

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS CRÍTICAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

CASSIANO M. CAMPOS¹, MARCOS MILAN², LUIZ F. F. SIQUEIRA³

RESUMO: A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes economicamente no Brasil, apresentando para os próximos anos perspectiva de expansão da área cultivada. Em razão do aumento da demanda, faz-se necessária a manutenção e o incremento da produtividade no campo, otimizando, assim, os recursos já disponibilizados. O aprimoramento das operações agrícolas envolvidas na produção é uma das alternativas para o aumento da produtividade. É necessário, por questões operacionais e custos envolvidos, identificar aquelas operações de maior importância e estabelecer os padrões a serem atendidos pelas mesmas. Para tanto, o objetivo deste trabalho foi identificar e avaliar as variáveis críticas presentes no processo de produção da cana-de-açúcar. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira constou da identificação das variáveis críticas por meio da FMEA “*Failure Mode and Effect Analysis*” - e a segunda da avaliação no campo da variável de maior criticidade, determinando a capacidade do processo por meio do índice Cpk. Dezesete variáveis foram identificadas, sendo o espaçamento irregular entre sulcos a mais crítica. Os sistemas de orientação da operação de sulcação, manual e automático, não são capazes de atender aos limites de tolerância do espaçamento entre sulcos adotados pela Usina. É necessário rever esses limites e/ou analisar alternativas para melhorar os sistemas, a fim de atender aos padrões desejados.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização, FMEA, capacidade do processo.

IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF THE CRITICAL VARIABLES IN THE SUGAR CANE PRODUCTION PROCESS

ABSTRACT: The sugarcane is one of the most economically important crops in Brazil, presenting a perspective of cultivated areas expansion for the next years. In reason of the increasing at the demanding, there is a need of maintenance and increasing field yield, optimizing the already available resources. One of the alternatives for the yield increasing is the improvement of agricultural operations involved in the production. It is necessary, because of the operational issues and involved cost, to identify those of more importance and establish the patterns to be attend by then. This way the objective of this work was to identify and evaluate the critical variables that are present in the sugarcane production process. The work was developed in two stages. The first one consisted of the identification of the critical variables through FMEA “*Failure Mode and Effect Analysis*”. The second one was carried out in the field, in order to evaluate the most critical variable and determined the capacity of the process through the Cpk index. Seventeen variables were identified and among them the irregular spacing between furrows was considered as the most critical. The furrows systems guide, manual and automatic, are not capable of attending the tolerance limits adopted by the sugarcane mill. It is necessary to review these limits and/or analyze alternatives to improve the systems in order attend the wanted patterns.

KEYWORDS: mechanization, FMEA, process capacity.

¹ Tecnólogo Mecânico, Mestre em Agronomia, Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, Fone: (0XX19) 3447-8501, motacassiano@gmail.com.

² Eng^o Agrônomo, Prof. Associado, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

³ Eng^o Agrônomo, Diretor Agrícola, Sociedade Agrícola Dedini, Pirassununga - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 13-9-2007

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 25-8-2008

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar dá ao Brasil a posição de maior produtor e exportador mundial, seguido pela China e pela Índia. Dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2007) indicam que o País, atualmente, dispõe de área de cultivo superior a 5 milhões de hectares, tendo na safra de 2005/2006 obtido produção acima de 386 milhões de toneladas.

De acordo com o Instituto de Economia Agrícola - IEA (2007), a perspectiva é que ocorra aumento nacional da área cultivada. Para a safra de cana de 2015/2016, a estimativa é de 12,2 milhões de hectares, com produção de 902,8 milhões de toneladas. Novas tecnologias foram introduzidas dentro do setor sucroalcooleiro ao longo dos últimos anos, mas o desafio atual é obter novos ganhos de produtividade no campo e, assim, poder garantir a sustentabilidade brasileira no cenário internacional. Nesse contexto, é de fundamental importância o aprimoramento das operações agrícolas, não só porque elas constituem a base do processo de produção, mas também pela influência direta sobre a germinação, o desenvolvimento e a produtividade da planta (HORII, 2004).

No que concerne à cana-de-açúcar, remonta a meados dos anos de 1980 o início de nova fase no processo de reestruturação produtiva, que atingiu as divisões rural, industrial e administrativa (SCOPINHO, 2000). Essa mudança fez-se em função da necessidade de incrementar a produtividade, aprimorar a qualidade e reduzir custos, influenciando na melhoria do atendimento às exigências do mercado consumidor. Para MILAN (2002), a sobrevivência das empresas agrícolas está ligada à implantação de novas técnicas administrativas, baseadas na gestão da qualidade, e novas maneiras de pensar. PECHE FILHO (1994) considera o controle de qualidade em operações agrícolas como a adoção de um conjunto de procedimentos que promovem serviços e resultados, atendendo com precisão às exigências da máquina à qual cabe a operação seguinte.

O conceito de qualidade ainda é recente na agricultura, mas altamente aplicável, uma vez que as operações agrícolas são interdependentes, e a qualidade de uma operação afeta a subsequente. Existe a necessidade de adequação das empresas agrícolas ao conceito de qualidade, buscando maior rigor na implantação de sistemas de controle e acompanhamento da produção. Embora se observe a crescente expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil, ainda são limitadas as práticas e a utilização de métodos e de técnicas organizacionais de gestão. Na visão de GOMES (2005), a aplicação de técnicas e de ferramentas adequadas, e a utilização dos conceitos de qualidade facilitam a tomada de decisão e, conseqüentemente, encaminham ao aumento de produtividade de maneira simples, rápida e eficaz, contribuindo para o aperfeiçoamento do trabalho gerencial agrícola.

Nessa transição mundial em favor da qualidade, as empresas gradualmente passam a adotar modelos gerenciais baseados na qualidade total, que dispõe de ferramentas para o controle do processo produtivo, visando à melhoria dos produtos com redução de desperdícios e incremento de lucros. Dentre tais ferramentas, pode ser citada a FMEA "*Failure Mode and Effects Analysis*" (Análise de Modo e Efeitos de Falha em Potencial), que é uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que essas atinjam o cliente¹ (STAMATIS, 2003). Diante de tais considerações e visando à possibilidade de melhoria no processo produtivo agrícola com os conseqüentes reflexos na produtividade, o objetivo do presente trabalho foi identificar e avaliar as variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na divisão agrícola da Usina São Luiz, de propriedade da Sociedade Agrícola Dedini, localizada no município de Pirassununga -SP, e constituiu-se de duas

¹ Organização ou pessoa que recebe um produto, podendo ser um cliente interno (próxima operação) ou externo à organização (consumidor, usuário final, varejista, comprador) (ABNT, 2000).

etapas. Na primeira, ocorreu a identificação das variáveis críticas, e, na segunda, a avaliação das variáveis de maior criticidade.

Para a identificação das variáveis, utilizou-se da técnica FMEA, proposta por PALADY (1997). Junto com a equipe técnica da área agrícola, foram listados os processos de maior criticidade e, dentro deles, identificadas as variáveis críticas. O termo variável crítica foi definido como a causa do modo de falha dentro do processo, de maneira que, uma vez identificadas e controladas essas causas, poderá ocorrer a redução dos efeitos indesejados. O Formulário de Entrada para FMEA, proposto por PALADY (1997), foi utilizado como referência para a identificação das variáveis críticas. O formulário, apresentado na Tabela 1, confere à combinação “modo de falha/efeito” um código alfanumérico único.

TABELA 1. Formulário de Entrada para FMEA (PALADY, 1997). **Form of entry for FMEA (PALADY, 1997).**

Função (ões)	Nº	Modo (s) de falha (s)	L	Efeito (s)	S	Causa (s)	O	D
(1)*	(2) *	(3) *	(4) *	(5) *	(6) *	(7) *	(8) *	(9) *

Nº - número do modo de falha; L - letra do efeito; S - severidade; O - ocorrência; D - detecção.

* Os números entre parênteses referem-se ao texto.

O primeiro passo no preenchimento do formulário (Tabela 1) foi a identificação da função (1) que o processo deve desempenhar. Em seguida, foi numerado (2) o modo de falha (3), como o processo pode deixar de desempenhar a função e, logo após, listados os efeitos (5) (identificados por letra (4)) que o modo de falha pode gerar. Os efeitos foram pontuados quanto à severidade (6), a gravidade com que o efeito pode influenciar no processo. Terminada a pontuação para os efeitos, foram listadas as causas possíveis (7) que podem gerar o modo de falha, sendo consideradas para tanto apenas as causas básicas, de maior relevância. Cada causa foi pontuada quanto à ocorrência (8), definida como probabilidade de ocorrer no processo, e quanto à detecção (9), probabilidade de detectar a causa antes de chegar a próxima operação. Na pontuação da severidade, da ocorrência e da detecção, utilizou-se de escala de 1 a 5, adaptada de MATOS (2004), sendo os critérios e os índices descritos na Tabela 2. Para a pontuação, contou-se com a participação da equipe técnica da Usina, utilizando-se do “*brainstorming*” que, segundo OAKLAND (1994), é uma técnica aplicada para gerar idéias rapidamente e em quantidade.

Na interpretação dos resultados obtidos com a FMEA e como suporte à análise final da primeira etapa, utilizou-se do Gráfico de Áreas e a Matriz de Investigação das Causas (PALADY et al., 1994). De acordo com os autores, o Gráfico de Áreas considera, na sua avaliação, os mais altos valores de severidade e de ocorrência para interpretar e para selecionar os modos de falha/efeitos mais importantes, não se utilizando dos valores de detecção. Três regiões são representadas no gráfico, sendo elas a de alta, média e baixa prioridade. A Matriz de Investigação tem como objetivo destacar as causas que contribuem para os modos de falha de alta prioridade, auxiliando no desenvolvimento de ações corretivas. Essa metodologia permite a identificação das causas comuns a alguns modos de falha, de forma simples e rápida, devendo ser listadas somente as causas que estão na área de alta prioridade do Gráfico de Áreas. As causas com frequências mais altas são consideradas como “Causas Chave Comum”.

Após a identificação das variáveis críticas, a segunda etapa constou da avaliação a campo, com a coleta e a análise dos dados. A análise foi realizada por meio das cartas de controle por variáveis e a determinação da capacidade do processo. Para a construção das cartas de controle, utilizou-se da metodologia proposta por MONTGOMERY (2004), gerando as cartas de controle para a média e a amplitude (\bar{X} e R). Na determinação da capacidade do processo, foi utilizada a metodologia proposta por BONILLA (1994), adotando como capacidade do processo o índice Cpk, classificado em três classes (Tabela 3). O índice Cpk fornece informações do que o processo realmente é capaz de fazer, do desalinhamento entre capacidade e especificação e se o mesmo atende aos limites especificados pela empresa.

TABELA 2. Referência para índices de severidade, ocorrência e detecção. **References to index of severity, occurrence and detection.**

Índice	Referência S (Severidade)	Denominação
1	Sem efeito	Nenhuma
2	Gravidade baixa	Baixa
3	Gravidade moderada	Moderada
4	Gravidade alta	Alta
5	Gravidade muito alta	Muito alta
O (Ocorrência)		
1	Probabilidade muito remota de ocorrer	Remota
2	Probabilidade de ocorrências baixa	Baixa
3	Probabilidade de ocorrências moderada	Moderada
4	Probabilidade de ocorrências alta	Alta
5	Falha em proporções alarmantes	Muito alta
D (Detecção)		
1	Probabilidade muito alta de a falha ser detectada	Muito fácil
2	Probabilidade alta de a falha ser detectada	Fácil
3	Probabilidade média de a falha ser detectada	Média
4	Probabilidade baixa de a falha ser detectada	Difícil
5	Probabilidade muito baixa de a falha ser detectada	Muito difícil

TABELA 3. Classificação dos processos para o índice Cpk (BONILLA, 1994). **Classification of process to the index Cpk (BONILLA, 1994).**

Valor de Cpk	Classificação do processo
$\geq 1,33$	Capaz
entre 1,00 e 1,32	Parcialmente capaz
$< 1,00$	Incapaz

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equipe técnica da Usina identificou seis processos de maior criticidade: a) eliminação mecânica da soqueira; b) sulcação; c) cultivo tríplice; d) colheita; e) carregamento; f) aplicação de herbicidas. Em cada um desses processos, foram levantados os modos de falha, suas causas e os seus efeitos. Após a elaboração do Gráfico de Áreas, foi elaborada a Matriz de Investigação. Dezessete causas foram identificadas, sendo a cana crua e o espaçamento irregular entre sulcos as que tiveram maior pontuação, com sete pontos cada uma, sendo consideradas como as variáveis críticas. As outras variáveis, com a respectiva pontuação, foram: distribuição desuniforme da palha (3); quebras no equipamento (3); fatores climáticos (2); desponte da cana (2); tráfego descontrolado (2); altura de corte alto (2), e desuniformidade da leira (2). O dispositivo inadequado, a adubação irregular, a desuniformidade na vazão do adubo, a altura de corte baixo, a operação de “quebra lombo” desuniforme, a falha no apontamento, o operacional e a desuniformidade na aplicação tiveram pontuação (1).

Há forte tendência no aumento da área colhida de cana sem o despalhe por fogo, ou seja, a colheita de cana crua. Um Protocolo de Cooperação assinado entre o governo do Estado de São Paulo e a UNICA prevê antecipação do prazo final para a eliminação das queimadas, de 2021 para 2014 (UDOP, 2007). A cana crua, em razão da maior presença de massa verde em sua estrutura foliar, pode vir a dificultar a operação de colheita mecanizada. Após a colheita, se o palhiço não for aleirado ou recolhido, podem ocorrer dificuldades na realização das operações subsequentes de cultivo, aplicação de herbicidas, entre outras. Diante dessas considerações, essa variável deve estar

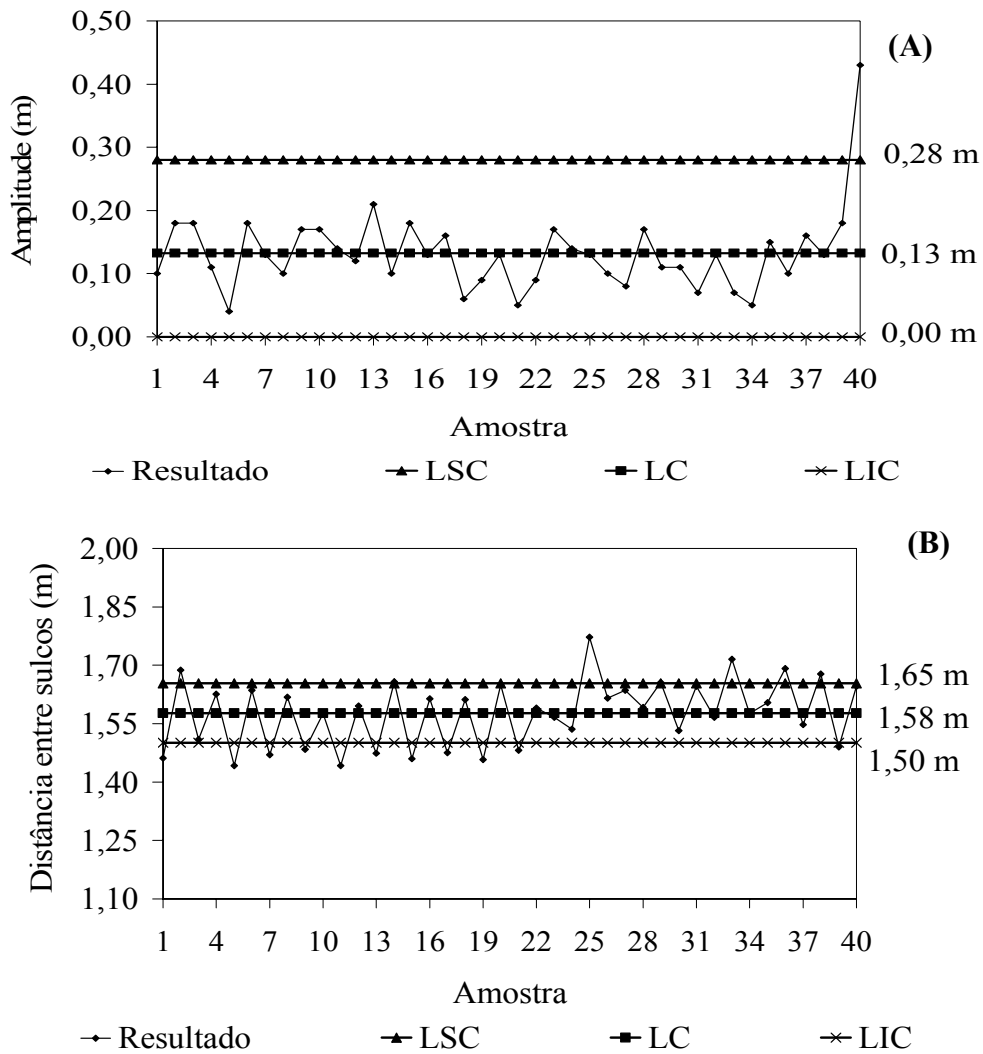
cada vez mais presente nos canaviais, e estudos mais amplos são necessários para a redução de seus efeitos no processo produtivo, os quais fogem ao escopo deste trabalho.

O espaçamento irregular entre sulcos é obtido na operação de sulcação e gera dificuldades para todas as operações subseqüentes, afetando todo o processo produtivo. Na reforma dos canaviais, a irregularidade no espaçamento aparece como a causa dos efeitos na operação de eliminação mecânica da soqueira, gerando falhas no arranquio. Na sulcação, durante o plantio, gera a redução do estande, e nas operações de cultivo tríplice, colheita e aplicação de herbicidas, o alinhamento das máquinas é afetado. As máquinas e implementos trabalham com espaçamento fixo, e se as fileiras estão desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações são evidentes, podendo citar, como exemplos, o pisoteio das fileiras e as falhas na pulverização. Sendo o espaçamento irregular a variável crítica de maior impacto, foi realizado o seu acompanhamento no campo durante a operação de sulcação, utilizando-se do sistema com piloto automático e orientação manual.

As avaliações foram realizadas em quatro áreas, denominadas de área I, II, III e IV, sendo as áreas I (10,15 ha) e II (9,75 ha) sulcadas com orientação visual, denominada de sistema manual, e as áreas III (4,45 ha) e IV (9,20 ha) com o uso do piloto automático marca Trimble, modelo AgGPS Controlador Autopilot II, versão 4.22, com correção RTK (Real Time Kinematic). O espaçamento especificado pela Usina para as áreas avaliadas foi de 1,50 m com tolerância de $\pm 0,05$ m. Como referência na coleta dos espaçamentos, utilizaram-se duas hastes com tripé em suas extremidades, que foram colocadas nos centros dos sulcos, referenciado pela ponteira do sulcador. A distância entre as hastes foi medida com o auxílio de uma trena de 5 m, com divisões de 0,001 m. Coletaram-se quatro amostras por hectare, cada uma composta de cinco subamostras. As amostras foram distribuídas no talhão de forma aleatória, sendo consideradas, na coleta, as linhas ímpares da sulcação, uma vez que o espaçamento entre as hastes do sulcador é fixo. Nas Figuras 1 e 2, estão representadas as cartas de controle para amplitude e média das áreas sulcadas com o sistema manual.

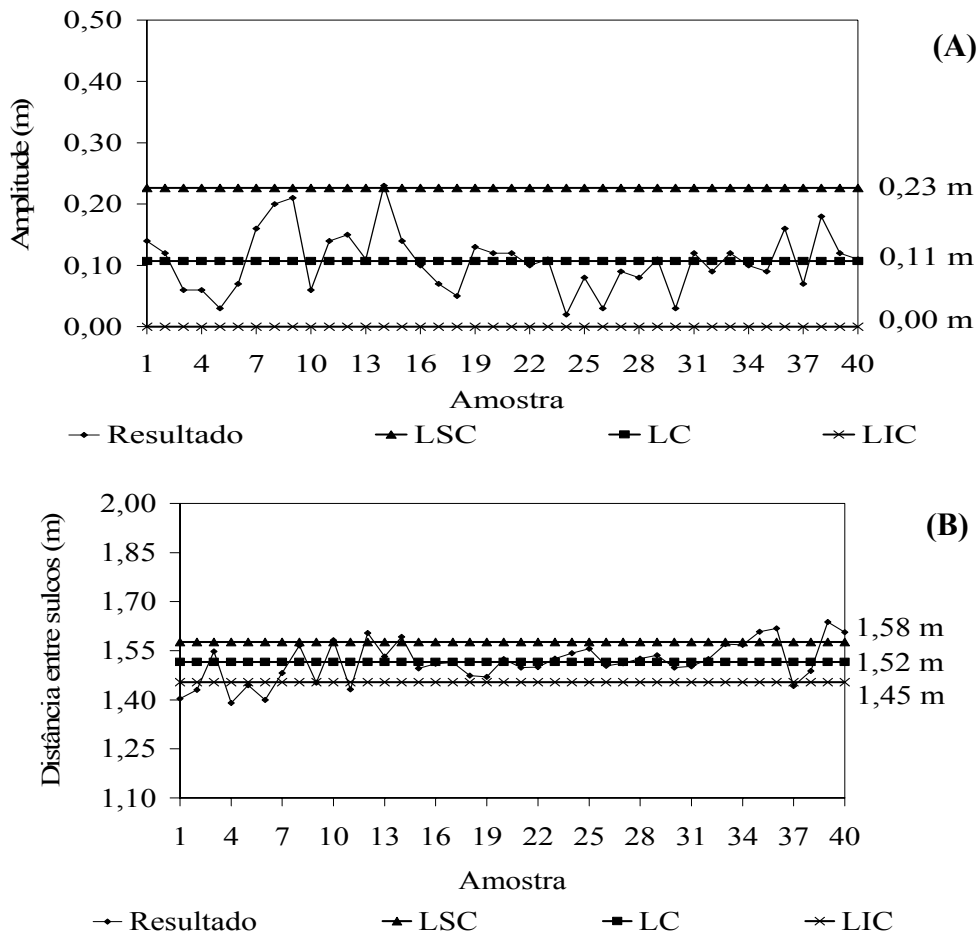
Na carta de controle para as amplitudes da área I (Figura 1-A), verifica-se um único ponto, a amostra 40, além do limite superior de controle (LSC). No início da operação, a variação entre os espaçamentos foi maior que no final do talhão; essa situação pode ser verificada por meio dos pontos amostrais, que no início apresentaram concentração acima da linha central (LC) e, a partir da amostra 17, ficaram abaixo da LC. Na carta de controle das médias, representada na Figura 1-B, o limite superior de controle (LSC) foi de 1,65 m, e o inferior (LIC), de 1,50 m. Verifica-se que o LIC é igual ao espaçamento ideal determinado pela Usina de 1,50 m, e que o LSC está 0,15 m acima do ideal. Observam-se, no início da operação, pontos amostrais abaixo do LIC, e a partir da amostra 24, a oscilação das amostras é para valores acima do LSC, indicando a presença de causas especiais no processo.

Na carta de controle para a amplitude da área II, Figura 2 (A), verifica-se que a amplitude está sob controle estatístico, mas a operação apresenta oscilações, observadas no intervalo entre as amostras 5 e 8, na qual é verificado crescimento dos valores, e nas amostras 14 a 18, com a seqüência dos valores em ordem decrescente. Na carta de controle para as médias, Figura 2 (B), confirma-se a oscilação do processo verificada na carta de controle das amplitudes. Há pontos fora dos limites de controle no início e no final da operação, sendo que, no início, os pontos ficaram abaixo do LIC, e no final da operação, essa situação mudou, obtendo-se valores acima do LSC. No início da operação, há concentração de valores abaixo da LC, que é verificada nas amostras de 1 a 11. No decorrer da atividade, houve concentração de valores em torno da LC, e a partir da amostra 32, valores acima da LC. Com os resultados da sulcação manual, observa-se que as duas áreas não estão sob controle estatístico, agindo sob ação de causas especiais.



LSC - Limite superior de controle; LC - Linha central; LIC - Limite inferior de controle

FIGURA 1. Carta de controle para a amplitude (A) e a média (B) da área I. Control charts for amplitude (A) and mean (B) of area I.



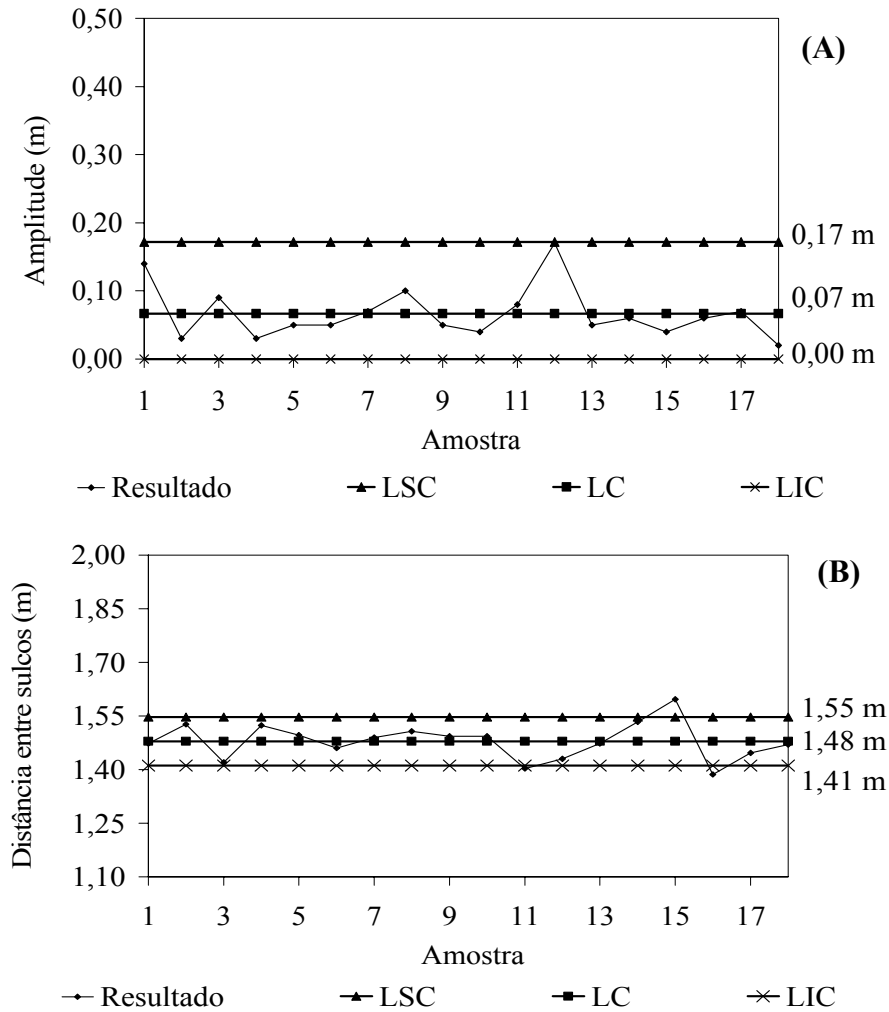
LSC - Limite superior de controle; LC - Linha central; LIC - Limite inferior de controle.

FIGURA 2. Carta de controle para a amplitude (A) e a média (B) da área II. **Control charts for amplitude (A) and mean (B) of area II.**

Para as áreas sulcadas com o piloto automático, as cartas de controle estão representadas nas Figuras 3 e 4, área III e área IV, respectivamente.

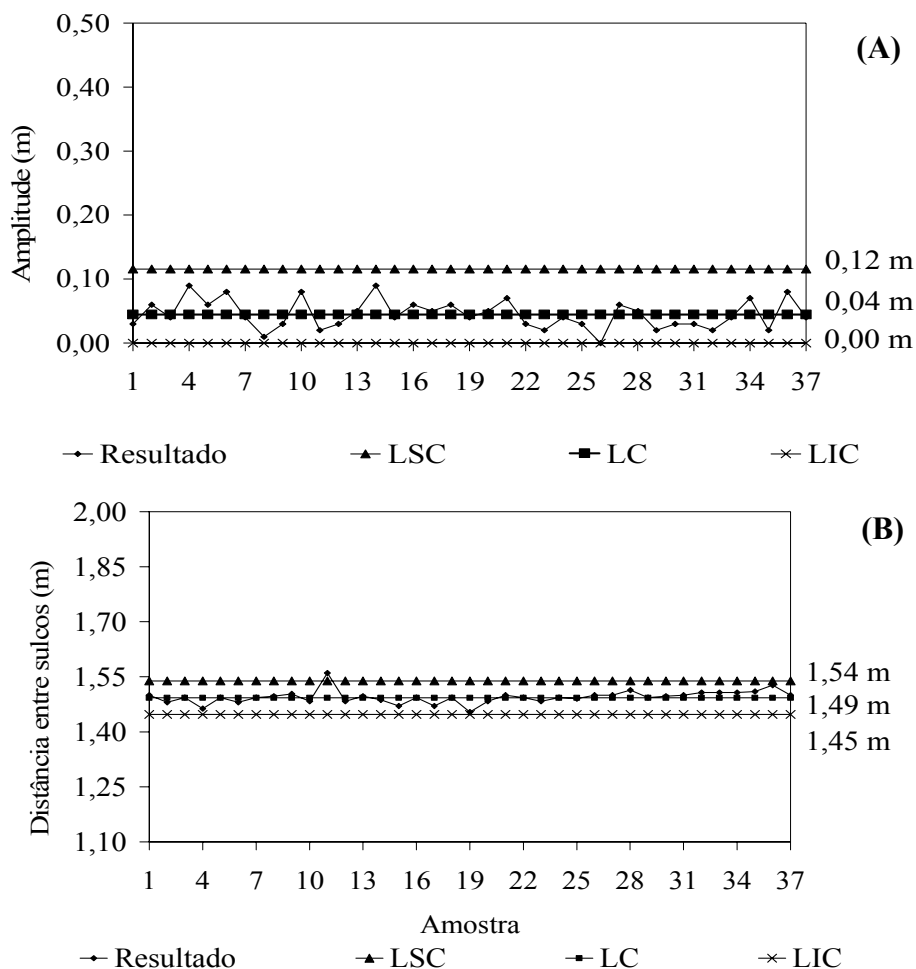
Na carta de controle para as amplitudes da área III, Figura 3 (A), verificou-se que o processo manteve a regularidade ao longo do trabalho, com valores bem próximos da LC, e nenhuma amostra ficou fora dos limites de controle. Na carta de controle para as médias, Figura 3 (B), verificaram-se dois pontos, amostras 15 e 16, fora dos limites de controle, demonstrando que o processo não está sob controle estatístico, sob influência de causas especiais.

Na área IV, foram coletadas 37 amostras. Verifica-se, por meio da carta de controle para as amplitudes (Figura 4 (A)), que o processo manteve a regularidade no decorrer do tempo, com valores bem próximos da LC. Nenhuma amostra ficou fora dos limites, demonstrando que o processo está sob controle estatístico, e algumas bem próximas de zero, fatores que são desejados para o processo. Nessa área, foi observada amplitude com valor zero (amostra 26), situação que, em outras áreas ensaiadas, não foi verificada. Na carta de controle para as médias, Figura 4 (B), verificou-se um ponto (amostra 11) fora do LSC, caso isolado para toda a atividade, o qual pode estar sob influência de causas especiais. Observa-se, nessa área, que LIC e LSC ficaram bem próximos da LC, e que os valores amostrais se mantiveram entre esses limites. Houve regularidade da operação em torno do valor ideal de 1,50 m, significando que o processo apresentou baixa variabilidade, resultado que é influenciado pelo valor da amplitude.



LSC - Limite superior de controle; LC - Linha central; LIC - Limite inferior de controle

FIGURA 3. Carta de controle para a amplitude (A) e a média (B) da área III. **Control charts for amplitude (A) and mean (B) of area III.**



LSC - Limite superior de controle; LC - Linha central; LIC - Limite inferior de controle

FIGURA 4. Carta de controle para a amplitude (A) e a média (B) da área IV. **Control charts for amplitude (A) and mean (B) of area IV.**

Na Tabela 4, são apresentados, para cada área, os limites de espaçamento especificados pela Usina, os percentuais abaixo, acima e dentro dos limites, e a capacidade do processo obtida. Observa-se que o sistema manual apresentou espaçamentos dentro do especificado, de 29,5% e 52,5%. Para as áreas sulcadas com o sistema de piloto automático, os índices foram melhores, 64,8% e 90,7%. Para valores acima do LSE, o sistema manual apresentou variação de 31,0% e 62,0%, e o piloto automático, valores de 2,8% e 9,2%. Com o uso do piloto automático, a concentração dos erros é para valores abaixo do LIE.

TABELA 4. Resumo geral dos resultados obtidos para o espaçamento entre sulcos nas áreas avaliadas. **General summary of results for spacing between furrows in the áreas evaluated.**

	Área	Espaçamento entre Sulcos								
		Especificado (m)			Percentual (%)				Capacidade (m)	
		LIE	Média	LSE	< LIE	Dentro do Especificado	> LSE	Mín.	Média	Máx.
Manual	I	1,45	1,50	1,55	8,50	29,50	62,00	1,39	1,60	1,81
	II	1,45	1,50	1,55	16,50	52,50	31,00	1,37	1,52	1,67
Piloto	III	1,45	1,50	1,55	25,93	64,81	9,26	1,33	1,48	1,63
Autom.	IV	1,45	1,50	1,55	6,52	90,70	2,78	1,40	1,49	1,58

LSE - limite superior especificado; LIE - limite inferior especificado

Nas áreas onde se realizou a sulcação com o piloto automático, a capacidade de trabalho foi melhor, tendo a área IV apresentado tolerância de 0,18 m. No sistema manual, a menor tolerância foi obtida na área II, com 0,30 m. Baseado na capacidade de trabalho, verifica-se que a tolerância estabelecida atualmente pela Usina, de $\pm 0,05$ m, não é possível de ser atingida em nenhum dos dois sistemas de sulcação. No sistema manual, a melhor capacidade de trabalho foi com tolerância de $\pm 0,15$ m, e no sistema de piloto automático, de $\pm 0,09$ m. Para ajuste do processo, é necessária a alteração desses limites de tolerância, com o aumento do valor usado atualmente, tarefa a ser desenvolvida pela equipe técnica. Caso os limites atuais devam ser mantidos por questões técnicas, devido, por exemplo, à exigência da cultura, os métodos de orientação manual e automático devem ser revistos e/ou aprimorados para atender às necessidades técnicas.

A avaliação da capacidade dos processos, confrontando-se a especificação da Usina com a capacidade de trabalho no campo, foi realizada por meio do índice de Cpk, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Classificação dos processos por meio do índice Cpk. **Classification of process through the index Cpk.**

Área	Cpk	Classificação
I	-0,24	Incapaz
II	0,20	Incapaz
III	0,20	Incapaz
IV	0,44	Incapaz

Todas as áreas apresentaram Cpk com valor baixo, classificando os processos em incapazes, pois não atendem aos limites de especificação da Usina. Os melhores resultados foram obtidos nas áreas sulcadas com o uso do piloto automático, demonstrando superioridade do equipamento em relação ao sistema de sulcação manual, mas nenhum dos dois sistemas atende às especificações atuais da equipe técnica da Usina.

CONCLUSÕES

Foram identificadas dezessete variáveis, sendo o espaçamento irregular entre sulcos a de maior criticidade. A avaliação do espaçamento entre sulcos revelou que a operação de sulcação não atende aos limites de tolerância especificados pela Usina, independentemente dos sistemas de orientação utilizados, manual e piloto automático. É necessária uma revisão dos limites e/ou dos sistemas.

Embora não atendendo às especificações, o sistema de piloto automático apresentou percentual maior de espaçamentos dentro dos limites especificados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 9000*: sistemas de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulário, Rio de Janeiro, 2000. 26 p.

BONILLA, J.A. *Qualidade total na agricultura*: fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 334 p.

GOMES, J.A. *Proposta metodológica para avaliação de colhedoras de batata (Solamum tuberosum L.) com base em parâmetros de qualidade*. 2005. 154 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

HORII, J.A. Qualidade da matéria-prima na visão industrial. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v.1, n.1, p.91-3, 2004.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Cana-de-açúcar para indústria: o quanto vai precisar crescer. Disponível em: <www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=7448>. Acesso em: 13 fev. 2007.

MATOS, R.B. *Indicadores de desempenho para o beneficiamento de madeira serrada em empresas de pequeno porte: um estudo de caso*. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo, *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, n.2, p.261-6, 2002.

MONTGOMERY, D.C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 514 p.

OAKLAND, J.S. *Gerenciamento da qualidade total*. São Paulo: Nobel, 1994. 464 p.

PALADY, P. *FMEA: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. São Paulo: Imam, 1997. 270 p.

PALADY, P.; HORVATH, M.; THOMAS, C. *Restoring the effectiveness of failure modes and effects analysis*. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1994. (Paper, 940884).

PECHE FILHO, A. Qualidade total na agricultura. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE TOTAL NA AGRICULTURA, 1., 1994, São Paulo. *Anais...* São Paulo: AEASP, 1994. p.19-35.

SCOPINHO, R.A. Qualidade total, saúde e trabalho: uma análise em empresas sucroalcooleiras paulistas. *Revista de Administração Contemporânea*, Rio de Janeiro, n.1, p.93-112, 2000.

STAMATIS, D.H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Madison: ASQC, 1995. 494 p.

UDOP. Governo e UNICA assinam protocolo de cooperação para desenvolvimento sustentável da indústria canavieira. Disponível em: <www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=70740#>. Acesso em: 9 jun. 2007.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Estatísticas. Disponível em: <www.portalunica.com.br/referencia/estatisticas.jsp>. Acesso em: 23 fev. 2007.