

QUALIDADE DA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO

CARLOS R. G. RAMOS¹, KLÉBER P. LANÇAS², GABRIEL A. DE LYRA³, JEFFERSON SANDI⁴, THAIS M. MILLANI⁵

1 Eng^o Agrônomo, Doutorando em Energia na Agricultura, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (0XX14) 3811.7165, cramos@fca.unesp.br

2 Eng^o Mecânico, Professor Titular, Dept^o de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

3 Eng^o Agrônomo, Doutorando em Energia na Agricultura, Dept^o de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

4 Eng^o Agrônomo, Mestrando em Energia na Agricultura, Dept^o de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

5 Eng^a Florestal, Mestranda em Energia na Agricultura, Dept^o de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A qualidade da colheita mecanizada da cana-de-açúcar envolve fatores como perdas de matéria-prima, presença de impurezas no material colhido e impactos no canavial, sendo influenciada diretamente por aspectos operacionais inerentes às colhedoras ou pelas condições do solo, clima e cultura. O objetivo foi avaliar a qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento. O experimento foi conduzido em um canavial em que a colheita ocorreu sem queima prévia, sendo a cana-de-açúcar da variedade RB 855156 em seu segundo estágio de corte, com porte considerado deitado e produtividade de 85 t ha⁻¹. Foi determinado o uso de duas velocidades de deslocamento para a colhedora, sendo a velocidade 1 (V1) de 4,0 km.h⁻¹ ou 1,1 m.s⁻¹, e a velocidade 2 (V2) de 5,5 km.h⁻¹ ou 1,52 m.s⁻¹. Foi avaliada a eficácia de manipulação, as perdas de matéria-prima e impurezas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade. Os resultados encontrados não apresentaram diferenças nas impurezas vegetais e minerais encontradas nos tratamentos, contudo, o aumento da velocidade provocou aumento das perdas de matéria-prima e a diminuição da eficácia de manipulação da colhedora.

PALAVRAS-CHAVE: colhedora, perdas de matéria-prima, impurezas.

QUALITY OF SUGAR CANE MECHANIZED HARVESTING IN DIFFERENT FORWARD SPEED

ABSTRACT: The quality of mechanized harvesting of sugar cane involves factors such as loss of raw materials, impurities in harvested cane and impacts on the field, being directly influenced by operational issues or the conditions of soil, climate and culture. The objective was to evaluate the quality of mechanized harvesting of sugar cane at different forward speeds. The tests were conducted in green harvested canes, variety RB 855156 in its second cut and its relative position from the ground was classified as lying down and yields were around 85 t ha⁻¹. Were used two machine forward speeds, being the first speed 4.0 km h⁻¹ (V1), and the second speed 5.5 km h⁻¹

(V2). It was analysed the efficacy index, losses of raw material and impurities. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by the Scott Knott test at 5% probability. The results showed no differences in vegetable and mineral impurities in the treatments, however, the increase of the machine forward speed resulted in higher losses of raw materials and reduced the efficacy index of the harvester.

KEYWORDS: harvester, loss of raw material, impurities.

INTRODUÇÃO

Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, a regulação inadequada da colhedora e de seus equipamentos de limpeza em função das condições do canavial pode aumentar a presença de impurezas vegetais e/ou minerais, assim como as perdas de matéria-prima.

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 durante a colheita (RIPOLI; RIPOLI, 2009).

A matéria-prima com qualidade tecnológica considerada ideal para o processamento industrial deve conter colmos maduros ou em estágio avançado de maturação, sadios, recém-cortados, livres de impurezas e com o mínimo possível de ocorrência de pragas ou doenças (MAGALHÃES et al., 2008).

As impurezas referem-se a tudo que acompanhe a matéria-prima que não seja colmos maduros, podendo ser divididas em impurezas minerais (solo solto ou aderido às raízes, pedras, etc.) e impurezas vegetais (folhas verdes, palmito, raízes, palha e colmos secos), sendo as impurezas vegetais determinadas em níveis considerados satisfatórios numa faixa até 7% (SILVA, 2003).

A melhoria da qualidade do corte e da matéria-prima pode ser alcançada por meio de intervenções tanto na colheita (velocidade de deslocamento e altura de corte), como nas práticas culturais (preparo de solo, plantio, espaçamento entre sulcos) e de mudanças nos projetos das colhedoras (SALVI, 2006).

Na colheita mecanizada em que não se queima o canavial para efetuar uma pré-limpeza da palha, os índices de perdas e impurezas tendem a aumentar devido à maior massa vegetal que será processada pela colhedora (NEVES et al., 2004).

As perdas visíveis de cana-de-açúcar são aquelas que podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, podendo ser colmos inteiros e/ou suas frações, rebolos e tocos resultantes no corte basal que ocorrem em razão da ação dos mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana-de-açúcar durante o processamento interno nas colhedoras (MORAES, 1992).

As perdas de matéria-prima no campo têm relação diretamente proporcional à altura do corte de base da colhedora, ou seja, quanto maior for a altura do corte basal, maior será a altura de toco observada. Além disso, a quantidade de impureza enviada à indústria tem relação inversamente proporcional à altura do corte de base (SALVI, 2006).

Noronha et al. (2011) estudaram as perdas de matéria-prima da colheita mecanizada em turno diurno e noturno, e comprovaram que o aumento das perdas pode chegar a 20% a mais durante a colheita noturna. Os resultados de perdas totais demonstram que na colheita noturna ocorreram maiores perdas (11,2%) em relação à colheita diurna (9,3%).

De acordo com avaliações realizadas pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), cerca de 10% da matéria-prima colhida é perdida no campo quando é utilizado o sistema de colheita mecanizada, o que representa prejuízos em torno de US\$ 450 milhões por ano (MAGALHÃES et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da colheita mecanizada da cana-de-açúcar em função da sua velocidade de deslocamento.

MATERIAL E MÉTODOS

As determinações de campo foram realizadas em junho de 2012 na 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, na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, sendo a cana-de-açúcar da variedade RB 855156 em seu segundo estágio de corte. O espaçamento entre fileiras utilizado foi de 1,5m e a produtividade média estimada pela usina era de 85 t ha⁻¹. O relevo do terreno era plano e encontrava-se em condições adequadas para a operação de colheita mecanizada, com sulcos apresentando paralelismo ideal.

Como tratamentos, foram selecionadas duas velocidades de deslocamento para a colhedora, sendo as velocidades de 4,0 km h⁻¹ (V1) e 5,5 km h⁻¹ (V2).

A análise estatística foi efetuada pelo sistema SISVAR e os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

Para todo o experimento foi utilizada uma única colhedora, com as características apresentadas na Tabela 1.

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.
Rodado	Esteiras
Rotação nominal	2100 rpm

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

As perdas foram medidas de maneira direta demarcando-se uma área logo após a colheita e realizando a catação manual de todas as frações que não foram colhidas (frações de rebolos que foram estilhaçados, canas inteiras ou em pedaços amassados/estraçalhados, pedaços de cana-de-açúcar agarrados aos ponteiros, rebolos inteiros lançados fora do veículo transbordo, e tocos altos deixados por deficiência no corte basal). Em seguida foi feita a pesagem, separadamente, de cada material recolhido utilizando uma balança portátil com capacidade de leitura até 25 kg e precisão de 10 gramas. Para análise estatística foram realizadas 3 sub-amostras de perdas de matéria-prima para cada tratamento, constituindo-se as repetições.

Conforme a metodologia proposta pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), as perdas foram calculadas de forma absoluta (t.ha⁻¹), multiplicando-se o valor final em peso por 1.000, para a área de aproximadamente 10 m². Para o valor em porcentagem, dividiu-se este valor pela produtividade mais o valor, conforme Equação 1.

$$Perdas(\%) = \frac{Perdasnocampo(t/ha)}{produtividadedocanavial(t/ha) + perdasnocampo(t/ha)} \quad (1)$$

Após a obtenção dos índices de perdas, os resultados foram classificados em níveis de perda alta, média ou baixa, de acordo com os valores médios apresentados conforme a Tabela 2:

TABELA 2: Classificação das Perdas de matéria-prima (%).

Nível de perdas	Percentual de perdas (%)
Baixo	< 2,5
Médio	2,5 a 4,5
Alto	> 4,5

Fonte: BENEDINI et al. (2009).

A eficácia de manipulação foi calculada de acordo com a Equação 2:

$$EM(\%) = \left(1 - \frac{Pc}{TC}\right) \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

EM = Eficácia de manipulação (%)

Pc = Perdas no campo ($t\ h^{-1}$)

TC = Produtividade do canavial

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 de sub-amostras para análise tecnológica. Para a análise da qualidade da matéria-prima colhida foram realizadas 4 repetições para cada tratamento.

A partir desse material, foram efetuadas as determinações de porcentagem de rebolos, de matéria estranha mineral e matéria estranha vegetal que foi separada em: ponteiros, folhas e palhas, raízes e total. Para obter a quantidade de impureza mineral presente na matéria-prima, as amostras de material colhido (palha, ponteiros e rebolos), para cada tratamento, foram limpas através de escovação e peneiradas em local protegido e posteriormente foi ensacado todo o material para realização da pesagem. A pesagem das amostras de material colhido para cada tratamento foi realizada através de uma balança de precisão com capacidade de leitura máxima de 2200 gramas e resolução de 0,01 gramas.

Segundo Benedini et al. (2009), os valores aceitáveis de impurezas minerais estão entre 3 a 6 kg por tonelada de cana-de-açúcar (0,3 a 0,6%), como pode ser visto na Tabela 3.

TABELA 3. Classificação de impurezas minerais.

Nível de impurezas minerais	Percentual de Impurezas minerais (%)
Baixo	< 0,3%
Médio	0,4% a 0,6%
Alto	> 0,6%

Fonte: BENEDINI et al.(2009)

As impurezas vegetais são consideradas todo material proveniente das plantas, que não sejam colmos industrializáveis, que é levado na unidade de transporte junto com os rebolos colhidos, sendo composta, principalmente, por palha, folhas verdes, ponteiros e raízes da cana-de-açúcar. A classificação das impurezas vegetais está demonstrada na Tabela 4.

TABELA 4. Classificação de impurezas vegetais.

Nível de impurezas vegetais	Percentual de Impurezas vegetais (%)
Baixo	< 3%
Médio	4% a 6%
Alto	> 7%

Fonte: BENEDINI et al. (2009)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os valores médios para perdas visíveis, onde se verificou que a porcentagem de perdas entre os tratamentos foi distinta e segundo o CTC, Benedini et al. (2009), seria classificada em baixa para o tratamentos com a menor velocidade de deslocamento, pois foi inferior a 2,5% e média para a o tratamento com a maior velocidade de deslocamento, pois foi compreendida no intervalo entre 2,5 a 4,5%.

Os resultados das médias obtidas nesse trabalho são menores que os valores encontrados por Nery (2000) de 6,1 e 9,98% e são semelhantes aos encontrados por Santos (2011), de 3 a 5%, Belardo (2010) entre 1,5 e 3,2% e Furlani Neto (1995) com 4,53% e foram maiores que os valores obtidos por Schmidt Junior (2011) de 0,29 a 0,82%.

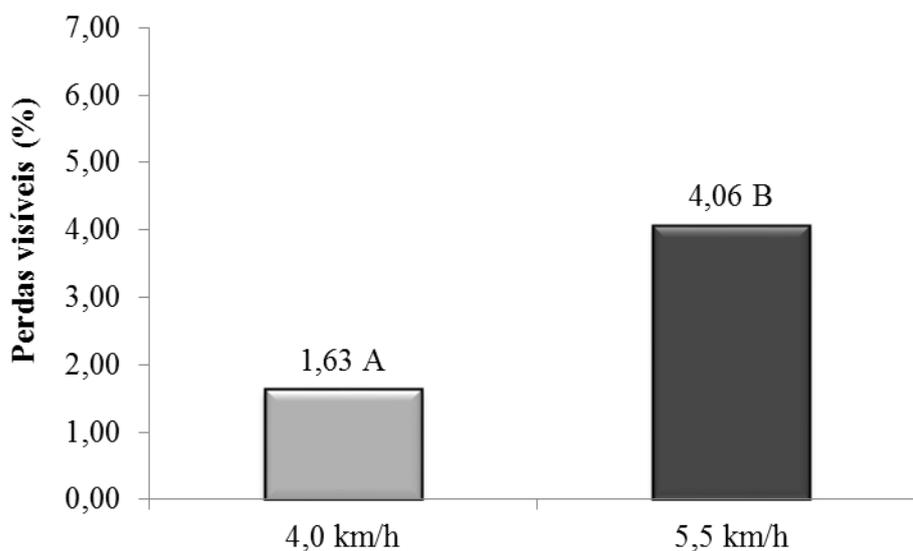


FIGURA 1: Porcentagem das perdas visíveis de matéria-prima nas velocidades 4,0 e 5,5 km h⁻¹.

A comparação da Figura 2 confirma que há mais perdas na colheita mecanizada quando a colhedora desloca-se com maior velocidade, pois o resultado entre as médias foi significativo a 5% de probabilidade. Observou-se ainda que as perdas foram de 1,57 t ha⁻¹ para a menor velocidade e de 4,01 t ha⁻¹ para a maior velocidade de deslocamento e, segundo Benedini e Silva (2010) valores próximos de 3 a 4 toneladas por hectare são consideráveis aceitáveis.

Santos (2011) ao identificar os fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, concluiu que, com o aumento da velocidade, as perdas aumentaram linearmente, mas o custo decresceu, devido à maior capacidade operacional obtida. O mesmo autor ao constatar a falta de trabalhos de perdas em função da velocidade de operação de colhedoras, atribuiu tal fato à dificuldade de se obter as equações de perdas devido à variabilidade da produtividade de cana-de-açúcar existente dentro do talhão.

Os resultados deste trabalho concordam com Neves et al. (2004) o qual constatou que ocorreram maiores perdas para maior velocidade e foram semelhantes aos observados por Segato e Daher (2011) em que as perdas foram de 2,85 t ha⁻¹ para a menor velocidade e de 4,13 t ha⁻¹ para a maior velocidade de deslocamento.

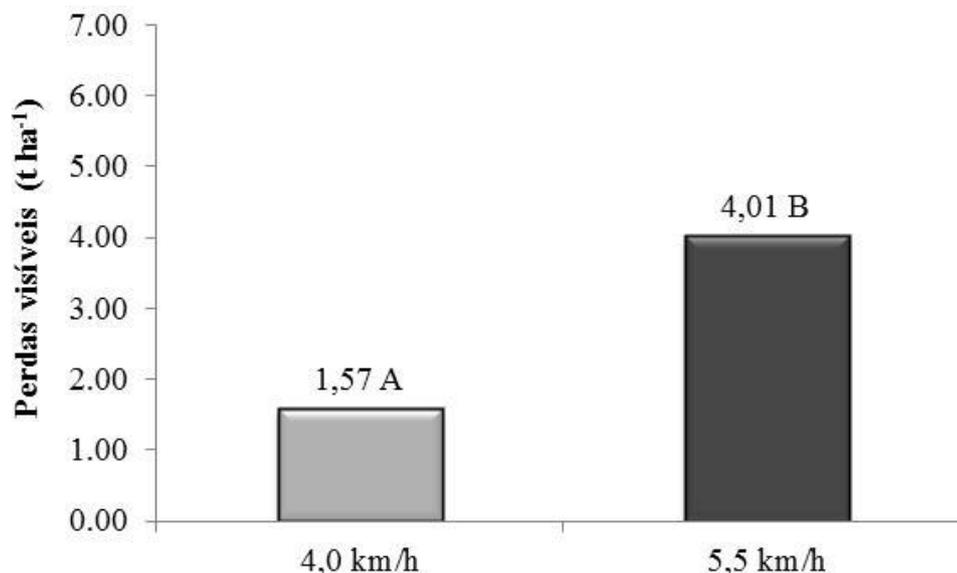


FIGURA 2: Média das perdas visíveis de matéria-prima nas velocidades 4,0 e 5,5 km h⁻¹.

Os resultados deste trabalho discordaram dos verificados por Ripoli et al. (2001) que ao realizar ensaios de campo com 2 colhedoras, observou que as perdas de cana-de-açúcar não aumentaram com as colhedoras trabalhando em velocidades maiores e Neves et al. (2006) que afirmaram que o baixo desempenho das colhedoras, expresso pelos altos índices de perdas de matéria prima, não está associado à velocidade de deslocamento da colhedora.

A eficácia de manipulação representa a quantidade de colmos colhidos em função da quantidade de colmos existentes no talhão e das perdas de matéria-prima. A Figura 3 ilustra que os resultados encontrados para os tratamentos foram diferentes estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, quando houve mudança da velocidade de deslocamento, sendo melhores os resultados deste parâmetro para a menor velocidade.

Os resultados neste trabalho foram semelhantes aos resultados encontrados pelos autores Schmidt Junior (2011) e Belardo (2010), ou seja, quando não há alteração na capacidade de processamento de matéria-prima, a eficácia de manipulação varia em função das perdas, sendo melhor nas condições em que proporcionem menores perdas.

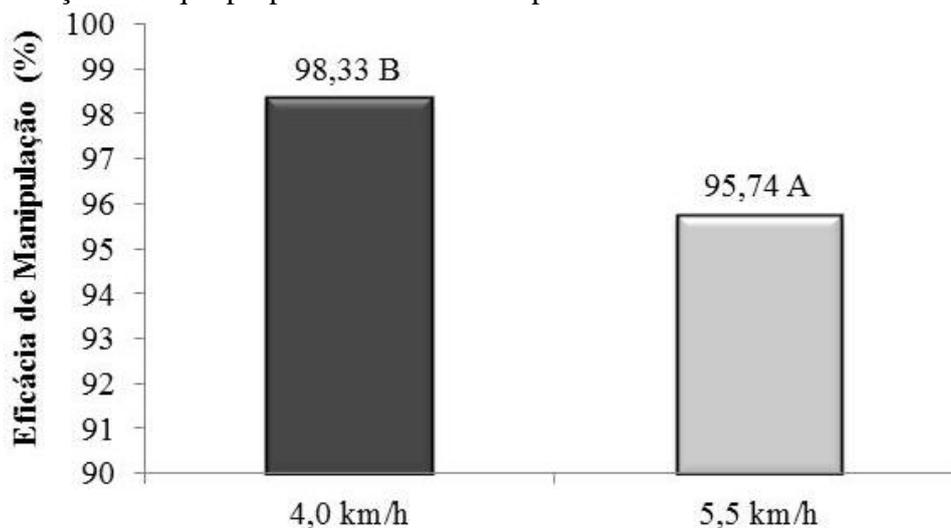


FIGURA 3. Média das eficácias de manipulação (%) nas velocidades 4,0 e 5,5 km h⁻¹.

As médias de impurezas vegetais presentes na matéria-prima colhida dos tratamentos estão apresentadas na Figura 4. A capacidade de processamento de matéria-prima pela colhedora não foi alterada com a mudança de velocidade, portanto, sem haver alterações também na utilização dos principais componentes que influenciam na quantidade de material vegetal levado junto com a

carga, ou seja, cortadores de pontas, rotação dos facões picadores ou extratores, primário e secundário.

Seguindo a classificação CTC, os resultados encontrados apresentaram níveis altos em todos os tratamentos e os resultados da análise estatística não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade. Os valores encontrados neste trabalho, de 14,2 e 14,6% de impurezas vegetais foram semelhantes aos resultados obtidos por Schmidt Junior (2011) que obteve entre 10 e 15% de impurezas vegetais.

Esses valores elevados de impurezas vegetais são justificados pela falta de utilização dos cortadores de pontas, em decorrência do canavial encontrar-se deitado, fato que proporcionou o alto índice de ponteiros presentes na matéria-prima colhida. Contudo, em canaviais que possuem o porte mais ereto, a utilização dos cortadores de pontas evita que esse material seja levado junto à carga no veículo transbordo e consequentemente os valores de impurezas vegetais sejam mais baixos.

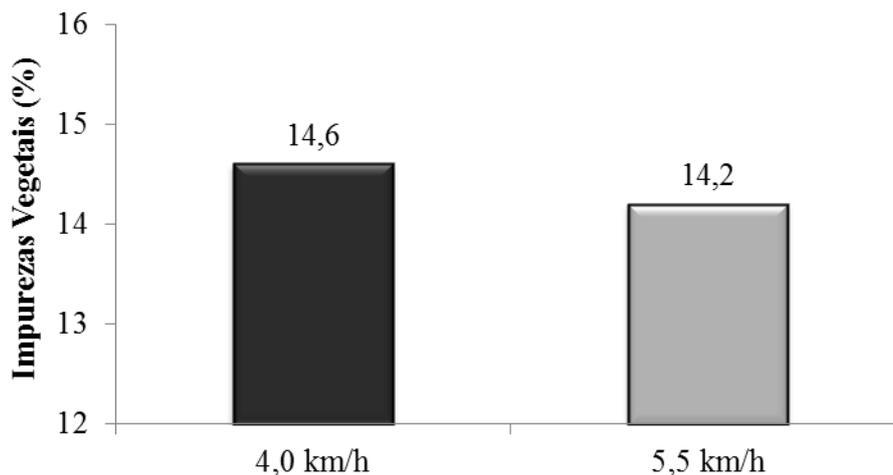


FIGURA 4. Impurezas vegetais (%) presentes na matéria-prima nas velocidades 4,0 e 5,5 km h⁻¹.

Na Figura 5 são apresentados os valores de impurezas vegetais referentes apenas aos valores encontrados de porcentagem de raízes, folhas e palhas, sendo descontados os valores encontrados de porcentagem de ponteiros presentes na matéria-prima colhida, como simulação de uma situação em que seja utilizado o sistema de corte de pontas.

Seguindo a classificação CTC, os resultados encontrados apresentaram níveis médios em todos os tratamentos, porém, os resultados da análise estatística não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade.

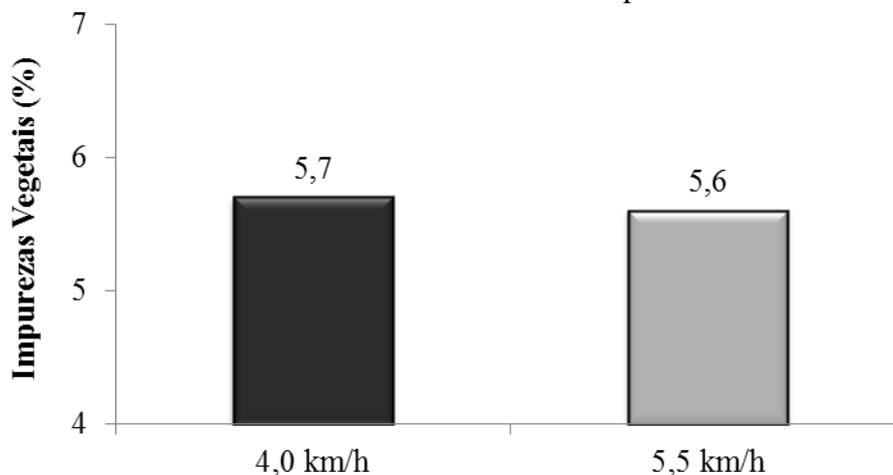


FIGURA 5: Simulação das impurezas vegetais (%) presentes na matéria-prima nas velocidades 4,0 e 5,5 km h⁻¹.

Esses valores são inferiores aos resultados de impurezas vegetais encontrados por Furlani Neto (1995) de 8,1%, porém, foram semelhantes aos encontrados por Belardo (2010) entre 5 a 7,39%, em que foram avaliadas velocidades semelhantes.

As médias de todos os tratamentos encontradas para a variável impureza mineral estão apresentadas na Figura 6. A análise estatística dos resultados não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade, demonstrando não ter havido influência da velocidade de deslocamento da colhedora.

Conforme a classificação proposta pelo Centro de Tecnologia Canavieira, os resultados encontrados para os tratamentos apresentaram níveis médios.

Os valores encontrados nesse trabalho estiveram abaixo dos resultados encontrados por Giachini (2012), que ao avaliar a colheita mecanizada em diferentes turnos de trabalho, obteve médias de impurezas minerais de 0,94% no turno das 08h01 às 16h 00, 1,84% das 16h01 às 00h00 e 2,02% no turno da 00h01 às 08h00. Já Schmidt Junior (2011), obteve resultados menores, entre 0,29 e 0,41%, enquanto Belardo (2010), com valores entre 0,50 e 0,92 %, Nery (2000) com média de 0,66% e Furlani Neto (1995) de 0,7%, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

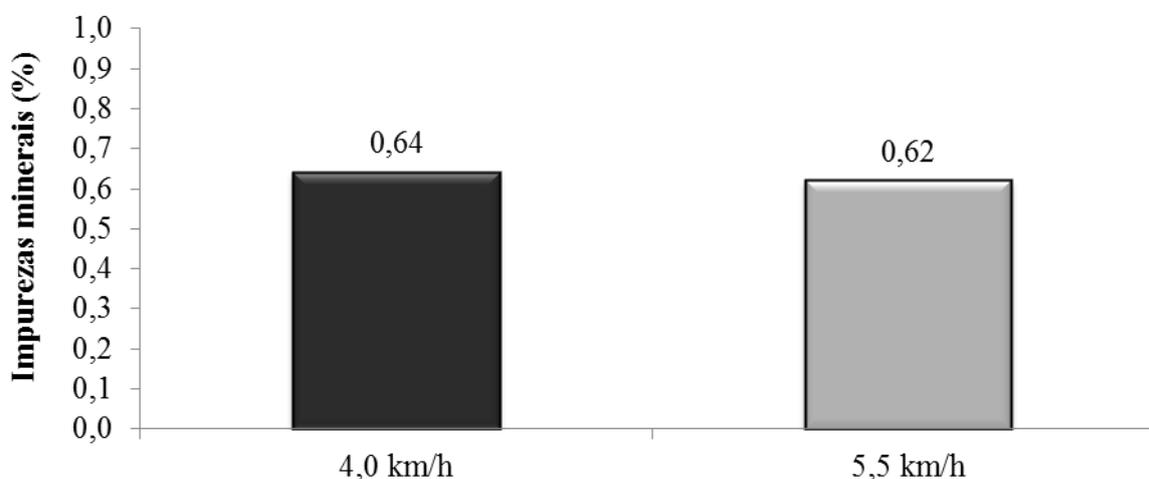


FIGURA 6. Impurezas minerais (%) presentes na matéria-prima colhida nas velocidades 4,0 e 5,5 km h⁻¹.

Assim como a presença de impurezas vegetais e minerais, a qualidade da matéria-prima colhida está relacionada também com a quantidade de rebolos colhidos, ou seja, o quanto de matéria-prima presente na carga total colhida são rebolos de cana-de-açúcar, podendo ser mensurado em toneladas por hectare ou percentual.

A média da porcentagem de rebolos presentes na matéria-prima colhida de todos os tratamentos está apresentada na Figura 7. Os resultados não apresentaram diferenças estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. Estes resultados demonstram que não houve alteração na capacidade de processamento da matéria-prima pela colhedora ao ser variada a velocidade de deslocamento. Os resultados obtidos neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Schmidt Junior (2011).

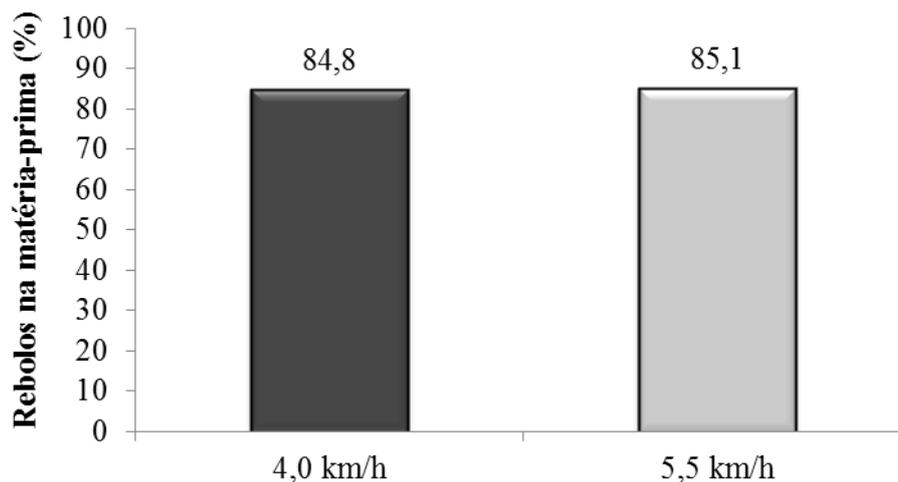


FIGURA 7: Média da porcentagem de rebolos presentes na matéria-prima em todos os tratamentos.

CONCLUSÕES

As perdas de matéria-prima foram influenciadas pelo aumento da velocidade de deslocamento da colhedora, apresentando níveis baixos (< 2,5 %) para a menor velocidade (4,0 km.h⁻¹) e níveis médios (2,5 – 4,5 %) para a maior velocidade (5,5 km.h⁻¹).

O aumento da velocidade de deslocamento provocou a redução da eficácia de manipulação da colhedora.

A capacidade de processamento de matéria prima da colhedora não foi influenciada pela sua velocidade de deslocamento, não diferenciando estatisticamente os resultados dos índices de impureza vegetal e mineral, assim como a porcentagem de rebolos presentes na matéria prima colhida.

REFERÊNCIAS

BELARDO, G. C. **Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) sem queima**. 2010. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

BENEDINI, M.S.; SILVA, A.L. Perdas de cana na colheita mecanizada. **Canavieiros: a força que movimenta o setor**. Sertãozinho, v.5, n.48, p.28-31, 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.

FURLANI NETO, V.L.; **Colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) avaliação em canaviais com e sem queima prévia**. 1995. 110p. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GIACHINI, C. F. **Desempenho operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) em função dos turnos de trabalho**. 2012. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

MAGALHAES, P. S. G.; BALDO, R. F. G.; CERRI, D. G. P.. Sistema de sincronismo entre a colhedora de cana-de-açúcar e o veículo de transbordo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n. 2, 2008.

MAGALHÃES, P. S. G.; MILAN, M.; MOLIN, J. P.; SOUZA, Z. M.; VOLPATO, C. E.; SIMÕES, J. Colheita de cana-de-açúcar e palha para a produção de Etanol. In: WORKSHOP - COLHEITA, TRANSPORTE E RECUPERAÇÃO DE PALHA, 2., 2006. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2006. 19 p.

MORAES, E. E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecanizada.** 1992. 124 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

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. et al. Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massa de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.787-94, 2006.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P; CASSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.

RIPOLI, T.C.C.et al. Operational and economic performance of green cane chopped harvester, in Brazil, In: INTERNATIONAL ANNUAL MEETING ASAE, Sacramento, 2001.**Anais...** St. Joseph: ASAE, 2001.

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.

SALVI, J.V. **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar.** 2006. 89 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

SANTOS, N. B. dos; **Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar.** 2011. 85p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

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.

SEGATO, S.V.; DAHER, F. Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. **Nucleus**, v.8, p. 315-326, 2011.

SILVA, R. A. **Aprimoramento de um despalhador de colmos inteiros de cana-de-açúcar por rolos oscilantes com diferencial de velocidades.** 2003. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.