

ÍNDICES DE DESEMPENHO DO PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR

MURILO APARECIVO VOLTARELLI¹, CARLA S. STRINI PAIXÃO², LUCAS AUGUSTO DA S. GIRIO², ROUVERSON PEREIRA DA SILVA³, CRISTIANO ZERBATO¹

¹ Doutor em Agronomia na área de Máquinas e Mecanização Agrícola, Univ – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, e-mail: murilo.voltarelli@hotmail.com

² Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Univ – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

³ Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), Univ – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

⁴ Prof. Livre Docente em Máquinas e Mecanização Agrícola, Univ – Universidade Estadual Paulista.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: Para que seja atingindo elevado nível na operação de plantio mecanizado, programas de controle de qualidade têm de ser implantados nas unidades e usinas canavieiras como forma de melhorar a qualidade das operações em curto prazo e mantê-las também principalmente em longo prazo. Considerando que a variabilidade decorrente da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar possa afetar a capacidade deste processo a curto e em longo prazo, objetivou-se neste trabalho avaliar o índice de desempenho da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar, nos períodos diurno e noturno de trabalho, por meio do controle estatístico de processo. O plantio mecanizado de cana-de-açúcar foi realizado por meio de um conjunto trator-plantadora no município de Monte Alto – SP, foram escavados 4 metros dos sulcos de plantio (direito e esquerdo) em dois turnos de operação (diurno e noturno). Depois de contabilizados o número de rebolos, número de gemas totais nesses rebolos e o número de gemas viáveis, foram calculadas as porcentagens dessas gemas viáveis. Para análise foi utilizada os gráficos de capacidade do processo, bem como seus índices. O indicador porcentagem de gemas viáveis no período noturno de operação considerado capaz (C_p e $P_p > 1,33$) de atingir a meta estabelecida.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de qualidade, mecanização agrícola, *Saccharum ssp.*.

AGRONOMIC CAPACITY OF MECHANIZED PLANTING PROCESS OF SUGARCANE

ABSTRACT: To be reaching high level in mechanical planting operation, quality control programs must be deployed in the units and sugarcane plants in order to improve the quality of operations in the short term and keep them also mainly in the long term. Whereas the variability due to mechanical planting operation of sugarcane can affect the ability of this process in the short and long term, the aimed of this work was to evaluate the capability of mechanical planting operation of sugarcane, in day and night work periods, through of statistical process control. The mechanical planting of sugarcane was carried out by a tractor-planter set in Monte Alto - SP, were excavated four meters of the furrow (right and left) in two work shifts (day and night). After counted the number of billets, the total number of buds on these billets and the number of viable buds, these percentages were calculated of the viable bud. For analysis were used individual values of charts and the analysis of process capability. The indicator percentage of viable buds at night operation considered capable (C_p and $P_p > 1.33$) to achieve the target set.

KEYWORDS: Quality control, agricultural mechanization, *Saccharum ssp.*.

INTRODUÇÃO

O setor agrícola sucroalcooleiro possui importância tanto no contexto nacional como internacional, seja pelos investimentos em novas tecnologias na mecanização, para maximizar a expansão do setor ou por meio do incentivo do governo e/ou crédito rural, como também pela questão econômica e social que envolve os ciclos destas atividades agrícolas (Rípoli; Rípoli, 2010; Rípoli, 2007).

Neste contexto, o plantio mecanizado deve almejar a sustentabilidade no setor, visando o aumento da média de produtividade e, por fim, aumentar a qualidade decorrente da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar, uma vez que esta possui estudos escassos na literatura durante o turno diurno e, principalmente, no período noturno de trabalho. Em virtude desta escassez de estudos, o uso das ferramentas do controle estatístico de qualidade se torna essencial para o monitoramento deste processo. Este monitoramento contribui para a detecção de eventuais ações de causas especiais e, por fim, para elaborar um plano de melhorias para eliminar a influência de ações extrínsecas ao processo, que, conseqüentemente, aumentará a qualidade das operações, por meio da redução da variabilidade (Voltarelli, et al., 2013).

Para que seja atingindo elevado nível de qualidade nestes ciclos de operações com maquinários agrícolas, na qual a variabilidade decorrente de tais processos é elevada, programas de controle de qualidade têm de ser implantados nas unidades e usinas canavieiras como forma de melhorar a qualidade das operações em curto prazo e mantê-las também principalmente em longo prazo, visando reduzir as variações devido a fatores climáticos, mão-de-obra, maquinário, matéria prima, dentre outros (Barros and Milan, 2010), sendo que o estabelecimento de padrões e metas de qualidade são fatores fundamentais para o monitoramento do plantio mecanizado.

Diante o exposto, partindo da hipótese que a variabilidade decorrente da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar possa afetar a capacidade deste processo a curto e em longo prazo, objetivou-se neste trabalho avaliar o índice de desempenho da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar, nos períodos diurno e noturno de trabalho, por meio do controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Monte Alto – SP, Brasil, nas proximidades das coordenadas geodésicas: Latitude 21°16'42" S e Longitude 48°24'21" O, com altitude média de 620 metros, declividade média de 6% e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen. O georeferenciamento da área foi feito com auxílio de um receptor GNSS, da marca Trimble, modelo R6 (de precisão posicional centi milimétrica) e as coordenadas foram registradas no sistema plano-cartesiano UTM (Universal Transverso de Mercator).

Anteriormente ao plantio mecanizado de cana-de-açúcar a área foi cultivada com a cultura da soja e após sua colheita, foi realizada a operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar. O preparo periódico do solo (utilizou-se uma gradagem média e outra niveladora) foi realizado antes da semeadura da soja, após subsolagem efetuada à profundidade de 0.50 m. A caracterização da quantidade de palha deixada pela cultura da soja foi obtida por meio da coleta de dez pontos aleatórios na área, resultando em 938.03 kg ha⁻¹ de massa seca.

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar foi realizado em 27.03.2012 utilizando-se um conjunto trator-plantadora, composto por um trator 4 x 2 TDA, com potência de 134,0 kW no motor a 2.200 rpm, 6 cilindros, com taxa de compressão 17:1, rodados dianteiros 600/65R28 e traseiros 710/70R38, ambos R1W, e uma plantadora de cana-de-açúcar picada de 2 fileiras, com capacidade de seis toneladas de mudas para o plantio, rodados 600/50 22.5, com hastes sulcadoras espaçadas a 1.50 m.

O trator operou com a bitola ajustada a 2.70 m e na marcha de trabalho 1B. A variedade de cana implantada foi a RB83 5054 sendo uma variedade apta à colheita mecanizada e apropriada a solos com média fertilidade. O conjunto foi equipado com sistema hidráulico de direcionamento automático do alinhamento de plantio (piloto automático), composto por computador de bordo de modelo Fmx[®], receptor GPS modelo AgGPS (ambos da marca Trimble), e demais acessórios. Esse sistema faz uso do método de posicionamento relativo cinemático em tempo real (Real Time Kinematic - RTK) com comunicação base – rover via sinal de rádio, alcançando qualidade de posicionamento horizontal em torno de 0.025 m.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos estabelecidos no turno vespertino de operação (15:00 às 23:00) para permitir a avaliação da operação durante os períodos diurno (15:30 às 17:30) e noturno (19:30 às 21:30), sem necessidade de troca de operador, proporcionando-se assim melhores condições de controle do experimento. Foram estabelecidas duas malhas amostrais predefinidas de 40 pontos (média do sulco esquerdo e direito), com espaçamentos de 50 x 1.5 m entre si, sendo 40 pontos avaliados durante o dia e 40 pontos durante a noite.

Os indicadores de qualidade avaliados foram avaliados em 4 m de avaliação para cada sulco (esquerdo e direito) e para maior controle experimental, somente um avaliador realizou a contagem dos rebolos e gemas, sendo eles: o número total de rebolos foi contabilizado após o plantio mecanizado (abertura dos sulcos, deposição das mudas e fechamento dos sulcos) por meio de contagem direta, após escavar os sulcos, com auxílio de enxada, que foi manuseada cuidadosamente para evitar danos e/ou injúrias aos rebolos (Janini, 2007; Voltarelli, 2013); o número de gemas viáveis foi contabilizado por meio de contagem direta nos mesmos rebolos, sendo realiza por diferenças junto às gemas totais, após os sulcos (esquerdo e direito) serem escavados e posteriormente os rebolos foram retirados com auxílio de uma enxada, que foi manuseada cuidadosamente para evitar danos às gemas, realizado após a operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar (Robothan e Chappel, 2002; Voltarelli, 2013). Definiu-se como gemas viáveis aquelas que não sofreram ataques causados por pragas e doenças e também pelas prováveis fragmentações, proporcionada pelos impactos provenientes da colheita mecanizada, transporte das mudas até a área de plantio, descargas das mudas dentro da caçamba da plantadora e posterior distribuição até os sulcos de plantio. Para maior controle experimental, somente um avaliador contou o número de gemas totais e viáveis (unidades) para cada repetição.

Porcentagem de gemas viáveis foi obtida por meio da seguinte eq 1:

$$\% GV = \left(\frac{NGV}{NGV + NGI} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

% GV: Porcentagem de gemas viáveis;

NGV: Numero de gemas viáveis m⁻¹;

NGI: Número de gemas inviáveis m⁻¹;

100: Fator de conversão.

A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Ryan-Joiner, para a verificação dos valores amostrais em relação à reta estimada no teste de probabilidade (Acock, 2008).

Dentre os vários tipos de cartas existentes dentro do controle estatístico de qualidade para verificação da estabilidade do processo, foram utilizadas para esta análise, as cartas de controle do tipo I-MR (valores individuais e amplitude móvel), que possuem linhas centrais (média geral e amplitude média), bem como os limites superior e inferior de controle,

definidos como LSC e LIC, calculados com base no desvio-padrão das variáveis. Estas cartas foram utilizadas a fim de identificar a não aleatoriedade, provocadas por algum fator externo, decorrente do processo, bem como avaliar a qualidade da operação, utilizando-se como indicadores de qualidade as variáveis descritas anteriormente (Montgomery, 2009).

A análise da capacidade do processo foi desenvolvida para cumprir mais adequadamente com a função de prever, quantos dos itens produzidos durante o processo de produção satisfarão às especificações designadas pelos limites superior e inferior de controle, designado pelos gerenciadores para que seja atingida a meta de qualidade desejada para determinado processo, conseguindo, portanto relacionar a variabilidade inerente ao processo com suas especificações (Voltarelli, 2013).

Para a realização da análise da capacidade do processo, para a verificação se o mesmo é capaz de produzir itens conformes ao longo do tempo, tanto em curto prazo quanto em longo prazo, é necessário que o mesmo atenda as seguintes regras de acordo com Montgomery (2009):

Regra 1: O conjunto de dados deve apresentar distribuição de probabilidade normal;

Regra 2: As cartas de controle, de valores individuais e de amplitude móveis, devem apresentar somente variações comuns ou naturais, contudo todos os pontos devem estar dentro dos limites de controle.

Esta análise é representada por um histograma, utilizado para verificar a normalidade dos dados e por vários índices de desempenho, utilizado para calcular a quantidade de defeitos ou produtos fora das especificações que o processo poderá produzir, sem e com a remoção das causas não inerentes, quando houver (Montgomery, 2009), contendo também, os limites especificados (limites superior e inferior específico de controle) e a meta a ser atingida são representados graficamente pelas linhas verticais no histograma de capacidade. Os índices de capacidade foram classificados de acordo com Bonilla (1994).

Porém, para o correto uso e interpretação dos indicadores de qualidade foram estabelecidos pela unidade produtora, padrões de qualidade sendo os parâmetros baseados em recomendações técnicas, critérios agrícolas, que podem proporcionar melhor qualidade no decorrer da operação de plantio mecanizado (Tabela 1).

Tabela 1. Limites específicos de controle utilizados na operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno de operação. **Specific control limits used in mechanized planting operation sugarcane day and night shift operation.**

Indicadores de qualidade	LEI	Meta	LES
Número de rebolos m ⁻¹	10	13	15
Número de gemas viáveis m ⁻¹	18	20	23
Gemas viáveis (%)	60	85	90

LEI – limite estabelecido inferior; LES – limite estabelecido superior.

Assim, foram definidos os limites específicos de controle, conjuntamente com os gerenciadores (supervisor e gerente agrícola) da operação bem como com os demais funcionários (tratorista, operador da cabine da plantadora e avaliadores da qualidade pós-plantio em cada turno da operação) por meio de *brainstorming* de maneira que a qualidade da operação possuísse ao seu final 90% de qualidade, pela visão desta unidade produtora, para avaliar a capacidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar em função dos turnos diurno e noturno de trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste de normalidade de Ryan-Joiner na qual todos os indicadores de qualidade possuem distribuição normal de probabilidade. Por outro lado, verifica-se também a estabilidade do processo para as cartas de valores individuais e de amplitude móvel para os mesmos indicadores de qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Tabela 2. Condição do processo e teste de normalidade para os indicadores de qualidade avaliados. **Process condition and normality test for the evaluated quality indicators.**

Indicadores de qualidade	Cartas de controle	Condição do processo		RJ		p - Valor	
		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
NR	I-AM	Estável	Estável	0,326	0,510	0,465 ^N	0,121 ^N
NGV	I-AM	Estável	Estável	0,260	0,319	0,594 ^N	0,463 ^N
GV (%)	I-AM	Estável	Estável	0,223	0,755	0,203 ^N	0,063 ^N

NR – número de rebolos; NGV – número de gemas viáveis; GV – porcentagem de gemas viáveis; I-AM – carta de controle de valores individuais e de amplitude móvel; 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.

Partindo dos resultados de estabilidade e normalidade do conjunto de dados, pode-se realizar análise dos índices de capacidade do processo do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. Para o indicador de qualidade número de rebolos m^{-1} no período diurno da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar, o considerável afastamento das curvas de distribuição potencial e geral, pode indicar que o processo não está centrado na meta, sendo evidenciado pela diferença existente entre o índice C_p (índice de capacidade potencial) e os índices C_{pk} (índice de capacidade potencial mínimo) e C_{pm} (índice de capacidade em relação à meta) (Figura 1).

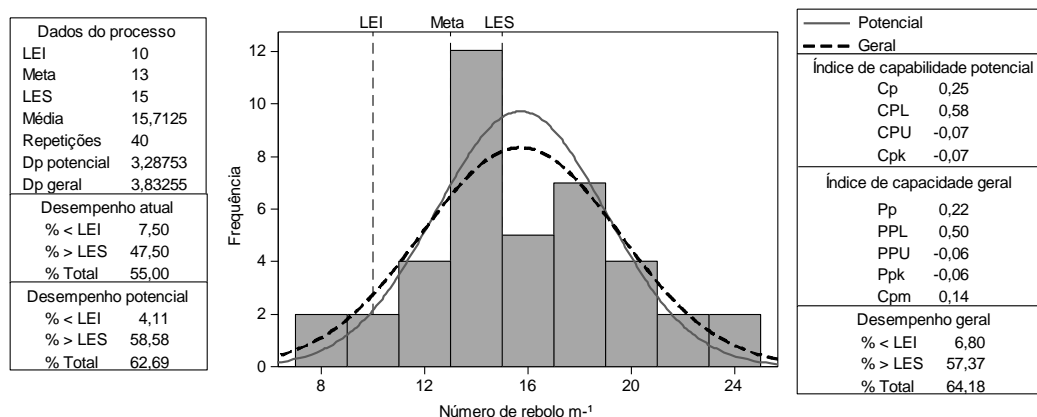


Figura 1. Análise da capacidade do processo para o número de rebolos m^{-1} para o período diurno no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Pode-se observar ainda, pelo desempenho atual do processo que houve a produção de itens ou observações fora dos limites especificados (LES e LEI) refletindo que apenas 45% dos valores atendem aos limites das especificações. Entretanto, os índices de capacidade (C_p e C_{pk} e C_{pm}) foram inferiores ao estipulado como mínimo aceitável (1,33) para que o processo seja considerado capaz de produzir resultados dentro dos limites específicos a curto e em longo prazo, respectivamente. Os índices C_p e C_{pm} (0,25 e 0,14, respectivamente),

podem ser considerados próximos entre si, porém, o valor de Cpk (-0,07) é inferior, sendo confirmada a descentralização de todo o processo, bem como sua incapacidade. Este valor Cpk negativo é um indicativo de que a média geral (15,71) está fora das especificações, ou seja, no presente caso, encontra-se acima do LES.

Nota-se ainda que, os índices de capacidade em relação ao limite específico superior para o desempenho geral e potencial do processo são representados por PPU (-0,06) e CPU (-0,07), respectivamente, apresentando ambos os valores negativos, indicando que a média está mais próxima do LES em relação ao LEI, refletindo em índice de capacidade cada vez menor em relação ao lado direito do histograma. Por fim, isso ocorre devido aos índices Ppk e Cpk serem calculados em função deste menor índice como precaução há queremos utilizar somente os melhores valores.

Por outro lado, o desempenho geral do processo produz 64,18% das observações fora das especificações, quando se toma para base de cálculo as variações intrínsecas (aleatórias) e extrínsecas (não aleatória) ao mesmo. A eliminação da fonte de variação externa (não aleatória) ao processo, ou seja, havendo a presença somente de causas aleatórias, o mesmo produz 62,69% de observações fora das especificações (valor também elevado), não sendo, portanto, totalmente viável a investigação sobre estas causas.

De maneira análoga o que ocorreu para o período diurno, ocorreu também para o período noturno do plantio mecanizado de cana-de-açúcar também para a variável número de rebolos m^{-1} . Assim, o processo é considerado incapaz para atender às especificações tanto a longo Pp (0,24) quanto a curto prazo Cp (0,28), (independentemente da proximidade do índice Cpm), devido à descentralização do processo, evidenciada pelo afastamentos destes índices em relação ao menor valor do índice Cpk (Figura 2).

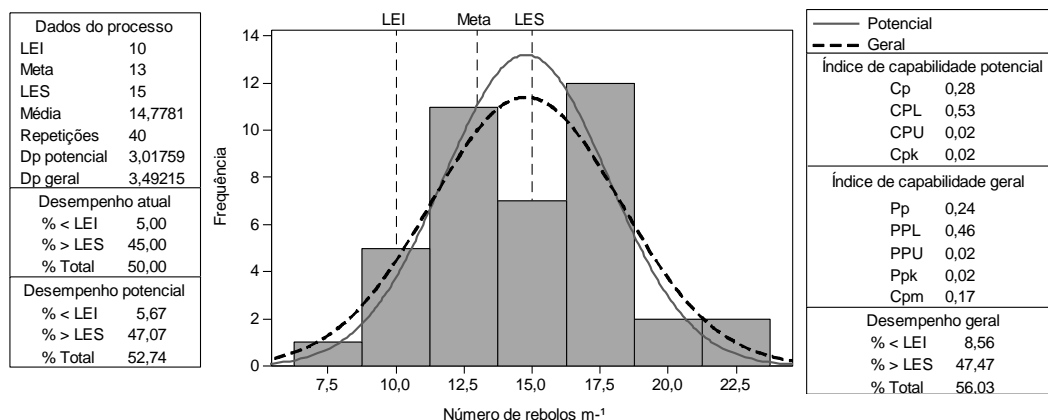


Figura 2. Análise da capacidade do processo para o número de rebolos m^{-1} para o período noturno no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Em relação ao desempenho atual, o processo produz 50% dos itens fora dos limites de especificação, sendo a previsão determinada pela análise do desempenho geral de 56,03%. Assim, se eliminarmos do processo as variações não comuns à redução do percentual de itens fora das especificações não terá substanciais alterações (52,74%).

Gonzalez e Werner (2009) relataram a essencialidade da distribuição normal para a determinação na capacidade do processo para a produção de itens conformes, pois, se a mesma não for normal o processo pode se subestimado não retratando a real situação e, caso a análise queira ser realizada, medidas de transformações dos dados tem que ser realizadas. Para maiores informações sobre o efeito da não-normalidade para a análise da capacidade do processo consultar Somerville e Montgomery (1996) e Abbasi (2009).

Por meio das maneiras de como as curvas de distribuição geral e potencial se comportam, é possível identificar a descentralização do processo em relação à meta determinada para o número de gemas viáveis m^{-1} no período diurno da operação, sendo este fato também confirmado pelo afastamento dos índices Cp (0,21) e Cpk (-0,06), bem como pelo valor calculado para o índice Cpm (0,11). Desta forma o processo é determinado como incapaz de produzir resultados a curto (Cp 0,21) e longo (Pp 0,16) prazos, o que possivelmente é explicado pelo elevado valor do desempenho atual fora das especificações (65,00%) (Figura 3).

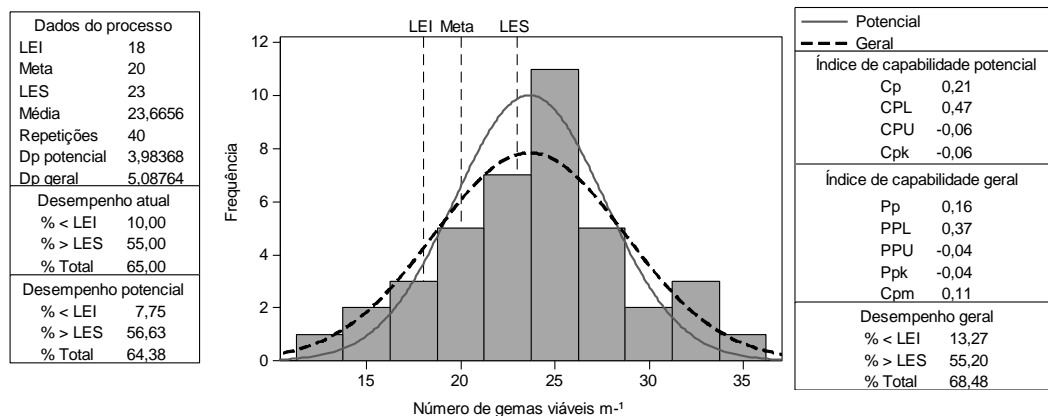


Figura 3. Análise da capacidade do processo para o número de gemas viáveis m^{-1} para o período diurno no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Pela análise do desempenho atual do processo, verifica-se que 55,00% das observações se encontra acima do LES, fato este que pode ter influenciado no deslocamento da média do processo acima deste limite, o que pode ser comprovado pelo Cpk (-0,06) e Ppk (-0,04) negativos e também pela relação capacidade potencial e geral em relação aos limites superiores CPU (-0,06) e PPU (-0,04), respectivamente.

O desempenho geral do processo indica que apenas 31,52% dos itens produzidos são decorrentes da aleatoriedade natural e não natural do processo entre os limites de especificação e quando se faz a mesma comparação para o desempenho potencial, no qual só se considera a existência de causas naturais decorrentes da operação, o mesmo apresenta 35,62% dentro dos limites de especificação, sendo a eliminação das causas naturais potencialmente inviáveis economicamente.

Hosseinifard et al. (2009) constataram que, quanto maior a proximidade dos valores entre a meta estimada e a real (maior acurácia), menor é a variabilidade do processo diagnosticada em relação ao desvio padrão das observações (maior precisão), sendo essa interpretação importante forma de estimar a real capacidade do processo. Para o presente trabalho, caso a meta estimada fosse próxima à média geral (real) o processo teria maior potencial de manter sua capacidade.

Para o período noturno, o número de gemas viáveis m^{-1} , apesar da proximidade apresentada pelas curvas de distribuição potencial e geral, o processo possui uma leve descentralização em relação à meta especificada, podendo também ser observado por meio da verificação da proximidade dos índices Cp (0,14), Pp (0,14) e Cpm (0,10) (Figura 4). Fato este, que retrata o processo como sendo incapaz de produzir itens a curto e em longo prazo, em função dos índices Cp e Pp serem menores que 1,33 tanto para o índice de capacidade potencial e geral, respectivamente.

Os baixos valores de Cpk e Ppk podem ser indicativo de que o processo está centrado, mas existe uma variabilidade ocorrendo além da faixa dos limites de especificação (Cpk e Ppk

negativo, representam a média maior que o LES para o índice capacidade mínimo potencial e geral, respectivamente), podendo ser demonstrado pelos valores mais elevados do desempenho geral do processo, na qual, existem 70,40% das observações com influências de causas especiais e aleatórias. Esta situação representa que mesmo se estes valores possuírem distribuição normal e o processo ser estável, existirá intensa variação entre os valores amostrais, ou seja, é impossível atingir a plena capacidade do processo, a não ser que medidas de triagem, monitoramento contínuo e melhoria da operação como um todo fossem efetuadas.

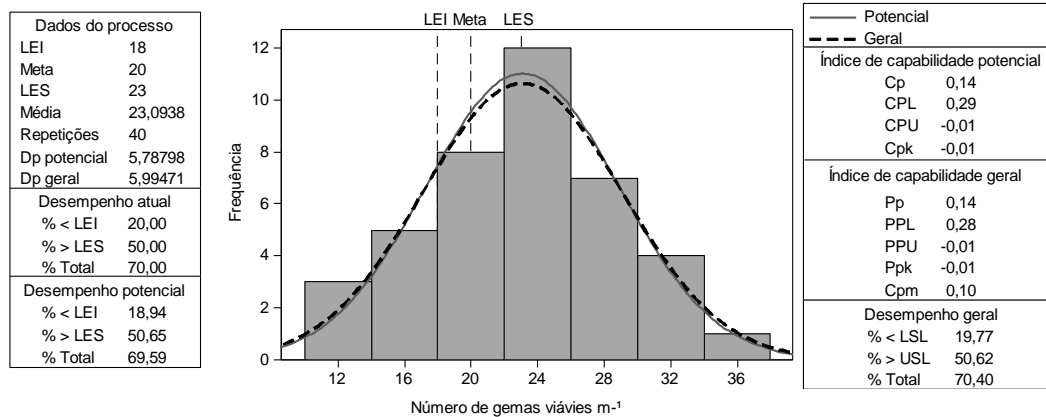


Figura 4. Análise da capacidade do processo para o número de gemas viáveis (m^{-1}) para o período noturno no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

No período diurno da operação, a capacidade do processo em função da porcentagem de gemas viáveis apresenta-se potencialmente capaz a atender aos limites de especificações a curto e em longo prazo. Porém, para que isso ocorra, devem ser eliminadas as fontes de variação externas ao processo (causas especiais) representadas pelo desempenho geral, e monitorar continuamente o processo para minimizar os 15,99% das causas de variação naturais do processo, melhorando assim o índice Com, pois, caso contrário, o mesmo ainda será constatado como incapaz (Figura 5).

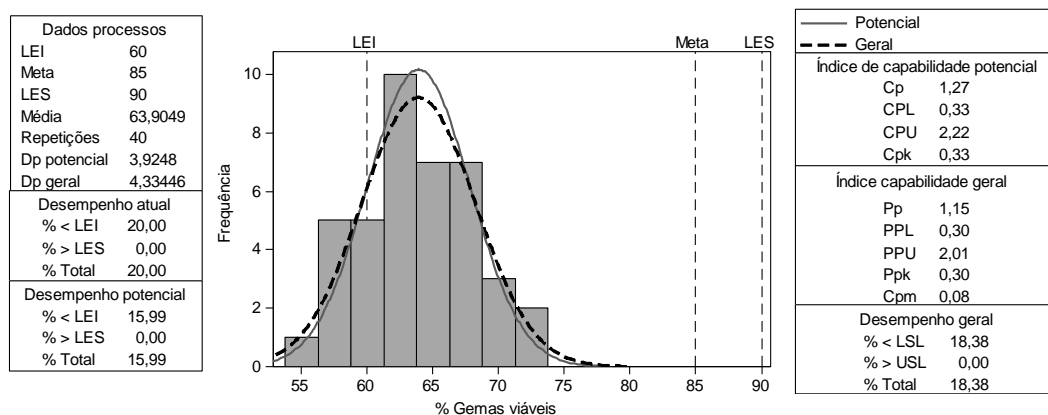


Figura 5. Análise da capacidade do processo para a porcentagem de gemas viáveis m^{-1} para o período diurno no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Nota-se ainda que, a média está mais próxima ao LES, podendo ser observada pelos desempenhos geral (CPL) e potencial do processo (PPL), sendo o cálculo do índice Cpk e Ppk baseado nestes valores, respectivamente. O fato de o valor do índice Cp e Pp não terem atingido o valor 1,33, pode ser decorrente da existência de 20% das observações do processo se localizarem abaixo do LEI (desempenho atual), indicando variação além do mesmo pelo

baixo valor do Cpk (0,33) e Ppk (0,30) em relação ao Cp (1,27) e Pp (1,15), respectivamente. Ressalta-se ainda que, em virtude de Cpk ser menor que o Cp existe indicação de menor variação do processo em relação à faixa dos limites de especificação, porém a distribuição não pode ser considerada centrada na meta.

Garza-Reyes et al. (2010), por meio de análise geral de medidas de determinados equipamentos na linha industrial, com base no índice de capacidade do processo, desenvolveram um índice de relação Cp/Cpk na qual chegaram a um valor mínimo para que o processo atenda aos limites de especificação, com plena capacidade de atender o mesmo a curto e a longo prazos. Para estes autores, quanto maior for à relação Cp/Cpk, melhor será o desempenho do processo. Esta situação pode ser associada ao presente trabalho, pois se um índice desta magnitude fosse criado, poderia melhorar substancialmente a qualidade do processo, por meio da rigorosidade do controle de qualidade para se atingir à meta estabelecida.

Pela análise das curvas de distribuição potencial e geral verifica-se que o processo não está centrado na meta ($Cp > Cpk$) e ($Pp > Ppk$), respectivamente. Porém, os índices Cp e Pp são elevados podendo retratar menor variação entre os limites de especificação (distribuição com centralização mais próxima do LEI e não na meta), sendo que a associação destes dois fatores determinam que o processo é incapaz de atender aos resultados esperados, entre os limites de especificação em longo prazo ($Pp < 1,33$), mas que possivelmente atenderá a curto prazo ($Cp > 1,33$) para a porcentagem de gemas viáveis no período noturno da operação (Figura 6).

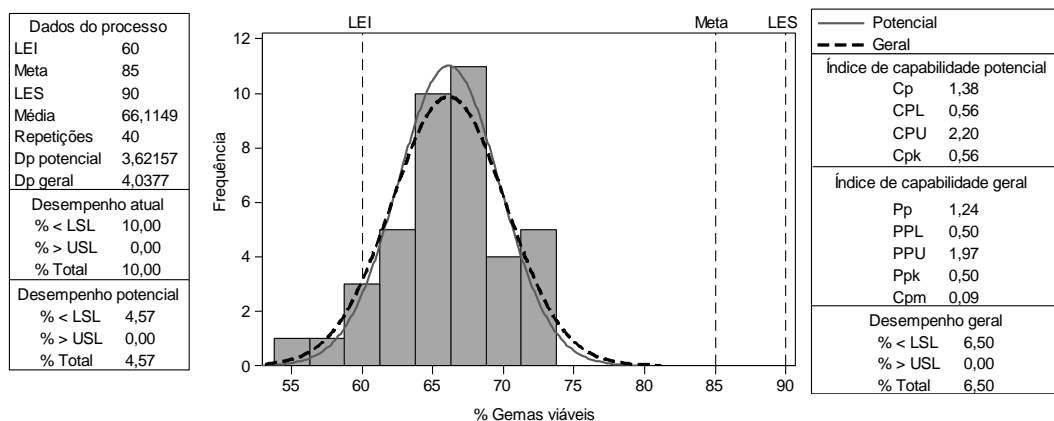


Figura 6. Análise da capacidade do processo para a porcentagem de gemas viáveis m^{-1} para o período noturno no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

A análise do desempenho potencial do processo, evidencia que se houver a eliminação das causas especiais, em relação aos fatores “6 M’s” que aumentam a variabilidade do processo, e que conseqüentemente reduzem sua qualidade, restarão somente 4,57% de causas aleatórias atuando no processo, situação esta em que se pode recomendar o monitoramento mais assíduo do processo para livrá-lo destas variações melhorando-se, assim, o índice de capacidade potencial e geral do processo.

CONCLUSÕES

Os indicadores de qualidade do processo de plantio mecanizado de cana-de-açúcar não são considerado capazes (Cp , Cpk , Cpm e $Pp < 1,33$) de atingirem as metas estabelecidas, independente da estabilidade do processo, exceto para o indicador porcentagem de gemas viáveis no período noturno de operação.

A elaboração de um plano de melhorias e de readequação de novos padrões de qualidade e metas a serem atingidas se tornam essenciais para a operação de plantio

mecanizado de cana-de-açúcar, quando se deseja aumentar a qualidade das operações bem como produzir e atender itens satisfatórios aos limites estabelecidos ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, B. A neural network applied to estimate process capability of non-normal processes. **Expert Systems with Applications**, Tarrytown, v. 36, n. 2, p. 3093 – 3100, 2009.
- BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.
- BONILLA, J. A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade total na Agricultura, 1994. 344p.
- GARZA-REYES, J. A.; ELDRIDGE, S.; BARBER, K. D.; SORIANO-MEIER, H. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: a relationship analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bingley, v. 27 n. 1, p. 48-62, 2010.
- GONÇALEZ, P. U.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 121-132, 2009.
- HOSSEINIFARD, S. Z.; BABAK ABBASI, B.; AHMAD, S.; ABDOLLAHIAN, M. A transformation technique to estimate the process capability index for non-normal processes. **International Journal Advanced Manufacturing Technology**, New York, v. 40, n. 5, p. 512–517. 2009.
- JANINE, D. A. **Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- MONTGOMERY, D. C. Control charts for variables. In: _____. (Ed). **Introduction to statistical quality control**. Arizona: Wiley, 2009. cap. 6, p 226-268, 2009.
- RÍPOLI, M. L. C.; RÍPOLI, T. C. C. Evaluation of five sugarcane planters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1110-1122, 2010.
- RÍPOLI, M. L. C.; RÍPOLI, T. C. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. Evaluation of five sugarcane planters. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: ASABE, 2007. p. 353-368.
- ROBOTHAM, B.G.; CHAPPELL, W. J. High quality planting billets-whole-stalk planter billets compared to billets from modified and unmodified harvesters. **Proceedings Australian Society of Sugar Cane Technology**, v. 24, p. 199-206, 2002.
- SOMERVILLE, S. E.; MONTGOMERY, D. C. Process capability indices and non-normal distributions. **Quality Engineering**, New York, v. 9, n. 2, p. 305-316, 1996.
- VOLTARELLI, M. A. **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno**. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ROSALEN, D. L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M. T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p.1396-1406, 2013.