

QUALIDADE DE AMOSTRAGENS DE IMPUREZAS NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR

ALINE SPAGGIARI ALCÂNTARA¹; ANTONIO TASSIO SANTANA ORMOND²; CARLA SEGATTO STRINI PAIXÃO³; ELIZABETH HARUNA KAZAMA⁴; ROUVERSON PEREIRA DA SILVA⁵

¹ Mestranda em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, (16) 99227-5330, alineespaggiari@hotmail.com

² Doutorando em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP

³ Doutoranda em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP

⁴ Doutoranda em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP

⁵ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal- SP.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: Os sistemas de colheita semi mecanizado e mecanizado podem promover aumento de impurezas na cana-de-açúcar. A menor perda de matéria-prima, conseqüentemente, a redução da contaminação da cana-de-açúcar com impurezas gera maiores lucratividades. Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade do processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar em sistemas de colheita utilizando-se como indicadores de qualidade as impurezas minerais e vegetais. A área experimental está localizada no município de Onda Verde – SP, na Usina Vale. O delineamento estatístico baseou-se na ótica do controle de qualidade sendo três turnos de trabalho (A, B, e C) e três sistemas de colheita: semi mecanizado (SM), mecanizado próprio (MP) e mecanizado terceirizado (MT). As amostragens de impurezas vegetais e minerais foram obtidas durante 35 dias de colheita através de uma sonda oblíqua. Os dados foram submetidos à análise descritiva e as cartas de controle (Controle Estatístico de Processo CEP). Para as impurezas minerais, os sistemas mecanizado próprio e terceirizado apresentaram comportamento semelhante, ambos com melhor qualidade de processo. Para impurezas vegetais, os três turnos apresentaram processo instável. Dentro do controle de qualidade, o sistema semi mecanizado mostrou-se com as maiores variabilidades.

PALAVRAS-CHAVE: Colheita mecanizada, Máquinas agrícolas, Controle estatístico de processo, Saccharum officinarum.

QUALITY OF IMPURITIES HARVEST SAMPLING IN SUGAR CANE CROP

ABSTRACT: The semi mechanized and mechanized harvesting systems can promote increase of impurities in sugarcane. The smaller loss of raw materials, hence reducing contamination of sugarcane with impurities results in higher profitabilities. In this sense, the objective was to evaluate the quality of mechanized harvesting process of sugarcane in harvesting systems using as quality indicators mineral and vegetable impurities. The experimental area is located in the Green Wave - SP, at Usina Vale. The experimental design was based on the optical quality control with three work shifts (A, B, and C) and three harvest systems: Semi mechanized (SM), mechanized itself (MP) and outsourced mechanized (MT). Samples of vegetable and mineral impurities were obtained during 35 days of harvest at an oblique probe. Data were submitted to descriptive analysis and control charts (Statistical Process Control CEP). For mineral impurities, own and outsourced mechanized systems showed similar behavior, both with better process quality. For vegetable impurities, the three

shifts had unstable process. Within the quality control, the semi mechanized system showed up with the greatest variability.

KEYWORDS: Combine harvesting, agricultural machines, statistical control process, *Saccharum officinarum*.

INTRODUÇÃO

Investimentos em melhorias de operações de campo mecanizadas com cana-de-açúcar em turnos diurnos e noturnos tendem a aumentar, porém, essas informações ainda são insuficientes no setor e outras investigações podem melhorar a gestão e a qualidade das operações (VOLTARELLI et al., 2013).

Uma ferramenta que pode ser bastante útil para se verificar modificações em determinados processos, é o Controle Estatístico de Processo (CEP). O uso de Controle Estatístico de Processos (CEP) para avaliar/controlar a qualidade das operações agrícolas mecanizadas ainda é em pequena escala (ZERBATO et al., 2014).

A utilização do controle estatístico de processo na agricultura vem sendo difundida, principalmente, pela utilização das cartas de controle de valores individuais ou cartas de Shewhart. Estas cartas podem ser consideradas uma opção para o monitoramento de determinados processos, para a análise dos resultados e a posterior tomada de decisão sobre determinada atividade relacionada às operações agrícolas mecanizadas, visando incrementar o nível de qualidade do processo (TOLEDO et al., 2013; ZERBATO et al., 2014).

Com a expansão da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, o uso do controle estatístico de processo nesta operação agrícola pode vir a ser fundamental, pois o mesmo pode mostrar uma perspectiva da variabilidade do processo, indicando eventuais falhas e possíveis melhorias para as próximas operações, com o objetivo de aumentar a qualidade da mesma (VOLTARELLI et al., 2014). As cartas de controle normalmente são utilizadas para identificar causas não aleatórias ou causas especiais, decorrentes da instabilidade do processo (BARROS & MILAN, 2010; CHIODEROLI et al., 2012; COMPAGNON et al., 2012; NORONHA et al., 2011; SILVA et al., 2013; ZERBATO et al., 2013.).

Diante do exposto, considerando-se que a avaliação das impurezas durante a colheita de cana-de-açúcar pode ser um importante indicador de qualidade da operação, objetivou-se avaliar a qualidade do processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar, levando-se em consideração as quantidades de impurezas minerais e vegetais em três turnos de operação em função dos sistemas de colheita semi mecanizado, mecanizado próprio e mecanizado terceirizado, utilizando como ferramenta de análise o controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada nas fazendas pertencentes a Usina Vale, totalizando 1700 ha. A área experimental está localizada no município de Onda Verde – SP, que possui clima classificado como Cwa, pelo método de Köppen. As amostras foram obtidas durante a colheita da cana-de-açúcar no período de 23 de março a 27 de abril de 2015, canavial com 10 anos de idade na primeira avaliação, cultivares RB835486, RB855035, RB855156, RB855453, RB925345, RB966928, e produtividade total da usina de 77 t ha⁻¹.

As amostragens de impurezas vegetais e minerais foram obtidas em três turnos de trabalho rotacionados das 7 às 15 horas, das 15 às 23 horas e das 23 às 7 horas, em três sistemas de colheita: semi mecanizado (SM), na qual a cana foi queimada para posterior colheita; mecanizado próprio (MP) e mecanizado terceirizado (MT).

Durante a colheita semi mecanizada da cana, utilizou-se um trator Valtra, 132,38 kW (180 cv) de potência no motor a 30 Hz (1800 rpm), fabricado em 2001. Para a colheita

mecanizada própria da cana utilizou-se uma colhedora John Deere, modelo 3520, fabricada em 2010, com 251 kW (342 cv) de potência no motor a 35 Hz (2100 rpm). Na colheita mecanizada terceirizada da cana utilizou-se uma colhedora da John Deere, modelo 3520, fabricada em 2014, com 279,5 kW (380 cv) de potência no motor a 36,6 Hz (2200 rpm).

Para a realização da quantificação das impurezas minerais, usou-se o método de calcinação, que por meio da diferença das cinzas entre cana suja (impurezas minerais e vegetais) e cana limpa (amostra de dez rebolos de cada turno), permite quantificar as quantidades de impurezas minerais. O resultado da impureza mineral é dado levando-se em consideração a diferença entre as cinzas da cana suja com a cana limpa, extrapolando para unidade usual kg de impureza mineral por tonelada de cana transportada.

As impurezas foram obtidas com a utilização de uma sonda oblíqua que retira quantidades de matéria prima da carga e essa amostra é levada para o laboratório da Usina Vale. Após a homogeneização das amostras, pesou-se 10 kg do material, sendo consideradas e separadas como impurezas vegetais: folhas, palhas, ponteiros e plantas daninhas. Depois, separou-se os rebolos das impurezas minerais com o auxílio de uma peneira malha 5 mm.

O delineamento experimental utilizado foi baseado na óptica do controle de qualidade, na qual foram analisados como indicadores de qualidade as amostragens de impurezas minerais e vegetais, os sistemas de colheita semi mecanizada, mecanizada própria e mecanizada terceirizada dentro de turnos de trabalho denominados A, B e C.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa Minitab 16[®]. Os resultados foram avaliados por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se as cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel. Porém, para elaboração das cartas de controle considera-se que os dados do processo sob controle sejam estacionários e não correlacionados, gerando gráficos que podem ser planejados com desempenho previsível e razoável e detectando pontos fora de controle de modo confiável, para isso foi feita a análise da auto correlação dos dados.

As cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel possuem linhas centrais (média geral e amplitude média), bem como os limites superior e inferior de controle (LSC e LIC), respectivamente, calculados com base no desvio-padrão das variáveis. Os limites de controle foram estabelecidos considerando a variação dos dados devido a causas não-controladas no processo (causas especiais), tendo sido calculados com base no desvio padrão das variáveis, como demonstrado nas equações (1) e (2).

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad (1)$$

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad (2)$$

Em que,

LSC: limite superior de controle;

\bar{x} : média geral da variável;

σ : desvio-padrão;

LIC: limite inferior de controle.

O melhor estimador de para o gráfico de R é dado por: MR / d_2 , sendo d_2 um valor tabelado, e MR é a média das amplitudes.

Estas cartas foram utilizadas com o objetivo de avaliar a qualidade da operação, utilizando-se como indicadores de qualidade todas as variáveis descritas anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de estatística descritiva para as impurezas minerais (Tabela 1) indicaram as menores médias de impurezas em torno de 18 kg TC⁻¹ (quilograma por tonelada de cana) e os menores desvios padrões. Os turnos apresentaram altos valores de coeficiente de variação e coeficiente de assimetria e curtose fora do intervalo entre -2 e 2 indicando fortes tendências a apresentarem dados assimétricos. Nenhum dos turnos apresentaram normalidade dos dados de

acordo com o teste de Ryan Joyner. De acordo com NORONHA et al., (2011), os testes de hipóteses que avaliam a normalidade, como o de Anderson-Darling, são extremamente rigorosos e facilmente rejeitam a hipótese de normalidade e, portanto, devem ser usados com cautela.

Como os coeficientes de curtose e simetria não apresentaram normalidade nos dados avaliados, a análise de variância é considerada ineficiente, sendo necessário o uso de metodologias adequadas para a avaliação dos dados (MELO et al., 2013). Porém, embora desejável, a normalidade não é essencial para a aplicação dos métodos de controle estatístico de processo, de acordo com SAMOHYL (2009).

TABELA 1. Estatística descritiva dos parâmetros relacionados as impurezas minerais da cana-de-açúcar, safra 2014/2015.

Parâmetros	Impurezas Minerais								
	Turno A			Turno B			Turno C		
	SM	MP	MT	SM	MP	MT	SM	MP	MT
\bar{X}	54,35	22,56	18,04	40,48	21,42	18,34	48,61	21,48	17,87
X_m	44	15,67	13,33	21,5	16,33	15,67	43,33	18,33	13,33
σ	35,3	19,19	14,28	52,12	17,63	12,41	35,73	17,83	17,59
Ck	-0,3	4,09	2,55	8,3	13,76	2,88	5,12	9,94	15,28
Cs	0,87	1,85	1,53	2,94	3,37	1,77	1,88	2,59	3,47
CV	64,95	85,06	79,16	128,75	82,31	67,67	73,50	83,01	98,43
RJ	0,95 ^A	0,90 ^A	0,92 ^A	0,73 ^A	0,78 ^A	0,89 ^A	0,91 ^A	0,87 ^A	0,79 ^A
p-value	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

¹ Variável: Impureza Mineral (kg TC⁻¹).

² Parâmetros: \bar{X} – Média aritmética; X_m – Mediana; σ - Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação (%); RJ – Teste de normalidade de Ryan Joyner semelhante à Shapiro Wilk (N: distribuição normal; A: distribuição Assimétrica).

Verificou se que para a tabela 2 as impurezas vegetais o turno C apresentou os maiores valores de desvio-padrão para os três sistemas de colheita e as maiores médias de impurezas vegetais dentro dos sistemas de colheita SM (230,58 kg TC⁻¹) e MP (220,95 kg TC⁻¹), porém as menores médias entre os turnos também ocorreram no turno C dentro do sistema mecanizado terceirizado (127,43 kg TC⁻¹). De acordo com os dados obtidos verificou-se que apenas o turno B apresentou normalidade para os três sistemas, com médias maiores que as medianas, caracterizando curvas de distribuição mais alongada à direita, o que pode ser comprovado pelos coeficientes de assimetria positivos.

TABELA 2. Estatística descritiva dos parâmetros relacionados as impurezas vegetais da cana-de-açúcar, safra 2014/2015.

Parâmetros	Impurezas Vegetais								
	Turno A			Turno B			Turno C		
	SM	MP	MT	SM	MP	MT	SM	MP	MT
\bar{X}	191,02	202,84	199,05	182,3	217,35	198,25	230,58	220,95	127,43
X_m	186,8	189,1	187,8	184,8	216,4	205,9	197,1	212,1	198,4
σ	80,25	83,43	75,94	74,39	66,64	72,55	115,51	95,3	104,76
Ck	-0,04	-0,09	1,22	1,88	0,43	2,19	0,87	0,21	4,61
Cs	0,11	0,82	0,98	0,98	0,3	0,77	1,2	0,76	1,84
CV	42,01	41,13	38,15	40,81	30,66	36,60	50,10	43,13	82,21
RJ	0,99 ^A	0,96 ^A	0,96 ^A	0,97 ^N	0,98 ^N	0,95 ^N	0,94 ^A	0,97 ^A	0,91 ^A
p-value	>0,10	<0,01	<0,01	0,065	>0,10	0,039	<0,01	0,034	<0,01

¹ Variável: Prod. – Impureza Vegetal (kg TC⁻¹).

² Parâmetros: \bar{X} – Média aritmética; σ – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação (%); RJ – Teste de normalidade de Ryan Joyner semelhante à Shapiro Wilk (N: distribuição normal; A: distribuição Assimétrica).

Pela carta de controle para indicador de qualidade Impurezas Minerais, dentro do turno A (Figura 1), tanto para a amostragem mecanizada própria quanto para a mecanizada terceirizada, foram constatados pontos fora do limite superior de controle, evidenciando a ocorrência de causas especiais, tanto nas cartas de valores individuais quanto para a variação do processo (Amplitude Móvel).

Observou-se ainda, que a frente mecanizada terceirizada (MT), apesar da ocorrência de um ponto fora de controle, apresentou menor variabilidade, ou seja, com pontos pouco distantes entre os limites superior e inferior de controle, devido ao fato deste sistema apresentar maquinários mais novos e com inovações tecnológicas.

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).

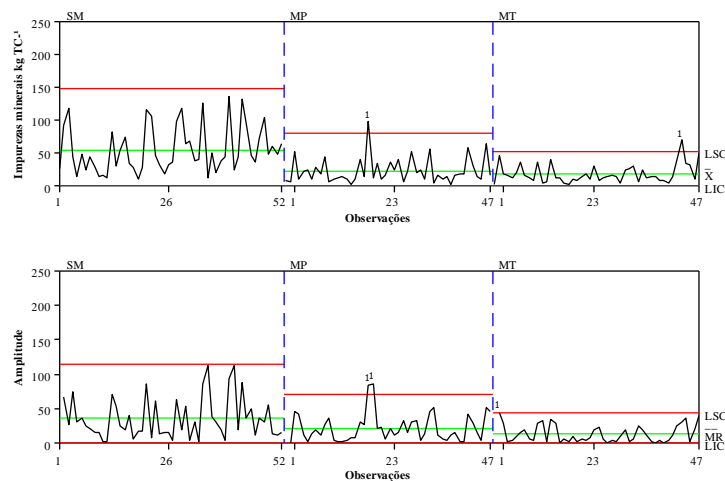


Figura 1. Cartas de controle para impurezas minerais (kg TC^{-1}) do turno A para os três sistemas de amostragens utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{x} : Média. $\bar{\bar{AM}}$: Média da amplitude móvel.

Em relação as cartas de controle de impurezas minerais do Turno B, ilustradas na Figura 2, verificou-se a existência de pontos fora de controle nos três sistemas de colheita, o que provavelmente contribuiu para o aumento da variabilidade do processo no sistema semi mecanizado, o que pode ter sido ocasionado pelo carregamento da cana junto com impurezas minerais para o transbordo por meio da garra das carregadoras.

Os sistemas mecanizado próprio e mecanizado terceirizado apresentaram pontos mais próximos da média de impurezas, 21,4 e 18,3 kg TC^{-1} , respectivamente. 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 conseqüentemente os valores de impurezas vegetais sejam mais baixos (RAMOS et al. 2014).

Para as cartas de amplitude móvel verificou-se o mesmo comportamento dos dados das amostragens.

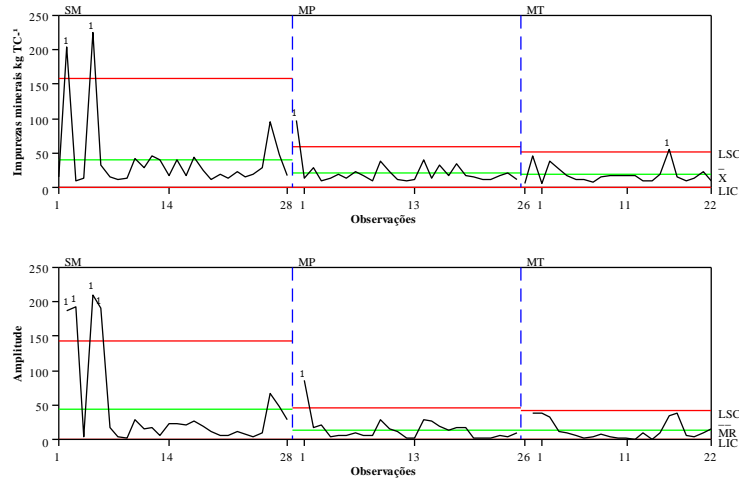


Figura 2. Cartas de controle para impurezas minerais (Kg TC^{-1}) do turno B para os três sistemas de amostragens utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{x} : Média. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

As cartas de controle de valores individuais para impurezas minerais do Turno C, Figura 3, verificou-se a existência de pontos fora de controle nos três sistemas de colheita, o que provavelmente contribuiu para o aumento da variabilidade do processo nos sistemas.

Os sistemas mecanizado próprio e mecanizado terceirizado apresentaram pontos mais próximos da média de impurezas, 21,5 e 17,9 kg TC^{-1} , respectivamente.

Para as cartas de amplitude móvel verificou-se o mesmo comportamento dos dados das amostragens.

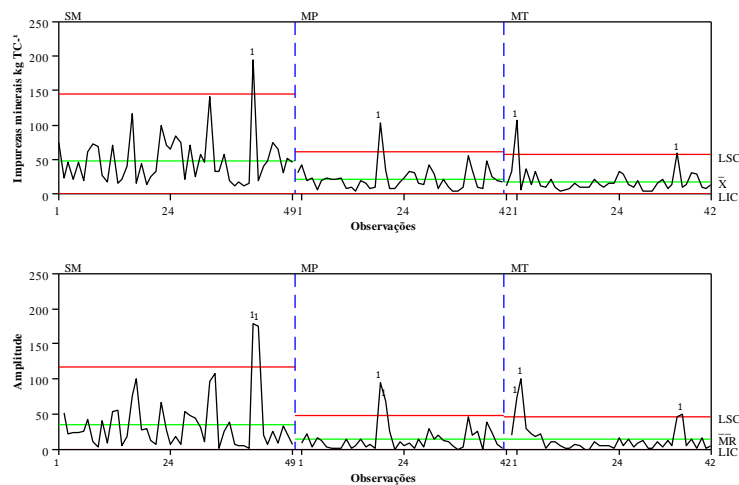


Figura 3. Cartas de controle para impurezas minerais (Kg TC^{-1}) do turno C para os três sistemas de amostragens utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{x} : Média. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Nas cartas de controle para impurezas vegetais Turno A (Figura 4), observou-se dentro dos três sistemas de colheita houve presença de pelo menos um ponto situando-se fora do limite superior de controle, tornando assim um processo instável. Em relação a variabilidade do processo, os três sistemas se comportaram de forma semelhante com média 191 kg TC^{-1} para a carta de valores individuais.

As duas cartas obtiveram alta variabilidade de amostragens, ou seja, pontos distantes da média, que possivelmente ocorreu devido à época de colheita coincidir com a temporada de chuvas na região, o que prejudicou a queima eficiente da cana para posterior colheita, deixando assim uma grande quantidade de impurezas vegetais no sistema semi mecanizado.

Ainda para as impurezas vegetais do turno A, pode-se constatar a presença de pontos fora de controle nas cartas de amplitude, confirmando assim a instabilidade do processo.

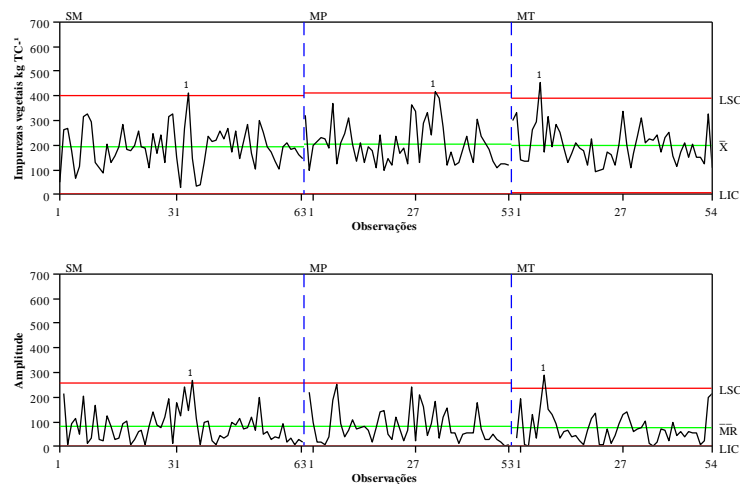


Figura 4. Cartas de controle para impurezas vegetais (Kg TC-1) do turno A para os três sistemas de amostragens utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle; \bar{x} : Média; \bar{AM} : média da amplitude móvel.

De acordo com a Figura 5, cartas de controle de impureza vegetal do turno B, nota-se que a menor variabilidade ocorreu no sistema de colheita mecanizado terceirizado, apesar de conter um ponto fora do limite superior de controle. Neste caso, conforme CAMPOS et al.(2008) trabalhando com cartas de controle sugere a retirada de 5% dos dados discrepantes, permanecendo assim mais de 95% dos pontos dentro dos limites de controle, tornarão o processo estável.

Conforme a variabilidade das cartas de amplitude móvel, notou-se que dentro dos sistemas de colheita, a maior parte dos dados concentraram-se próximos as médias, porém a presença de pontos discrepantes ajudaram a elevar a variabilidade do processo, aumentando, conseqüentemente, as médias de impurezas vegetais para este turno.

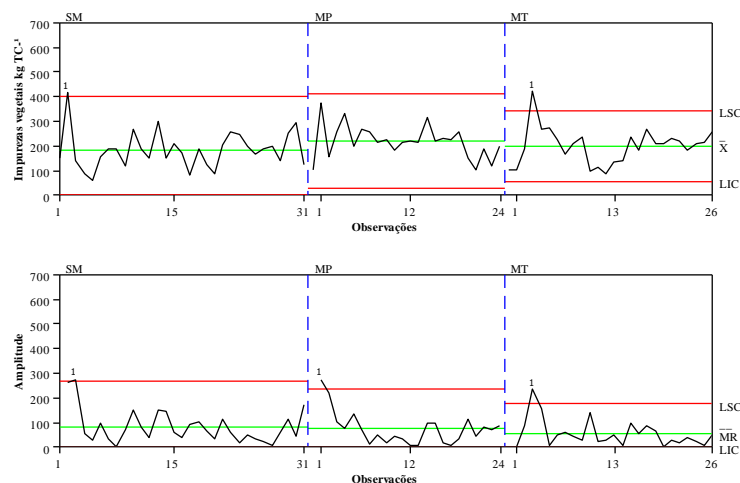


Figura 5. Cartas de controle para impurezas vegetais (Kg TC-1) do turno B para os três sistemas de amostragens utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{x} : Média. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

De acordo com a Figura 6, cartas de controle de impureza vegetal do turno C, nota-se que a menor variabilidade ocorreu no sistema de colheita mecanizado próprio, apesar de conter pontos fora do limite superior de controle.

A variabilidade das cartas de amplitude móvel, adotou o mesmo comportamento das

cartas de valores individuais para os sistemas de colheita, porém não há presença de pontos discrepantes no sistema mecanizado próprio.

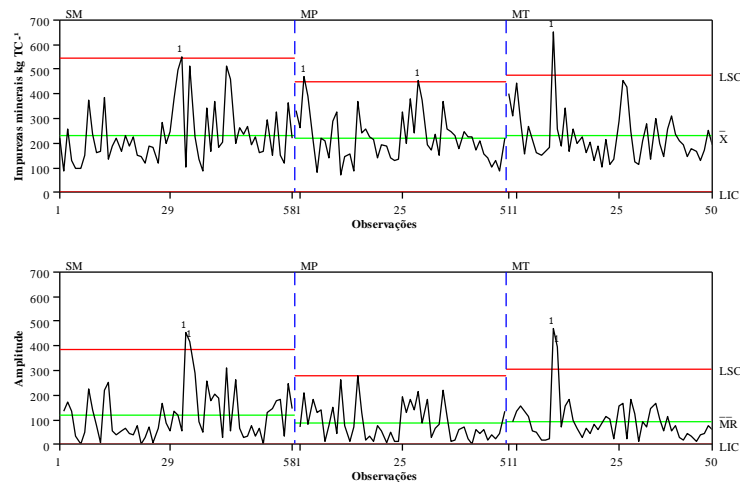


Figura 6. Cartas de controle para impurezas vegetais (Kg TC-1) do turno C para os três sistemas de amostragens utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{x} : Média. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

CONCLUSÕES

Para as impurezas minerais, os sistemas mecanizado próprio e terceirizado apresentaram comportamento semelhante, ambos com melhor qualidade de processo.

Para impurezas vegetais, os três turnos apresentaram processo instável.

Dentro do controle de qualidade o sistema semi mecanizado mostrou-se com as maiores variabilidades.

REFERÊNCIAS

BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 221-229, maio/jun. 2010.

CAMPOS, C. M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L. F. F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar. *Eng. Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 554-564, Set. 2008.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.112-121, 2012.

COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Scientia Agropecuária**, Trujilo, v. 3, n. 3, p. 215-223. 2012.

GRAY, G. R.; MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, A. O. Suspensão pantográfica para corte de base de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n. 3 p.766-771, mai/jun. 2009.

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, jan/mar. 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.

RAMOS, C. R. G.; LANÇAS, K. P.; DE LYRA, G. A.; MILLANI, T. M. Qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar em função da velocidade de deslocamento e rotação do motor da colhedora. **Energia na agricultura**. Botucatu, v. 29, n. 2, p.87-94. 2014.

SAMOHYL, R. W. Controle estatístico de qualidade [Statistical quality control] (2009). Rio de Janeiro: Elsevier. 2009. p. 352.

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

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ROSALEN, D. L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M. A. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal Crop Science**, Brisbane, v. 7, n. 9, p. 1396-1406, 2013.

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ZERBATO, C.; SILVA, V. F. A.; CAVICHILI, F. A. Agronomic capability of mechanized sugarcane planting (2014). **Australian Journal of Crop Science**. Brisbane. v. 8, n. 10, p.1448-1460. 2014.

ZERBATO, C.; CAVICHIOLI, F. A.; RAVELI, M. B.; MARRAFON, M.; SILVA, R. P. Controle estatístico de processo aplicado à colheita mecanizada de milho. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v. 21 n. 3, p. 261-270, 2013.

ZERBATO, C.; FURLANI, C. E. A.; VOLTARELLI, M. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. Quality control to seeding systems and densities in peanut crop. **Australian Journal Crop Science**. Brisbane. v. 8, n.6, p. 992-998. 2014.