada para 100%, ou seja, para obtenção do menor comprimento de rebolo possível (14 cm – 18 cm), seguindo a recomendação de utilização da usina. Além disso, para todos os tratamentos foi utilizada a rotação do extrator primário a 1000 rpm e o cortador de pontas desligado, pois o canavial encontrava-se deitado.

Tabela 1 - Colhedora utilizada no experimento.

Marca*	Case IH
Modelo*	A8800
Ano de fabricação	2010
Horímetro	8.130 horas
Motor	Scania DC9
Potência	330cv (243kW)
Sistema de injeção	Controle eletrônico
Cortadores de pontas	Tambor separador bidirecional.
Rodados	Esteiras
Rotação nominal	2100 rpm

*A citação de marcas e modelos não indicam recomendações de uso por parte do autor.

Para a amostragem e avaliação da qualidade de matéria-prima foram utilizados dois tambores metálicos cobertos com sacos plásticos para coleta do material colhido, ao final de cada repetição, que serviu para análise tecnológica. Para análise da qualidade da matéria-prima colhida foram realizadas 3 repetições para cada tratamento. Para pesagem das amostras de material colhido para cada tratamento, foi utilizada uma balança de precisão com capacidade de leitura máxima de 2200 gramas e resolução de 0,01 gramas.

Em trabalho realizado por De Beer (1985) procedimentos padrões foram adotados como base para avaliação de qualidade dos rebolos e segundo os autores, a análise de dados para avaliação da qualidade dos rebolos colhidos na colheita mecanizada deve considerar os seguintes fatores: distribuição do comprimento dos rebolos, tamanho médio de comprimento e percentual de rebolos sadios, danificados e mutilados.

A partir das amostras coletadas foram analisados aleatoriamente 114 rebolos para cada tratamento, nos quais foram medidos seus comprimentos utilizando uma régua graduada e analisado a qualidade do corte realizado pelos facões picadores.

A análise do comprimento médio dos rebolos, bem como suas variações de comprimento dentro de cada tratamento foi realizada a partir de uma análise de frequências na qual foi obtida a porcentagem de distribuição do comprimento dos rebolos.

A qualidade do corte dos rebolos foi determinada a partir da classificação dos mesmos como perfeitos quando não houvesse sinais de perda de matéria-prima e danos pelo corte em ambas extremidades, danificado quando um dos lados se apresentasse perfeito e o outro com dano pelo corte e mutilado quando em ambas extremidades fosse observado dano pelo corte, conforme a Figura 1. A qualidade do corte observada em cada tratamento foi determinada a partir da análise da porcentagem de frequência em que cada situação ocorreu.

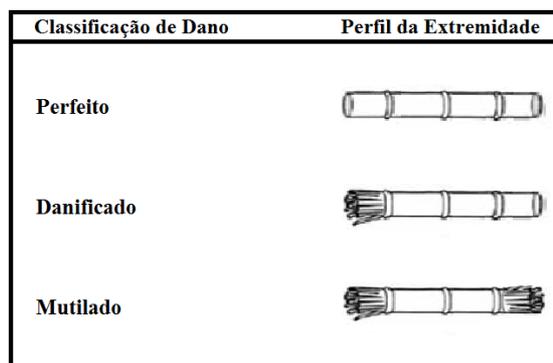


Figura 1 - Classificação dos danos aos rebolos causados pelo corte do facão picador da colhedora. Adaptado de Kroes e Harris (1994).

A análise estatística foi efetuada pelo sistema MINITAB. Os dados da porcentagem de frequência de qualidade do corte dos rebolos colhidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram alterações no comprimento dos rebolos colhidos, bem como na qualidade com que estes foram cortados ao passar pelo rolo picador da máquina.

Os resultados deste trabalho mostram a diminuição da qualidade do corte à medida que aumentou a rotação do motor da colhedora, diminuindo a presença de rebolos perfeitos e aumentando a presença de rebolos com uma ou com as duas extremidades danificadas (com fissuras).

A velocidade de deslocamento não influenciou na qualidade do corte dos rebolos. A análise estatística demonstrou não haver diferenças significativas para velocidade de deslocamento, bem como para a interação entre velocidade e rotação do motor, a 5% de probabilidade. Contudo os resultados foram significativos para as alterações de rotação do motor em todas as classificações de qualidade do corte dos rebolos.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Schmidt Junior (2011) e Belardo (2010) em que a qualidade do corte foi mantida mesmo com o aumento

da velocidade de colheita. A Tabela 2 apresenta os valores percentuais de qualidade do corte encontrados para a classificação de “rebolos perfeitos”.

Foi observado que nos tratamentos com rotação de 1800 rpm, a quantidade de rebolos colhidos sem danos (perfeitos) esteve acima de 90%, sendo reduzida esta quantidade para valores em torno de 79 e 66% quando aumentou a rotação do motor para 1950 e 2100 rpm, respectivamente. Estes resultados demonstram que ao aumentar a potência do motor, diminuiu a qualidade de corte e, portanto, concordam com Davis e Norris (2002) que afirmaram que ao aumentar a potência disponível para os componentes da máquina aumenta a capacidade de alimentação da colhedora, porém diminui a qualidade e consequentemente aumentam as perdas de açúcar.

Segundo Agnew et al. (2002), a principal influência para este tipo de alteração deve-se a relação entre velocidade dos rolos alimentadores e velocidade do rolo picador, onde a falta de sincronismo destes componentes afeta drasticamente a qualidade do corte e o tamanho dos rebolos. A relação de velocidade entre os rolos alimentadores e o rolo picador deve estar situada na faixa entre 60 – 70% (HOCKINGS et al., 2000).

Tabela 2 - Porcentagem (%) de rebolos perfeitos presentes na matéria-prima colhida.

Rotação do Motor	Velocidade de Deslocamento		Média
	V1 - 4,0 km h ⁻¹	V2 - 5,5 km h ⁻¹	
M1 - 1800 rpm	94,7 Aa	91,2 Aa	93,0 A
M2 - 1950 rpm	80,7 ABa	77,2 ABa	78,9 B
M3 - 2100 rpm	70,2 Ba	61,4 Ba	65,8 C
Média	81,9 a	76,6 a	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Observou-se que numa mesma rotação do motor, não houve diferença significativa entre as velocidades avaliadas para porcentagem de rebolos perfeitos; porém, em diferentes rotações do motor, a mesma velocidade de deslocamento apresentou diferença na qualidade do corte dos rebolos, mostrando que o aumento da rotação do motor da colhedora influenciou significativamente na diminuição da qualidade do corte dos rebolos colhidos.

Ao comparar os sistemas de corte de rebolos de uma plantadora e de colhedoras de cana-de-açúcar, Robothan e Chappell (2002) observaram que as colhedoras tem uma característica de produzir rebolos dentro de uma elevada margem de comprimento que possuem altos

níveis de danos. Para o sistema de corte das colhedoras, o autor encontrou variações de 26% a 87%, com média de 50% na porcentagem de rebolos perfeitos.

A Tabela 3 apresenta os valores percentuais de qualidade do corte encontrados para a classificação de “rebolos danificados” dos tratamentos.

Pode ser observado que inversamente ao que ocorreu com a porcentagem de rebolos perfeitos encontrados nos tratamentos, a quantidade de rebolos danificados aumentou à medida que foi elevada a rotação do motor, sofrendo acréscimos em torno de 10% com o aumento de 150 rpm na rotação do motor.

Tabela 3 - Porcentagem (%) de rebolos danificados presentes na matéria-prima colhida.

Rotação do Motor	Velocidade de Deslocamento		Média
	V1 - 4,0 km h ⁻¹	V2 - 5,5 km h ⁻¹	
M1 - 1800 rpm	5,3 Aa	7,0 Aa	6,1 A
M2 - 1950 rpm	16,7 ABa	18,4 ABa	17,5 A
M3 - 2100 rpm	21,9 Ba	29,8 Ba	25,9 B
Média	14,6 a	18,4 a	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A Tabela 4 apresenta os valores percentuais de qualidade do corte encontrados para a classificação de “rebolos mutilados” dos tratamentos e assim como ocorreu para porcentagem de rebolos danificados, a porcentagem dos rebolos que apresentaram ambas as extremidades com

danos (mutilados) aumentou com o aumento da rotação do motor, com valores médios de aproximadamente 1%, 3% e 8% para os tratamentos com 1800 rpm, 1950 rpm e 2100 rpm, respectivamente.

Tabela 4 - Porcentagem (%) de rebolos mutilados presentes na matéria-prima colhida.

Rotação do Motor	Velocidade de Deslocamento		Média
	V1 - 4,0 km h ⁻¹	V2 - 5,5 km h ⁻¹	
M1 - 1800 rpm	0,0 Aa	1,8 Aa	0,9 A
M2 - 1950 rpm	2,6 Aa	4,4 Aa	3,5 AB
M3 - 2100 rpm	7,9 Aa	8,8 Aa	8,3 B
Média	3,5 a	5,0 a	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Norris et al. (2000) recomendam que sejam realizadas mudanças nas capacidades dos motores e do circuito hidráulico para obter o efeito desejado no funcionamento da velocidade dos rolos alimentadores bem como um melhor sincronismo destes com a velocidade do picador, pois são fatores fundamentais para a produção de rebolos de alta qualidade.

A distribuição de frequência do comprimento dos rebolos colhidos em todos os tratamentos está apresentada na Tabela 5. Foi encontrado comprimento dos rebolos variando entre 10 e 26 cm, com resultados acima de 84% dentro de uma margem de tamanho de 16

a 20 cm para os tratamentos V1M1, V2M1, V1M2 e V2M2, e de 77 e 68% para os tratamentos V1M3 e V2M3, respectivamente.

Os resultados deste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Peloia et al. (2010), que ao avaliar a capacidade do processo de corte de rebolos de cana-de-açúcar colhidos mecanicamente, obtiveram comprimento de rebolos que variaram entre 11 e 25 cm. O mesmo autor ao utilizar valores de 14 a 18 cm como valor mínimo e máximo de limite de tamanho dos rebolos, respectivamente, obtiveram 22% dos rebolos com tamanhos fora dessa margem.

Tabela 5 - Frequência (%) de distribuição do comprimento de rebolos (cm) em todos os tratamentos.

Tratamento	Comprimento dos Rebolos (cm)																
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
V1M1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	5,3	14,9	18,4	38,6	14,0	3,5	0,9	2,6	0,9	0,0	0,0	0,0
V2M1	0,0	0,0	0,0	0,9	1,8	3,5	10,5	25,4	40,4	9,6	3,5	1,8	0,9	1,8	0,0	0,0	0,0
V1M2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	4,4	16,7	21,9	24,6	14,9	6,1	3,5	1,8	1,8	0,9	0,0	0,0
V2M2	0,0	0,0	0,0	0,9	1,8	4,4	18,4	27,2	22,8	15,8	5,3	0,9	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0
V1M3	0,9	0,9	1,8	1,8	0,9	4,4	6,1	18,4	28,9	10,5	13,2	1,8	4,4	1,8	1,8	0,9	1,8
V2M3	0,9	0,0	1,8	0,9	5,3	14,9	28,9	21,1	8,8	6,1	3,5	2,6	1,8	0,0	0,9	1,8	0,9

Observou-se que com o aumento da rotação do motor da colhedora, aumentou a quantidade de rebolos cortados com comprimento fora da margem de 16 a 20 cm, sendo em média de 10, 13 e 27% para os tratamentos com rotação M1, M2 e M3, respectivamente.

Belardo (2010) obteve intervalos de comprimento dos rebolos entre 13 e 31 cm que apresentaram 86% dos rebolos no intervalo de comprimento entre 14 -19 cm e 14% dos rebolos com comprimentos fora dessa margem.

Tabela 6 - Porcentagem (%) de frequência acumulada de cada comprimento de reboło encontrado nos tratamentos.

Tratamento	Comprimento dos Rebolos (cm)																
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
V1M1	0	1	1	1	1	6	21	39	78	92	96	96	99	100	100	100	100
V2M1	0	0	0	1	3	6	17	42	82	92	96	97	98	100	100	100	100
V1M2	0	0	0	0	4	8	25	46	71	86	92	96	97	99	100	100	100
V2M2	0	0	0	1	3	7	25	53	75	91	96	97	100	100	100	100	100
V1M3	1	2	4	5	6	11	17	35	64	75	88	89	94	96	97	98	100
V2M3	1	1	3	4	9	24	53	74	82	89	92	95	96	96	97	99	100

Como comentado anteriormente, Fuelling (1982) afirma que o tamanho ideal de comprimento dos rebolos fica em torno de 20 a 25 cm, pois pode diminuir a deterioração, a matéria estranha, as perdas e o custo com transportes, contudo em média apenas 2 % dos rebolos analisados neste trabalho estiveram dentro dessa faixa de comprimento em todos os tratamentos.

Os resultados obtidos neste trabalho foram diferentes dos encontrados por De León (2000), que ao avaliar o comprimento médio de rebolos cortados por duas

colhedoras de cana-de-açúcar em quatro velocidades, obteve porcentagem maior que 50% para o comprimento médio de rebolos de 20 a 25 cm e todos os tratamentos apresentaram quantidade maior que 72,5% de colmos perfeitos.

Já Mazzonetto (2004) obteve rebolos com tamanhos entre 6 a 10 cm e índices de cisalhamento com 60% do total de colmos com cortes perfeitos, sendo menores que os apresentados neste trabalho.

Tabela 7 - Estatística descritiva dos tratamentos.

	V1M1	V2M1	V1M2	V2M2	V1M3	V2M3
Média	18	18	18	18	18	17
Erro padrão	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2
Mediana	18	18	18	17	18	16
Moda	18	18	18	17	18	16
Desvio padrão	1,6	1,5	1,9	1,6	2,7	2,5
Variância da amostra	2,6	2,4	3,6	2,6	7,2	6,2
Curtose	3,2	2,8	1,0	0,8	1,8	3,1
Assimetria	0,0	0,5	0,7	0,3	0,1	1,2

As Figuras 2, 3 e 4 representam uma média dos tratamentos que utilizaram velocidades diferentes e mesma rotação do motor, ou seja, V1M1 e V2M1, V1M2 e V2M2 e V1M3 e V2M3, respectivamente, demonstrando os resultados da distribuição do comprimento dos rebolos em função da rotação do motor utilizada.

Observou-se que o aumento da rotação do motor causou diminuição do comprimento com que os rebolos eram cortados pelo picador. Como pode ser visto ao comparar as Figuras 2, 3 e 4, os rebolos com comprimento de 18 cm representaram 39,5% do total de rebolos na rotação do motor M1, reduzindo esta participação para 23,7% na rotação M2 e 18,9% na rotação M3. Ao comparar faixas de comprimento, nota-se que ao ser considerada uma faixa entre 10 e 17 cm, houve aumento da quantidade de rebolos presentes nesta faixa ao aumentar a rotação do

motor da colhedora, já que foi encontrada porcentagem de 40,8% em rotação M1, 49,6% em M2 e 54,4% em M3. Contudo, ao analisar os comprimentos entre 19 e 26 cm, nota-se que há aumento da participação de rebolos presentes nesta faixa, pois foram encontrados valores de 19,7% para M1, 26,8% para M2 e 26,8% para M3. Esta variabilidade dos resultados causada pelo aumento da rotação do motor pode ser atribuída a mudança na sincronia entre os rolos alimentadores e o rolo picador.

Segundo Davis e Norris (2002), a falta de sincronia entre estes mecanismos pode aumentar a variabilidade do fluxo de material que chega ao mecanismo picador, porém ao sincronizar a velocidade dos rolos alimentadores e otimizar a relação de velocidade entre estes e o picador pode melhorar drasticamente esta variabilidade.

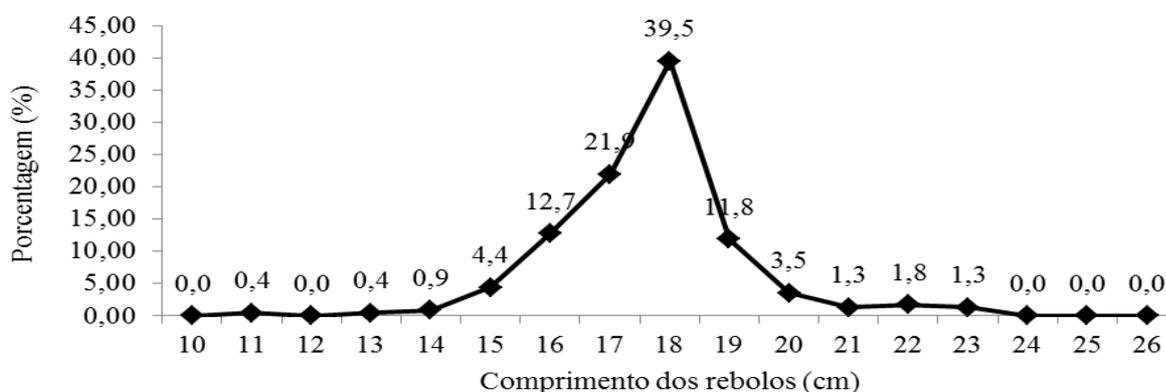


Figura 1 - Representação da porcentagem de rebolos em função dos diferentes comprimentos na rotação do motor M1.

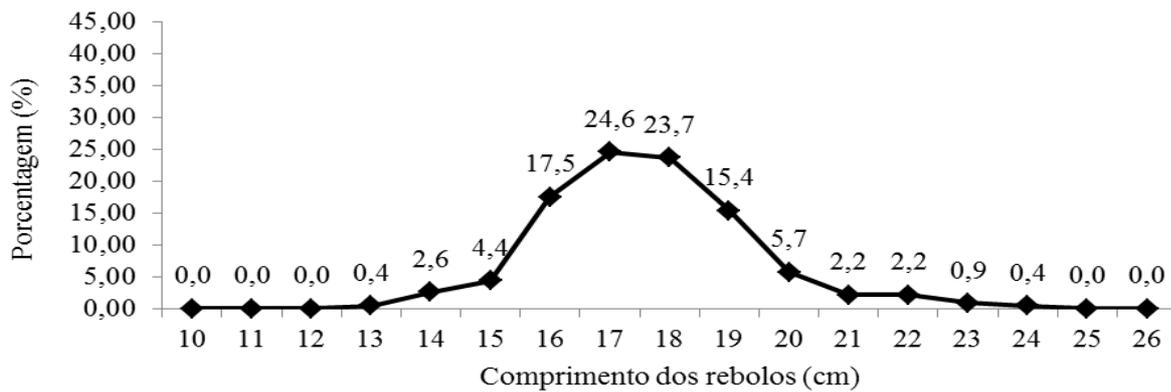


Figura 2 - Representação da porcentagem de rebolos em função dos diferentes comprimentos na rotação do motor M2.

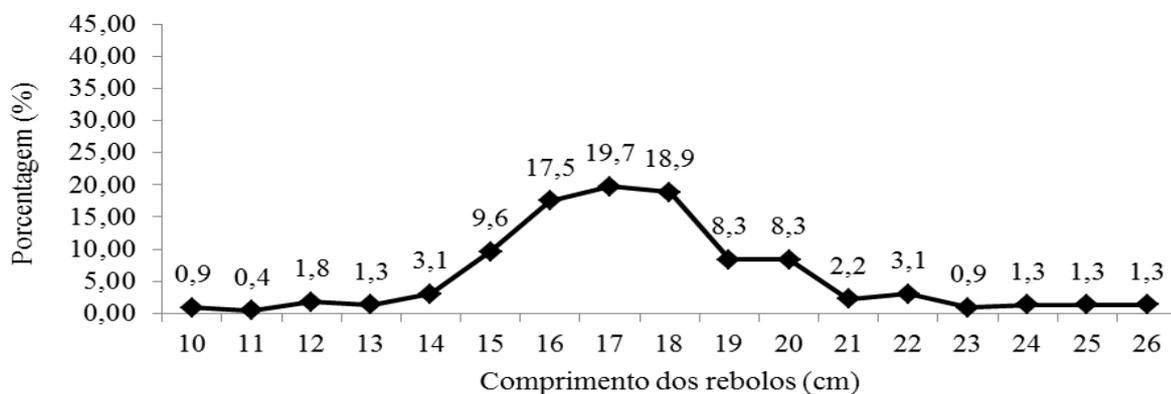


Figura 3 - Representação da porcentagem de rebolos em função dos diferentes comprimentos na rotação do motor M3.

Segundo Hockings et al. (2000) as perdas de cana-de-açúcar e caldo, assim como a qualidade dos rebolos colhidos são altamente dependentes de cultivar, afiação das lâminas, rendimento da máquina (t/h) e relação entre velocidades dos rolos alimentadores e do rolo picador. Portanto trabalhar com baixa taxa de colheita e utilizando velocidades uniformes nos rolos alimentadores, principalmente em variedades mais sensíveis à quebra, pode minimizar as perdas e os danos aos rebolos durante o corte pelo picador. Além disso, o autor afirma que para a obtenção de menores comprimentos de rebolos com menores perdas e maior qualidade de corte é melhor seja aumentada a quantidade de lâminas no rolo picador ao invés da redução da velocidade dos rolos alimentadores.

Com os resultados encontrados, observou-se que a rotação do motor da colhedora influenciou diretamente nos mecanismos de fluxo de óleo hidráulico, alterando o comprimento de corte e a qualidade dos rebolos mesmo sem haver alteração nas configurações de regulagem do picador. Como comentado anteriormente, este comportamento está relacionado com relação de velocidade entre os rolos alimentadores e o rolo picador da máquina. Portanto, com o aumento da rotação do motor e consequente diminuição do comprimento e qualidade do corte dos rebolos colhidos, os resultados deste trabalho permitem afirmar que a diminuição do comprimento dos rebolos promove maiores danos

mecânicos a estes, podendo resultar em maiores perdas de cana e caldo, bem como um potencial aumento dos problemas com deterioração, como também é afirmado por Fuelling (1982) e Agnew et al. (2002).

4 CONCLUSÕES

O aumento da rotação do motor da colhedora provocou a diminuição do comprimento e da qualidade do corte dos rebolos colhidos, aumentando a porcentagem de danos causados aos rebolos e a variabilidade do seu comprimento.

As configurações de regulagem dos mecanismos de limpeza e corte das colhedoras de cana-de-açúcar devem ser modificadas em função da mudança das condições operacionais no momento da colheita para favorecer a qualidade da colheita mecanizada.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNEW, J.R., SANDELL, G.R., STAINLAY, G.T.; WHITEING, C. Increased sugar industry profitability through Harvesting best practice. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, Vol. 24: 184 – 189. 2002.

BELARDO, G. C. *Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar (Saccharum spp) sem queima*. 2010. 136 p. Dissertação (Mestrado em

- Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.
- BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G.; Perdas e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. *Boletim técnico*. Guariba, 2009. 7p.
- BURLEIGH & ASSOCIATES. A comparative evaluation of sugarcane harvesting and transport systems for use in the Brazilian sugar industry. Sao Paulo. COOPERSUCAR. 1988. 54p.
- DAVIS, R.J. AND NORRIS, C.P. Improving the feeding ability of sugarcane harvesters. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, 24: 190–198. 2002.
- DE BEER, A.G., BAXTER, S.W.D., RIDGE, D.R., ABREU CIL, J. AND CLAYTON, J.E. Test procedures preferred by isst for mechanical sugarcane harvesters or harvesting systems. Report by the Agricultural Engineering Section Committee, *International Society of Sugar Cane Technologists*, South African Sugar Association Experiment Station, Mount Edgecombe. 1184 - 1199. 1985.
- DE LÉON, M.J. **Avaliação de desempenho operacional de duas colhedoras de cana (*Saccharum spp*) crua**. 2000. 111 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- FUELLING, T. G. Sugar Cane Harvester Design. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*, p. 131-137. 1982.
- KROES, S. and HARRIS, H.D. Effects of cane harvester basecutter parameters on the quality of cut. *Proceedings Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 16: 169 – 177. 1994.
- MALEKI, H. M.-G. & JAMSHIDI, A. Forecast model of sugar loss due to mechanical harvesting of the sugarcane crop. *Australian J. Basic and Appl. Sci.*, 5(12), 1190-1194. (2011).
- MAZZONETTO, A.W. **Colheita integral de cana (*Saccharum SSP*) crua, análise de desempenho operacional**. 2004. 88 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- NERY, M. S. **Desempenhos operacional e econômico de uma colhedora em cana crua**. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- NEVES, J. L. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; OTA, W. M. Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.3, p.764-70, 2004.
- NEVES, J. L.M.; MAGALHÃES, P. S. G.; MORAES, E. E.; ARAÚJO, F. V. M. Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massa de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.787- 794, 2006.
- NORRIS, C.P., ROBOTHAM, B.G. AND TUDROSZEN, N.J. Harvest and transport considerations for whole-crop harvesting in the Condong mill area. BSES Publication Consultancy Report CO00016. 2000.
- HOCKINGS, P.R.; NORRIS, C.P., DAVIS, R.J. Chopper systems in cane harvesters: B: Results of a test program. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, Vol. 22: 250–255. 2000.
- PATANE, P. and WHITEING, C. **Harvesting best practice manual**. Sugar Research Australia. Technical publication MN14001. Indooroopilly. 2014.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets. *Scientia agrícola*, Piracicaba, v. 67, n. 6, p.619-623, 2010 .
- RIPOLI, T. C. C. Ensaio ; certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios ; certificação**. Piracicaba, 1996. cap.13, p.635-73. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009. 333 p.
- ROBOTHAM, B. G. and CHAPPELL, W. J. High quality planting billets—whole-stalk planter billets compared to billets from modified and unmodified harvesters. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*, v. 24: 199–206. 2002.
- SCHMIDT JUNIOR, J. C. **Avaliação do desempenho efetivo de colhedora de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*)**. 2011. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas agrícolas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- SCHROEDER, B.; PANITZ, J.; LINEDALE, T.; WHITEING, C.; CALLOW, B.; SAMSON, P.; HURNEY, A.; CALCINO, D.; ALLSOPP, A. **SmartCane harvesting and ratoon management**. BSES Limited Technical Publication TE09004. (2009a).