

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO CONVENCIONAL
E MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Tais Pereira de Oliveira Carneiro

Engenheira Agrônoma

2015

D
I
S
S.

/

C
A
R
N
E
I
R
O

T.
P.
O.

2

0

1

5

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO CONVENCIONAL
E MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Tais Pereira de Oliveira Carneiro

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Prof. Dr. João Antônio Galbiatti

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2015

Carneiro, Tais Pereira de Oliveira
C289c Controle de qualidade no plantio convencional e mecanizado de cana-de-
açúcar / Tais Pereira de Oliveira Carneiro. -- Jaboticabal, 2015
x, 55 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: João Antônio Galbiatti

Banca examinadora: Rouverson Pereira Silva, Fabio Alexandre Cavichioli

Bibliografia

1. Mecanização agrícola. 2. Plantio. 3. Variabilidade. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.33:63361

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

TAÍS PEREIRA DE OLIVEIRA CARNEIRO – nascida no dia 11 de setembro de 1980, cursou o ensino fundamental e médio na cidade de Igaratá, Estado de São Paulo. Em fevereiro de 2004 ingressou no curso de Agronomia da UNIVERSIDADE CAMILO CASTELO BRANCO – UNICASTELO, campus de Fernandópolis. Em 2007 obteve o título de Engenheira Agrônoma e no ano de 2013 ingressou no Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. Durante parte do curso foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e desenvolve pesquisas referentes à mecanização agrícola.

**“Para tudo há um tempo, para cada coisa há um momento debaixo do céu:
tempo de nascer e tempo de morrer; tempo de plantar e tempo de arrancar o
que se plantou”. (Ecle 3, 1-2)**

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao meu filho Luiz Otávio; ao meu marido Luciano; aos meus pais Luiz Antônio (*in memoria*) e Maria Luzia; aos meus irmãos Tatiany e Luiz Antônio. E a todos que me apoiaram durante o mestrado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela proteção divina, por me iluminar e auxiliar em mais um objetivo alcançado.

Ao professor Dr Carlos Eduardo Angeli Furlani, pela confiança, amizade, orientação profissional para elaboração desta dissertação, minha gratidão.

Ao professor Dr João Antônio Galbiatti pela oportunidade e incentivo que foram imprescindíveis para realizado do curso, meus sinceros agradecimentos.

Aos companheiros (as) do LAMMA (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola), pelas constantes ajudas e dicas na preparação desta dissertação.

`A minha amiga Mayra Caetano Domingos, pelo incentivo e apoio.

`A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, em especial ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudo.

`A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal, durante o Mestrado.

Aos membros da Banca Examinadora pelas grandes contribuições na melhoria do trabalho por meio da arguição.

SUMÁRIO

Páginas

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMO:	v
ABSTRACT:	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Cultura da cana-de-açúcar	3
2.2 Plantio da cana-de-açúcar	4
2.2.1 Plantio Convencional e Mecanizado	5
2.3 Características associadas ao plantio de cana-de-açúcar	7
2.3.1 Época de plantio	7
2.3.2 Brotação das Mudas	8
2.3.3 Espaçamento	9
2.3.4 Profundidade	11
2.3.5 Sulcação	11
2.3.6 Quantidade de mudas	12
2.3.7 Cobrição	12
2.3.8 Perfilhamento	13
2.4 Controle estatístico de processo	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Descrição da área experimental	16
3.2 Máquinas e mão-de-obra utilizadas nas operações	17
3.2.1 Preparo do solo	17
3.2.2 Plantio Convencional (Semimecanizado)	17
3.2.3 Plantio Mecanizado	18
3.3 Indicadores de qualidade	19
3.3.1 Gemas totais, viáveis e % das viáveis	19
3.3.2 Profundidade de sulcação e cobertura	20
3.3.3 Paralelismo	21
3.3.4 Perfilhamento	21

3.4. Análises estatísticas.....	21
3.4.1 Análise descritiva.....	21
3.4.2 Controle Estatístico de Processo.....	22
4 Resultados e Discussões	25
4.1 Análise da estatística descritiva	25
4.2 Controle estatístico de processo.....	28
4.2.1 Padrões de aleatoriedade (<i>Run Charts</i>)	28
4.2.2 Cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel	30
5 CONCLUSÃO	46
6 Referências Bibliográficas	47

LISTA DE TABELAS

TABELA	Páginas
1 - Características físicas do LATOSSOLO VERMELHO e do ARGISSOLO VERMELHO AMARELO.....	16
2 - Teste de distribuição normal de probabilidade e parâmetros da estatística descritiva para os indicadores do plantio convencional de cana-de-açúcar.....	25
3 - Teste de distribuição normal de probabilidade e parâmetros da estatística descritiva para os indicadores do plantio mecanizado de cana-de-açúcar.	27
4 - Valores padrões de probabilidade dos gráficos sequenciais para o plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Páginas
1. Croqui para determinação de sulcação e cobrimento.	21
2. Cartas de controle para o número médio de gemas totais na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	31
3. Cartas de controle para o número de gemas viáveis na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	33
4. Cartas de controle para porcentagem de gemas viáveis na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	35
5. Cartas de controle para a profundidade dos sulcos na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	37
6. Cartas de controle para o alinhamento das fileiras no plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	39
7. Cartas de controle para altura de cobertura no plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	41
8. Cartas de controle para o perfilhamento aos 30 dias após plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	43
9. Cartas de controle o perfilhamento aos 60 dias após o plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.	44

CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO CONVENCIONAL E MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO: O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, e a cultura possui ampla relevância no agronegócio nacional. Devido à importância e a crescente expansão da cultura é fundamental se realizar um plantio de qualidade e melhorias no setor, pois decisões tomadas neste momento repercutirão por todo o ciclo produtivo. Ainda que o sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar seja fortemente mecanizado, a operação de plantio ainda necessita de avanços tecnológicos. Neste contexto, objetivou-se avaliar a qualidade da operação do plantio convencional (semimecanizado) e mecanizado da cana-de-açúcar por meio do controle estatístico de processo. Os dados foram coletados no município de Monte Alto (SP), em área cedida pela Usina São Carlos, com de 12 ha para sistema convencional e 29 ha para o sistema mecanizado, sendo coletados 40 amostras em cada tratamento, totalizando 80 amostras, sendo que cada uma possuía 10 metros de avaliação. Os indicadores de qualidade avaliados foram: número total de gemas, número de gemas viáveis, porcentagem de gemas viáveis, profundidade de sulcação, altura de cobrição, paralelismo entre linhas de plantio, perfilhamento aos 30 e 60 dias após a brotação. Para o sistema convencional, as variáveis paralelismo e o perfilhamento aos 30 e 60 dias demonstraram uma maior variabilidade dos resultados, enquanto para número de gemas viáveis e altura de cobrição, estes expressaram estabilidade para ambos os sistemas de plantio.

PALAVRAS-CHAVE: Mecanização agrícola, plantio, variabilidade.

QUALITY CONTROL IN CONVENTIONAL AND MECHANIZED PLANTING OF SUGARCANE

ABSTRACT: Brazil is the largest producer of sugarcane in the world, and the crop has broad relevance in the national agribusiness. Due to the importance of crop, it is essential to conduct a quality planting and improvements in the sector, since decisions taken now will have repercussions for the entire production cycle. Though the agricultural production system of sugarcane is heavily mechanized, the planting operation still requires technological advances. In this context, the objective was to assess the quality of the conventional planting operation (semi-mechanized) and mechanic sugarcane through statistical process control. Data were collected in the municipality of Monte Alto (SP), in area ceded by Usina São Carlos, with an area of 12 hectares for conventional system and 29 hectares for mechanized system, being collected 40 points in each treatment, in a total of 80 points, and each point owned 10 meters evaluation. Quality indicators evaluated were: total number of buds, number of viable buds,% viable buds, depth of plough, mating height and alignment, parallelism between planting lines, tillering at 30 and 60 days after sprouting. In the conventional system, the parallelism variables, tillering at 30 and 60 days showed greater variability, while for the number of viable buds and height of mating, these expressed stability for both planting systems.

KEYWORDS: Agricultural mechanization, semi-mechanized, variability.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas com maior importância social, econômica e ambiental para o agronegócio nacional, sendo o Brasil um dos maiores produtores e maior exportador mundial de açúcar.

Em constante expansão, a cultura é a principal matéria prima para a produção de etanol e açúcar. Nos últimos anos, aliado às preocupações com o desenvolvimento sustentável e à busca por fontes alternativas de energia, a cana-de-açúcar tem se destacado tanto no mercado interno como externo, principalmente por causa do álcool combustível e da cogeração de energia com o bagaço da cana-de-açúcar.

Como decorrência, a demanda por cana-de-açúcar tem aumentado cada vez mais, o qual ordena um maior potencial produtivo, exigindo um planejamento adequado do manejo da cultura durante o seu ciclo.

Uma das etapas de maior importância do ciclo da cana-de-açúcar é o plantio, que está em foco por melhorias e mudanças, seu manejo irá refletir nas operações subsequentes da cadeia produtiva, em termos de produtividade, qualidade e custos.

O método convencional de plantio de cana-de-açúcar no Brasil, é realizado de forma semimecanizada, ou seja, emprega processo manual e mecânico nas operações. Porém, apenas nos últimos anos que as etapas envolvidas no plantio passaram a contar com a alternativa de mecanização total, em que a máquina executa de forma simultânea a sulcação, a distribuição de mudas e de insumos e a cobertura dos sulcos.

A mecanização no sistema de plantio, deve-se principalmente à falta de mão de obra no setor sucroalcooleiro, para melhorar a qualidade e redução de custos.

O controle de qualidade em operações agrícolas é destinado a detectar variações ou oscilações indesejáveis durante a desempenho de determinada operação, embasados em indicadores pré-selecionados ou confrontando-os a padrões especificados, com a finalidade de impedir a ocorrência de falhas, evitando gastos desnecessários com ações corretivas.

Este trabalho busca apresentar a relação entre o plantio convencional (semimecanizado) e mecanizado, através da avaliação dos indicadores de qualidade

que são variáveis representativas dos aspectos agronômicos da cultura. O objetivo foi avaliar a qualidade da operação do plantio convencional e mecanizado da cana-de-açúcar por meio do controle estatístico de processo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem seus primeiros relatos de utilização por volta do século VI a.C. em Nova Guiné, a partir de então, espalhou-se pelo mundo. Historicamente foi uma das primeiras atividades econômicas organizadas no Brasil, e foi trazida pelos portugueses em 1532, por Martim Afonso de Souza, na época da colonização, onde foi introduzido o cultivo canavieiro no Brasil, iniciando o ciclo da cana-de-açúcar no país (ÚNICA, 2014).

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia e China, sendo também o maior produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar. A perspectiva para a safra de 2015/2016 é de que a produção possa chegar a 645,6 milhões de toneladas, sendo esse valor superior em 3,1% quando comparado a safra passada que foi de 634,8 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

O país conta com o maior parque industrial de açúcar, etanol e derivados de cana-de-açúcar do mundo, tornando o setor canavieiro de muita importância para a economia nacional (RIPOLI; RIPOLI, 2010).

Ainda sendo um setor tradicional na economia brasileira, desde o período colonial, se mantém como uma das principais commodities do país em termos de participação no produto interno bruto (PIB), gerando emprego e inserção internacional. O setor reúne cerca de 6% dos empregos agroindustriais brasileiros e é responsável por mais de 35% do PIB e do emprego rural do Estado de São Paulo (UNICA, 2014). E ainda, segundo Conab (2015), o estado de São Paulo é o maior representante do setor sucroalcooleiro, com 51,7 % da produção brasileira em 4.687,9 hectares plantado.

A cana-de-açúcar no mercado nacional apresenta grande importância, já que se constatou um aumento de 9,7% na mistura de etanol à gasolina, destacando-se, ainda, que o Brasil conta com 17,5% de participação na matriz energética, considerando-se o etanol combustível e a cogeração de eletricidade, a partir do bagaço (EPE, 2013).

O uso do etanol aumenta a cada ano, devido a programas para produção e uso de biocombustíveis no mundo em matrizes energéticas. Diversos países têm metas e projetos para o consumo do etanol. Nos EUA a mistura de etanol é diferente para cada estado, Minnesota apresenta o maior nível de mistura 10% de etanol na gasolina, o Canadá também apresenta 10% de mistura de etanol na gasolina, já a União Europeia deverá ter 20% de fontes de energias renováveis em sua matriz até 2020 e a China apresenta 10% de mistura de etanol em 6 regiões e pretende difundir ao restante do país (MAPA, 2011).

2.2 Plantio da cana-de-açúcar

A operação de plantio de cana-de-açúcar é essencial para que a produtividade seja alcançada com êxito, sendo que as decisões gerenciais nesta etapa terão consequências em todo ciclo da cultura (COLETI; STUPIELO, 2006).

Um planejamento adequado de plantio influencia diretamente, não somente nos fatores determinantes a alta produtividade da cultura, mas também em redução dos custos de produção (JANINE, 2007). Pois de acordo com Vicente e Fernandes (2004), as operações realizadas durante a etapa de plantio são de aproximadamente 14,5% dos custos de produção.

Segundo Nunes Júnior (2008) um adequado planejamento de plantio compreende desde o dimensionamento de recursos humanos, máquinas e logísticas a serem empregadas e realizadas com critérios para que haja otimização econômica dos investimentos até a obtenção do resultado esperado que é a lucratividade da empresa.

Carlin; Silva e Perecin (2004) ressaltam a importância de apropriadas práticas agronômicas no momento do plantio, pois determinará o sucesso da cultura da cana de açúcar, portanto com um bom plantio pode-se obter uma população de plantas adequadas, ausência de pragas durante a fase inicial da cultura, bom uso do solo e outras características pertinentes para conduzir o canavial à boa colheita.

O plantio é sempre o investimento determinante na condução de qualquer cultura, sendo o alicerce para seu desenvolvimento e sejam quais forem as práticas de plantio empregadas (semimecanizadas ou mecanizadas), elas devem atender tais demandas (BEACLAUIR; SCARPARI, 2006).

2.2.1 Plantio Convencional e Mecanizado

De acordo com Ripoli et al. (2007), existem três tipos de sistemas de plantio de cana-de-açúcar no Brasil, o plantio manual, o semimecanizado e o mecanizado.

O sistema manual já foi muito utilizado, principalmente em áreas declivosas da região Norte e Nordeste, até meados do século XX. Nesse sistema a capacidade de trabalho de um homem por hectare plantado é de 0,067 ha/h, em uma jornada com 45 horas e para a distribuição manual dos rebolos e fertilizantes no sulco é de 1,2 homem-dia/ha (MIALHE, 2012).

O plantio semimecanizado ou convencional, erroneamente denominado de manual, é composto por um conjunto de operações manuais e mecanizadas que envolvem as etapas de sulcação, cobertura do sulco e aplicação de defensivos e fertilizantes realizadas mecanicamente e a distribuição de mudas, fracionamento e alinhamento das mudas no sulco manualmente (RIPOLI et al., 2007).

Coleti (1987) apresenta uma relação das atividades que constituem o sistema de plantio convencional, que muitas vezes é chamado de manual, devido a predominância de operações manuais, as atividades são: corte, carregamento e transporte de mudas, sulcação e adubação, distribuição, alinhamento e picamento das mudas no sulco, cobertura dos sulcos juntamente à aplicação de inseticida, repasse manual da cobertura dos sulcos.

O sistema semimecanizado, normalmente utiliza-se de 10 a 15 homens/dia para o plantio de um ha, utilizando trator pesado tracionando sulcador/adubadora, operando em área onde houve preparo do solo de pré-plantio (MIALHE, 2012).

Benítez (1997) afirma que no sistema de plantio semimecanizado, há uma boa qualidade de distribuição de mudas no sulco, a qual não é atingida pelas plantadoras mecânicas, usadas no sistema de plantio mecanizado.

A mecanização no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar, segundo Moraes (2007) foi impulsionada com a proibição da queima nos canaviais, principalmente no estado de São Paulo, que foi antecipada, e o efetivo cumprimento das normas regulamentadoras do mercado de trabalho agrícola no Brasil, como a norma regulamentar, NR31, que alterou o perfil da mão de obra no setor.

A introdução de modernas tecnologias propostas à operação de plantio, única etapa agrícola que não era mecanizada da cultura da cana-de-açúcar, reduz a demanda de mão de obra e trazem consigo a exigência de um novo perfil de trabalhadores rurais. O uso da informática nas novas tecnologias agrícolas é o novo modelo de aplicação tecnológica na agricultura (TSCHIEDL; FERREIRA, 2002).

Com a crise no setor sucroalcooleiro nos anos 90, a mecanização sobrevém como forma de redução de custos, a colheita mecanizada ganha espaço, a facilidade de importação de máquinas devido a economia do período, traz a oportunidade para o plantio mecanizado (COLETI; STUPIELO, 2006).

Duarte Júnior et al. (2008) afirma que a maioria das etapas do processo produtivo das culturas, especificamente a da cana-de-açúcar, podem ser mecanizadas. Logo, a mecanização de processos, desde que conduzida corretamente, pode oferecer grande eficácia, aumento da capacidade operacional e, conseqüentemente, significativo retorno financeiro ao produtor (BARBOSA; SALVADOR; SILVA, 2005; SOUZA et al., 2006).

No sistema de plantio mecanizado, todas as etapas são efetuadas mecanicamente, contando com mão de obra apenas na operação das plantadoras (RIPOLI et al., 2007).

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar é uma tendência irreversível nas áreas mecanizáveis, devido ao menor custo de operação e alto desempenho operacional das plantadoras. Apesar disso, se destaca a possibilidade de as plantadoras poderem trabalhar nos turnos diurno e noturno de operação e o fato de existir pressão das leis trabalhistas para que os operários possam trabalhar com maior segurança e conforto possível (RIPOLI; RIPOLI; CASAGRANDE, 2006).

Quando se compara o plantio convencional ao plantio mecanizado Coleti e Stupielo (1987) apresentam algumas vantagens devido as operações de plantio como a abertura de sulcos, deposição das mudas nos sulcos, aplicação de fertilizantes e defensivos, cobertura ou fechamento e compactação dos sulcos ocorrerem de forma simultânea.

Garcia (2008) avaliando o plantio mecanizado e convencional, concluiu que na operação mecanizada, a demanda energética, o desempenho operacional e a biometria de mudas, causou maiores danos às gemas, conseqüentemente, reduziu o

número de gemas viáveis e aumentou a porcentagem de falhas no plantio, ocasionando redução da produtividade agrícola, em comparação ao sistema semimecanizado, que se apresentou mais rentável e viável.

O plantio mecanizado requer planejamento e organização, como, a escolha da variedade, algumas não se adaptam a este tipo de plantio por haver elevada danificação das gemas apicais, podendo prejudicar a brotação e perfilhamento, outro fator é a distância das mudas até a área de plantio, em algumas unidades produtoras há deficiência no desempenho da colheita mecanizada de mudas, manutenção corretiva das máquinas e em casos ocorre a falta de trator-transbordo, ressaltando que este não deve percorrer longas distancias em virtude do custo do transporte e a possível deterioração das mudas. (BONONI; ROSA, 2007).

Pinto e Moraes (1997), afirmam que a colheita mecânica de mudas, é a principal causadora de injúrias as gemas e rebolos, advém do processamento interno dos colmos nos sistemas rotativos da colhedora, tais como: cortador de base, rolos transportadores e facão picador.

Carlin, Silva e Perecin (2004) citam que independentemente do modelo de plantadora a ser utilizado, o fator mais importante para uma boa produtividade é a qualidade do plantio, que deverá proporcionar um bom estande de gemas por metro.

O plantio mecanizado, contudo, necessita passar por avanços, quanto a diminuição do grande volume de massa de mudas, que visa compensar falhas de deposição no sulco; a necessidade de um mecanismo dosador de rebolos; maior estabilidade em certas regiões declivosas; maior sincronismo entre velocidade do trator e velocidade na distribuição da muda; diminuição dos danos as gemas causadas dentro da plantadora (PAULI, 2009; BARROS; MILAN, 2010).

2.3 Características associadas ao plantio de cana-de-açúcar

2.3.1 Época de plantio

Deve-se estabelecer épocas de plantio que permitam obter as melhores produtividades agrícolas. Porém, a época de plantio nas diversas regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil sofre variações devido a condições climáticas,

compreendendo que o calor e umidade são os principais fatores que garantem a germinação e desenvolvimento da cultura (BRIEGER; PARANHOS, 1978).

Coleti e Stupielo (2006) citam que existem duas principais épocas de plantio de cana-de-açúcar, que varia de acordo com a maturação, o plantio de 18 meses que é realizado entre os meses de janeiro a maio, e o plantio de 12 meses, que ocorre entre os meses de setembro a outubro.

Realiza-se o plantio da cana-de-açúcar na região Centro-Sul em duas épocas, de setembro a outubro, geralmente é colhida em aproximadamente 12 meses, chamada de “cana de ano”; já se for plantada entre janeiro e março, seu crescimento dura por volta de 18 meses e, portanto, denomina-se “cana de ano e meio”. Na região Nordeste, o plantio da cana de ano e meio, também conhecido como plantio de inverno ou sequeiro (cana de 18 meses), é realizado de maio a agosto. Já o plantio da cana de ano, também conhecido como plantio de verão ou irrigado (cana de 12 meses), ocorre entre setembro e início de janeiro (ANJOS; FIGUEIREDO, 2010).

Para a região do estado de São Paulo é recomendado o plantio de cana de ano e meio, de acordo com as condições de clima, como calor e umidade. Portanto, em alguns casos específicos pode se plantar cana de ano, e de acordo com os autores Bassinello, Stolf e Limo Filho (1982) existem as vantagens e as desvantagens. As vantagens da cana de ano, seria o rápido retorno do investimento, maior utilização da terra, aproveitamento do adubo da cultura, maior número de cortes, e as desvantagens, exige rápido preparo do solo, a época de plantio coincide com o período de safra, apresenta menor produtividade agrícola em cana planta, exige solos férteis, exige variedades que floresçam pouco e que tenham crescimento e amadurecimento rápido, ocorre maior competição da cultura com as ervas daninhas, não favorece a colheita no início da safra.

2.3.2 Brotação das Mudas

A brotação é o primeiro estágio de qualquer cultura, e a presença de umidade no solo faz com que ocorra o intumescimento da gema e dos primórdios radiculares centrados na região do nó. As folhas lignificadas brotam da gema e saem pelo poro germinativo, e crescem em direção a superfície do solo. Ao mesmo tempo aparecem

as raízes do rebolo, chamadas de raízes de fixação e intensificam o consumo das reservas nutritivas do rebolo (RIPOLI; RIPOLI, 2010).

As formações de canaviais geralmente são feitas por meio de pedaços de colmos (rebolos), podendo conter uma ou mais gemas. A brotação das gemas na cana-de-açúcar é um dos processos que demandam maior cautela, pois dela dependerá em grande medida a população futura de plantas no campo (PLANA; DOMINI; ESPINOSA, 1987).

A brotação é um processo que requer conhecimento, consistindo na fase primordial na implantação da cultura de cana-de-açúcar, onde implantado sem conhecimentos básicos pode ter sua longevidade reduzida e como consequência elevação nos custos de produção (QUINTELA, 1996).

Casagrandi (1991) cita que a boa capacidade de brotação é uma característica desejável das variedades, principalmente se o plantio ocorrer em épocas com condições ambientais desfavoráveis. E segundo o mesmo autor, as diferentes variedades de cana-de-açúcar podem apresentar resultados diferentes em relação a brotação, e considerando a grande diversidade de fatores ambientais que podem implicar no processo de germinação.

2.3.3 Espaçamento

Espaçamento de plantio é a distância entre sulcos ou fileiras de plantios, no Brasil são utilizados três tipos: o uniforme quando as distâncias entre os sulcos são constantes no talhão, o alternado em que as distâncias entre sulcos são variáveis entre dois valores e o combinado, onde a distância entre sulcos, possui uma grande combinação entre faixas, com espaçamento uniforme e alternado (RIPOLI et al., 2007).

O espaçamento do plantio é uma das variáveis mais estudadas nos plantios de cana-de-açúcar, pois interfere fortemente os sistemas mecanizados que estarão trafegando nos talhões durante todo o ciclo da cultura. Normalmente, os espaçamentos de plantio podem apresentar vários tipos, com bitolas das entrelinhas alternando de 1 a 1,6 m, além do espaçamento combinado, que combinam linhas duplas distanciadas de 0,4 a 0,5 entre si e de 1,4 entre as duplas, para favorecer a colheita mecanizada (COLETI; STUPIELO, 2006).

Cox (2006) afirma que a compatibilização de um espaçamento padrão em cana-de-açúcar é dos principais desafios para o setor canavieiro, tendo em vista, principalmente a padronização de máquinas para a colheita. Quanto maior a bitola da colhedora menor será a compactação do solo, e que irá reduzir o número de passadas da máquina na área.

Para Benedini e Conde (2008), apesar das reduções das distâncias entre sulcos resultarem em ganhos de produtividade, o espaçamento ideal entre sulcos de plantio da cana-de-açúcar dependerá do sistema de colheita a ser utilizado. Na colheita mecanizada há um aumento na produção devido a redução do espaçamento, porém neste sistema ocorre um intenso tráfego de colhedoras, tratores transbordos e caminhões transbordos gera uma maior compactação do solo e pisoteio das soqueiras.

Ao ponderar as análises no processo de produção de cana-de-açúcar, Campos, Milan e Siqueira (2008) constataram que os espaçamentos irregulares entre sulcos oferecem maior criticidade, independente de qual sistema de plantio utilizado. Ressalta-se ainda que o problema de espaçamento irregular entre os sulcos durante a operação de sulcação gera resultados negativos para todas as operações subsequentes.

Espaçamentos mais estreitos entre fileiras de cana-de-açúcar, até o limite de 0,60 pode resultar em aumento de produtividade, todavia a mecanização das operações seria dificultada. Autores afirmam que espaçamentos menores que 0,90 m são limitantes para a mecanização (STOLF, 1986).

Mialhe (2012) cita que para o Brasil tem se recomenda espaçamentos de 1,30 a 1,50 m para áreas mecanizáveis, embora que em quase todas as regiões canavieiras do mundo os espaçamentos utilizados é de 0,60 a 1,00 m, apresentando maiores produtividades. E segundo o mesmo autor, na região Centro-Sul, desde a década de 80, as Usinas tem usado o espaçamento padrão de 1,40 m, escolha essa que causa pisoteio das soqueiras de cana-de-açúcar.

2.3.4 Profundidade

A profundidade interfere na qualidade de plantio de cana-de-açúcar, e deve situar-se entre 25 a 30 cm. Sulcos com profundidade superior a 30 cm, dependendo da situação pode oferecer risco de assoreamento (COLETI; STUPIELO, 2006).

A profundidade dos sulcos varia de 20 a 25 cm com largura determinada pela abertura das asas do sulcador num ângulo de 45°, com pequenas variações dependendo da textura do solo (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006).

Casagrandi (1991) cita que em condições desfavoráveis, o sulco mais profundo proporcionaria ao tolete melhores condições de umidade.

2.3.5 Sulcação

A sulcação consiste na abertura dos sulcos onde serão colocadas as mudas de cana-de-açúcar. Esta operação é realizada por tratores pesados equipados com sulcadores e adubadoras, que fazem os sulcos e ao mesmo tempo aplicam adubo (TOMAZ, 2013).

A operação de sulcação está associada com fatores como, espaçamento da cultura, profundidade e largura do sulco. Em geral, equipamentos usados na sulcação, também são adequados para realizar a adubação, simultaneamente com nitrogênio, fósforo e potássio, podendo nessa etapa efetuar a aplicação de defensivos e ainda micronutrientes (CEBIM, 2008).

A adequação do sulco de plantio de cana-de-açúcar estará sujeita a disponibilidade de diferentes tipos de sulcadores e ao sistema de plantio. Caracteriza-se três tipos básicos de sulcos: sulco convencional em “V”, sulco trapezoidal ou base larga e sulco erguido (MIALHE, 2012).

Mialhe (2012) afirma que a configuração da sulcação é em função do tipo de solo, declividade, sistema conservacionista, estrutura de conservação e tipo de preparo do solo. O planejamento da sulcação necessita ser feito antecipadamente para que a operação seja integrada a área total de cultivo a ser implantado, e facilite a operação de colheita.

2.3.6 Quantidade de mudas

A cultura canavieira é provavelmente a que mais utiliza mudas para o plantio por unidade de área, aproximadamente de 8 a 15 t ha¹, dependendo do diâmetro dos entre nós ou do sistema de plantio (NOGUEIRA; ALONSO, 2007).

Coleti (1987) afirma que a quantidade de gemas por metro de sulco nos espaçamentos depende da qualidade e da variedade da muda, devido a muda estar sujeita a danos mecânicos desde o corte no viveiro até a cobertura no sulco.

Para a CONAB (2011) o consumo de mudas por hectare no sistema semimecanizado é em média de 15 toneladas enquanto no sistema mecanizado é de 20 toneladas, podendo ultrapassar 20 toneladas se a colheita de mudas for mecânica.

No plantio mecanizado é utilizado uma quantidade superior de mudas devido ao dano mecânico nas gemas causado pelo fracionamento dos colmos em rebolos. Porém, o acréscimo na massa de mudas plantadas não significa aumento de produtividade, é justificada para compensar a menor proporção de gemas viáveis, segundo Robothan (2004).

2.3.7 Cobrição

O cobrimento das mudas de cana-de-açúcar no momento do plantio, consiste em cobrir os colmos com uma camada de terra, proporcionando condições ótimas de temperatura e umidade do solo para que suceda uma eficiente brotação (DINARCO-MIRANDA; VASCONCELOS; LANDELL, 2008).

Beauclair e Scarpari (2006) afirmam que os rebolos normalmente são cobertos com uma camada de 7 cm de solo, e deve ser ligeiramente compactada. No entanto, de acordo com o tipo de solo e as condições climáticas, podem ocorrer uma variação na espessura dessa camada.

Normalmente a quantidade de terra sobre o rebolo, varia de 5 a 10 cm, podendo ter alterações em função da variedade utilizada e época do plantio (COLETI; STUPIELO, 2006).

Ide (1984) afirma que a operação de cobrição das mudas nos sulcos de plantio, muitas vezes pode definir o sucesso de uma lavoura de cana-de-açúcar. A

cobertura de camada de solo colocado sobre as mudas e sua compactação são fatores relacionados ao fluxo de água e calor, que interferem decisivamente na brotação, emergência e perfilhamento.

Segundo Dinarco-Miranda; Vasconcelos e Landell (2008), em solos pesados ou propícios a encharcamento, deve-se cobrir os toletes com uma menor quantidade de terra, para que haja aeração suficiente e não prejudique a respiração das células constituintes deste. Já em períodos secos, a camada de terra precisará ser maior para ajudar a manter a umidade, pois a perda de água pode comprometer o metabolismo que desencadeia a brotação.

2.3.8 Perfilhamento

Para Ripoli; Ripoli e Casagrandi (2006) o processo de perfilhamento incide com a brotação sequencial das gemas a partir do colmo primário, que origina os secundários e assim continuamente, até um limite. Cada perfilho comporta-se como uma planta independente devido à presença de sua própria raiz, colmo e folhas, embora esteja interligado com os demais que compõem a touceira. E segundo o autor este processo define a formação da touceira da cana-de-açúcar e a população de colmos que serão colhidos.

Segundo Suguitani (2006), o perfilhamento é o processo de emissão de colmos ou hastes por uma mesma planta, os quais são chamados de perfilhos. Onde ocorre a partir da porção subterrânea (restolho) dos próprios colmos anteriormente formados e varia de espécie para espécie, variedades dentro da mesma espécie e manejo cultural. Além disso Doust (2007) relata que o perfilhamento em gramíneas é controlado geneticamente e sofre influência das variações ambientais.

Em estudo com cana planta, Rocha (1984) observou um perfilhamento que se processou até perfilhos terciários, e se constatou maior incidência de perfilhos secundários. Durante o ciclo da cultura, os perfilhos terciários desapareceram, chegando à época da colheita com uma predominância dos secundários sobre os primários.

Nos primeiros meses após plantio o perfilhamento é lento, e conforme as condições climáticas, como temperatura e precipitações se tornam favoráveis há um

crescimento mais intenso. Suguitani e Matsuoka (2001) avaliaram quatro variedades de cana-de-açúcar (RB835054, RB835486, RB855113 e RB855536) em duas regiões produtoras do estado de São Paulo (Araras e Valparaíso) e o número máximo de perfilhos por metro encontrado foi de 20 a 25. Até a colheita houve um decréscimo nesse número com uma redução de 40 a 50% em relação ao pico populacional, chegando a valores entre 10 a 13 perfilhos por metro dependendo da variedade.

2.4 Controle estatístico de processo

O controle estatístico de processo (CEP) é uma ferramenta estatística, bastante utilizada na área industrial nos processos de produção, com o objetivo de detectar variações ou instabilidades e conferir se os produtos estão dentro dos padrões desejáveis. É uma técnica que visa fornecer informações de como coletar dados e formalizar um padrão de qualidade, minimizando variantes nas especificações dos produtos (ROCHA, 2012; PAIXÃO, 2015).

O controle estatístico de processo ou controle estatístico de qualidade é um instrumento que aplica a estatística para monitorar os resultados e identificar falhas por meio de possíveis causas especiais e prevenções durante as operações para a minimização de erros, desta forma, podem ser evitados desperdícios de produtos, matéria prima, insumos e ainda proporcionar acréscimos na produtividade de empresas ou do produtor rural (IGNÁCIO, 2010)

Todos os processos produtivos de bens ou de serviços, inclusive os agrícolas, a variabilidade também intitulada como dispersão está presente, sendo mensurada pelos Indicadores de Qualidade (variáveis ou atributos) (SOUZA, 2003).

Bonilla (1994) citado por Silva e Votarelli (2015) afirmam que a gestão de qualidade quando empregada na agricultura, pode trazer avanços para o setor, com aumento da lucratividade, reduzindo custos e com cumprimento com o desenvolvimento sustentável, proporcionando uma vida melhor para os agricultores.

Os métodos estatísticos de qualidade, são recentes na agricultura e com o auxílio das ferramentas de qualidade, têm se obtido avanços no monitoramento de práticas agrícolas mecanizáveis, obtendo resultados mais acurados, de modo, que o processo seja realizado com maior eficiência (PAIXÃO, 2015).

A carta de controle foi apresentada por Walter Shewart em 1924, é a ferramenta mais importante do controle estatístico de qualidade. O conceito das cartas de controle é claro, se o processo é monitorado regularmente, seu comportamento será conhecido, tornando-se fácil reconhecer quando o mesmo apresenta estabilidade ou instabilidade de um processo (SILVA; VOTARELLI, 2015).

As cartas de controle proporcionam a constatação da qualidade operacional de determinada atividade mecanizada, onde possuem informações, tais como, limite superior de controle (LSC); limite inferior de controle (LIC); média; amplitude móvel (resultante da diferença entre o dado atual e o anterior). Esses limites são originados através da análise estatística e baseados na variabilidade dos dados processados. Desta forma, pontos que se apresentassem fora destes limites, indicam a possibilidade da existência de causas especiais, interferindo no processo de produção. Os limites são determinados com base no desvio padrão das variáveis (NORONHA et al., 2011).

O indicador de qualidade é uma medida indireta, sendo resultante de problemas a serem resolvidos em determinada área, este indicador pode ser exposto como índice, fato, taxa, número absoluto ou coeficiente, desse modo analisando parâmetros quantitativos ou qualitativos de acordo com os resultados, estrutura, meio ambiente e processo (BRITTAR, 2001).

De acordo com Nomelini; Ferreira e Oliveira, 2009 as cartas de controle é o teste de hipótese, no qual pontos fora de controle é considerado pela hipótese alternativa, e processo sob controle por meio da hipótese nula. Nas cartas de controle com instabilidade sugere-se a utilização da run chart para verificar com maior precisão o comportamento dos dados, se estão sendo influenciados ou não pelos padrões aleatórios.

Os gráficos sequenciais (run chart) são utilizados para a verificação do processo, permite identificar a presença de causas especiais de variação e acompanhar a continuidade do processo ao longo do tempo, por meio das detecções de padrões de não-aleatoriedade (WERKEMA, 2006; MINITAB, 2007).

Para National Health Service - NHS Scotland (2015), este tipo de gráfico sequencial é uma sequência ordenada de dados, com um eixo horizontal centralizado, e permite o monitoramento do processo e a identificação do tipo de

variação a que o próprio está submetido ao longo do mesmo. O eixo central pode representar à média ou a mediana, sendo a média mais usada na maioria dos casos, exceto para dados discretos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área experimental

As determinações de campo foram feitas em área cedida pela Usina São Carlos, no município de Monte Alto, SP, com coordenadas geográficas, Latitude: 21°16' S e Longitude 48°24' We 630 m de altitude.

A área apresenta uma declividade média de 6 %, o relevo é suave a ondulado predominantemente.

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ARGILOSO, segundo EMBRAPA (2006).

Para a determinação da classe textural do solo, foram retiradas 20 amostras simples, para cada talhão, uniformemente em volume e profundidade para compor a amostra composta. O solo estava com teor de água médio de 16% no momento do plantio e o solo foi classificado como textura argilosa. (Tabela 1).

Tabela 1 - Características físicas do LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ARGILOSO.

Solo	Profundidade (m)	Argila (g kg⁻¹)	Silte (g kg⁻¹)	Areia (g kg⁻¹)	Textura
Latossolo	0,0 – 0,20	230	60	701	Argilosa
	0,20 – 0,40	290	50	660	
	0,40 – 0,60	320	40	640	
	0,60 – 0,80	351	33	616	

O clima da região é do tipo mesotérmico com inverno seco, e precipitação média de 1.400 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro.

Foram analisados dois sistemas de plantio: o convencional (semimecanizado) e o mecanizado.

A área experimental foi de 12 ha para o sistema de plantio convencional e 29 ha para o mecanizado.

A variedade utilizada foi a SP813250, caracterizada como rica em produtividade, época de colheita média a tardia, ambientes de produção de B a D e bom fechamento entrelinhas (CASAGRANDE, 1991). O espaçamento utilizado para o plantio foi de 1,50 m entre fileiras e como padrão da unidade produtora.

3.2 Máquinas e mão-de-obra utilizadas nas operações

Em todas as operações listadas abaixo, utilizou-se o trator 4x2 TDA de 133 KW.

3.2.1 Preparo do solo

- Subsolador de 5 hastes a 0,50 m de profundidade e massa de 2900 Kg;
- Grade pesada de massa 5.272 kg com 16 discos a 0,25 m de profundidade;
- Grade intermediária de massa 3.119 kg com 28 discos a 0,15 m de profundidade;
- Carreta aplicadora de calcário (capacidade até 5 t).

3.2.2 Plantio Convencional (Semimecanizado)

Para as operações no sistema convencional, utilizou-se os seguintes equipamentos:

- Sulcador de duas linhas (1,5 m de espaçamento) com duas caixas de 350 kg cada para acondicionamento do adubo;
- Trator 4x2 de 73 kW com garra carregadora para distribuição de mudas;

- Caminhão caçamba;
- Cobridor de duas linhas (espaçamento de 1,5 m) com tanque reservatório de 300 L de capacidade.

A velocidade de deslocamento do conjunto trator mais sulcador ficou entre 5 a 7 km/h⁻¹, do conjunto trator mais cobridor está entre 6 a 8 km/h⁻¹.

Além desses equipamentos, houve demanda de mão-de-obra de 40 trabalhadores, sendo: três operadores (sulcadores); três operadores (carregadora); dois operadores (cobridores); um operador (caminhão caçamba); 30 trabalhadores cortadores de mudas (rebolos).

3.2.3 Plantio Mecanizado

Para as operações do sistema mecanizado, utilizaram-se os seguintes equipamentos:

- Colhedora de cana preparada para colheita de mudas kit mudas” – peças emborrachadas;
- Caminhões para transbordos;
- Transbordos com capacidade de 7000 kg;
- Plantadora de duas linhas de plantio provida de depósito para adubo de 1250 kg de capacidade, tanques reservatórios com 600 L e tanque para acondicionamento das mudas picadas com capacidade de 6000 kg.

A velocidade de deslocamento do conjunto tratorizado com carga na operação foi de 6,0 km h⁻¹. A vazão de óleo necessária do trator que alimenta as esteiras da plantadora foi regulada para 130 L min⁻¹.

Além desses equipamentos, houve demanda de mão-de-obra de 12 trabalhadores, sendo: 2 operadores (trator-plantadora); 2 operadores (plantadora); 6 operadores (transbordos); 2 líderes agrícolas.

3.3 Indicadores de qualidade

As variáveis utilizadas como indicadores de qualidade foram:

- Número total de gemas
- Número de gemas viáveis
- % de gemas viáveis
- Profundidade
- Alinhamento das fileiras
- Altura de cobrição
- Perfilhamento aos 30 dias
- Perfilhamento aos 60 dias

Foram tomadas 40 amostras distribuídas ao acaso para avaliação dos indicadores de qualidade do processo em cada sistema de plantio, totalizando 80 amostras. Cada ponto de coleta de dados foi composto de 10 m de avaliação.

As máquinas e implementos utilizados nos sistemas de plantio foram regulados de acordo com os padrões de qualidade da usina. De acordo com as características de plantio da usina e controle de qualidade da mesma, as máquinas seguiram os critérios pré-estabelecidos para espaçamento e aferição das quantidades de adubo e inseticida.

3.3.1 Gemas totais, viáveis e % das viáveis

O monitoramento do número de gemas totais (NGT) e número de gemas viáveis (NGV), foi realizado lançando dentre os 10 m de sulco avaliado, um gabarito de um metro quadrado no qual foi contado o número de gemas totais e viáveis.

No sistema de plantio mecanizado, a plantadora foi regulada de acordo com padrões de qualidade da Usina para que houvesse a deposição de 22 a 24 gemas por metro de sulco. Já para o sistema de plantio semimecanizado foi estabelecido a padrão de 18 a 20 gemas por metro de sulco.

Definiu-se como gemas viáveis aquelas que não sofreram ataques de pragas e doenças e também pelas prováveis fragmentações proporcionadas 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.

A porcentagem de gemas viáveis foi obtida por meio da equação:

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

Em que:

%GV = Porcentagem de gemas viáveis

NGV = Numero de gemas viáveis m⁻¹

NGI = Numero de gemas inviáveis m⁻¹

100 = Fator de conversão

3.3.2 Profundidade de sulcação e cobrimento

Cavou-se até a profundidade de sulcação e com um sarrafo de madeira posicionado na borda dos sulcos com uma régua graduada, mediu-se a distância entre o solo e o sarrafo determinando a profundidade de sulcação e cobrimento, como mostrado na figura 1.

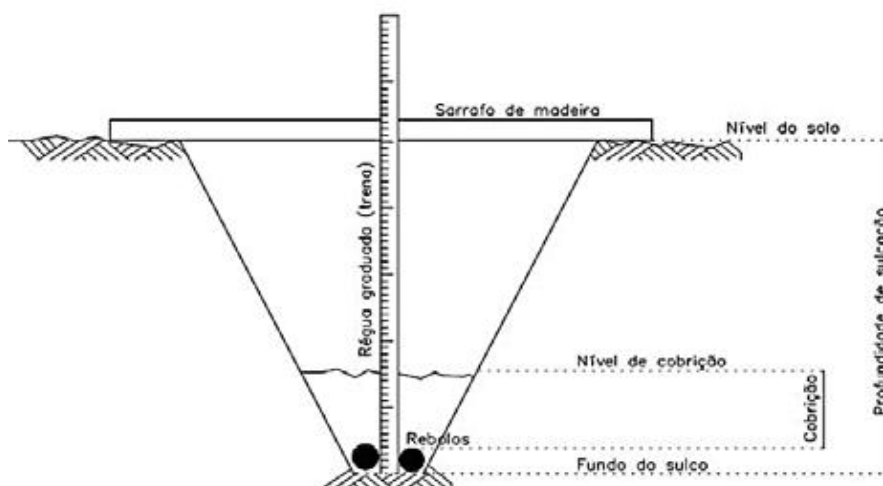


FIGURA 1 Croqui para determinação de sulcação e cobertura.

Fonte: Cebim, 2008.

3.3.3 Paralelismo

Mediu-se a distância entre 10 sulcos de plantio e o paralelismo entre os mesmos em 5 passadas dos conjuntos tratorizados, em cada tratamento.

3.3.4 Perfilhamento

Posteriormente, aos 30 e 60 dias respectivamente após o plantio, foram efetuadas as contagens de todos os perfilhos presentes nos 10 m de avaliação.

3.4. Análises estatísticas

3.4.1 Análise descritiva

Quanto a análise inicial, os dados foram submetidos à estatística descritiva, para permitir a visualização geral do comportamento dos dados, permitindo analisar os dados como sendo independentes entre si, sem considerar a influência do local de amostragem e as posições respectivas.

Análise descritiva baseia-se na sistematização, caracterização e verificação dos dados que serão analisados, determinando a variabilidade e distribuição dos mesmos (MEDRI, 2011).

Realizou-se a análise descritiva calculando-se as medidas de tendências centrais (média e mediana), medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação) e medidas de assimetria e de curtose. A constatação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Anderson-Darling, sendo uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade conferindo maior rigidez à análise (ESPINOSA, CALIL JUNIOR e LAHR, 2004).

As medidas de dispersão como, desvio padrão, amplitude total e coeficiente de variação, comprovam a distribuição dos valores em torno da média tendo-a como referência, e essas medidas permitem analisar a variabilidade dos dados estudados (REIS, 2009).

O coeficiente de variação (CV) é estimado como medida de dispersão, sendo obtido em porcentagem por meio do desvio padrão e média, com o desígnio, de confrontar com mais eficiência a variabilidade dos valores, contendo unidades diferentes ou não (GOMES; GARCIA, 2002).

3.4.2 Controle Estatístico de Processo

No Controle Estatístico de Processo (CEP) para utilização de suas ferramentas, cada repetição é tratada como um valor individual, ponto a ponto, a fim de verificar a variabilidade pontual e a existente ao longo da operação. Para a construção dos gráficos sequenciais e das cartas de controle para valores individuais e de amplitudes móveis foram utilizados todos indicadores de qualidade da operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar independentemente da sua suposição de normalidade.

3.4.2.1 Uso de gráficos sequenciais

Para Werkena (2006) o gráfico sequencial (run charts), é um gráfico de dados ao longo do tempo, permitindo a verificação e a aleatoriedade ou não aleatoriedade do processo permitindo identificar as possíveis presenças de causas especiais de variação, principalmente quando as cartas de controle são diagnosticadas como estáveis, como todos os pontos dentro dos limites de controle.

De acordo com NHS Scotland (2015), o ideal para se indicar um gráfico sequencial é que se tenha um mínimo de 15 pontos amostrais, sendo possível identificar a ocorrência de causas não aleatórias decorrentes do processo e identificar o padrão existente, podendo ser este padrão classificado como tendência (sequência de sucessivos aumentos ou diminuições nas observações), oscilação (existência de um padrão regular está ocorrendo ao longo do tempo), mistura (ausência de pontos próximos à linha central) e agrupamento (grupos de pontos em uma área determinada gráfico sequencial).

Este tipo de gráfico é uma sequência ordenada de dados, com um eixo horizontal centralizado (representando a média ou a mediana, sendo a mediana mais usada na maioria dos casos), permite ainda o monitoramento do processo e a identificação do tipo de variação a que o mesmo está submetido ao longo do tempo, pela análise conjunta dos parâmetros sensitivos dos gráficos em função dos desvios padrão da média (NHS SCOTLAND, 2015).

Para a verificação da possível aleatoriedade dos dados foi realizada por meio do teste de probabilidade a 5% e, uma vez que o p-valor para os padrões estiver inferior a 0,05, rejeita-se a hipótese nula de não aleatoriedade, em favor da alternativa para o padrão testado (MINITAB, 2007).

Os gráficos *run charts* devem ser usados como complemento, auxiliando na avaliação junto das cartas de controle, assim podendo obter maior precisão do comportamento dos indicadores de qualidade.

3.4.2.2 Cartas de controle para valores individuais e de amplitude móvel

Nas cartas de controle, tanto das cartas de valores individuais como nas de variação do processo (amplitudes móveis), um processo se apresenta sob controle

ou também denominado com estável, evidencia somente variação aleatória, dentro dos limites, (superior e inferior) de controle. Já um processo que se encontra fora com pontos além dos limites de controle inferior e superior, demonstra variação devido a causas especiais, não assinaláveis ou não aleatórias, extrínsecas ao processo.

As cartas apresentam dois gráficos: o primeiro corresponde apenas aos valores individuais; já no segundo refere-se à Amplitude Móvel, sendo a diferença do valor atual e do valor anterior, baseados nos valores individuais, sendo que para elaboração de cartas com mais de um tratamento agrupados na mesma carta utilizou-se a Amplitude Móvel Individual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise da estatística descritiva

As variáveis número de gemas viáveis, perfilhamento aos 30 e 60 dias após o plantio (P30 e P60, respectivamente) no sistema convencional de plantio de cana-de-açúcar podem ser descritas pela função densidade de probabilidade normal de acordo com o teste de Ryan-Joiner, podendo esta situação ser confirmada pelo valor do teste ser próximo a zero, retratando também uma condição de distribuições dos dados próximos a sua simetria (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de distribuição normal de probabilidade e parâmetros da estatística descritiva para os indicadores do plantio convencional de cana-de-açúcar.

Variável	Média	Dp	CV	Md	Cs	Ck	RJ	p-Valor
NGT m⁻¹	23,1	8,5	37,1	22,1	2,31	8,08	1,81	<0,005 ^A
NGV m⁻¹	20,3	7,5	36,9	20,1	1,12	1,79	0,72	0,06 ^N
GV (%)	87,5	9,4	10,8	90,2	-1,04	-0,05	2,33	<0,005 ^A
Profundidade (cm)	27,7	3,3	11,9	28,2	-0,33	0,31	0,81	0,03 ^A
Alinhamento (m)	1,55	0,1	6,4	1,55	1,27	1,48	1,47	<0,005 ^A
AC (cm)	8,5	1,5	17,5	8,2	0,50	0,10	1,09	<0,005 ^A
P30	13	4,1	31,4	12,3	0,89	0,78	0,69	0,06 ^N
P60	18	6,6	36,9	17,8	1,12	1,79	0,72	0,06 ^N

NGT: número de gemas totais; NGV: número de gemas viáveis; GV: porcentagem de gemas viáveis; AC: altura de cobertura; P30: perfilhamento 30 dias após o plantio; P60: perfilhamento após 60 dias de plantio. Dp – desvio padrão; CV (%) – coeficiente de variação; Md – mediana; Cs: coeficiente de assimetria; Ck – coeficiente de curtose; 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.

Por outro lado, as variáveis número de gema totais, alinhamento, altura de cobertura, perfilhamento apresentaram distribuições assimétricas de probabilidade, apresentando coeficientes de assimetria (positivos) e de curtose (positivos), caracterizando curvas de distribuições mais alongadas à direita e com maiores afilamentos, respectivamente. Podendo, esta última ser denominada como

leptocúrtica, em relação à curva de distribuição normal, apesar do baixo valor de coeficiente de variação para a altura de cobertura (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002) e desvio padrão.

Observa-se ainda que as variáveis porcentagem de gemas viáveis e profundidade dos sulcos apresentam o valor da média menor que o da mediana, resultando em coeficiente de assimetria negativo, indicando que as curvas de distribuições estão mais alongadas a esquerda em relação à curva de distribuição normal. Ressalta-se ainda que os coeficientes de curtose para a porcentagem de gemas viáveis e profundidade dos sulcos apresentam valores negativos e positivos, representando menor e maior afilamento, respectivamente, das curvas, em relação à normal.

Segundo Voltarelli (2013) os parâmetros da estatística descritiva para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar, nem sempre apresentam um conjunto de dados com distribuições simétricas e normais, porém, tais condições não retratam que os dados estão inadequados para uma análise de qualidade, sendo que o acompanhamento e quantificação dos indicadores de qualidade decorrente do plantio são essenciais para o processo de produção de cana-de-açúcar independente do comportamento do conjunto de dados.

A porcentagem de gemas viáveis e perfilhamento aos 30 e 60 dias após o plantio (P30 e P60, respectivamente) no sistema mecânico de plantio de cana-de-açúcar podem ser descritas pela função densidade de probabilidade normal de acordo com o teste de Ryan-Joiner, retratando também uma condição de distribuições dos dados próximos a sua simetria (Tabela 3).

Tabela 3 - Teste de distribuição normal de probabilidade e parâmetros da estatística descritiva para os indicadores do plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Variável	Média	Dp	CV	Md	Cs	Ck	RJ	p-Valor
NGT m⁻¹	26,7	9,9	37,3	25,1	0,72	0,40	0,77	0,04 ^A
NGV m⁻¹	23,4	8,7	37,4	21,7	0,59	0,22	0,78	0,03 ^A
GV (%)	87,6	7,9	9,1	87,8	-0,69	1,20	0,76	0,11 ^N
Profundidade (cm)	28,1	3,2	11,4	28,1	0,73	2,28	0,58	0,03 ^A
Alinhamento (m)	1,49	0,06	4,3	1,51	-0,32	0,93	1,25	<0,005 ^A
AC (cm)	8,1	2,1	25,1	8,3	-0,35	3,81	1,31	<0,005 ^A
P30	6,1	2,3	34,1	6,4	0,67	0,20	0,63	0,09 ^N
P60	12,2	4,1	33,6	11,2	0,54	0,24	0,69	0,06 ^N

NGT: número de gemas totais; NGV: número de gemas viáveis; GV: porcentagem de gemas viáveis; AC: altura de cobertura; P30: perfilhamento 30 dias após o plantio; P60: perfilhamento após 60 dias de plantio. Dp – desvio padrão; CV (%) – coeficiente de variação; Md – mediana; Cs: coeficiente de assimetria; Ck – coeficiente de curtose; 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.

As variáveis número de gemas totais, número de gemas viáveis e profundidade dos sulcos apresentam distribuição não normal de probabilidade do conjunto de dados. Esta situação pode ser explicada em virtude das distribuições assimétricas dos mesmos, com coeficientes de assimetria e curtose positivos, resultando em curvas de distribuição mais alongada a direita e com maior afilamento, respectivamente. Nota-se ainda que as medidas de dispersão (coeficiente de variação e desvio padrão) apresentam-se com padrões de média a elevada variabilidade (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

Analisando-se as médias e as medianas das variáveis alinhamento de plantio e altura de cobertura, nota-se que os valores da primeira (média) são inferiores aos da segunda (mediana), resultando em curvas distribuições mais alongadas a esquerda com a concentração dos dados a direita, podendo ser comprovado pelos valores negativos do coeficiente de assimetria. Por outro lado, os coeficientes de curtose positivos indicam maior afilamento da curva de distribuição dos dados, representando maior quantidade de pontos com valores acima da média amostral.

Segundo Schafer et al. (2012), independentemente da suposição de normalidade do grupo de dados, torna-se possível a utilização das cartas de controle Shewhart, porém a análise e a interpretação do processo devem ser feitas com maior critério para haver melhor confiabilidade dos resultados sobre o nível de qualidade do processo. Em afirmação a esta teoria, Voltarelli et al., (2013) avaliaram o desempenho do conjunto trator-plantadora no plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno da operação e relataram que o monitoramento, adequação do processo as metas e melhorias durante a operação devem ser realizadas, independente da suposição de normalidade dos dados, uma vez que a experiência no gerenciamento dos resultados é o fator diferencial para uma análise de controle estatístico de processo.

4.2 Controle estatístico de processo

4.2.1 Padrões de aleatoriedade (*Run Charts*)

Na Tabela 4 verificam-se os valores padrões de aleatoriedade detectados pelas análises dos gráficos sequenciais para os indicadores de qualidade número de gemas totais, número de gemas viáveis, porcentagem de gemas viáveis, perfilhamento aos 30 e 60 dias após o plantio, para os sistemas convencional e mecânico de plantio de cana-de-açúcar, resultando em variações apenas de origem natural no decorrer do processo.

Tabela 4 - Valores padrões de probabilidade dos gráficos sequenciais para o plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar.

Indicador de qualidade	Tratamentos	Padrões			
		A**	M	T	O
NGT m ⁻¹	Convencional	0,26 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{ns}
	Mecanizado	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{ns}
NGV m ⁻¹	Convencional	0,52 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{ns}
	Mecanizado	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,33 ^{ns}
GV (%)	Convencional	0,26 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,15 ^{ns}
	Mecanizado	0,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Profundidade (cm)	Convencional	0,03**	0,97 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}
	Mecanizado	0,28 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,04**	0,98 ^{ns}
Alinhamento (cm)	Convencional	0,02**	0,97 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{ns}
	Mecanizado	0,12 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Altura de cobertura (cm)	Convencional	0,50 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,02**	0,98 ^{ns}
	Mecanizado	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,04**	0,95 ^{ns}
P30 m ⁻¹	Convencional	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{ns}
	Mecanizado	0,37 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,39 ^{ns}
P60 m ⁻¹	Convencional	0,52 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,60 ^{ns}
	Mecanizado	0,26 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,15 ^{ns}

**A – Agrupamento; M – Mistura; T – Tendência; O – Oscilação. *valores padrões de não aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a $p < 0,05$; ^{ns}valores padrões de aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a $p > 0,05$.

Segundo Voltarelli (2013) esta aleatoriedade ou causas naturais dos valores padrões retratam que para esses indicadores de qualidade os mesmos podem não causar ou gerar a instabilidade do processo, o que tem como consequência maior segurança na interpretação dos resultados e, posteriormente, no desempenho da qualidade da operação, situação esta semelhante aos resultados apresentados pelo presente trabalho. Por outro lado, os indicadores de qualidade profundidade, alinhamento e altura de cobertura apresentaram comportamento não-aleatório ou a ocorrência de padrões da distribuição dos valores individuais ao longo tempo e/ou no espaço, sendo que estes também podem ou não afetar o decorrer de um processo tornando-o instável.

Observa-se ainda que não houve diagnóstico do padrão de oscilação e mistura para todas as variáveis para ambos os sistemas de plantio de cana-de-açúcar (convencional e mecânico), podendo indicar que sob a óptica deste

resultado, os indicadores de qualidade não sofreram alternância dos valores individuais ao redor da média repetidas vezes, sistematicamente, e não representam uma distribuição binomial dos dados, respectivamente, em ambos os sistemas de plantio.

A análise dos gráficos sequenciais pode ser complementada quando utilizada conjuntamente com as cartas de controle de valores individuais, pois a distribuição dos pontos ou repetições ao longo do processo são as mesmas para os dois testes. A diferença entre eles é que o primeiro detecta padrões de não aleatoriedade por meio do teste de probabilidade ($p < 0,05$), em função dos desvios padrão da média e utiliza-se como base de cálculo (para o valor p) parâmetros estatísticos da distribuição normal, e o segundo, verifica a estabilidade do processo somente em função do desvio-padrão da média (VOLTARELLI, 2013).

Portanto, os indicadores de qualidade que apresentaram padrão (ões) de não aleatoriedade, ou seja, sendo considerados sob influência de causas externas atuando no processo, serão discutidos a seguir juntamente com as análises das cartas de controle (VOLTARELLI et al., 2015).

4.2.2 Cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel

Para o número de gemas totais o plantio mecanizado apresenta os limites de controle, para carta de controle de valores individuais, um pouco distantes da média (Figura 2a), em relação ao plantio semimecanizado, o que resulta na maior variabilidade deste indicador de qualidade ao longo da operação de plantio, podendo ser evidenciado também pelas cartas de amplitude móvel (Figura 2b). Observa-se ainda que pela análise da Tabela 4, não houve a ocorrência de padrões de não aleatoriedade para este indicador de qualidade, porém, com esta ferramenta da qualidade é complementada junto às cartas de controle, independentemente do padrão detectado o processo pode apresentar-se como instável ou estável, sendo que para o presente estudo, apesar de ocorrer somente padrões com variações naturais, as cartas de controle apresentaram-se instáveis.

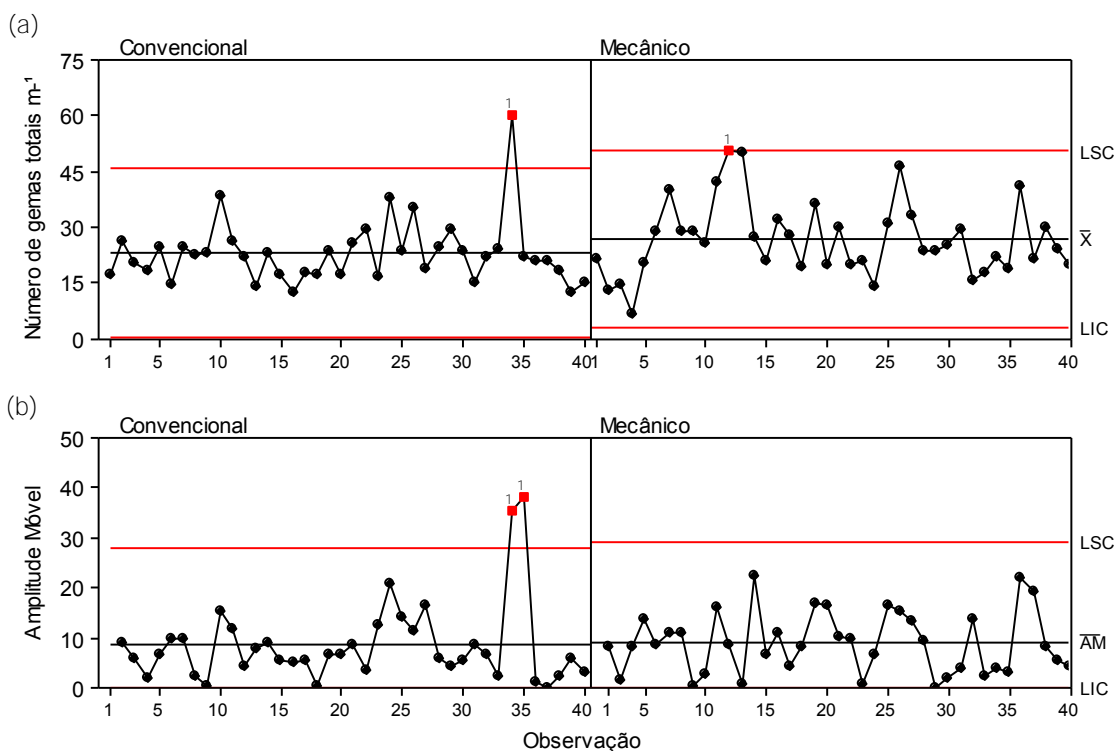


FIGURA 2. Cartas de controle para o número médio de gemas totais na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Por outro lado, pode-se notar a existência de pontos acima dos limites superior de controle na carta de valores individuais (observação nº 34) e de amplitude móvel (observação nº 34 e 35) para o plantio semimecanizado e, somente, um ponto acima do limite de controle para o plantio mecânico (observação nº 12), determinado a instabilidade de ambos os processos. Estes pontos fora dos limites superior de controle podem ser chamados de “outliers” e, portanto, explicam a variação existente dentro de um processo. Ressalva-se ainda que, para esta variável as mínimas presenças de “outliers” ocorreram por causas especiais, podendo não ter influenciado diretamente a operação com um todo.

Raveli (2013) relatou que no sistema convencional há uma maior homogeneidade quando se fala em número de gemas total por metro de sulco, caso que pode ser explicado pelo fator mão de obra, que neste sistema é realizado por trabalhadores rurais, que efetuam a deposição e corte da muda em rebolos dentro

do sulco e, conseqüentemente, a dosagem de gemas por metro. O mesmo autor relata ainda que, o sistema mecanizado (fator máquina - plantadora), possui erros de deposição na dosagem de rebolos, o que também pode causar a instabilidade e redução da qualidade do processo de plantio. Esta situação pode ser evidenciada para o presente trabalho, uma vez que a variabilidade do plantio mecânico em relação ao semimecanizado também é maior, sendo assim torna o processo mais susceptível à ocorrência de pontos fora dos limites de controle.

Para o número de gemas viáveis as cartas de valores individuais (Figura 3a) apresenta para o sistema de plantio convencional um ponto acima do limite superior de controle (observação nº 34), resultando na instabilidade do processo. Este fato pode ser explicado em decorrência do ocorrido para o número total de gemas (Figura 2a), uma vez que estas variáveis possuem certa dependência uma com a outra, torna-se normal ocorrer uma maior quantidade de gemas viáveis nesse local, afirmando a ideia da ocorrência natural de um ponto discrepante.

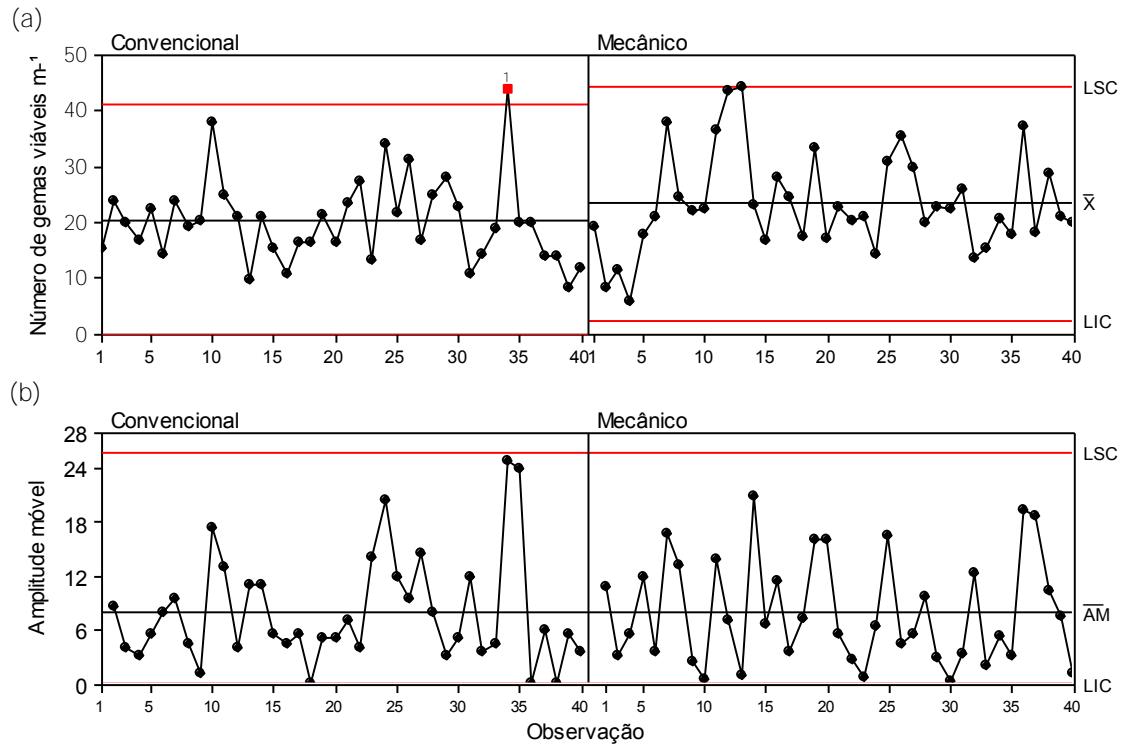


FIGURA 3 Cartas de controle para o número de gemas viáveis na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Por outro lado, para o plantio mecânico apresenta a estabilidade do processo com todos os pontos dentro dos limites de controle e a maior quantidade de gemas viáveis, resultando em uma situação onde só presença de causas aleatórias no processo. Ressalta-se ainda que, para este sistema de plantio a variabilidade foi levemente maior em relação ao sistema convencional (Figura 3b). O número de gemas viáveis é uma característica importante na operação de plantio, sendo determinante para garantir um bom estado de plantas e, conseqüentemente, bons resultados. No sistema convencional de distribuição de mudas a mão de obra é fator determinante e já no sistema mecanizado depende das regulagens da esteira distribuidora de mudas das plantadoras, que está sujeito em grande parte da habilidade, experiência e treinamento do operador.

Para Voltarelli (2013), a provável explicação para esse aumento da variabilidade e do número de gemas viáveis é devido ao fator máquina, que possivelmente afetou negativamente esta variável, devido à colheita mecanizada de mudas, sendo associados também aos demais danos e ou atritos causados pelo carregamento e transporte das mudas até a área de plantio, portanto, a quantidade de gemas viáveis distribuídas no plantio mecanizado é superior ao convencional.

Nessa mesma linha de raciocínio, Zhang, Ou e Mou (2009) realizando testes por meio de modelagem dos divisores de linhas de cana-de-açúcar na colheita mecanizada de mudas, relataram que a inclinação dos colmos a serem levantados por este sistema não deve ser inferior a 15° para não haver danos aos colmos e, conseqüentemente, nas gemas o que acarretaria na diminuição da sua viabilidade, ao serem levantados e direcionados ao mecanismo de corte, podendo influenciar o desenvolvimento inicial da cultura. Outros autores também descreveram mais detalhadamente sobre o tema (SONG et al., 2010; SONG, OU e LIU 2011; XIE, OU e LIU, 2011).

O indicador de qualidade porcentagem de gemas viáveis apresentou instabilidade do processo, tanto nas cartas de valores individuais como nas cartas de amplitude móvel, para o sistema de plantio convencional e mecânico (Figura 4a e 4b). Ressalta-se ainda que o plantio mecanizado apresentou maior variabilidade no decorrer da operação, situação esta que resulta na menor qualidade deste sistema de plantio.

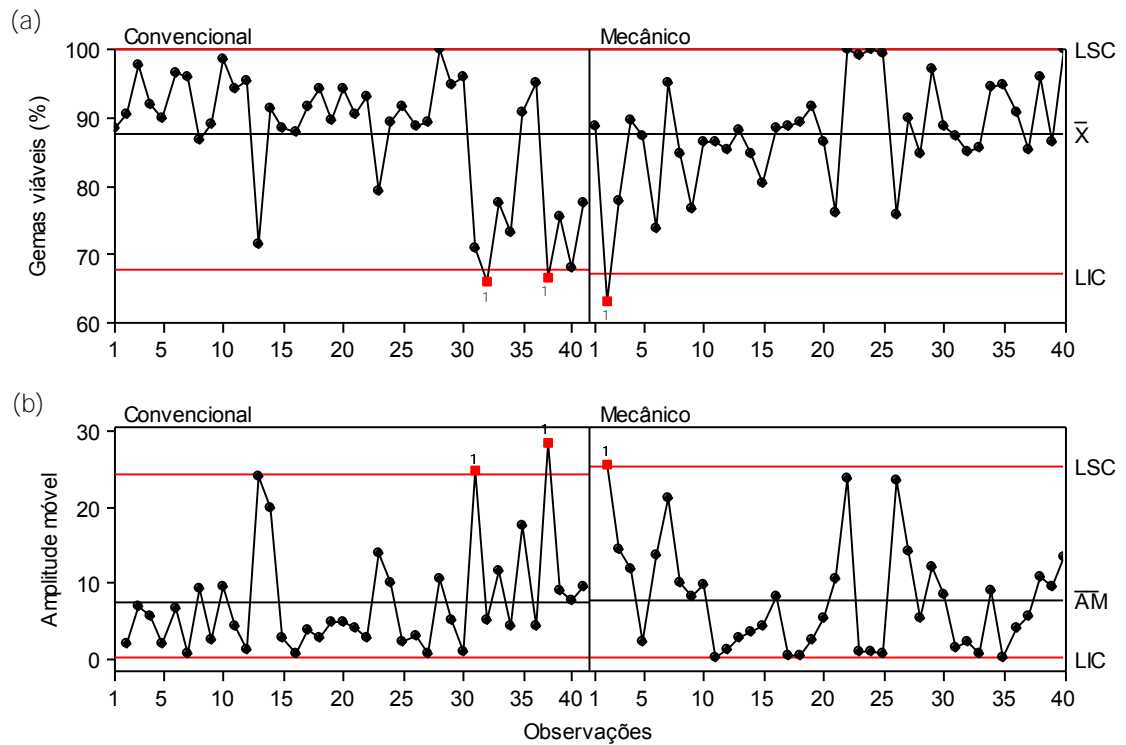


FIGURA 4 Cartas de controle para porcentagem de gemas viáveis na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Observa-se ainda que, a porcentagem de gemas viáveis está próxima ao valor de 100%, principalmente, para o sistema de plantio semimecanizado, em relação ao mecânico. Portanto, associando este fato ao plantio mecânico, na qual sofre maiores problemas com a deficiência de gemas viáveis nos sulcos, pode se notar que o gerenciamento da colheita de mudas, foi realizado de maneira eficaz, bem como os tratos culturais antecedentes a colheita, que na somatória destes dois fatores, foi possível aumentar a qualidade das gemas finais nos sulcos de plantio. Voltarelli (2013) apresentou valores médios da porcentagem de gemas viáveis próximos 60% nos turnos diurnos e noturnos da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar. Neste sentido, esse resultado difere dos apresentados pelo presente trabalho, uma vez que a porcentagem de gemas viáveis é superior em

torno de 20%, retratando a qualidade em que o sistema de colheita de mudas-plantio mecanizado foi realizado.

De acordo com Lai et al. (2011), por meio de simulação, constataram que, para haver menores índices de danos às mudas na colheita mecanizada, é necessário utilizar nova concepção do mecanismo de sustentação do corte basal que proporcione maior qualidade à operação. Os autores ainda relatam que a colheita mecanizada é a maior causa de diminuição da porcentagem de gemas viáveis designadas à operação de plantio de cana-de-açúcar. Estes resultados possuem em partes concordância com os apresentados no presente estudo, uma vez que, quando o gerenciamento da colheita de mudas for realizado de maneira eficaz atendendo ao uso do kit de mudas e menor velocidade de colheita, é possível obter um plantio de qualidade com as máquinas disponíveis no mercado.

Para a profundidade do sulco, houve pontos que extrapolam os limites superiores de controle nos dois sistemas avaliados, tanto para as cartas de valores individuais como nas cartas de amplitude móvel (Figura 5a e 5b, respectivamente), porém no sistema convencional a variabilidade dos dados foi menor em relação ao mecanizado, e a menor variabilidade reflete uma operação de maior qualidade. Esta situação de instabilidade era esperada em virtude de haver padrões de não aleatoriedade atuantes no processo, sendo agrupamento e tendência para o plantio convencional e mecânico, respectivamente (Tabela 4). O agrupamento torna-se interessante quando estes valores estão próximos ao padrão estabelecido com meta da operação, enquanto que tendência indica a variação crescente ou decrescente deste conjunto de dados ao longo da operação.

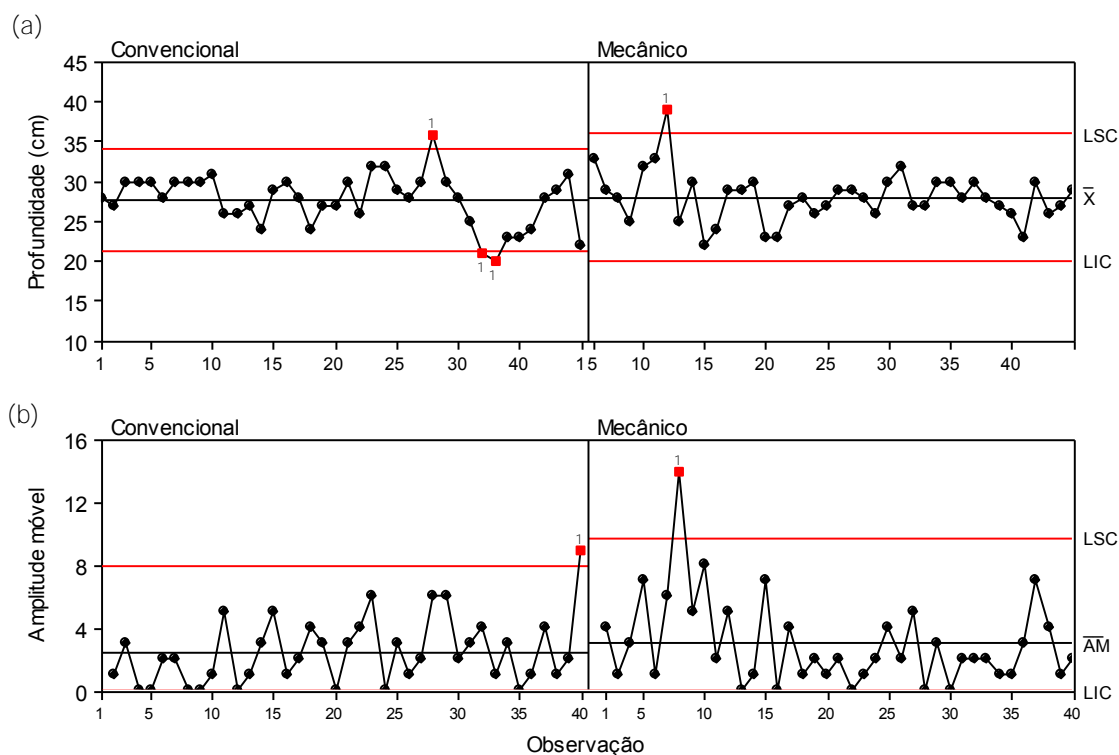


FIGURA 5 Cartas de controle para a profundidade dos sulcos na operação do plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Ao se observar o ponto acima do limite superior para o plantio convencional (observação nº 28), a possível explicação para o mesmo é que neste momento a velocidade de trabalho do conjunto mecanizado foi menor, bem como as caixas de adubos estavam completamente abastecidas (proporcionando maior massa ao implemento), em associação com a correta regulagem do equipamento, fazendo com que o mesmo atingisse a maior profundidade de plantio e, para os pontos com menor profundidade (observações nº 32 e 33) ocorreu a situação inversa. Por outro lado, o ponto de maior profundidade constatado pela plantadora (observação nº 47) pode ser explicado em virtude da maior massa de mudas dentro da plantadora, associado a menor velocidade de trabalho da mesma, sendo estes os fatores que somado a correta regulagem do mecanismo sulcador da plantadora que conferem qualidade da profundidade de plantio.

De acordo com Coleti e Estupillo (2006) a profundidade de sulcação deve estar entre 25 a 30 cm para haver a melhor relação entre o solo e as partes vegetativa da planta (gemas) proporcionando condições para o seu desenvolvimento e brotação. No entanto, foi constatado para o presente trabalho uma situação próxima a essa, na qual a variação de profundidade oscilou entre 19 a 38 cm, sendo esta influenciada por diversos fatores, sendo o principal dele o potencial aumento da velocidade de trabalho, fazendo com a sulcação se torne mais superficial.

Raveli (2013) ao avaliar o plantio semimecanizado e mecanizado de cana-de-açúcar em um ARGISSOLO vermelho-amarelo, apresentou resultados semelhantes ao encontrados no presente trabalho, citando que a instabilidade da profundidade no ato de sulcar, pode ser estar relacionada ao relevo da área e a desuniformidade do perfil do solo no momento do plantio, logo os fatores meio-ambiente (relevo), máquina (implemento usado no preparo do solo) e mão de obra (qualidade do preparo do solo) são relevantes para se obter um plantio semimecanizado e mecanizado de qualidade.

De acordo com trabalho de Khedkar (2008), foram obtidos valores para profundidade de sulcos semelhantes para os dois sistemas de plantio testados, mecanizado de 0,20 a 0,25 m e semimecanizado de 0,20 a 0,28 m, não diferenciando entre si estatisticamente, porém, no sistema semimecanizado ocorreram valores ligeiramente maiores do que o sistema mecanizado, corroborando com valores encontrados para os sistemas mecanizado e semimecanizado, do presente trabalho.

O alinhamento das fileiras de plantio apresentou a instabilidade do processo para o sistema convencional, podendo ser observado nas cartas de valores individuais (observações nº 35) e de amplitude móvel, ocorrendo os maiores erros do alinhamento das fileiras de plantio (acima de 1,50 m, para este caso) (Figura 6a). Observa-se ainda que para o plantio mecânico o processo também é caracterizado como instável, podendo ser observado por ambas às cartas de controle (individuais e de amplitude móvel) (Figura 6b). Ressalta-se ainda que na análise de padrões, foi detectado o comportamento de agrupamento dos dados ao longo da operação (Tabela 4), tal fato pode ser positivo se esta concentração de dados possuírem acurácia em relação ao valor desejado para o espaçamento de plantio (1,50 m).

Por outro lado, a utilização do piloto automático em operações agrícolas para diminuir o erro de alinhamento entre as fileiras da operação de cana-de-açúcar, tem sido assunto de estudos por vários pesquisadores, sendo que este sistema de aquisição de dados nem sempre é possível conseguir atingir a precisão máxima prevista. Quando isso acontece, pode causar a perda qualidade das operações futuras em qualquer fase do ciclo da cultura, tal como descrito em detalhes por Heraud e Lange (2009) e, quando utilizado de maneira correta e mais eficiente pode trazer reduções significativas nos custos de produção acordo com as explicações feitas por Batte e Ehsani (2006).

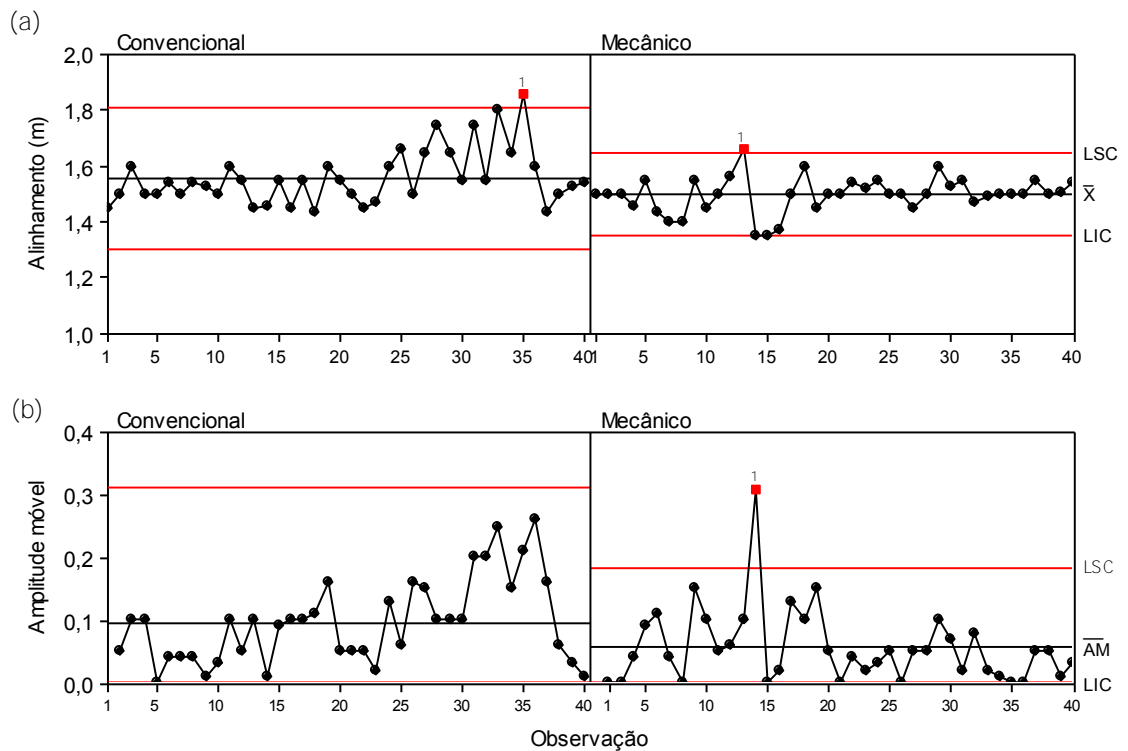


FIGURA 6 Cartas de controle para o alinhamento das fileiras no plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

A não aleatoriedade ou a instabilidade do processo pode ser justificada por esses pontos fora dos limites de controle, podendo estes serem considerados como pontos atípicos ou discrepantes. Estes pontos discrepantes que se apresentam

distantes das demais observações, afastados da média, podendo estar acima ou abaixo da mesma, sendo, potencialmente considerados como valores que não representam o verdadeiro comportamento do conjunto de dados, mas que ocorreram no processo e devem ser investigados.

Considerando-se os fatores “6 M’s” (Máquina, Método, Medição, Mão de obra, Meio ambiente e Matéria prima) e associando estes pontos discrepantes, a ocorrência desses valores atípicos pode estar relacionada, possivelmente, à medição e ao método utilizados na coleta de dados. Pode ter ocorrido, por exemplo, atraso no recebimento de sinal pelo sistema de autodirecionamento automático (piloto automático), estando este fato relacionado com o método utilizado para avaliar este indicador de qualidade, e desta forma, o valor analisado pode não corresponder ao ponto amostrado, enquanto que a forma de medição final a campo pode ter sofrido variações se o correto local de coleta dos pontos não forem marcados e estipulados com critérios.

Para Barros e Milan (2010), uma das falhas mais agravantes no controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar é o paralelismo entre as fileiras de cana-de-açúcar. Espaçamentos menores que 1,35 m favorecem aumento no pisoteio das soqueiras pelos rodados dos equipamentos agrícolas, especialmente durante o período de colheita mecanizada, porém espaçamentos maiores que 1,50 m acarretam perda em metros de plantio na área do canavial. Esta situação pode ser comparada ao presente trabalho, uma vez que o mesmo apresentou, em maior quantidade, vários pontos com valores acima de 1,50 m podendo, portanto, haver redução da área plantada.

A altura de cobertura para o plantio convencional apresentou estabilidade do processo, como todos os pontos dentro dos limites superior e inferior de controle, em quanto que para o plantio mecânico as observações nº 1 e 39 (para a carta de valores individuais) e observações nº 38 e 39 (para a de amplitude móvel) determinaram o processo como instável (Figura 7a e 7b). Ressalta-se ainda que houve a determinação de padrão não-aleatório de tendência (Tabela 4) no conjunto de dados, situação esta que indica a variação numérica ao redor do intervalo considerado com adequado para esta operação (0,07 a 0,12 m de altura de solo sobre os rebolos).

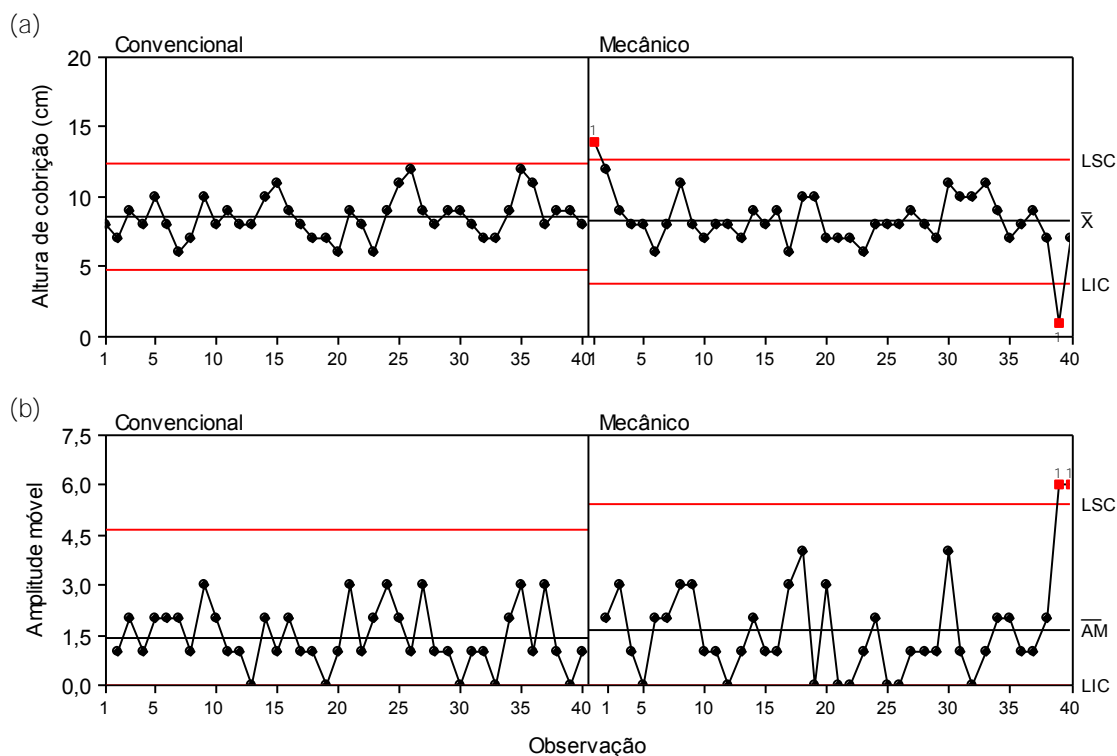


FIGURA 7 Cartas de controle para altura de cobertura no plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Observa-se também que a variabilidade da operação onde é realizado o plantio mecânico é maior em relação ao convencional, uma vez que o mecanismo cobridor das plantadoras possui uma forte tendência a sofrer desajustes e perder a regulagem adequada facilmente ao longo da operação, portanto, a frequência do monitoramento deste indicador de qualidade é imprescindível para o processo ser estável. Os valores individuais observados nas cartas de controle, para ambos os sistemas de plantio, variam de 1 a 12 cm, bem como também foi observado por Christoffoleti (1986) citado por Cebim, 2008. Este autor descreve que os rebolos cobertos com pequena camada de terra, variando de 2,5 a 7,5 cm, proporcionaram melhores condições para haver a brotação das gemas, bem como seu posterior desenvolvimento.

Barros (2008) ao avaliar indicadores críticos de qualidade no plantio de cana-de-açúcar, relata que a altura de cobertura é um dos fatores mais importantes quando se deseja avaliar a qualidade de um plantio. O mesmo autor relata ainda que, se aproximadamente 68% de suas amostras estão dentro dos padrões de qualidade requeridos pela unidade produtora (0,08 a 0,12 m). Estes resultados possuem semelhança aos encontrados no presente estudo tanto para o plantio convencional quanto para o mecânico, refletindo a variação existente entre um mínimo e o máximo de solo sobre as mudas é uma variação natural e intrínseca deste processo.

Para o perfilhamento aos 30 dias após o plantio, pode se observar por meio das cartas de controle de valores individuais, para ambos os sistemas de plantio, a instabilidade do processo, como pelo menos um ponto que extrapola o limite superior de controle para as cartas de valores individuais (Figura 8a). Ressalta-se ainda que a maior variabilidade encontra-se para o plantio convencional (Figura 8b), sendo que esta pode não trazer malefícios a qualidade do plantio, uma vez que a quantidade de perfilhos neste sistema foi maior e, conseqüentemente, a variação poderia ser maior em relação ao plantio mecanizado.

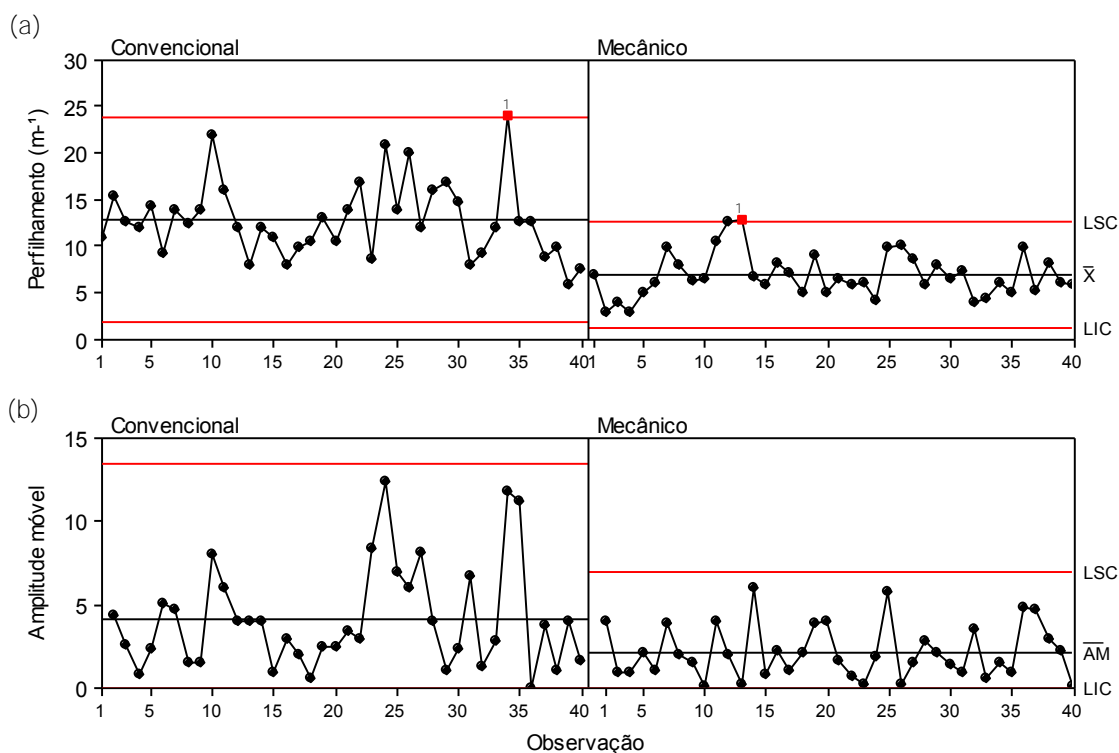


FIGURA 8 Cartas de controle para o perfilhamento aos 30 dias após plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

Esta instabilidade para ambos os processos, pode ser considerada satisfatória para o plantio de cana-de-açúcar uma vez que os pontos fora dos limites superior de controle são valores mais elevados, podendo ser explicada em função da elevada variabilidade do teor de água do solo, temperatura ambiental, quantidade de fertilizantes distribuídos na área de plantio e a qualidade intrínseca das mudas utilizadas, relacionando-se aos fatores meio-ambiente, máquina, mão-de-obra e matéria-prima, respectivamente. Porém, este fato pode não ser adequado, quando a quantidade de perfilhos atinge um número baixo durante o período avaliado, sendo que estes locais devem ser monitorados frequentemente para, se necessários, replantar tais situações (observações nº 2, 3 e 4, para o plantio mecanizado).

Outra consideração que pode ser feita é que a abertura dos sulcos em “V” (base estreita) não foi um fator potencial para o atraso da brotação, devido à acomodação das mudas nos sulcos de plantio conforme descrito por Casagrandi

(1991), se o plantio for realizado na época das águas ou próximo aos locais onde a vinhaça é designada. Em afirmação ao ocorrido no presente trabalho Johnson, Viator e Richard Jr. (2011) estudaram diferentes maneiras de disposições dos rebolos, em relação às gemas, dentro dos sulcos de plantio no estado da Louisiana, EUA, e descreveram que não houve reduções significativas na brotação e na produtividade para a variedade LCP 85-384 avaliada, bem como a não influência do formato dos sulcos realizados.

O perfilhamento aos 60 após o plantio de cana-de-açúcar pelo método convencional (observação nº 34) e mecânico (observação nº 12), apresentaram instabilidade do processo, podendo esta ser evidenciada na carta de valores individuais (Figura 9a). Nota-se ainda que, há ocorrência de padrões aleatórios ao longo da coleta de dados (Tabela 4), situação esta que não resulta na possibilidade de o processo apresentar-se estável, e sim que o comportamento deste indicador de qualidade ao longo da operação apresentou apenas variações comuns.

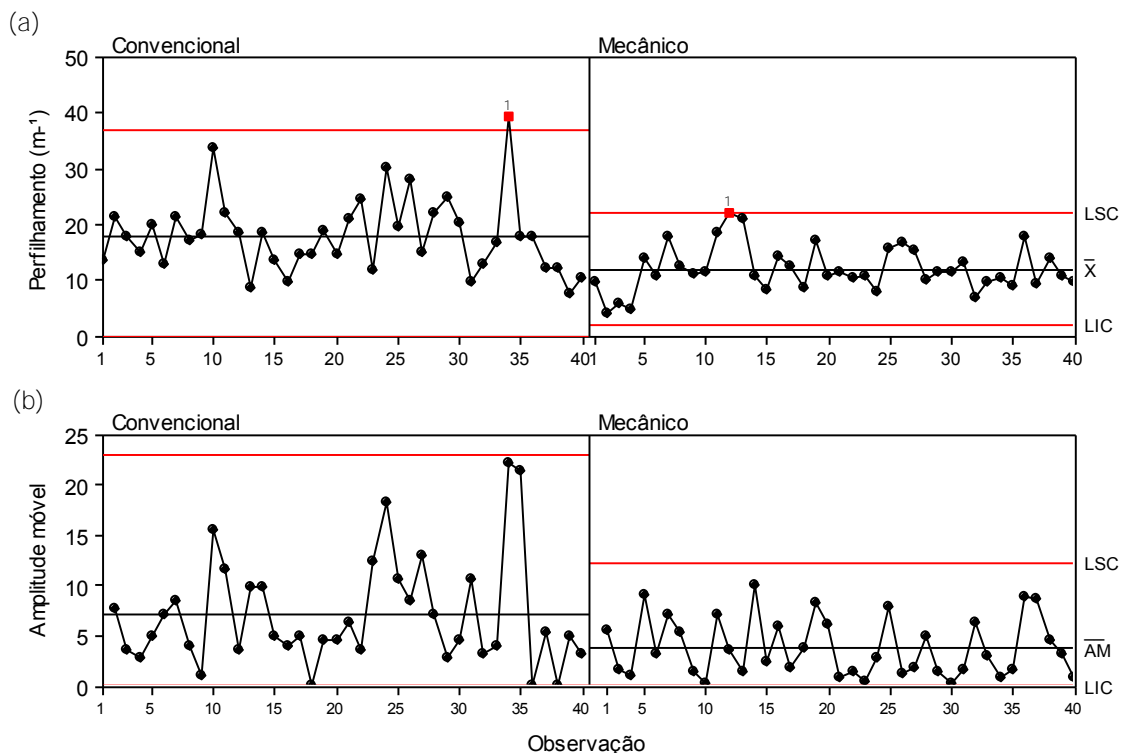


FIGURA 9 Cartas de controle o perfilhamento aos 60 dias após o plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média dos valores individuais. \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

De maneira análoga ao que ocorreu para o perfilhamento aos 30 dias após o plantio (Figura 8), houve também a maior variação para o sistema convencional de plantio (Figura 9b), podendo ser constatado na carta de controle de amplitude móvel. Observa-se ainda que, em comparação com o perfilhamento aos 30 dias após o plantio, ocorre pequeno incremento na média geral no número de perfilhos nos dois sistemas de plantio.

Este resultado era provável de ocorrer se todas as condições edafoclimáticas, bem como as relacionadas à fisiologia dos rebolos estivessem em um mesmo padrão ao longo dos períodos de avaliações, ou seja, o que torna a brotação dos rebolos favorável e a mesma tende a aumentar ao passar do tempo. Em afirmação com este resultado, Voltarelli (2013) relata que a brotação da cana-de-açúcar pode ser favorecida se as condições edafoclimáticas e fisiológicas dos rebolos estiverem em condições adequadas para suprir as exigências da brotação, resultando assim em um bom stand final de plantas. Em afirmação Casagrandi (1991) o autor relata que para que ocorra brotação e/ou perfilhamento adequado, o teor de água do solo deve estar entre 15 a 25%, situação esta que pode ter ocorrida para o presente trabalho.

Felipe (2008) estudando o perfilhamento inicial da cana-de-açúcar variedade SP79-1011 em diferentes épocas de plantio e doses de adubo na região do Nordeste relatou que nos meses de maior precipitação pluviométrica o número de perfilhos é maior em relação aos meses de menor intensidade pluviométrica, porém, em ambas as épocas de plantio o número de perfilhos m^{-1} encontrado pelo autor foi superior ao do presente trabalho.

5 CONCLUSÃO

A qualidade do plantio de cana-de-açúcar apresenta variações em função dos sistemas convencional e mecânico, sendo o controle de qualidade eficaz para o monitoramento destas operações.

Os indicadores de qualidade número de gemas viáveis e altura de cobertura apresentam estabilidade do processo para o plantio mecânico e convencional, respectivamente.

O alinhamento, perfilhamento aos 30 e 60 dias após o plantio apresentam maior variabilidade da operação para o sistema convencional de plantio o que resulta em menor qualidade realizada no decorrer da operação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, I. A.; FIGUEIREDO, P. A. M. Aspectos fitotécnicos do plantio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. LANDELL, M. G. A. de. **Cana-de-açúcar**. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p. 585-598.

BASSINELLO, A. I.; STOLF, R.; LIMO FILHO, S. A. **A cana de ano: vantagens e desvantagens; o cultivo mínimo para o plantio da cana-de-açúcar; rotação de cultura com a cana-de-açúcar**. Piracicaba: Boletim ao Produtor, set. 1982. n. 3, p. 1 – 14.

BARBOSA, J.A.; SALVADOR, N.; SILVA, F.M. Desempenho operacional de derriçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.129- 132, 2005.

BARROS, F. F. **A melhoria contínua no processo de plantio de cana de açúcar**. 2008. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

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

BATTE, M. T.; EHSANI, M. R. The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers. **Computers and Electronics in Agriculture**, Philadelphia, v. 53, n. 1, p. 28-44, 2006.

BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. v. 1. Piracicaba: Livrocere, 2006, p. 80-9.

BENEDINI, M. S., CONDE, A. J. Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, **Revista Coplana**, Guariba, n. 52, p. 26 – 28, out. 2008.

BENÍTEZ, A. M. I. **Ordenamento de mudas de cana-de-açúcar para aplicação e plantadoras automáticas**. 1997, 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária; Agência Nacional de Petróleo. **Cana-de-açúcar**. Usinas e destilarias – Orientações técnicas. Brasília 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimentosustentavel/agroenergia/orientacoes-tecnicas>>. Acesso em: 03 de jul. 2015.

BONONI, M. M.; ROSA, R. F. Planejamento agrícola. In: SEGATO, S. V.; FERNANDES, C.; PINTO, A. S. **Expansão e renovação de canavial**. Piracicaba: CP2, 2007. cap. 2, p. 19-36.

BRIEGER, F. O.; PARANHOS, S. B. Técnica cultural In: MALAVOLTA, E.; SEGALLA, A. L.; GOMES, F. P.; BRIEGER, F. O.; PARANHOS, S. B.; RANZANI, G.; VALSECHI, O.; JUNQUEIRA, A. A. B.; CAMARGO, A. P.; BERGAMIN, J.; TOFFANO, W. B.; PEIXOTO, A. M.; LIMA, U. A.; DANTAS, B.; ORTOLANI, A. A.; HAAG, H. P.; LIMA, C. C. A.; OLIVEIRA, C. R. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa. 1964. P. 139 – 190.

BRITTAR, O. J. N. V. Indicadores de qualidade e quantidade em saúde. **Revista de administração em saúde**, São Paulo, v. 3, n. 12, p. 21-28, 2001. Disponível em: <<http://www.saude.am.gov.br/planeja/doc/indicadores.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

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

CARLIN, S. D.; SILVA, M. A.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana de açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, n.296, p.457- 466, 2004.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 60-130 p.

CEBIM, G. J. **Plantio mecânico de cana-de-açúcar (Saccharum spp.): desempenho operacional e econômico**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2008.

COLETI, J. T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 3, p. 284-328.

COLETI, J. T.; STUPIELO, J. J. **Plantio da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. B.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. cap. 4, p. 139-153.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Cana-de-açúcar, safra 2015/2016** - 1º Levantamento, abril de 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2015.

COX, D. Sugarcane row spacing standard. In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR. 8. 2006. Ribeirão Preto. **Anais ...** Ribeirão Preto: IDEIA, 2006. p. 18.

DINARCO-MIRANDA, L. L., VASCONCELOS, A. C .M., LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008, p. 882.

DOUST, A. N. Grass architecture: genetic and environmental control of branching. **Plant Biology**, Missouri, v. 10, p. 21 – 25, 2007.

DUARTE JÚNIOR, J.B.; GARCIA, R.F.; COELHO, F.C.; AMIM, R.T. Desempenho de trator-implemento na cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.6, p.653–658, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2013**: Ano base 2012. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2015.

ESPINOSA, M. M.; CALIL JÚNIOR, C.; LAHR, F. A. R. Métodos paramétricos e não paramétricos para determinar o valor característicos em resultados de ensaio de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 76-83, 2004.

FELIPE, D. C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

GARCIA, M. A. L. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

HERAUD, J. A.; LANGE, A. F. Automatic vehicle guidance from horses to GPS: how we got here, and where we are going. In: AGRICULTURAL EQUIPMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, 10., 2009, Louisville, **Proceedings...** Louisville. ASABE, 2009. p. 1 – 67.

IDE, B. Y. Cobrimento e seccionamento das mudas de plantio de cana de açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., 1984. São Paulo. **Anais...** Piracicaba: Coopercucar, 1984, p. 365 – 376.

IGNÁCIO, S. A. **Importância da estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão**. Curitiba: IPARDES, 2010. 17p. (Nota Técnica, 6). Disponível em:
<http://www.ipardes.pr.gov.br/biblioteca/docs/NT_06_importancia_estatistica_tomad_a_decisao.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

KHEDKAR, M.B.; KAMBLE, A. Evaluation of mechanized planting of sugarcane. **International Journal of Agricultural Engineering**, v. 1, n. 2, p. 136-139, oct. 2008.

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.

JOHNSON, R. M.; VIATOR, R. P.; RICHARD JR, E. P. Effects of billet planting rate and position on sugarcane yields in Louisiana. **Journal American Society of Sugar Cane Technologists**, Brisbane, v. 31, p. 79-90, 2011.

LAI, X.; LI, S.; MA, F.; QIN, Z.; ZHOU, J.; ZHENG, G. Simulation and experimental study on sugarcane field excitation to the cutter. **Advanced Materials Research**, Beijing, v. 156-157, p. 1105-1108, 2011.

MEDRI, W. **Análise exploratória de dados**. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/estatisticaquantitativa/textos_didaticos/especializacao_estatistica.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2015.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para o plantio**. Campinas: Millennium, 2012. p.431-495.

MINITAB. MINITAB Release 16: Meet MINITAB 16. MINITAB StatGuide; MINITAB Help. [S.l.]: Minitab., 2007.

MORAES, M.A.F.D. O Sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil: indicadores do mercado de trabalho e modelo de formação de salários. **Est. Econ.**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 875-902. 2007.

NATIONAL HEALTHCARE SERVICES SCOTLAND. NHS. **Statistical process control**: tutorial guide monitoring quality in healthcare. Disponível em: http://www.indicators.scot.nhs.uk/SPC/Statistical_Process_Control_Tutorial_Guide_V5.pdf Acesso em: 30 agosto 2015.

NOGUEIRA, G. A.; ALONSO, O. Viveiro de mudas. In: RÍPOLI, T. C. C.; RÍPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2007. cap. 3, p. 10 – 43.

NOMELINI, Q. S. S.; FERREIRA, E. B.; OLIVEIRA, M. S. de. Estudos dos padrões de não aleatoriedade dos gráficos de controle de Shewhart: um enfoque probabilístico. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 3, p.414-421, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300008>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

NORONHA, R. H. de F.; SILVA, R. P. da; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P. dos; 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.

NUNES. JR., D. As variedades e o planejamento do plantio. **STAB: Açúcar, Álcool e Subproduto**. Piracicaba, v.26, n.3, p. 24-25, jan./fev. 2008.

PAIXÃO, C. S. S. **Tempos, movimentos e qualidade da operação de colheita mecanizada de soja em função do formato dos talhões**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp - Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/cathedra/12-05-2015/000829820.pdf>>. Acesso em: 02 setembro 2015.

PAULI, D. G. **Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PLANA, R.; DOMINI, M. E.; ESPINOSA, R. Influencia de lãs precipitaciones y la temperatura sobre la brotadura de dos variedades de canã de azúcar (Saccharum sp hibrido) plantadas em diferentes meses. **Cultivos Tropicales**. Habana, v.9, n. 3, p. 19 – 24, 1987.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PINTO, A.C. & MORAES, E.E. (a) **Equipamento distribuidor de toletes de cana de açúcar**. In: Semimário de Tecnologia Agronômica 7, Copersucar, Piracicaba, novembro de 1997. Anais ..., 1997. p. 213-222 _____ (b.) **Plantadora de cana**. In: Seminário de Tecnologia Agronômica 7, Copersucar, Piracicaba, novembro de 1997. Anais ... , 1997. p. 223-231.

QUINTELA, A. C. R. **Avaliação do plantio convencional e de cana inteira, com e sem desponte, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar**. 1996. 37 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

RAVELI, M. B. **Controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2013.

REIS, G. N. dos. **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base**. 2009. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/cs/d/2314.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

ROCHA, A. M. C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função das épocas de plantio no estado de São Paulo**. 1984. 133 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

RÍPOLI, T. C. C.; RÍPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. 216 p.

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.

ROBOTHAN, B. G. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technology**. Bundaberg, v. 26, p. 1 -9, 2004.

ROCHA, S.H., **Controle estatístico de processo (C.E.P.)**. Ministério da Educação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba. Departamento Acadêmico de Matemática – Probabilidade e estatística. 2012. 23 p.

SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A. Controle de qualidade em operações agrícolas. In: SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; CASSIA, M.T. **Controle de Qualidade em**

Operações Agrícolas Mecanizadas. 1. ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. cap. 1. p. 19-38.

SOUZA, R. A. **Análise da qualidade de processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo**. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SONG, C. H.; OU, Y. G.; LIU, Q. T.; WU, H. Study on second stage spiral sugarcane-lifting mechanism. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, Beijing, v. 11, p. 34-37, 2010.

SONG, C. H.; OU, Y. G.; LIU, Q. T. Design and experiment of two sections spiral sugarcane lifter for sugarcane harvester. **Journal of Agricultural Machinery**, Beijing, v. 8, p. 89-93, 2012.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; RAFULL, L.Z.L. Derrçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1637-1642, 2006.

SUGUITANI, C.; MATSUOKA, S. Efeitos do fosforo nas características industriais e na produtividade agrícola em cana-de-açúcar (cana-planta) cultivada em duas regiões do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCS, 2001. 1 – 4 p.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosaic**. 2006. 60 p. . Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

STOLF, R. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n. 6, p. 22-36, 1986.

TSCHIEDEL, M., FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ci. Rural**, 32:159-163, 2002.

TOMAZ, H. V. Q. **Sistema de preparo profundo do solo e sua influência no desenvolvimento da cana-de-açúcar**. 2013. 132 p. Tese (Doutorado) - Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

ÚNICA. União Da Indústria De Cana-De-Açúcar. (2014). “**Produção**”. Disponível em < <http://www.unicadata.com.br> > . Acesso em: 12 de julho de 2015.

VICENTE, E. F. R.; FERNANDES, V. Mensuração do custo de cana-de-açúcar para médios produtores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11., 2004, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ABC, FEA/USP, 2004. 1 CD-ROM.

VOLTARELLI, M. A. **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno**. 2013. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp - Câmpus de 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.

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ZERBATO, C.; SILVA, V. F. A.; PAIXÃO, C. S. S. Monitoramento das perdas no processo de colheita mecanizada de tomate Industrial. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.23, n.4, p. 315-325, 2015.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma**: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. Belo Horizonte: Werkema, 2006. p. 20-120.

XIE, F. X., OU, Y. G., LIU, Q. T. Experiment combined-lifter device of sugarcane harvester. **Journal of Agricultural Machinery**, Beijing, v. 2, p. 94-98, 2011.

ZHANG, Y.; OU, Y. G.; MOU, X. W. The study on the rake bar chain lift problem. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, Beijing, v. 31, n. 5, p. 45-47, 2009.