

CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR AO LONGO DA SAFRA

MURILO AP. VOLTARELLI¹, CARLA S. S. PAIXÃO², ROUVERSON PEREIRA DA SILVA³,
CRISTIANO ZERBATO³, CAIO JOSÉ RODRIGUES⁴

¹ Professor Dr. de Máquinas Agrícolas e Agricultura de Precisão, UFSCar – Campus Buri, voltarelli@ufscar.br

² Professora Dr.^a de Máquinas Agrícolas, UNISO

³ Professor Dr. de Máquinas Agrícolas, UNESP

⁴ Aluno de graduação em Engenharia Agrônômica, UFSCar – Campus Buri

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A colheita mecanizada de cana-de-açúcar é operação final no campo e por isso esta deve ser feita com um nível de qualidade aceitável, para que assim a quantidade de perdas decorrentes deste processo seja em menor quantidade ao longo da safra. Baseado nisso, objetivou-se neste trabalho caracterizar as perdas durante o processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. O monitoramento das perdas na colheita mecanizada foi realizado diariamente nas áreas agrícolas, de uma unidade produtora na região do Triângulo Mineiro - MG, durante um período de 70 dias, na safra de 2014. Ao final do período de avaliação foram coletados 194 pontos amostrais no total, para cada tipo de perda analisado. Os indicadores de qualidade caracterizados durante a colheita de cana-de-açúcar foram às perdas do tipo: reboło inteiro, tocos, pedaço fixo, cana inteira, lascas, pedaços soltos e totais. Para análise dos dados foi utilizada a análise da estatística descritiva, como os parâmetros de médias centrais e de dispersão. As médias para os indicadores de qualidade rebolos inteiros e lascas foram superiores em relação ao demais. Para todos os indicadores de qualidade os coeficientes de variação foram elevados, caracterizando forte influência de fatores não aleatórios atuantes ao longo da colheita.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum spp.*, indicadores de qualidade, colhedora.

CHARACTERIZATION OF THE LOSSES ON THE MECHANIZED HARVEST OF SUGAR CANE THROUGH SAFRA

ABSTRACT: The mechanized harvesting of sugarcane is a final operation in the field and therefore it must be done with an acceptable level of quality, so that the amount of losses resulting from this process is smaller in the harvest. Based on this, the aimed of this study was to characterize the losses during the mechanized harvesting process of sugarcane. The monitoring of losses in the mechanized harvest was carried out daily in the agricultural areas of a production unit in the Triângulo Mineiro - MG region, during a period of 70 days, in the 2014 harvest. At the end of the evaluation period, 194 sample points were collected in the for each type of loss analyzed. The quality indicators characterized during the harvest of sugar cane were losses of the type: whole grinding wheel, stumps, fixed piece, whole cane, splinters, loose and total pieces. To analyze the data, the analysis of descriptive statistics was used, as the central and dispersion mediated parameters. The averages for the quality indicators grinding wheels and splinters were superior in relation to the others. For all quality indicators the coefficients of variation were high, characterizing strong influence of non-random factors acting throughout the harvest.

KEYWORDS: *Saccharum spp.*, Quality indicators, harvester.

INTRODUÇÃO: O sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, inevitavelmente, causa perdas de colmos que são deixadas a campo após a passagem da colhedora. Neste contexto, as perdas visíveis podem ser detectadas no campo após a colheita, e são facilmente quantificadas pela coleta manual. As

perdas são classificadas como: canas inteiras, rebolos, lascas, pedaço solto e fixo e tocos resultantes da altura do corte basal. As perdas na forma de caldo, serragem e estilhaços de cana, que ocorrem devido à ação de mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana durante o processamento interno nas colhedoras, são definidas como perdas invisíveis (Neves et al., 2006). Segundo Salvi et al. (2007) observaram que na colheita mecanizada de cana-de-açúcar existem algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-planta-máquina, que resultam em perdas no campo, redução na qualidade da matéria-prima e da longevidade do canavial.

Neste contexto, partindo do pressuposto que as perdas visíveis na colheita de cana-de-açúcar possuam elevada variabilidade em função dos fatores que possam influenciá-la, objetivou-se neste trabalho caracterizar as perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar ao longo da safra.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na área agrícola de uma usina de cana-de-açúcar localizada na região do Triângulo Mineiro – MG, Brasil, nas proximidades das coordenadas geodésicas: latitude 20°01'29" S e longitude 48°56'25" W, com altitude média de 516 metros. A declividade média das áreas agrícolas da unidade produtora estão ao redor de 3 a 9%, e o clima predominante é Aw, de acordo com a classificação de Köppen. Os solos das áreas colhidas possuem a classe textural variando desde arenoso até argiloso, com predominância de solos com textura argilosa. A mensuração do porte do canavial foi realizada utilizando-se de triângulo retângulo padrão (RIPOLI, 1996), na qual foram constatados 23; 35 e 42% de colmos deitados, acamados e eretos, respectivamente, ao longo do período total de colheita, sendo tal variação decorrente das diferentes variedades de cana-de-açúcar colhidas, bem como da influência de fatores externos (ventos) que contribuíram para a predominância de portes acamados e deitados. As variedades colhidas foram aleatórias de acordo com o planejamento da unidade produtora. A produtividade média das áreas colhidas ao longo do monitoramento da colheita foi de 80,94 Mg ha⁻¹, representando valor médio de cana crua colhida do primeiro até o sexto corte.

A frota da unidade produtora era composta por 23 colhedoras de cana-de-açúcar, na qual todas eram próprias para colher uma fileira de plantio espaçada a 1,50 m. Estas colhedoras possuíam um intervalo de tempo de uso entre 1 e 4 anos, com diferentes quantidades de hora-motor e hora elevador trabalhadas. As máquinas utilizadas possuíam as seguintes características técnicas: motor 6090T PowerTech (Tier III), com 9,0 litros, de 251 kW (342 cv) e rodados de esteiras com bitola de 1,88 m. Estas colhedoras não possuíam o sistema automático de direcionamento (piloto automático) durante a operação e trabalhavam em um valor médio de velocidade de 4,0 km h⁻¹ durante a safra.

O delineamento experimental utilizado foi estabelecido conforme as análises de controle de qualidade, sendo o monitoramento das perdas na colheita realizado diariamente nas áreas agrícolas colhidas, durante um período de 70 dias, após o início da safra de 2014. Os valores amostrais foram coletados por meio do sistema de controle de perdas da usina, que possui coleta diária a campo destas perdas ao longo da operação.

As avaliações de perdas foram realizadas por duas equipes de cinco pessoas, coletando as amostras nas cinco frentes de colheita, sendo que cada uma delas continha de três a cinco colhedoras. Para cada máquina, ficavam de uma a duas pessoas, previamente treinadas, para a coleta e a quantificação de cada tipo de perda. Ao final do período de avaliação, foram coletados 194 pontos amostrais no total, para cada tipo de perda analisado.

O monitoramento das perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar foi realizado, para cada amostra, por meio de uma armação metálica de 10 m² (3,33 x 3,00 m, sendo o último valor transversal ao sentido de colheita). Todas as perdas mensuradas foram avaliadas somente no período diurno da operação de colheita. A área amostral utilizada foi colocada logo após a passagem da colhedora, na qual foram coletadas manualmente os tipos de perdas, sendo posteriormente separados em lotes e pesados, em balança com resolução de 0,1 g, de acordo com a metodologia descrita por Neves et al. (2004).

As perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar foram divididas de acordo com o critério de análise adotado diariamente pela unidade produtora, sendo elas: Rebolos inteiros: fração do colmo (rebolos) com o corte característico do facão picador ou do corte de base, em ambas as extremidades; Tocos: fração do colmo enraizada cortada acima da superfície do solo, com comprimento variando

entre 0,05 e 0,10 m; Pedaco fixo: frações de colmo maiores que $\geq 0,11$ m, que devem necessariamente estar presos ao solo; Cana inteira: fração de colmo igual ou superior a $2/3$ de seu comprimento médio, sendo tal valor estimado próximo ao local de amostragem, podendo o colmo estar ou não preso ao solo pelas raízes; Lascas: fragmentos de colmos de menor tamanho, estando eles dilacerados ou não; Pedaco solto: as variações de frações de colmo, que não se encaixam dentro das definições das perdas de rebolo inteiro, cana inteira, pedaco fixo, tocos e lascas; e Perdas totais: todas as frações de colmos citadas anteriormente, somando-se cada tipo de perda até atingir o valor total acumulado.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva, para permitir a visualização geral de seu comportamento. Esta análise assume os dados como sendo independentes entre si, portanto, sem considerar a influência do local de amostragem e as posições relativas. Por fim, a demonstração geral do comportamento dos dados foi realizada calculando-se as medidas de tendência central (média) e as medidas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação). A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Ryan-Joiner, sendo uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade, conferindo maior rigidez à análise (NOIMAN et al., 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os indicadores de qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (Tabela 1) não podem ser descritos pela função densidade de probabilidade normal de acordo com o teste de Ryan-Joiner, retratando distribuições não normais para os conjuntos de dados. A não normalidade para todos os tipos de perdas também pode ser comprovada pelo elevado valor do teste de Ryan-Joiner, que apresentou valores distantes de zero (OZTUNA et al., 2006).

TABELA 1. Teste de distribuição normal de probabilidade e parâmetros da estatística descritiva para as perdas decorrentes da colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

Indicadores de qualidade	\bar{X}	σ	CV	RJ	p-Valor
Rebolos inteiros	0,61	0,36	58,98	4,32	<0,005 ^A
Tocos	0,23	0,25	109,58	9,50	<0,005 ^A
Pedaco fixo	0,19	0,17	89,31	7,04	<0,006 ^A
Cana inteira	0,46	0,52	114,75	12,09	<0,005 ^A
Pedaco solto	0,14	0,15	111,55	16,42	<0,004 ^A
Lascas	0,54	0,37	68,36	5,77	<0,005 ^A
Perdas totais	2,19	1,28	58,38	6,09	<0,005 ^A

\bar{X} – Média geral (Mg ha^{-1}); σ – desvio padrão; CV (%) – coeficiente de variação; RJ – valor do teste de normalidade de Ryan-Joiner; p-Valor – valor da distribuição de probabilidade ($p > 0,05$); N – distribuição normal de probabilidade; A – distribuição não normal de probabilidade.

Por outro lado, o maior e o menor valor dos desvios-padrão foram encontrados para as perdas totais e pedaco solto, respectivamente, enquanto o maior coeficiente de variação foi verificado para a perda tipo cana inteira, e o menor, para as perdas totais. Entretanto, Jones et al. (2011) relataram que coeficientes de variação equivalentes aos encontrados no presente trabalho são classificados como altos, retratando grande variabilidade do conjunto de dados ao longo do tempo de amostragem. Por fim, a elevada variabilidade decorrente deste processo dinâmico, visível por meio da estatística descritiva (medidas de dispersão do conjunto de dados), potencialmente, traz malefícios aos índices de perdas durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar, diminuindo o nível de qualidade da operação.

Noronha et al. (2011), na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, nos turnos diurno e turno, relataram que as perdas do tipo lascas e/ou estilhaços ocorrem devido à elevada rotação do extrator primário (1.100 rpm), independentemente do turno de operação, com valor médio de 16% a menos em relação ao presente trabalho, refletindo em sua menor qualidade de operação.

Por outro lado, Manhães et al. (2014) ao avaliarem as perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar em função das velocidades de trabalho, relataram que na velocidade de 4,5 km h⁻¹ foram encontrados os maiores valores das perdas do tipo rebolo inteiro, tocos e pedaços fixos. Porém quando essas variáveis são comparadas aos resultados do presente trabalho, os valores apresentados na Tabela 1 são menores, retratando melhor qualidade de colheita.

CONCLUSÕES: As médias para os indicadores de qualidade rebolos inteiros e lascas foram superiores em relação às demais, indicando que regulagens devem ser feitas para minimizar estes valores. Para todos os indicadores de qualidade os coeficientes de variação foram elevados, caracterizando forte influência de fatores não aleatórios (externos) atuantes ao longo da colheita.

REFERÊNCIAS

- JONES, M.C.; ROSCO, J.F.; PEWSEY, A. Skewness-invariant measures of kurtosis. **The American Statistician**, v.65, n.2, p.89-95, 2011.
- MANHÃES, C.M.C.; GARCIA, R.F.; CORREA JUNIOR, D.; FRANCELINO, F.M.A.; FRANCELINO, H.O.; SANTOS, C.M.G. Evaluation of visible losses and damage to the ratooncane in the mechanized harvesting of sugarcane for diferente displacement speeds. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, n.20, p.2956-2964, 2014.
- NEVES, J.L.M.; MAGALHAES, P.S.G.; OTA, W.M. Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.764-770, 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.
- NOIMAN, S. A.; BROWN, L. D.; BUJA, A.; ROLKE, W. R.; STINE, R. A. The power to see: A new graphical test of normality. **The American Statistician**, v.67, n.4, p. 249-260, 2013.
- 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**, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.
- OZTUNA, D.; ELHAN, A.H.; TUCCAR.E. Investigation of four different normality tests in terms of type I error rate and power under different distributions. **Turkish Journal of Medical Sciences**. v.36, n.3, p.171-176, 2006.
- RIPOLI, T. C. C. **Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar**. In: MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996. p. 635-73.
- SALVI, J.V.; MATOS, M.A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de cortes de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.201-209, 2007.