



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

Qualidade do porte e corte mecanizado da cultura de cana-de-açúcar

Quality of mechanized size and cut of the sugar cane crop

Ulisses Eiti Sanomia, Jorge Wilson Cortez, Maiara Pusch, Munir Mauad, Salvio Napoleão Soares Arcoverde

Universidade Federal da Grande dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias/FCA, Rod. Dourados-Itahum, s/n - Cidade Universitária, Dourados - MS, Brasil, 79804-970 email: sanomia@hotmail.com

Recebido em:30/08/2017

Aceito em:05/02/2018

Resumo: Considerando o ciclo da cana-de-açúcar como semi-perene, o que implica em renovação no mínimo a cada cinco ou seis anos, é necessário avaliar os danos causados à soqueira em colheita mecanizada, por poder influenciar na sua longevidade. Portanto, o objetivou-se avaliar a qualidade do porte e corte mecanizado de cana-de-açúcar crua em área comercial, por meio do controle estatístico de qualidade (CEQ) na região de Vicentina-MS, analisando indicadores de danos à soqueira e o porte do canavial. O experimento foi coletando-se 24 pontos na área para avaliação do porte do canavial e 29 pontos para a avaliação de dados na soqueira. Antes da entrada da colhedora na área foi avaliado o porte do canavial, com o uso de um triângulo com marcações da posição do colmo (ereto, acamado ou deitado), e posteriormente a qualidade do corte basal por meio de imagens obtidas de cada soqueira, identificando em sem danos, danos periféricos, rachaduras e fragmentados. Os dados foram avaliados pela estatística descritiva e por meio das cartas de controle individual, o controle estatístico de qualidade. O mecanismo de corte da colhedora em canavial de porte ereto afeta principalmente os indicadores de danos às soqueiras porcentagem de danos periféricos e rachaduras. O processo de corte basal demonstra instabilidade para os indicadores porcentagem de rachaduras e fragmentado. Há necessidade de monitoramento a longo prazo para apontar possíveis causas de variabilidade, com o intuito de auxiliar no gerenciamento e controle da operação.

Palavras-chave: cartas de controle, colheita mecanizada, danos na soqueira

Abstract: Considering the cane cycle as semi-perennial, which implies a renewal at least every five or six years, it is necessary to evaluate the damage caused to the rye in mechanized harvesting for influencing their longevity. The objective of this study was to evaluate the quality of the mechanized size and cut of raw sugar cane in commercial area, by means of statistical quality control (CEQ) in the region of Vicentina-MS, analyzing indicators of damage to the rye and the size of the cane field. The experiment was collected 24 points in the area to evaluate the size of the cane field and 29 points for the evaluation of data in the ratoon. Before the entrance of the harvester in the area, it was evaluated the size of the cane field, using a triangle with markings of the stalk position (erect, bedded or lying down), and afterwards the quality of the basal cut by means of images obtained from each ratoon, Identifying in undamaged, peripheral, cracked and fragmented damages. The data were evaluated by descriptive statistics and by means of the individual control charts, statistical quality control. The mechanism of cutting of the harvester in upright cane fields mainly affects the indicators of damage to the coffee trees, percentage of peripheral damages and cracks. The basal cutting process demonstrates instability for percentage cracks and fragmented indicators. There is a need for long-term monitoring to identify possible causes of variability, with the purpose of assisting in the management and control of the operation.

Key words: control charts, mechanized harvesting, damage to the ratoon

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas produzidas no Brasil, sendo o Brasil o maior produtor mundial. A mecanização

da colheita vem crescendo nos estados produtores, devido à necessidade de erradicação da queima pré-colheita em toda área canavieira até 2017. Todavia, o sistema de corte basal das colhedoras





ainda se mostra ineficiente, interferindo diretamente na qualidade da matéria-prima e comprometendo a longevidade do canavial (Voltarelli et al. 2017).

Atualmente, as máquinas destinadas à colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua causam elevados níveis de perdas qualitativas no decorrer da operação, em função de condições operacionais (operador, velocidade de deslocamento), da cultura (porte do canavial, variedade) e do ambiente (obstáculo, declividade, curvas de nível), entre outros (Neves 2006; Voltarelli et al. 2015).

A qualidade do corte de base realizado pelas máquinas, em relação aos índices de danos e abalos às soqueiras, está diretamente relacionada ao modelo de faca utilizado e pelo desgaste em função do tempo de uso (Cassia et al. 2014; Voltarelli et al. 2015). Tal fato está associado ao aumento dos níveis de perdas e à qualidade da matéria-prima industrializável, bem como prejudica a rebrota e pode causar redução na longevidade.

Diversos trabalhos de pesquisa têm identificado e selecionado indicadores para avaliação da qualidade do corte mecanizado da crua (Voltarelli et al. 2017; Voltarelli et al. 2016; Cassia et al. 2014; Silva et al. 2008; Salvi 2007). O controle de qualidade em operações agrícolas é destinado a detectar variações ou oscilações indesejáveis durante a execução de determinada operação, com base em indicadores pré-selecionados ou confrontando-os a padrões especificados, com a finalidade de inibir a ocorrência de falhas, evitando gastos desnecessários com ações corretivas (Cassia et al. 2014).

O mecanismo utilizado para verificar a qualidade no CEQ (Controle Estatístico da Qualidade) é a carta de controle. A carta de controle é composta por uma linha média e outras duas linhas (superior e inferior) que indicam o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) definido como sendo três vezes o desvio padrão. A verificação da qualidade ocorre pela verificação dos pontos dentro dos limites específicos, seja superior ou inferior, e a existência de um ponto fora dos limites é definido o processo como fora de controle (Bonilla 1995).

Portanto, objetivou-se avaliar o porte e a qualidade do corte basal na colheita mecanizada de

cana-de-açúcar crua por meio do controle estatístico de qualidade.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Estrela, linha do Proteirito no município de Vicentina, MS, em um talhão de 100 ha da variedade RB835054, essa variedade possui características de touceiramento médio, com colmos eretos, possui um bom comportamento como cana-de-ano, alta produtividade agrícola e industrial.

Para a colheita foi utilizada uma colhedora de cana-de-açúcar crua da marca Case, modelo 8800 de esteiras com 263KW (358 CV), utilizando facas usadas no mecanismo de corte. O mecanismo de corte da colhedora é composto com taliscas, como opcional, existe instalado uma perna fusível.

Foram amostrados 24 pontos na área para avaliação do porte do canavial e 29 pontos para a avaliação de dados na soqueira. Para realizar a caracterização do porte dos canaviais avaliados foi utilizado um triângulo padrão proposto por Ripoli (1996), com amostragens feitas ao acaso e em diferentes fileiras de plantio, dispendo-se o triângulo padrão longitudinalmente à fileira de plantio em seguida foi anotado o número de colmos industrializáveis em cada condição, contidos na distância de um metro. Ao final foi quantificado o porte do canavial de acordo com a maior porcentagem apresentada em ereto, acamado e deitado.

Para a avaliação da qualidade do corte de base foi utilizado a metodologia adaptada de Kroes (1997) apud Mello e Harris (2003), que constituiu na retirada de fotos das soqueiras nos pontos amostrados. As fotografias foram realizadas com câmera posicionada a um metro de altura, em posição perpendicular ao terreno, simulando a visada zênite-nadir de um satélite. Em seguida as fotos foram avaliadas visualmente, de acordo com os danos provocados pelo mecanismo de corte basal e classificados em: sem danos, danos periféricos, com rachaduras e fragmentado.

Inicialmente, os dados foram analisados por meio da estatística descritiva. Para avaliação da qualidade do corte de base, foram utilizadas as cartas de controle que foram feitas a partir dos limites inferior (LIC) e superior de controle (LSC). Para estimar as linhas médias e os limites dos gráficos de controle foram usadas as seguintes equações (Trindade et al. 2000):



$$LM = \mu \quad (1)$$

$$LSC = \mu + 3 \frac{\sigma}{c_2 \sqrt{n}} \quad (2)$$

$$LIC = \mu - 3 \frac{\sigma}{c_2 \sqrt{n}} \quad (3)$$

em que,

LM: linha média;

μ : média das médias dos subgrupos;

LSC: limite superior de controle;

σ : desvio médio;

c_2 : fator de ajuste à distribuição normal, tabelado em função de n ;

n : tamanho da amostra;

LIC: limite inferior de controle.

Quando o cálculo do LIC resultar em valores negativos, considerou-se o mesmo com valor nulo (LIC=0).

Resultados e discussões

Observa-se que o porte do canavial (Tabela 1) foi classificado como ereto, pelas médias das avaliações, com 78% dos colmos classificados como ereto, 14,84% como acamado e apenas 6,78% como deitado. Esse resultado indica que a situação em que se encontrava o canavial era propícia para realização da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, favorecendo a ação do mecanismo de corte basal (Ripoli, 1996).

Tabela 1. Estatística descritiva do porte do canavial.

Parâmetros	Ereto (%)	Acamado (%)	Deitado (%)
Média (%)	78,00	14,84	6,78
EP (%)	4,91	3,12	2,89
Desvio padrão (%)	24,06	15,26	14,15
Variância	578,77	232,89	200,20
CV (%)	30,84	102,84	208,66
Mínimo (%)	0,00	0,00	0,00
Mediana (%)	80,91	13,4	0,00
Máximo (%)	100	50	57,14
Cs	-1,58	0,84	2,61
Ck	3,49	-0,1	7,02
Normalidade	0,05*	> 0,10*	<0,01 ^{ns}

C.V.: Coeficiente de Variação; Ck: Coeficiente de Curtose. Cs: Coeficiente de assimetria.* distribuição normal; ^{ns}: distribuição assimétrica.

É possível observar que a média e mediana encontraram-se próximas (Tabela 1) e, apesar do coeficiente de variação (CV) ser considerado médio a muito alto para os indicadores, os resultados apresentaram distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner para porcentagem de colmos ereto e acamado. Ressalta-se que a suposição de normalidade não impediu a confecção das cartas de controle para os indicadores (Voltarelli et al. 2015).

As cartas de controle para a porcentagem de colmos ereto, acamado e deitado (Figura 1), mostram que, de maneira geral, ocorre baixa variabilidade nos dados, porém, com apenas um ponto fora dos limites de controle tanto para ereto

e deitado. Isto ocorreu no ponto três, onde foi possível observar elevada variabilidade devido à alta porcentagem de deitado que acarretou baixo percentual de ereto. Tal instabilidade ocorreu, provavelmente, pela presença de causas especiais. As causas especiais são consideradas como as que geram variabilidade devido a fatores como mão de obra, meio ambiente, máquina, método, medição e matéria-prima, constituindo os chamados “6 M’s”. Provavelmente causas relacionadas ao plantio, como operação da plantadora, operador, velocidade de deslocamento e cobrição rasa do sulco podem ter afetado o porte do canavial de maneira localizada

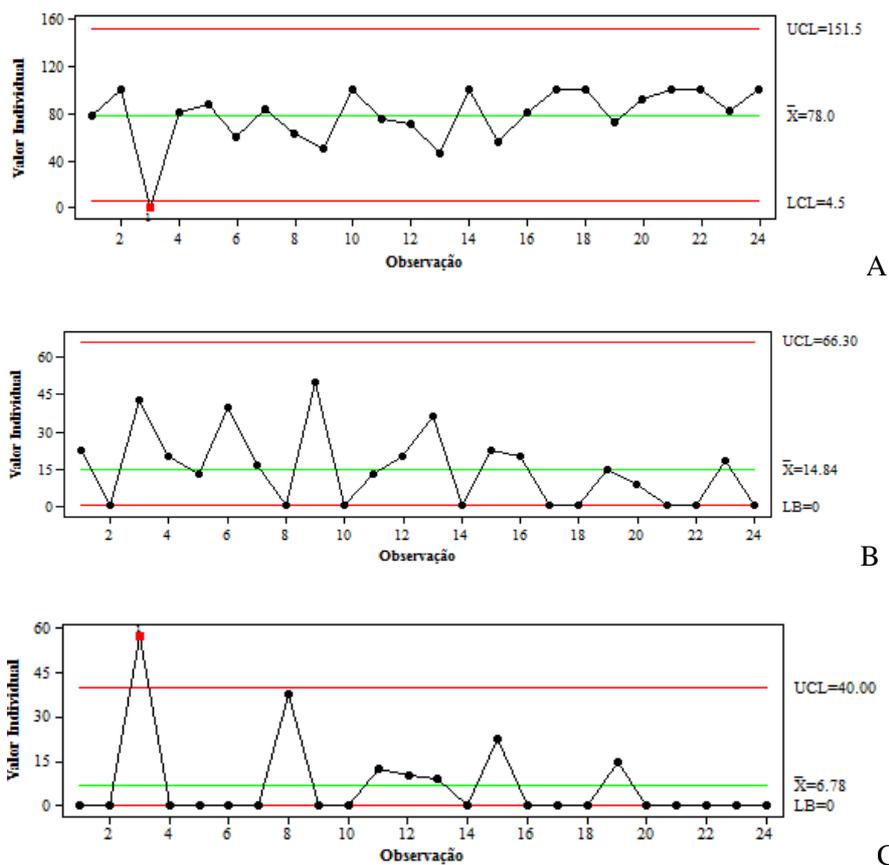


Figura 1. Cartas de controle para o porte do canavial em porcentagem para A – ereto, B – acamado e C - deitado. UCL: limite superior de controle; LCL: limite inferior de controle; X: média; LB: limite específico.

Para os danos causados às soqueiras (Tabela 2), observou-se a predominância de danos periféricos seguidos por soqueiras rachaduras e fragmentados, ficando os colmos sem danos em menor proporção em relação aos periféricos e rachaduras, o que é indesejável. Cassia et al. (2014) encontraram resultados semelhantes ao deste

estudo, com maior porcentagem de periféricos em relação ao fragmentado e sem danos, porém com menor porcentagem de soqueiras sem danos (20%) em comparação ao deste estudo. Do mesmo modo, Noronha et al. (2011) observaram porcentagem de soqueiras sem danos em torno de 26%, independente do turno diurno ou noturno.

Tabela 2. Estatística descritiva dos atributos de danos a soqueira.

Parâmetros	Sem danos (%)	Danos periféricos (%)	Rachaduras (%)	Fragmentado (%)
Média (%)	25,83	29,29	28,87	16,59
EP (%)	3,33	2,8	3,26	3,15
Desvio padrão (%)	17,93	15,06	17,57	16,96
Variância	321,56	226,92	308,7	287,62
CV (%)	69,42	51,43	60,87	102,24
Mínimo (%)	0	0	0	0
Mediana (%)	25	28,57	30	11,11
Máximo (%)	71,43	62,5	80	66,67
Cs	0,38	0	0,51	1,12
Ck	0,07	-0,19	1,36	1,47
Normalidade	>0,10	>0,10	>0,10	>0,10

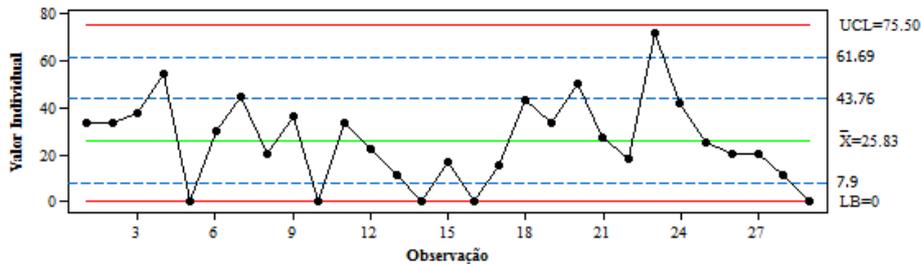
C.V.: Coeficiente de Variação; Ck: Coeficiente de Curtose. Cs: Coeficiente de assimetria. Normalidade: >0,05 normal; <0,05 não normal.

Observa-se que os coeficientes de variação foram considerados altos (Tabela 2) para todos os indicadores avaliados, mesmo assim todos os dados seguiram a distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner, além de apresentarem valores de C_s e C_k dentro do intervalo de -2 e 2, que indica que os dados respeitam uma distribuição (Melo et al. 2013).

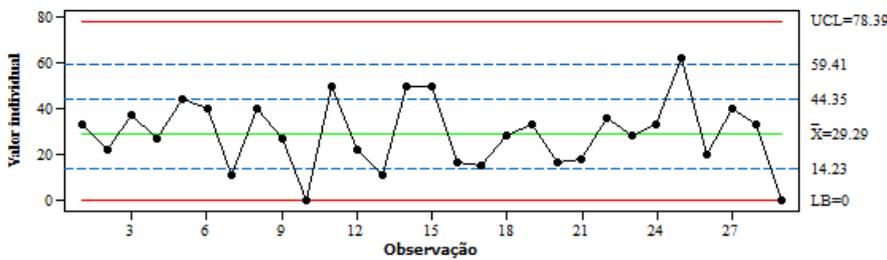
As cartas de controle para os indicadores de danos causados às soqueiras (Figura 2), demonstram, em geral, baixa variabilidade já que maior parte dos pontos estão localizados dentro do limite de uma vez o desvio padrão, o que

caracteriza o corte basal como de “alta qualidade”. Apesar disso, o processo foi considerado instável para os indicadores porcentagem de soqueiras rachadas e fragmentadas, com um ponto acima do limite superior de controle, o que caracteriza influencia de causas especiais de variabilidade.

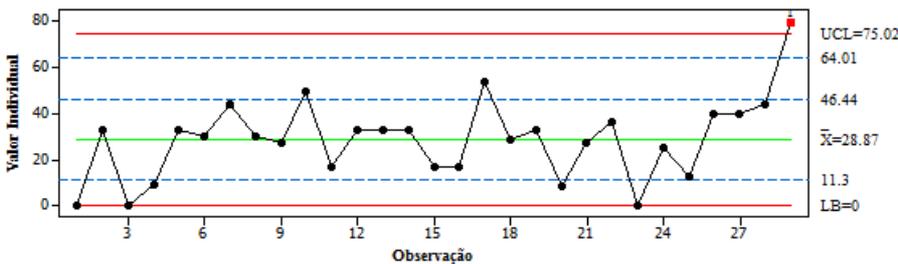
De acordo com Cassia et al. (2014), os danos causados às soqueiras variam entre si em função de cada face de corte das facas avaliadas e do período de uso das facas. Contudo, ao avaliarem a qualidade do corte basal verificaram controle do processo para os mesmos indicadores do presente estudo, considerando o fator face de corte da faca.



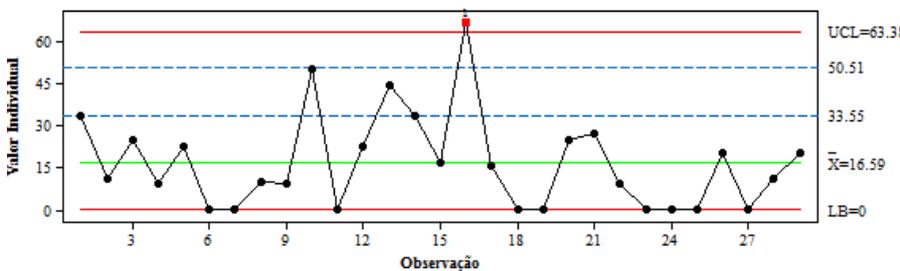
A



B



C



D

Figura 2. Cartas de controle para danos na soqueira, em porcentagem, para: A – sem danos, B – danos periféricos; C – rachaduras e D - fragmentados. UCL: limite superior de controle; LCL: limite inferior de controle; X: média; LB: limite específico.



Há que se destacar que às condições da cultura também influenciam no comportamento dos danos, bem como no controle do processo de corte basal (Noronha et al. 2011). Apesar de a porcentagem de danos fragmentados (16,59%) relativamente ser menor (Tabela 2) em relação aos demais indicadores de qualidade do processo, a presença de causas especiais demonstra a necessidade de maior monitoramento ao longo do tempo para identificação das possíveis causas de variabilidade. Salvi et al. (2007) relatam que rebolos fragmentados sujeitos a contaminação e a incorporação de terra, caso as lâminas dos discos dos cortadores trabalhem em contato ou abaixo da superfície do solo, e se os sistemas radiculares 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.

Conclusões

O mecanismo de corte da colhedora, em canal de porte ereto, afeta principalmente os indicadores de danos às soqueiras, resultando maiores danos periféricos e rachaduras.

A qualidade do corte basal demonstra instabilidade para os indicadores porcentagem de rachaduras e fragmentado.

Há necessidade de monitoramento em longo prazo para apontar possíveis causas de variabilidade, com o intuito de auxiliar no gerenciamento e controle da operação.

Referências

- BONILLA, J.A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. Belo Horizonte: Centro de Estudos da Qualidade Total na Agricultura, 1995. 344p.
- CASSIA, M.T.; SILVA, R.P.; PAIZÃO, C.S.S.; BERTNHA, R.S.; CAVICHIOLI, F.A. Desgaste das facas do corte basal na qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.6, p.987-993, 2014.
- MELLO, R.C.; HARRIS, H. Desempenho de cortadores de base para colhedoras de cana-de-açúcar com lâminas serrilhadas e inclinadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.355-358, 2003.
- MELO, R.P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L.A.; SOUZA, F.H.; SILVA, J.G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.94-101, 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**, Campinas, v.70, n.4, p.931-938, 2011.
- 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”, cap.13, p.635-73, 1996.
- 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**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.201-209, 2007.
- SALVI, J.V. **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área Máquinas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2006.
- SILVA, R.P.; CORRÊA, C.F.; CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.292-304, 2008.
- 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. 124p.
- VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.A.; DALOIA, J.G.M.; PAIXÃO, C.S.S. Qualidade do corte basal de cana-de-açúcar efetuado por facas de diferentes angulações e revestimentos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 3, p. 438-447, 2017.
- VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.A.; ORTIZ, D.F.; TORRES, L.S. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.528-541, 2015.