

## PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO

MURILO APARECIDO VOLTARELLI<sup>1</sup>, MATHEUS ANAAN DE PAULA BORBA<sup>2</sup>, CARLA S. S. PAIXÃO<sup>3</sup>, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA<sup>4</sup>, CRISTIANO ZERBATO<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Prof. Doutor, UFSCar-Lagoa do Sino, (16) 997442625, murilo\_voltarelli@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agron. Mestrando, UNESP-Jaboticabal, (16) 997029284, matheuspborba@gmail.com

<sup>3</sup> Eng. Agron. Doutoranda, UNESP-Jaboticabal, (16) 996461987, ca\_paixao@live.com

<sup>4</sup> Prof. Doutor, UNESP-Jaboticabal, (16) 999934575, rouverson@gmail.com

<sup>5</sup> Prof. Doutor, UNESP-Jaboticabal, (16) 992891441, zerbato@fcav.unesp.br

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, existem alguns atributos relacionados às interações solo-máquina-planta, necessitando de atenção, devido às perdas de matéria-prima deixada no campo. Sendo assim, objetivou-se neste estudo avaliar as perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar ao longo da safra, com a utilização do controle estatístico de processo. O experimento foi realizado em uma usina de cana-de-açúcar, na região do Triângulo Mineiro, MG. Utilizou-se o delineamento experimental conforme a metodologia do controle estatístico de processo, monitorando as perdas na colheita mecanizada diariamente, por um período de 70 dias, na safra de 2014, utilizando as cartas de controle de valores individuais para monitorar a operação. As máquinas utilizadas foram vinte e três colhedoras possuindo 251 kW de potência, com diferentes horas motor e elevador. Foram utilizados como indicadores de qualidade: cana-inteira, lascas e toco. As cartas de controle de valores individuais para os três indicadores de qualidade apresentaram instabilidade do processo, ultrapassando o limite superior de controle. A perda do tipo lascas apresentou maior valor de pedaços de colmos deixados a campo, em relação às demais. A maior variabilidade do processo foi apresentada pela perda do tipo cana inteira.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de qualidade, colhedoras, perdas visíveis e *Saccharum spp.*

## LOSSES ON THE MECHANIZED HARVEST OF SUGAR CANE IN THE REGION OF THE TRIÂNGULO MINING

**ABSTRACT:** In mechanized harvesting of sugarcane, there are some attributes related to soil-machine-plant interactions, requiring attention, due to the losses of raw material left in the field. Thus, the objective of this study was to evaluate the losses in the mechanized harvest of sugarcane throughout the harvest, using the statistical process control. The experiment was carried out in a sugarcane mill in the region of Triângulo Mineiro, MG. The experimental design was used according to the methodology of the statistical process control, monitoring the losses in the mechanized harvest daily, for a period of 70 days, in the harvest of 2014, using the control charts of individual values to monitor the operation. The machines used were twenty-three harvesters having 251 kW of power, with different engine hours and lift. Quality indicators were used as cane-whole, flakes and stump. The control charts of individual values for the three quality indicators showed process instability, exceeding the upper control limit. The loss of the type flakes presented higher value of pieces of stalks left in the field, in relation to the others. The greatest variability of the process was presented by the loss of the whole cane type.

**KEYWORDS:** Quality control, harvesters, visible losses and *Saccharum spp.*

**INTRODUÇÃO:** Salvi et al. (2007) observaram que na colheita mecanizada de cana-de-açúcar existem algumas peculiaridades relacionadas às interações máquina-solo-planta, que resultam em

perdas no campo, redução na qualidade da matéria-prima e da longevidade do canavial. A ausência de mecanismo flutuante provoca aumento nos índices de impurezas na carga, que implicam a redução da qualidade tecnológica da matéria-prima fornecida para moagem, e perdas de cana no campo, além da necessidade de alta potência para cortar e movimentar o volume de solo (Gray et al., 2009). O auxílio de técnicas estatísticas no controle das operações agrícolas mecanizadas é uma realidade, pois a qualidade das operações representa diminuição na variabilidade, obtendo-se resultados mais próximos aos limites especificados (Milan e Fernandes, 2002). Dentre as ferramentas do controle estatístico de processo, as que mais podem ser aplicadas nas operações agrícolas mecanizadas são as cartas de controle, como uma alternativa para aumentar o nível de qualidade de seus indicadores (variáveis), sendo uma análise de interpretação de dados, visando ao melhor gerenciamento de determinada operação, como forma de diminuir o nível de variabilidade inerente à mesma (SILVA et al., 2013). Neste contexto, a análise da qualidade da operação tornasse ainda mais eficaz quando as tomadas de decisões são realizadas por pessoas capacitadas e que entendam sobre o processo em questão, para implementar melhorias em seu ciclo, eliminando ou diminuindo as fontes externas de variação. Sendo assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar as perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar ao longo da safra, com a utilização do controle estatístico de processo (CEP), monitorando três tipos de perdas na colheita desta cultura.

**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 e declividade médias de 516 metros e em torno de 3-9%, respectivamente. O clima predominante é Aw, de acordo com a classificação de Köppen.

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<sup>-1</sup>, 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. As máquinas utilizadas possuíam as seguintes características técnicas: motor 6090T PowerTech (Tier III), com 9,0 litros, de 251 kW (342 cv), com quatro válvulas por cilindro, sendo equipadas com o sistema FieldCruise, de controle de rotação do motor 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<sup>-1</sup> durante a safra.

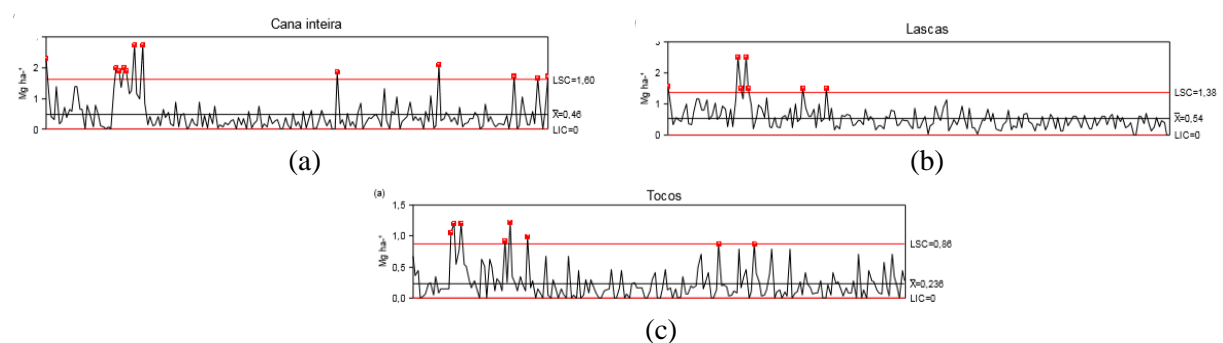
O delineamento experimental utilizado foi estabelecido conforme as análises de controle de qualidade, sendo o monitoramento das perdas na colheita realizado diariamente nas áreas agrícolas colhidas, durante um período de 70 dias, após o início da safra de 2014. Os valores amostrais foram coletados por 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. Destaca-se que, nos dias nos quais as máquinas não trabalhavam, por motivo de manutenção, condição climática desfavorável e/ou manutenção da área industrial de processamento de cana-de-açúcar, elas não foram mensuradas e quantificadas.

O monitoramento das perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar foi realizado, para cada amostra, por meio de uma armação metálica de 10 m<sup>2</sup> (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: 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; e toco: fração do colmo enraizada cortada acima da superfície do solo, com comprimento variando entre 0,05 e 0,10 m.

Os dados foram analisados por meio do controle estatístico de processo (CEP), onde foram elaboradas as cartas de controle de valores individuais, por meio do sistema computacional MINITAB 16<sup>®</sup>. As cartas de controle utilizadas apresentam três linhas, sendo que a linha central representa a média geral, enquanto que as outras duas linhas representam os limites superior e inferior de controle (LSC, LIC), respectivamente, calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio-padrão, quando maior que zero), indicando que se o processo estiver estável (dentro dos limites superior e inferior de controle), os pontos estarão entre as duas linhas. Se os pontos estiverem fora de ambos os limites de controle, o processo é chamado de instável e pode ser explicado por meio dos fatores 6 M's (máquina, mão-de-obra, medida, método, matéria-prima e meio), buscando eliminar as causas responsáveis por essa variação (MONTGOMERY, 2009).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A instabilidade do processo para a perda do tipo cana inteira pode ser verificada por meio da carta de controle de valores individuais (Figura 1a), na qual pode haver a existência de causas não aleatórias extrínsecas à operação, interferindo em seu nível de qualidade. Os pontos fora de controle podem estar relacionados ao fator matéria-prima associado ao meio ambiente, referindo-se à maior quantidade de cana deitada pela própria característica genética da planta ou por causa da ação dos ventos, respectivamente, interferindo assim no recolhimento da cana-de-açúcar pelo mecanismo levantador da colhedora.



LSC: Limite Superior de Controle; LIC: Limite Inferior de Controle;  $\bar{X}$ : média.

Figura 1. Cartas de controle de valores individuais para perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar para os seguintes tipos de perdas: cana inteira (a), lascas– (b) e tocos (c).

De acordo com Segato e Daher (2011), a maior quantidade das perdas de cana inteira ocorre na maior velocidade de deslocamento da colhedora. A carta de controle de valores individuais apresentou a instabilidade do processo, resultando em 7 pontos acima dos limites superiores de controle (Figura 1b), para as perdas do tipo lascas, no decorrer da colheita. As perdas do tipo lascas são influenciadas, principalmente, pelo fracionamento dos colmos em pedaços menores do que o adequado, pelo facão picador, associado à velocidade de exaustão do extrator primário, e em virtude da repicagem do corte de base central nos colmos presos ao solo e no próprio colmo colhido.

Manhães et al. (2014), ao avaliarem a colheita mecanizada de cana-de-açúcar em diferentes velocidades de trabalho, relataram que as perdas do tipo lascas e/ou estilhaços não apresentam diferenças em virtude deste fator, porém seus valores foram próximos ao encontrado no presente trabalho. Para as perdas do tipo toco (Figura 1c), o processo de colheita de cana-de-açúcar foi diagnosticado como instável. Os possíveis pontos fora dos limites de controle podem ser explicados em virtude da oscilação do mecanismo de corte basal durante a colheita, pela inabilidade do operador em controlar a colhedora, pela não utilização do controle automático da altura de corte e pela oscilação

do terreno no momento da colheita, sendo estas situações atribuídas às causas especiais mão de obra, máquina e meio ambiente (declividade do terreno e preparo do solo), respectivamente.

**CONCLUSÕES:** As cartas de controle de valores individuais para os três indicadores de qualidade apresentaram instabilidade do processo, ultrapassando o limite superior de controle. A perda do tipo lascas apresentou maior valor de pedaços de colmos deixados a campo, em relação às demais. A maior variabilidade do processo foi apresentada pela perda do tipo cana inteira.

**REFERÊNCIAS:** GRAY, G.R.; MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Suspensão pantográfica para corte de base de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.39, p.766-771, 2009.

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.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Quality of tillage operations by statistical process control. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 2, p. 261-266, 2002.

MONTGOMERY, D.C. **Control charts for variables**. In: MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. Arizona: Wiley, 2009. v.6, p. 226-268.

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.

RIPOLI, T.C.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 635-673.

SALVI, J. V.; MATOS, M. A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 201-209, 2007.

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

SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.