

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Marcelo Boamorte Raveli
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Marcelo Boamorte Raveli

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo A. Furlani

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

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2013**

Raveli, Marcelo Boamorte
R252c Controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar / Marcelo
Boamorte Raveli. -- Jaboticabal, 2013
x, 66 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Banca examinadora: Rouverson Pereira da Silva, Danilo César
Checchio Grotta
Bibliografia

1. *Saccharum officinarum*. 2. sistemas de plantio. 3. controle
estatístico do processo. 4. cartas de controle I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.543:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Marcelo Boamorte Raveli – nascido no dia 14 de maio de 1984, cursou o ensino fundamental e médio na cidade de Araraquara, Estado de São Paulo. Em julho de 2003 ingressou no curso de Agronomia da UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, campus de Ilha Solteira. Durante o curso desenvolveu trabalhos voltados em fitotecnia das culturas de milho e soja em sistemas conservacionistas do solo e água. Em 2009 obteve o título de Engenheiro Agrônomo e no ano de 2011 ingressou no Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) pela mesma Universidade, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. Durante o curso foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e desenvolve pesquisas referentes à mecanização agrícola.

O saber a gente aprende com os mestres e os livros.
A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.

Cora Coralina

À minha Família

pelo carinho, amor e apoio

ao longo de todos os anos de minha vida

Dedico

Ao verdadeiro Mestre,

Professor Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

pela confiança e amizade

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus por permitir e me ajudar nesta conquista.

A todos meus familiares que sempre estiveram e sempre estarão comigo.

Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani meu amigo e excelente professor que permitiu o desenvolvimento de diversas atividades, proporcionando e compartilhando boas experiências de vida. Pela orientação, pela confiança em mim depositada, por tudo isso e muito mais, minha gratidão!

Ao Professor Dr. João Antônio Galbiatti pelo auxílio, incentivo, amizade e companheirismo desfrutados desde o início. Uma grande pessoa e um profissional admirável que tive a oportunidade de conhecer, acompanhar e apreender. Meus sinceros agradecimentos.

Aos Professores Drs. Rouverson Pereira da Silva, Newton La Scala Jr. e José Marques Jr. pelas constantes ajudas, dicas e auxílios nas atividades realizadas. Meus sinceros agradecimentos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudo durante todo o curso.

Ao gerente agrícola da LDC Bioenergia SA Eng^o Agrônomo Remo Marini Zoia pelo apoio nos experimentos conduzidos e pela amizade compartilhada.

Aos companheiros(as) do LAMMA (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola) Cristiano Zerbato, Ariel Muncio Compagnon, Rafael Scabello Bertonha, Fábio Alexandre Cavichioli, Marcelo Tufaile Cassia, Vicente F. A. Silva, Danilo Baldan Rossini, Murilo Coelho, Murilo Ap. Voltarelli, Matheus Marrafon, Diego Vidal, Evaldo Ferezin, Guilherme Trevizolli, Leomar Lima, José M. Nascimento, Anderson Toledo, Érica Tricai e Melina Cais pelas inúmeras e divertidas tarefas realizadas em conjunto.

Aos futuros Engenheiros Agrônomos que fazem estágio no LAMMA, que com toda certeza serão grandes profissionais.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em especial ao Aparecido Alves (Cidão), Valdecir Aparício (Maranhão), Sebastião Silva (Tião), Luiz Vendramin e ao secretário Davi Trevizolli.

A SBEA (Associação Brasileira de Engenharia Agrícola) e aos amigos funcionários Alexandre Ignácio Florio, Patrícia T. P. Santaguita e ao estagiário Murilo Panosso.

A todas as outras pessoas que, imperdoavelmente esqueci-me de agradecer, mas que levarei comigo a lembrança de sua ajuda.

E por fim, a todos que estão lendo esta dissertação neste momento.

SUMÁRIO

	Página
SUMMARY	vi
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. Introdução.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	4
2.1 A cultura da cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo.....	4
2.2 Sistemas de plantio da cultura da cana-de-açúcar.....	8
2.2.1 Plantio Semimecanizado.....	14
2.2.2 Plantio Mecanizado.....	15
2.3 Qualidade da operação de plantio de cana-de-açúcar.....	16
2.3.1 Indicadores de qualidade de plantio de cana-de-açúcar...	18
2.3.1.1 Paralelismo entre sulcos.....	18
2.3.1.2 Profundidade de sulco.....	18
2.3.1.3 Falha na deposição de mudas de cana-de-açúcar no sulco.....	19
2.3.1.4 Comprimento de rebolo.....	19
2.3.1.5 Número de gemas totais, danificadas e viáveis....	20
2.4 Tipos de solo.....	21
2.4.1 Latossolo.....	22
2.4.2 Argissolo.....	23
2.5 Controle de Qualidade.....	23
3. Material e métodos.....	28
3.1 Material.....	28
3.1.1 Local de pesquisa e desenvolvimento.....	28
3.1.2 Fontes de potência e mão-de-obra utilizada nas operações..	30
3.1.2.1 Plantio semimecanizado.....	30
3.1.2.2 Plantio Mecanizado.....	31
3.1.2.3 Outros equipamentos.....	32
3.2 Métodos.....	32
3.2.1 Espaçamento entre sulcos.....	33
3.2.2 Profundidade de sulco.....	34

3.2.3 Gemas totais, danificadas e invisíveis.....	34
3.2.4 Falha de deposição das mudas nos sulcos.....	35
3.2.5 Comprimento dos rebolos.....	35
3.2.6 Análise de dados.....	35
4. Resultados e discussão.....	37
5. Conclusões.....	57
6. Agradecimentos.....	58
7. Referências.....	59

CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - Dentre as inúmeras operações envolvidas no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar, atualmente todas podem ser mecanizadas. As etapas envolvidas no plantio, somente nos últimos anos, passaram a contar com a opção de mecanização total, pois, até então, elas eram, em sua grande maioria, executadas na forma semimecanizada. A utilização da informática e ferramentas estatísticas nas novas tecnologias agrícolas são os novos paradigmas de aplicação tecnológica na agricultura e no gerenciamento dos processos servindo para diminuir perdas e custos, elevar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas. Supondo que o uso de dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar, mecanizado e semimecanizado, apresenta variabilidade dos indicadores de qualidade da operação em dois tipos de solos, Latossolo e Argissolo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar com auxílio de ferramentas estatísticas a qualidade do plantio mecanizado e semimecanizado de cana-de-açúcar, em dois tipos de solos agrícolas. O sistema de plantio semimecanizado de cana-de-açúcar apresentou melhor qualidade geral de operação em ambos os tipos de solos para os indicadores profundidade de sulcos, falhas de deposição de mudas nos sulcos, comprimento de rebolos, gemas totais e danificadas. O sistema mecanizado de plantio de cana-de-açúcar apresentou melhor resultado para espaçamento entre sulcos. No Latossolo, ambos os sistemas de plantio se equilibraram em qualidade de operação. Para o Argissolo o melhor sistema de plantio de cana-de-açúcar foi o semimecanizado.

Palavras-chave: cartas de controle, controle estatístico do processos, *Saccharum officinarum*, sistemas de plantio

QUALITY CONTROL AT SUGARCANE PLANTING SYSTEMS

ABSTRACT - Among the numerous operations involved in sugarcane agricultural production system, currently all of them can be mechanized. The steps involved in sugarcane planting, only in recent years had the option of full mechanization, because until then they were mostly performed by semi-mechanized way. The use of computer science and statistical tools in new agricultural technologies are the new frontiers of technological application in agriculture and management processes, serving to reduce losses and costs, increase productivity and improve the quality of agricultural products. Assuming the use of two sugarcane planting systems, mechanized and semimechanized, presents quality variability of operation indicators in two types of soil, Oxisol and Argisol, the objective of this research was to evaluate with the help of statistical tools that indicate the quality and control of the operation, the possible alterations of sugarcane planting systems in production soils. The semi-mechanized sugarcane planting system showed better overall operation quality for both types of soil, Oxisol and Argisol, at furrows depth, seedlings failure deposition in furrows, billets length, total and damaged buds. Sugarcane's mechanized planting system showed better result for spacing of furrows. In oxisol areas both planting systems were balanced in operation quality. For Argisol the best sugarcane planting system was the semi-mechanized.

Keywords: control charts, planting systems, *Saccharum officinarum*, statistical process control

LISTA DE ABREVIATURAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo;

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CCT – Corte, Carregamento e Transporte;

CEP – Controle Estatístico do Processo;

cmolc – centimolc;

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;

CONSECANA – Conselho de Produtores de Cana-de-açúcar e Etanol do Estado de São Paulo;

COPERSUCAR – Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo;

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira;

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

E – Leste;

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations;

GEE - Gases Causadores do Efeito Estufa;

g – grama(s);

ha – Hectare;

IAA – Instituto do Açúcar e do Álcool;

IAC – Instituto Agrônomo;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

kg – Quilograma;

Km h⁻¹ – quilômetros por hora;

kW – Quilowatts;

L – Litros;

LSC – Limite Superior de Controle;

LIC – Limite Inferior de Controle;

LVd – Latossolo Vermelho distrófico;

m – metros;

N – Norte;

PIB – Produto Interno Bruto;

PLANALCUCAR – Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar;

PVa – Argissolo Vermelho amarelo;

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro;

RPM – Rotações Por Minuto;

S – Sul;

t – toneladas;

TDA - Tração Dianteira Auxiliar;

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar;

W – Oeste;

6 M's – Matéria-prima, Mão-de-obra, Métodos, Máquinas, Medição e Meio ambiente.

LISTA DE TABELAS

1. Comparação de alocação e qualificação de mão-de-obra nos sistemas de plantio mecanizado e semimecanizado.....	11
2. Avaliação da qualidade do plantio da cultura da cana-de-açúcar em relação às falhas no plantio.....	17
3. Características físicas do perfil do LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd) e do ARGISSOLO VERMELHO Amarelo (PVA) em Jaboticabal, SP.....	30
4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis espaçamento entre sulcos, profundidades de sulco, vão sem muda e comprimento do rebolo.....	38
5. Desdobramento da interação tipo de solo x sistemas de plantio para espaçamento entre sulcos (m).....	38
6. Desdobramento da interação tipo de solo x sistema de plantio, para falha de deposição de muda de cana-de-açúcar no sulco (m).....	40
7. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis gemas totais, danificadas e viáveis.....	42

LISTA DE FIGURAS

1. Representação genérica de um gráfico de controle.....	26
2. Vista geral da área experimental (Amarelo: LATOSSOLO e Laranja: ARGISSOLO).....	29
3. Pontos de avaliação nos talhões de cana-de-açúcar.....	33
4. Avaliação dos espaçamentos entre sulcos.....	34
5. Determinação da profundidade de sulcamento.....	34
6. Cartas de controle para espaçamento entre sulcos no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	44
7. Cartas de controle para espaçamento entre sulcos no Argissolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	45
8. Cartas de controle para profundidade do sulco no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	46
9. Cartas de controle para profundidade do sulco no Argissolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	47
10. Cartas de controle para falha de deposição de muda no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	48
11. Cartas de controle para falha de deposição de muda no Argissolo (gemas m ⁻¹). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	49
12. Cartas de controle para comprimento do rebolo no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	50
13. Cartas de controle para comprimento do rebolo no Argissolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.....	51

14. Cartas de controle para gemas totais no Latossolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média..... 52
15. Cartas de controle para gemas totais no Argissolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média..... 53
16. Cartas de controle para gemas danificadas no Latossolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média..... 54
17. Cartas de controle para gemas danificadas no Argissolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média..... 55

1. Introdução

O setor sucroalcooleiro ocupa lugar de destaque na economia Brasileira, em especial na Paulista. Trata-se de um setor historicamente marcado pela influência governamental direta, incluindo o próprio planejamento da produção, mas que nos últimos anos passa por intensas mudanças regulatórias e tecnológicas.

Com base em dados das unidades de produção dos Estados Brasileiros onde a atividade canavieira é desenvolvida, a previsão do total de cana-de-açúcar moída na safra 2012/13 é de 596,63 milhões de toneladas, com aumento de 6,5% em relação à safra 2011/12, que foi de 560,36 milhões de toneladas. A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2012/13 está estimada em 8.527,8 mil hectares, apresentando crescimento de 2,1% ou 171,7 mil hectares em relação à safra passada (CONAB, 2012). Em operação encontram-se mais de 330 usinas e destilarias no país.

Dentre as inúmeras operações envolvidas no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar, atualmente todas podem ser mecanizadas. As etapas envolvidas no plantio, somente nos últimos anos, passaram a contar com a opção de mecanização total, pois, até então, elas eram, em sua grande maioria, executadas na forma semimecanizada (sulcação, adubação e cobertura de sulco - mecanizados e, distribuição, alinhamento e picamento das mudas - manuais) (RIPOLI, 2007).

Com o advento do plantio mecanizado, a atividade canavieira passa a ser totalmente mecanizada. Para Beauclair e Scarpari (2006), essa atividade representa o investimento crucial no custo de produção de qualquer cultura, e sejam quais forem às práticas de plantio adotadas (semimecanizada ou mecanizada), elas devem proporcionar boas condições para o desenvolvimento da cultura.

A mecanização não deve despertar apenas a preocupação com sua viabilidade econômica, é importante ter compreensão de que a otimização do plantio depende de transformações no planejamento da lavoura como um todo e nas suas interfaces com o corte, carregamento e transporte (CCT), além de uma nova logística operacional com a unidade processadora (LIBONI, 2009). O uso da plantadora requer um redimensionamento dos talhões e modificações no sistema de plantio, buscando talhões planos e homogêneos para evitar manobras das máquinas.

Grandes empresas do setor, principalmente as sediadas no Estado de São Paulo, vêm desenvolvendo testes e estudos comparativos entre a opção de plantio mecanizado e semimecanizado. Ocorre que, nem sempre se encontra um rigor metodológico adequado e padronizado nestas análises, o que torna limitadas as observações obtidas e suas aplicabilidades como referência para tomadas de decisão (RIPOLI, 2009).

No Brasil este é um tema relevante, pois as modificações tecnológicas têm intensificado as alterações no mercado de trabalho. A introdução de modernas tecnologias destinadas ao plantio reduz a demanda de mão-de-obra e trazem consigo a exigência de um novo perfil de trabalhador rural.

A utilização da informática nas novas tecnologias agrícolas é o novo paradigma de aplicação tecnológica na agricultura (TSCHIEDEL e FERREIRA, 2002). Esta modernização de gerenciamento na agricultura serve para diminuir perdas e custos, elevar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas.

Com a expansão em área e o aumento da mecanização na operação de plantio, é imprescindível para o setor canavieiro obtenha o máximo de informações sobre as áreas de produção agrícola e atributos edáficos das mesmas para o estabelecimento de manejos adequados visando sua sustentabilidade (SOUZA et al., 2004), visto que diferentes tipos de solos para produção agrícola de cana-de-açúcar, principalmente os de larga escala, vêm sendo tratados de maneira uniforme, principalmente no Estado de São Paulo. Assim, a correlação tipo de solo e qualidade da operação de plantio ainda deve ser estudada de maneira mais detalhada, dado que pesquisas com esse propósito apresentam bibliografia bastante limitada.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) tem como objetivo identificar alterações dos parâmetros de determinados processos para que os distúrbios possam ser corrigidos antes que itens não compatíveis sejam produzidos (MINGOTI e FIDELIS, 2001). O controle de qualidade é perfeitamente adaptável aos sistemas de produções agrícolas, sendo a análise da variabilidade da qualidade do plantio de cana-de-açúcar por meio do CEP um indicativo para alternativas de correção e eliminação de desperdícios e falhas, redução de custos e aumento da produtividade, entre outras vantagens que serão acrescidas à competitividade do campo (BONILLA, 1994).

O planejamento, execução e avaliação da operação de plantio da cana-de-açúcar é o primeiro passo para o bom estabelecimento e desenvolvimento da cultura. Os fatores que interferem na produção e qualidade da cana-de-açúcar estão sendo constantemente estudados sob diferentes aspectos. Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar boa quantidade de informações para adequar melhor o sistema de plantio nos específicos tipos de solos. Desta maneira é possível explorar o local de produção conscientemente para promover a melhor produtividade da cultura.

Supondo que o uso de dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar, mecanizado e semimecanizado, apresenta variabilidade dos indicadores de qualidade da operação em dois tipos de solos, Latossolo e Argissolo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar com auxílio de ferramentas estatísticas a qualidade do plantio mecanizado e semimecanizado de cana-de-açúcar, em dois tipos de solos agrícolas.

2. Revisão bibliográfica

2.1 A cultura da cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo

Metade da energia necessária para um indivíduo utilizar no seu dia-a-dia pode ser encontrada na natureza sob a forma de açúcares e amidos. O Brasil, por sua longa relação com a cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum*, transformou-se no maior personagem do mercado de açúcar e etanol (etanol) do mundo, contando atualmente com baixos custos de produção, uso de tecnologia e gestão de vanguarda.

De acordo com a FAO (2011), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma produção de cerca de 600 milhões de toneladas, sendo que nas duas últimas décadas a produção aumentou praticamente três vezes (UNICA, 2011). Seguido respectivamente pelos maiores produtores Índia, China e Tailândia, sendo que o somatório de suas produções é próximo ao total produzido no Brasil.

Podemos considerar que o setor canavieiro é de extrema importância para a economia nacional, por possuir o maior parque industrial de açúcar, etanol e derivados de cana-de-açúcar do mundo (RIPOLI, 2009).

Apesar de ser um setor bastante tradicional na economia brasileira, datando desde o período colonial, mantém-se um dos principais do país em termos de participação no produto interno bruto (PIB), geração de 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, 2011). O Brasil responde por aproximadamente 33% da produção mundial de etanol, ficando atrás dos Estados Unidos que utilizam outra tecnologia de

produção (milho como matéria-prima), menos eficiente em termos de racionalidade do uso da terra e energia despendida no processo de transformação da matéria-prima em etanol.

Esta realidade brasileira decorre de uma elevada produtividade agrícola, boa qualidade da cana-de-açúcar utilizada e de sua elevada taxa de conversão em açúcar e etanol. Além de vantagens naturais associadas à qualidade de solo e clima, parcela significativa do sucesso do país decorre dos ganhos em produtividade ocorridos nos últimos anos em todas as etapas do processo produtivo da cana-de-açúcar.

A planta cana-de-açúcar é uma *Poaceae* semiperene que se desenvolve em forma de touceira, possuindo ciclo econômico de cinco a seis anos, portanto, estabelecer e formar novos plantios com qualidade é fundamental. A planta da cana-de-açúcar possui uma parte aérea, a qual é formada por colmos, folhas e inflorescência e, outra parte subterrânea constituída de raízes fasciculadas, em que cerca de 85% se encontram nos primeiros 0,50 metros de profundidade, além de rizomas que são responsáveis pelo perfilhamento das touceiras. As novas touceiras se originam dos rizomas que rebrotarão após a colheita (SEGATO et al., 2006). O ciclo evolutivo da cultura da cana-de-açúcar pode ser de 12 (cana de ano) e 18 meses (cana de ano e meio). Após o primeiro corte o ciclo da cana-de-açúcar passa a ser de 12 meses teoricamente, que a partir do corte passa a ser denominada de cana-soca (ALFONSI et al., 1987).

A importância da cana-de-açúcar é decorrente de sua vasta utilidade, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem para a alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de melado, aguardente, rapadura e principalmente açúcar e etanol. Seus resíduos também possuem grande importância econômica, o bagaço pode ser queimado nas caldeiras e servir como combustível e o vinhoto/vinhaça ser transformado em adubo (CAPUTO et al., 2008).

O processo de modernização do setor canavieiro surgiu com o início da participação dos governos estaduais, por meio de leis e decretos destinados a permitir que antigos senhores de engenho pudessem ampliar a escala de produção de suas unidades de processamento de cana, denominados então de “USINAS”. A modernização foi necessária para enfrentar a competição de outros países

produtores. Com esta primeira modernização surgiu o complexo agroindustrial (agricultura e indústria), cujas atividades baseavam-se na produção de cana-de-açúcar e a sua transformação em açúcar, etanol e demais subprodutos. O processo de modernização também contou com a mecanização de algumas etapas do processo produtivo agrícola, principalmente o preparo do solo, plantio, colheita, carregamento e transporte, além das pesquisas genéticas (desenvolvimento e melhoramento de novas variedades) (VIAN, 2003).

A consolidação das terras Paulistas como maior produtora de cana-de-açúcar ocorreu na Segunda Grande Guerra, onde o Nordeste ainda tinha como principal fonte de renda as exportações, porém em 1929 após a crise mundial, a região Nordeste começou a ter dificuldades em escoar sua produção devido à diminuição das vendas para o exterior. Já em São Paulo, o etanol foi valorizado em razão das dificuldades do uso de derivados de petróleo importados (RICCI, 1994).

Em 1933, o governo Vargas criou o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), órgão governamental encarregado de dirigir, controlar e fomentar a produção sucroalcooleira em âmbito nacional, o que significou um marco na história do setor. Tal entidade foi responsável por disciplinar as conturbadas relações entre usineiros e fornecedores de cana, através de um conjunto de medidas relativas à estabilização da produção, estabelecimento de quotas para os produtores, critérios de definição de preços, pesagem, fiscalização, assistência técnica, jurídica, financeira, social, entre tantas outras (QUEDA, 1972).

De acordo com o mesmo autor, a intervenção do Estado na atividade canieira era grande, além do IAA o governo criou em 1971 o Programa Nacional de Racionalização da Agroindústria Açucareira, que atuava na modernização, financiamento e pesquisa das indústrias em conjunto com os Programas Nacionais de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (COPERSUCAR – CTC, PLANALCUCAR – RIDESA, IAC, EMBRAPA).

O processo de modernização contemplou o uso de mecanização agrícola no preparo do solo, no plantio, colheita, carregamento e transporte. Com essas mudanças o etanol de subproduto passaria a ser visto como um fator de equilíbrio da balança comercial brasileira e de recuperação do setor agroindustrial. O etanol era visto como um mecanismo de defesa para o mercado açucareiro (FISCHER, 1983).

De acordo com o mesmo autor, o Proálcool constituiu a política de produção de etanol e a formação de estoques reguladores de açúcar para o mercado interno, com o objetivo de subsidiar o incremento da produção do etanol, especialmente o etanol substituindo a gasolina nos motores ciclo Otto.

Com o fim da regulamentação estatal, uma nova reestruturação produtiva se deu no setor canavieiro pela chegada de empresas estrangeiras, migração interna de grupos, emergência de novas estratégias e necessidade de modernização. Esse processo baseou-se na necessidade de redução de custos via implantação de novas tecnologias de produção agrícola e automação da produção industrial, com reflexos negativos sobre o número de empregos do setor (VIEIRA, 2007).

Quando se examina as ações dos países que introduzem em sua matriz energética o etanol produzido da cana-de-açúcar, observam-se diferentes motivações, e a importância relativa dessas razões varia de acordo com os interesses locais. Como discutido, as duas principais motivações dizem respeito às questões ambientais e a dependência de petróleo adquirido de países politicamente instáveis. A grande vantagem é que a cana-de-açúcar, planta C₄, contribui para a redução da concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE) através do sequestro de carbono atmosférico eficiente. O principal impulsor para a utilização do etanol na Europa é a necessidade de diminuir as emissões de GEE, pelo compromisso dos membros da União Europeia com as metas de redução previstas no Protocolo de Quioto.

O Estado de São Paulo, maior produtor nacional de cana-de-açúcar, por possuir municípios que têm grandes áreas ocupadas com a cultura e com usinas instaladas, enfrenta alterações sociais e ambientais. A primeira alteração refere-se às regularizações das condições de trabalho e mão-de-obra no campo, concentração fundiária e má distribuição de renda; e a segunda refere-se a todos os aspectos abrangendo os setores e áreas ambientais (GONÇALVES, 2005).

A indústria canavieira além de submeter-se às normas do Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (CONSECANA), o setor obedece à regulamentação específica para seus produtos, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Agência Nacional de Petróleo

(ANP) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), entre outras regulamentadoras (QUEDA, 1972).

Segundo Veiga Filho (2007) citado por Camargo (2008), o fator ambiental é um dos indutores para o processo de mecanização no Estado de São Paulo, tendo se iniciado em meados da década de 1970, quando começou a adoção das máquinas colhedoras em número significativo. Esse processo teve origem na necessidade de se resolver problemas tópicos de escassez de trabalho, sendo também estimulado pela direção geral do processo de mudança técnica no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar em São Paulo, o qual já vinha ocorrendo pelo menos desde a década de 1960. Outro fator muito importante que alavanca a adoção da mecanização é o custo que, em média, é 30% menor. O mesmo autor considerara que o mercado externo, principalmente o da Europa, faz pressão para somente adquirir etanol de procedência “limpa”, isto é, entre outros quesitos, sem queima na colheita.

A mecanização na atividade canavieira tem como ênfase o desenvolvimento sustentável, em que o aprimoramento dos recursos de produção, a minimização dos efeitos indesejáveis ao meio ambiente e ao ser humano, e a evolução da produtividade, são os objetivos finais deste processo justificando a mecanização total do plantio da cana-de-açúcar, no que diz respeito à unidade de área plantada; reduzindo a estrutura envolvida (máquinas e mão-de-obra), além da maior capacidade de campo operacional.

2.2 Sistemas de plantio da cultura da cana-de-açúcar

Independente do sistema empregado pelo produtor rural, semimecanizado ou mecanizado, o plantio de cana-de-açúcar deve cumprir seu objetivo e atender as exigências da cultura considerando que as atividades da operação sofrem algumas variações conforme a mesma é realizada. Para o setor sucroalcooleiro brasileiro este é um tema atual e fundamental, pois as evoluções tecnológicas têm intensificado as modificações no mercado de trabalho.

O plantio da cultura da cana-de-açúcar foi tradicionalmente realizado de forma semimecanizada, erroneamente denominado manual, pois é composto por

operações manuais e mecânicas. Com o plantio mecanizado, a atividade canavieira passa a ser totalmente mecanizada.

A inserção de modernas tecnologias destinadas 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. A utilização da informática nas novas tecnologias agrícolas é o novo paradigma de aplicação tecnológica na agricultura (TSCHIEDEL e FERREIRA, 2002).

Considerando que a tecnologia, por mais cara e complexa que se apresente, é uma questão de disponibilidade de investimento, e que, decidido o investimento, não é difícil aprendê-la. A chave do sucesso da tecnologia adquirida é saber como, quem e onde vai operá-la. Não se obterá sucesso na sua implantação e operação caso não se atente para o aspecto comportamental das pessoas e/ou colaboradores envolvidos pela mesma (RIPOLI et al., 2007).

A seleção desta mão-de-obra rural deve ser cuidadosa, pois enquanto o corte manual da cana-de-açúcar exige do trabalhador atenção concentrada, a operação de uma máquina plantadora de cana-de-açúcar exige atenção difusa com rapidez de raciocínio. Analfabetismo funcional não é mais admissível. Somado a isto, é fundamental seu envolvimento em todo o processo da operação.

Um dos fatores que influenciaram a mecanização do setor sucroalcooleiro aconteceu na década de 60, quando o setor sofreu as primeiras dificuldades de escassez de mão-de-obra que impulsionaram grandes mudanças, as quais tiveram início no subsistema de carregamento da matéria prima às unidades transportadoras, o qual passou a ser mecânico. Desde então as operações de corte, carregamento e transporte (CCT) passaram por diferentes métodos, podendo ser CCT's manuais, mecânicos ou mistos, por meio da colheita de cana queimada ou crua, com ou sem desponte, entre outras variáveis (PEREIRA, 1983).

Mudanças no comportamento dos movimentos sindicais dos trabalhadores rurais, a partir da emergência de lutas políticas dos trabalhadores da cana-de-açúcar, eleva o número de ações trabalhistas alterando o custo de mão-de-obra, ocasionando maior vulnerabilidade do processo produtivo (PADRÃO, 1997).

Para as empresas se manterem ativas no mercado o esforço traduziu-se em redução de mão-de-obra e, pela sobrevivência dentro das empresas as áreas de pesquisa e desenvolvimento foram as mais afetadas, causando o que se pode chamar de “estagnação intelectual” (RIPOLI et al., 2007).

Segundo Ripoli e Ripoli (2010), as referências científicas sobre este tema ainda são escassas e os poucos trabalhos existentes reportam alguns ensaios e testes, que normalmente não apresentam metodologia científica e buscam por eficiência na operação de plantio sem que se observem ganhos sensíveis de produtividade. Até o ano de 2012 a indústria brasileira de máquinas oferecia seis modelos de plantadoras, sendo dois para mudas inteiras e quatro para mudas picadas, capazes de plantar duas fileiras por vez.

A ênfase na operação de plantio é devido ao fato de que esta etapa do processo de produção canavieira, ainda é fortemente amparada em mão-de-obra e, muito embora a mecanização de colheita já tenha atingido certo nível de desenvolvimento, o plantio mecanizado encontra-se em fase inicial.

Existe grande prestígio da mecanização na expansão da atividade canavieira. A automação e a mecanização foram e são fundamentais para o setor sucroalcooleiro, tendo como ênfase o desenvolvimento sustentável, em que o aprimoramento dos recursos de produção, minimização dos efeitos indesejáveis ao meio ambiente e ao ser humano, o progresso da produtividade são os objetivos finais deste processo, justificando a mecanização dos processos de plantio da cana-de-açúcar, no que diz respeito à unidade de área plantada, além de reduzir a estrutura envolvida (máquinas, implementos e mão-de-obra) e por último, maior capacidade de campo operacional.

De acordo com Duarte Júnior et al. (2008), 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 administrada e conduzida corretamente, pode apresentar grande eficiência, aumento do rendimento operacional e, conseqüentemente, significativo retorno financeiro ao produtor (BARBOSA et al., 2005; SOUZA et al., 2006).

Para o produtor a mecanização significa o aumento da produtividade do trabalho com melhoria da qualidade da matéria-prima, diminuição de custos de

produção agrícola, que representam entre 50 e 60% em relação ao custo total e, maior agilidade na amortização do capital investido em inovações tecnológicas (SCOPINHO, 2004).

Do ponto de vista social e operacional, a sazonalidade de ocupação de mão-de-obra braçal, antes notada especificamente nos períodos de safra, quando a demanda por ela se acentua, passa agora ao contraponto de surgir na entressafra, pois, empresas que elevam seu nível de mecanização de colheita acima de 60% de sua capacidade de moagem, e que plantam em torno de 5.000 hectares por ano passam a demandar mais mão-de-obra rural no período de plantio, o que torna a mecanização da operação de plantio tão importante quanto a de colheita, caso se deseje obter uma linearidade de ocupação destes trabalhadores (RIPOLI et al., 2007).

Tabela 1. Comparação de alocação e qualificação de mão-de-obra nos sistemas de plantio mecanizado e semimecanizado.

Mão-de-obra	Mecanizado Para 45 ha.dia⁻¹ de 24 h	Semimecanizado Para 57 ha.dia⁻¹ de 8 h
Operadores de colhedoras para mudas	3	-
Operadores de transbordos	12	-
Operadores de plantadoras	9	-
Operadores reboque plantadoras	9	-
Operadores folguistas	9	-
Operador lâminas	1	2
Mecânicos soldadores	3	0,6
Lubrificador	0,3	0,4
Motorista de comboio	0,3	0,4
Cortadores de mudas	-	140
Plantadores	-	120
Motorista de ônibus	-	9
Fiscais	-	9
Motorista transporte adubo	-	4
Operadores de sulco	-	8
Operadores de cobertura	-	4
Operadores de carregadoras	-	4
Operadores de reboques	-	2
Motorista para transporte de mudas	-	24
TOTAL	50	428

Fonte: FREDO, 2011.

A mecanização não deve despertar apenas a preocupação com sua viabilidade econômica, é importante ter compreensão de que o aprimoramento do plantio depende de transformações no planejamento da lavoura como um todo e nas

suas interfaces com a colheita e CCT, além de nova logística operacional com a unidade processadora (LIBONI, 2009).

A mecanização do plantio de cana-de-açúcar exige que sejam respeitadas algumas condições físicas, técnicas e de produtividade para justificar o uso de máquinas, sem haver o risco de elevar o custo da operação. O uso da plantadora requer um redimensionamento dos talhões e modificações no sistema de plantio. Atualmente busca-se obter talhões planos com sulcos de cana de grande comprimento para evitar manobras das máquinas, otimizando operações mecanizadas. Em geral os talhões de cana são subdivididos quanto à topografia e homogeneidade do solo, apresentando em média quinze hectares.

O bom desempenho de um processo ou sistema mecanizado sejam eles preparo inicial de solo, cultivo, colheita ou plantio, é fundamental para que se obtenham custos que suportem a manutenção da atividade. Vale dizer que a assistência técnica, a manutenção/serviços, o transporte, a disponibilidade mecânica dos equipamentos pode ser definitiva e/ou limitantes para o sucesso da implantação de qualquer sistema mecanizado que se estabeleça (FREDO, 2011).

No Estado de São Paulo os municípios já detêm grandes extensões de terras que proporcionam boa produtividade e introdução da mecanização, contando com uma infraestrutura de apoio à mecanização considerável, como oficinas mecânicas para reparos das máquinas e empresas autorizadas.

Na instalação de um canavial devem ser levados em consideração todos os preceitos de boas práticas e técnicas agrônômicas, como variedades de mudas, solo (propriedades física, química e biológica), clima (umidade, temperatura, insolação), práticas culturais (controle de erosão, plantio, erradicação de plantas invasoras, descompactação do solo), controle de pragas e doenças, colheita (maturação, CCT), entre outros (ORLANDO FILHO et al., 1994).

A massa de colmos produzida num canavial representa grande quantidade de material, e sua manipulação torna difícil a contagem pontual de produtividade, da forma como que se faz com grãos e outras culturas (RIPOLI e RIPOLI, 2004).

O plantio, seja semimecanizado ou mecanizado, compreende basicamente quatro etapas principais: corte de mudas; distribuição no sulco; corte dos colmos em pedaços menores (rebolos e/ou toletes) dentro do sulco; e cobertura do sulco. Uma

vez plantada, a cana deve emitir perfilhos e brotos que futuramente originarão os colmos (DILLEWIJIN, 1952).

O plantio é feito normalmente por meio de rebolos contendo duas a três gemas. Atualmente existem tecnologias de plantio de cana-de-açúcar no mercado utilizando rebolos contendo apenas uma gema, denominados micro rebolos, que dará origem a uma nova planta.

Os estudos realizados a fim de se conhecer melhor o processo de germinação da cana, tanto em plantio de cana inteira quanto na forma de rebolos concluíram que os fatores endógenos, ou seja, ligadas ao potencial da planta de maior relevância para a germinação são: tamanho do rebolo (QUINTELA, 1996; LEE, 1984; DILLEWIJIN, 1952); reserva energética (DILLEWIJIN, 1952; SIMÕES NETO, 1986; CASAGRANDE, 1991); variedade (CASAGRANDE, 1991; CARLIN et al., 2004; ROCHA, 1984); densidade de plantio (PEIXOTO et al., 1988; CEBIM, 2008). As características exógenas que influenciam a germinação são: profundidade de plantio (JANINI, 2007; BEUCLAIR & SCARPARI, 2006); umidade do solo e temperatura (DILLEWIJIN, 1952; CASAGRANDE, 1991; SUGUITANI, 2006; BEUCLAIR e SCARPARI, 2006); densidade de plantio (BEUCLAIR e SCARPARI, 2006; DUNCKELMAN e BEUCLAIR, 1983; NORRIS et al., 2000) e altura de cobertura com solo (ROBOTHAM, 2000; QUINTELA, 1996).

Quando o tema for plantio de cana-de-açúcar, deve-se atentar para o desenvolvimento tecnológico em busca de produtividade do canavial e no desenvolvimento de técnicas que permitam identificar pontos onde há problemas com a capacidade de produção, e não apenas na redução de custos de implantação.

Um canavial implantado sem os conhecimentos básicos de plantio poderá ter sua longevidade reduzida, determinando como consequência a elevação dos custos de produção (QUINTELA et al., 1997).

Os sistemas de plantio seguem algumas recomendações agronômicas convencionais de espaçamento que geralmente variam entre 0,90 a 1,60 m (COLETI, 1994), sendo utilizada de 12 a 18 gemas de cana-de-açúcar por metro de sulco, de acordo com as determinações do produtor e da variedade da cana a ser plantada (STOLF et al., 1984). Muitas usinas usam de 18 a 22 gemas por metro de sulco procurando melhorar o estande, como forma de assegurar que a qualidade

final das mudas permita a relação de 12 gemas por metro de sulco, sendo as demais gemas inviabilizadas durante o processo.

Para Beauclair e Scarpari (2006), sejam quais forem os sistemas de plantio adotados, semimecanizado ou mecanizado, os mesmos devem atender as necessidades da cultura da cana-de-açúcar. O plantio é sempre o investimento crucial na condução de qualquer cultura e é a base de seu desenvolvimento. Cabe ao produtor fazer as considerações necessárias para implantar a cultura de maneira adequada, já que serão as atitudes tomadas nesta operação as determinantes da produtividade e longevidade da cultura.

2.2.1 Plantio Semimecanizado

Este sistema de plantio de cana-de-açúcar é uma operação agrícola composta de cinco etapas:

- 1- Carregamento e transporte de mudas (a carga deve ser organizada na carroceria do veículo de forma a facilitar a distribuição manual). Geralmente utilizam-se carretas tracionadas por caminhões ou tratores para o transporte das mudas;
- 2- Abertura dos sulcos de plantio e colocação de fertilizantes no solo, em profundidade de 0,25 - 0,30 m, com um ângulo de talude de cerca de 45°. Necessita-se destas dimensões para profundidade e ângulo de talude, para manter a estabilidade do sulco até que sejam efetuadas as próximas etapas do plantio. Para isto é necessário a utilização de tratores com mais de 70 kW de potência, acoplado a um sulcador-adubador de duas hastes. A colocação de fertilizantes deve ser realizada segundo fórmula e dosagem recomendada para adubação de fundação;
- 3- Distribuição das mudas (um caminhão carregado de colmos de cana percorre as banquetas, a cada dez ou quinze sulcos de plantio, deixadas durante a operação de sulcamento, onde um grupo de trabalhadores o segue distribuindo os colmos);
- 4- Fracionamento e alinhamento dos colmos (estes são cortados manualmente com utilização de facões no fundo do sulco), esta prática é realizada a fim de evitar que a predominância de hormônios existentes nos tecidos jovens

induza a ocorrência dos fenômenos de levantamento e/ou encurvamento do colmo e das pontas, causando brotação progressiva por dominância apical. A operação de corte em rebolos no plantio é uma prática onerosa, que demanda mão-de-obra;

- 5- Cobrimento dos sulcos (com uma camada de solo em torno de 0,10 a 0,15 m) conforme a região ou a disponibilidade de umidade, utilizando-se de um cobridor de duas linhas e com repasse manual se necessário.

Estas etapas são usualmente adotadas em canaviais das regiões Centro-Sul e Oeste do País e em algumas áreas do Nordeste, onde são possíveis operações mecanizadas. Nas áreas declivosas destas regiões, onde se encontram culturas de cana-de-açúcar em relevos com até mais que 40% de declividade, as etapas de um sistema de plantio são bem diferentes, apresentando somente etapas manuais e com tração animal, em função da impossibilidade de se utilizar máquinas.

2.2.2 Plantio Mecanizado

As primeiras máquinas de plantio de cana-de-açúcar utilizadas em território nacional, que na verdade não passaram de protótipos, foram desenvolvidas nas décadas de 60 e 70, por empresas nacionais brasileiras; e em anos mais recentes novos projetos e protótipos foram lançados atendendo a demanda do mercado.

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar é de implantação complexa, necessitando de estudos multidisciplinares para a adequada implantação.

Neste sistema de plantio ocorrem todas as operações citadas anteriormente (sulcamento, adubação, deposição de mudas e cobertura do sulco), mais a aplicação de agroquímicos que são realizadas mecanicamente também (RIPOLI e RIPOLI, 2004).

Janini, Ripoli e Cebim (2008) observaram que a cana-de-açúcar em plantio mecanizado apresentou um início de brotação mais tardio, o número médio de perfilhos por metro de sulco foi menor e apresentou menor número de gemas viáveis que o sistema semimecanizado. Verificaram, porém, que o custo operacional efetivo do plantio mecanizado foi inferior quando comparado ao sistema semimecanizado. No que diz respeito ao percentual de falhas do tratamento mecanizado, esse foi três vezes maior que no tratamento semimecanizado.

A evolução deve ser constante e necessária em relação a quais variedades de cana-de-açúcar se adaptam melhor ao impacto da colheita mecânica de mudas, que hoje se efetua com o mesmo equipamento que se colhe a cana para indústria. Alterações mecânicas que levam a menores danos às gemas e rebolos se fazem necessários, pois os níveis atuais estão elevados.

Há atualmente uma tendência para a mecanização do plantio, justificada pelo menor custo da operação mecanizada e alto desempenho operacional das plantadoras disponíveis no mercado (RIPOLI, 2006).

Segundo pesquisadores do IAC, Jair Rosas e Moisés Storino, citados por Guerra (2006), o sistema de plantio mecanizado possui vantagens do ponto de vista agrônomo frente ao modo semimecanizado como: manutenção do teor de água no solo determinada pela não exposição do sulco aberto durante dias, melhorando a germinação, maior paralelismo dos sulcos, possibilidade de aplicação de produtos fitossanitários e agroquímicos reduzindo operações mecanizadas na lavoura, redução de compactação do solo, fechamento dos sulcos por meio de rodas compactadoras promovendo maior contato entre rebolo e solo.

2.3 Qualidade da operação de plantio de cana-de-açúcar

Dentre os fatores agrônômicos que podem ser influenciados pela qualidade da operação de plantio de cana-de-açúcar, destacam-se principalmente a germinação, brotação e o perfilhamento. A implantação de uma lavoura de cana envolve uma série de cuidados por se tratar de uma cultura semiperene. Para que a colheita, principalmente a mecanizada, seja bem sucedida, é preciso atentar-se ao plantio uma vez que a longevidade do canavial depende da interação entre estas duas operações.

São fatores que interferem na qualidade do plantio desde sua densidade, preparo do solo, época de plantio, escolha da variedade, qualidade e idade da muda, paralelismo das fileiras de plantio, até o aumento da massa de mudas para compensar falhas de deposição no sulco, a necessidade de um mecanismo dosador de rebolos, instabilidade em certas regiões declivosas, falta de sincronismo entre velocidade do trator e velocidade na distribuição da muda e minimização de danos causados às gemas dentro da plantadora (GARCIA, 2008; NORONHA, 2011).

A qualidade do plantio de cana-de-açúcar deve ser observada durante a operação para que se obtenha a produtividade esperada, porém deve-se observar que quanto mais exigente em qualidade, maior o custo do plantio.

A boa brotação dos rebolos é considerada a base da boa condução da cultura da cana-de-açúcar, o perfilhamento é o passo seguinte, pois é ele que fornece o número de colmos apropriados para uma boa produção, contudo, nem todos os perfilhos conseguem atingir a maturidade.

A brotação tem início assim que começam a ocorrer mudanças nas reservas nutritivas pela atividade de enzimas e reguladores de crescimento (auxinas). A formação de auxina faz com que as demais gemas não brotem ou o façam com atraso, o que resulta numa menor porcentagem de brotação (MALAVOLTA, 1994).

Stolf (1986) propôs um método de avaliação de falhas de plantio de cana-de-açúcar que consiste em computar a somatória da distância de falhas acima de 0,5 m, num determinado trecho da fileira ou linha de cana-de-açúcar, considerando, portanto, como falhas, espaços vazios entre plantas de cana-de-açúcar a partir de 0,5 m, para ambas cana-planta e cana-soca, conforme mostra a Tabela 1. O índice de falhas inferior a 10 % (das falhas maiores que 50 cm) é classificado como de excelente qualidade.

Tabela 2. Avaliação da qualidade do plantio da cultura da cana-de-açúcar em relação às falhas no plantio.

% Falha > 0,5	Avaliação do Plantio
0 – 10	Excelente
11 – 20	Bom **
21 – 35	Médio
36 – 50	Ruim
> 50	Péssimo

(*) Para 15 gemas por metro e ótimas condições de brotação.

(**) normal – tipo mais encontrado.

Fonte: Stolf (1986).

Stolf et al. (1986) correlacionaram esse índice de falhas com o rendimento agrícola em cana planta, constatando que a diminuição da produtividade com o

aumento da porcentagem de falhas é linear até valores em torno de 55% de falhas, intervalo esse que engloba a variabilidade natural de áreas comerciais. Constataram que para um aumento de 10% de falhas há uma queda de 3,2% no rendimento agrícola, demonstrando a sensibilidade do parâmetro.

Da mesma forma, Stolf et al. (1991) correlacionaram produtividade agrícola com o índice de falhas em soqueiras de cana-de-açúcar, concluindo que as falhas em soqueiras assumem uma importância menor quando comparadas com cana-planta. Contudo as perdas assumem a mesma grandeza das da cana-planta, o que permitiu propor a mesma curva de calibração que relaciona o índice de falha com a produtividade relativa, já estimada em cana-planta.

2.3.1 Indicadores de qualidade de plantio de cana-de-açúcar

2.3.1.1 Paralelismo entre sulcos

Trabalhos de pesquisa mostraram resultados favoráveis à redução do espaçamento a valores de 1,40 m, de acordo com Stolf e Barbosa (1991). Outros autores se preocupam com a viabilidade de sua mecanização (STOLF; FURLANI NETO; CERQUEIRA LUZ, 1987). Com o objetivo de propor uma metodologia de controle da quantidade de muda no sulco em função do espaçamento utilizado, os autores ressaltam a necessidade de se fixar um valor de gemas por metro de sulco variando o consumo de mudas por unidade de área à medida que se altere o espaçamento de plantio.

Segundo Mialhe, Ripoli e Milan (1983), devido à bitola média do maquinário agrícola e do espaçamento de 1,40 m, em qualquer esquema de tráfego, sempre ocorrerá compactação na região abrangida pelo sistema radicular da cultura.

Beauclair e Scarpari (2006) relatam que em canaviais colhidos mecanicamente com espaçamentos de 1,50 m tem apresentado vantagens operacionais, minimizando o pisoteio das fileiras de cana.

2.3.1.2 Profundidade de sulco

De acordo com Brieger e Paranhos (1964), a melhor profundidade de plantio oscila entre 0,25 e 0,30 m, ou seja, nunca maior do que a da aração, para não se

incorrer ao erro de se plantar em solo não arado, compactado, que dificultará o desenvolvimento e a penetração das raízes.

Guimarães (1975) testou as profundidades de plantio 0,10, 0,20 e 0,30 m, com três variedades de cana, em condições climáticas e ambientais consideradas normais para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Realizando três cortes consecutivos nestas condições, as três profundidades de plantio mostraram-se eficazes para a produção de cana-de-açúcar.

Segundo Casagrande (1991) e Carlin et al. (2004), além da profundidade de plantio há que se considerar outro aspecto, a espessura da camada de terra que é colocada sobre as mudas, pois a falta de umidade do solo pode prejudicar a brotação dos rebolos, assim como o excesso causado pela irrigação, drenagem irregular e acúmulo de água de chuva.

2.3.1.3 Falha na deposição de mudas de cana-de-açúcar no sulco

A quantidade final de gemas por metro de sulco a ser utilizada em qualquer espaçamento de plantio de cana-de-açúcar é um fator de extrema importância, pois a muda é um insumo de elevado valor e, seus custos de manejo aumentam diretamente com a quantidade de gemas adotada por unidade de área. A ocorrência frequente de falhas de deposição de mudas nos sulcos afeta diretamente a qualidade da operação do plantio, seja o plantio realizado de forma semimecanizada ou mecanizada, reduzindo a brotação, perfilhamento e, conseqüente formação dos colmos e touceiras.

As deficiências na distribuição de mudas pelas plantadoras utilizadas no sistema mecanizado estão determinadas pela baixa precisão do ordenamento e dosagem dos rebolos. Desta maneira, a melhoria contínua no processo de plantio de cana-de-açúcar visa identificar estas falhas de deposição de mudas de cana-de-açúcar nos sulcos, fator crítico na garantia da qualidade operacional do plantio.

2.3.1.4 Comprimento de rebolo

Segundo Wood (1976) citado por Beauclair e Scarpari (2006), o seccionamento dos colmos pode aumentar o custo de mão-de-obra no caso do

sistema de plantio semimecanizado de cana-de-açúcar, além de poder afetar a brotação devido à podridão que se instala a partir da superfície de corte.

A secção é realizada visando garantir uma boa porcentagem de brotação, uma vez que os rebolos com maior número de gemas têm porcentagem de brotação diminuída em decorrência da dominância apical.

De acordo com Arizono (1994) e Matsuoka (1998), o seccionamento dos colmos em rebolos de 3 gemas foi recomendação e aplicação tradicional no Brasil, como também em todo o mundo canavieiro, fundamentado no efeito da dominância apical existente entre as gemas distribuídas ao longo do colmo de cana-de-açúcar.

Van Dillewinjn (1952), citado por Beauclair e Scarpari (2006), abordando o tema das influências do tamanho do rebolo na brotação inicial das gemas, relatou o uso de uma, duas ou, no máximo, três gemas para o plantio. Raramente esse processo limita a formação estande de plantas, uma vez que a quantidade de gemas é normalmente maior que a necessária. Entretanto, os autores consideraram que em condições de plantio menos favoráveis, o tamanho do rebolo deve ser aumentado, e em condições favoráveis de crescimento, é preferível plantar rebolos de menores comprimentos.

O tamanho dos rebolos vai influenciar a quantidade de reserva energética disponível para a gema, em que maior o internódio, melhor é a germinação e o desenvolvimento do broto, pois a gema utiliza das reservas do rebolo para emergir e, quanto maior a quantidade de reserva, mais rapidamente a gema brotará e mais vigoroso será o broto emerso.

2.3.1.5 Número de gemas totais, danificadas e viáveis

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar, em relação ao plantio semimecanizado, causa maiores danos às gemas e proporciona menor número de gemas viáveis por metro de sulco, aumentando a porcentagem de falhas e reduzindo a produtividade agrícola. Porém, o custo operacional, apresenta-se altamente vantajoso (GARCIA, 2008).

A colheita mecânica de mudas, segundo Pinto e Moraes (1997), é a principal causadora de injúrias às gemas e rebolos, devido ao processamento interno dos colmos pelos sistemas rotativos da colhedora, tais como: cortador de base, rolos

transportadores e facção picador. A colheita deve ser realizada cuidadosamente e com velocidade de trabalho menor que a especificada para a colheita de matéria prima para moagem.

Além da redução da quantidade de gemas viáveis por metro de sulco, Cebim et al. (2008) observaram que mesmo utilizando maior quantidade de mudas, há menor perfilhamento, maior número de falhas e menor produtividade no plantio mecanizado de cana-de-açúcar quando comparado com o plantio semimecanizado.

Para Beauclair e Scarpari (2006) a densidade de plantio adotada na implantação de um canavial é de aproximadamente 12 gemas por metro de sulco, a qual dependendo da variedade e do seu desenvolvimento vegetativo corresponde ao gasto de 7 a 10 toneladas de cana por hectare. De acordo com os autores, é comum haver maior gasto de mudas, pois desta maneira pode-se prevenir a presença de falhas que persistirão por 4 a 5 anos se houverem gemas inviáveis nas mudas utilizadas.

2.4 Tipos do solo

Os processos fundamentais para o desenvolvimento do solo são: perdas, transformação, adição e translocação. Estes processos somados aos fatores de formação (material de origem, clima, relevo, tempo e vegetação) originam os diferentes tipos do solo, formam-se os horizontes, que se diferenciam conforme sua textura, estrutura, presença de material orgânico e grau de alteração (RAIJ, 1987).

A classificação de solos, ou pedológica, é essencial para que se possam organizar os conhecimentos adquiridos pelas pesquisas e pelas práticas agrícolas na atividade canavieira. Se uma variedade de cana-de-açúcar se desenvolve vigorosamente em certo local, enquanto que em outro tipo de solo produz menos (levando em consideração o mesmo clima e condições de fitossanidade), é importante conhecer os solos de ambos locais. Para o manejo racional dos solos é fundamental conhecer a classificação dos solos (EMBRAPA, 2006).

Pela própria natureza dos fatores responsáveis pela sua formação, o solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontalmente. Este fato ocorre porque o próprio material de origem não é uniforme em toda a sua extensão, ou seja, o material de origem não sofre o processo de intemperização de forma homogênea e

contínua. Nas camadas superficiais, os solos são mais intemperizados (BUOL et al., 1997). A variabilidade espacial dos atributos envolvidos no processo de produção agrícola do solo em áreas extensas pode ser relativamente elevada e, como resultado desta variabilidade o desempenho produtivo das culturas é pouco satisfatório.

Em cultivos altamente tecnificados, como no caso da cana-de-açúcar, é fundamental o conhecimento da variabilidade espacial de atributos físicos do solo, que poderá contribuir para a redução de custos nos sistemas de produção e aumento da produção (FREITAS, 1987; UTSET e CID, 2001).

No levantamento pedológico do Estado de São Paulo (Brasil, 1960) foi reconhecido que horizontes pedogenéticos distintivos, próprios de determinados solos, são legítimos como critério diagnóstico para estabelecimento e definição de classes de solos em se tratando de sistema natural de classificação (EMBRAPA, 2006).

2.4.1 Latossolo

É um grupamento de solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e têm capacidade de troca de cátions da fração argila baixa, inferior a 17cmolc/kg de argila sem correção para carbono, comportando variações desde solos predominantemente caulíníticos, com valores de Ki mais altos, em torno de 2,0, admitindo o máximo de 2,2, até solos oxídicos de Ki extremamente baixo. O critério é o desenvolvimento de horizonte diagnóstico B latossólico, em sequencia a qualquer tipo de A e quase nulo, ou pouco acentuado, aumentando o teor de argila de A para B. Em distinção às cores mais escuras do A, o horizonte B tem cores mais vivas, variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas (EMBRAPA, 2006).

Nesta classe estão incluídos todos os antigos Latossolos, excetuadas algumas modalidades anteriormente identificadas como Latossolos plínticos.

2.4.2 Argissolo

É um grupamento de solos com horizonte B textural, com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. Grupo de solos com base de evolução avançada, e critério de desenvolvimento de horizonte diagnóstico B textural em vinculação com atributos que evidenciam a baixa atividade da fração argila ou o caráter alítico (EMBRAPA, 2006).

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

Nesta classe estão incluídos os solos que foram classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa ou alta, pequena parte de Terra Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada e de Terra Bruna Estruturada Similar, na maioria com gradiente textural necessário para B textural, em qualquer caso Eutróficos, Distróficos ou Álicos, Podzólico Bruno-Acinzentado, Podzólico Vermelho-Escuro, Podzólico Amarelo, Podzólico Acinzentado e mais recentemente solos que foram classificados como Alissolos com B textural.

2.5 Controle de qualidade

O uso de indicadores de qualidade para as operações agrícolas canavieiras vêm sendo aplicado no Brasil desde a década de 1990, por meio de estudos sobre o preparo do solo, aplicação de pesticidas, calagem, plantio e colheita. Campos et al. (2008), Silva et al. (2008) e Reis (2009) enumeram vários indicadores de qualidade nas operações mecanizadas em cana de açúcar, concluindo que o monitoramento

por meio do controle estatístico de processo pode aumentar os níveis de qualidade da operação.

O controle estatístico de processo (CEP) é uma técnica utilizada nos processos de produção que auxiliam na detecção de problemas, visando diminuir desperdícios e retrabalhos, bem como aumentar a produtividade. Esse aumento da produtividade é buscado, em geral, por meio da padronização da produção, isto é, por meio de se minimizar variações nas especificações dos produtos operando-se de modo estável. Nesse sentido, a Estatística fornece subsídios de como coletar dados e formalizar um padrão a ser utilizado no acompanhamento do processo em questão, permitindo que o processo seja capaz de ser repetido e capaz de operar com pouca variabilidade ao redor do alvo (parâmetro, medida padrão a ser perseguida, objetivada, alcançada) (ROCHA, 2012).

De acordo com Sebrae (2012), embora qualidade seja um termo subjetivo e que adquira conotações diferentes conforme o momento histórico e os paradigmas dos processos de produção (por exemplo fordismo e toyotismo), atualmente predomina o entendimento que as ferramentas da Qualidade são: 1) *Brainstorming* (reuniões); 2) Quadro 4Q1POC (4Q = O que, Quem, Quando, Quanto; 1POC = Porque, Onde, Como); 3) Diagrama de Causa e Efeito (ou diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe); 4) Fluxogramas; 5) Gráficos (sendo alguns deles histogramas, diagrama de dispersão, diagrama de Pareto e gráficos de controle); 6) Lista ou Folha de Verificação Simples; 7) Lista ou Folha de Verificação de Frequência; 8) Matriz de Preferência (tabelas para organização de idéias); 9) Quadro PDCA (P=Plan (planejamento); D = do (fazer); C = Check (avaliar); A = Action (ação corretiva); e Relatório de Auditoria (Formulário de verificação de cumprimento de padrões ou normas).

Os gráficos de controle, criados na década de 20, aliados ao uso e aperfeiçoamento de técnicas de amostragem, paulatinamente passaram a ser utilizados nos processos produtivos, em especial durante a 2ª Guerra Mundial, após cuja, várias técnicas utilizadas no controle da qualidade de fabricação de produtos bélicos, passaram a ser utilizadas na fabricação de diversos produtos comerciais para a população, em especial no período de reconstrução do Japão, da Alemanha e de outros países afetados pela Guerra. (ROCHA, 2012).

Terminologia utilizada em CEPs:

- **Confiabilidade:** É a capacidade que um produto tem de ser usado sem a necessidade de reparos.

- **Variável:** termo utilizado para uma variável quantitativa contínua (ex.: massa, diâmetro, temperatura, comprimento) em geral com distribuição probabilística Normal.

- **Atributo:** termo utilizado para uma variável qualitativa (ex.: tipo de defeito) ou uma variável quantitativa discreta (ex.: nº de defeitos).

- **Valor nominal (*target*, alvo):** Uma medida que garante as características de qualidade do produto em questão. Em geral, para uma variável, o valor nominal é a média.

- **Variação:** É a ação de afastar-se do alvo (valor nominal). Pode ser classificada em *variação aleatória* ou *variação causal*. As variações aleatórias, isto é, provocadas por fatores desconhecidos, são inerentes ao processo e não podem ser eliminadas. As variações causais podem ser eliminadas e esse é o principal objetivo do Controle Estatístico de Processo.

- **Desvio:** é a diferença entre o valor obtido e o valor nominal.

- **Parâmetro:** medida estabelecida como padrão, referência.

- **Tolerância:** É a diferença máxima admitida entre um padrão estabelecido e um padrão alcançado.

- **Limites de especificação:** são os extremos de um intervalo de medida, estabelecido em projeto, sendo eles o L.I.E (limite inferior de especificação) e o L.S.E. (limite superior de especificação).

- **Conformidade:** Quando uma medida está dentro dos limites de especificação, diz-se que o produto é *conforme*. Caso contrário, o produto é dito *não-conforme*.

Obs.: Um produto tecnicamente não-conforme pode ainda ser usado.

- **Controle:** Conjunto de técnicas adotadas num processo produtivo para garantir que se alcance os padrões previamente estabelecidos.

- **Limites de controle:** são os extremos de um intervalo de medida, para um processo que está operando dentro dos padrões estabelecidos (isto é, que está sob

controle), sendo eles o L.I.C. (limite inferior de controle) e o L.S.C. (limite superior de controle).

- **Gráficos de controle:** permitem visualizar e acompanhar no tempo o desempenho de um processo (Figura 1).

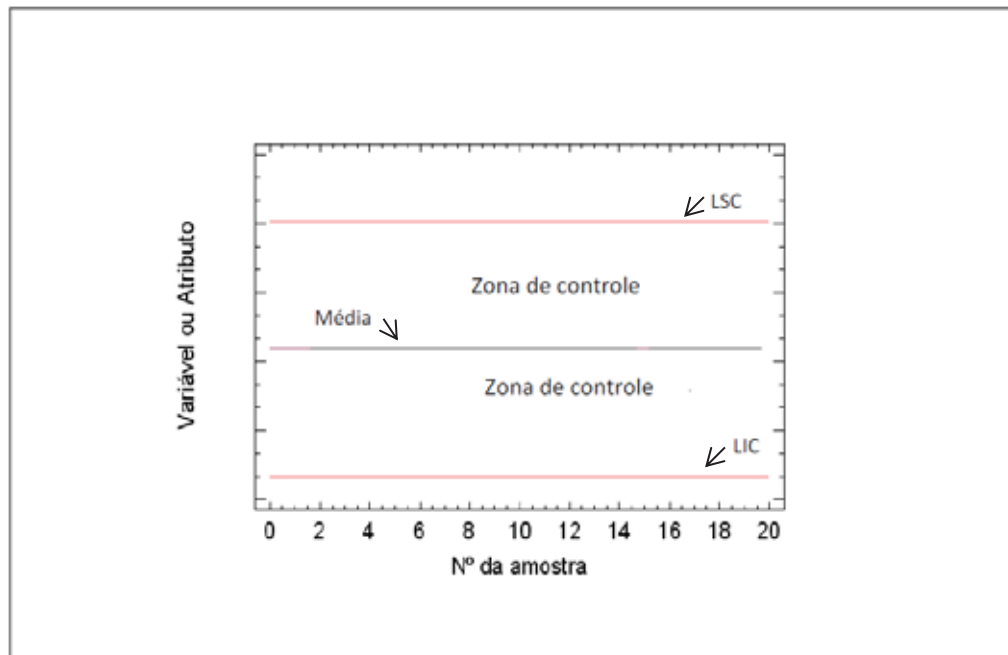


Figura 1. Representação genérica de um gráfico de controle.

A análise do padrão de gráficos de controle é feita estabelecendo os limites de controle, devendo-se interpretar as informações fornecidas pelo gráfico. Ainda que os pontos coletados estejam dentro dos limites de controle, o processo pode estar fora de controle. Por exemplo, a ausência de aleatoriedade nos pontos pode indicar a existência de uma fonte de variação causal, bem como comportamento cíclico pode indicar fadiga de operadores (ROCHA, 2012).

De acordo com Rocha (2012) há um conjunto de dicas para se detectar padrões não aleatórios de comportamento de gráficos de controle, são elas:

- Um ponto cair fora dos limites de controle;
- Dois de três pontos consecutivos caírem além dos limites de alerta;
- Oito pontos consecutivos caírem em um lado da linha central.

O gerenciamento pela qualidade total exige mudança de postura e, até mesmo de rompimento, dos gerentes e dos trabalhadores de uma empresa. A hierarquia gerencial deve ocupar-se com o desenvolvimento da tecnologia de

trabalho dos empregados e estes se tornarem responsáveis pela manutenção da rotina de trabalho e, finalmente o diálogo e comunicação dentro da empresa tornam-se mais claros e eficientes (BONILLA, 1995).

3. Material e métodos

3.1 Material

3.1.1 Local de pesquisa e desenvolvimento

Os ensaios de campo foram realizados em área localizada no nordeste do estado de São Paulo, entre os municípios de Jaboticabal e Monte Alto, no ano 2011, em canaviais comerciais de uma usina sucroalcooleira, no entorno das coordenadas geodésicas latitude 21°16' S e longitude 48°24' W, com altitude média de 640 m. O relevo possui predominância suave a ondulado, com declividade média de 8,8% e suas faces de exposição predominantes a Leste e Oeste.

De acordo com a Figura 2, a área foi composta de dois tipos de solos, de acordo com EMBRAPA (2006):

- LATOSSOLO VERMELHO distrófico de textura argilosa (LVd);
- ARGISSOLO VERMELHO Amarelo de textura arenosa (PVA).

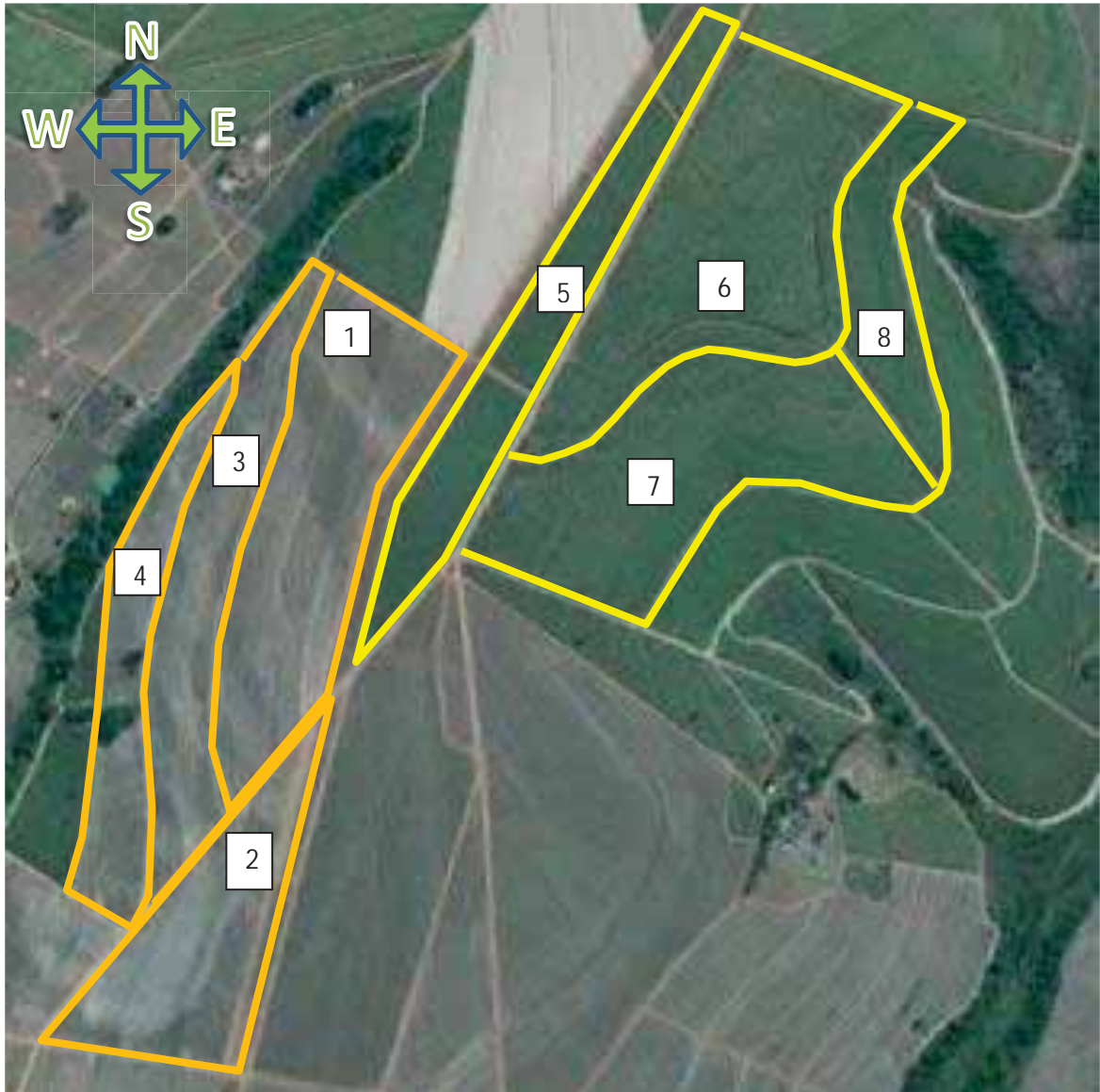


Figura 2. Vista geral da área experimental (Laranja, talhões 1 a 4: ARGISSOLO e Amarelo, talhões 5 a 8: LATOSSOLO).

De acordo com a classificação climática de Koëppen, o clima da região é do tipo mesotérmico com inverno seco (Aw), e precipitação média de 1.400 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro.

Foram utilizados na amostragem de campo dois talhões por sistema de plantio de cana-de-açúcar, para cada tipo de solo, totalizando 8 talhões amostrados. Nos talhões 1, 2, 5 e 6 o plantio da cana-de-açúcar foi realizado pelo sistema mecanizado e nos talhões 3, 4, 7 e 8 pelo sistema semimecanizado.

Na Tabela 3 são apresentadas as características físicas dos solos, de acordo com os talhões nas profundidades de 0,00-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m.

Para cada gleba, foram retiradas 20 amostras simples de maneira uniforme em volume e profundidade para compor a amostra composta. O teor de água médio dos solos encontrava-se em 16%.

Tabela 3. Características físicas do perfil do LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd) e do ARGISSOLO VERMELHO Amarelo (PVA) em Jaboticabal, SP.

Solo	Profundidade (m)	Argila (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Areia (g kg ⁻¹)	Textura
LVd	0,00-0,20	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	
PVA	0,00-0,20	150	60	790	arenosa
	0,20-0,40	230	50	720	
	0,40-0,60	270	40	690	
	0,60-0,80	297	22	670	

Fonte: Embrapa, 2006.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a SP81-3250, possuindo bom fechamento entrelinhas, porte ereto exigente quanto à fertilidade de solo, com precocidade média em maturação.

3.1.2 Fontes de potência e mão-de-obra utilizadas nas operações

Para as operações de subsolagem e preparo de solo foram utilizados:

- Subsolagem: trator 4x2 TDA de 133 kW e subsolador de 5 hastes a 0,50 m de profundidade;
- Gradagem pesada: trator 4x2 TDA de 133 kW e grade pesada de massa 5.272 kg com 16 discos a 0,25 m de profundidade;
- Gradagem intermediária: trator 4x2 TDA de 133 kW e grade intermediária de massa 3.119 kg com 28 discos a 0,15 m de profundidade;
- Aplicação de calcário: trator 4x2 TDA de 82 kW e carreta aplicadora (capacidade até 3 t).

3.1.2.1 Plantio Semimecanizado

Para as operações do plantio semimecanizado de cana-de-açúcar foram utilizados:

- Caminhão “Munk” (capacidade até 18 t para carregamento de “big-bags”);
- Sulcamento e adubação: trator 4x2 TDA de 133 kW e sulcador de 2 linhas (espaçamento entre sulcadores de 1,5 m) com 2 reservatórios de 250 kg cada;
- Distribuição de mudas: caminhão caçamba;
- Carregamento e descarregamento de mudas: trator 4x2 com garra carregadora de 73 kW;
- Cobrimento do sulco e aplicação de herbicida: trator de 73 kW e cobridor de 2 linhas (espaçamento entre sulcadores de 1,5 m) com tanque reservatório de 300 L de capacidade.

A velocidade média do conjunto tratorizado com carga na operação foi de 6,0 km h⁻¹, obtida pela média das tomadas de tempo decorridas para que o conjunto de máquinas percorresse 50 m.

A mão-de-obra utilizada neste sistema de plantio de cana-de-açúcar demandou 60 trabalhadores por turno de trabalho, relacionados a seguir:

- 5 operadores (sulcadores);
- 5 operadores (carregadora);
- 2 operadores (cobridores);
- 2 operadores (caminhões “munk” e caçamba);
- 45 trabalhadores cortadores de mudas (rebolos);
- 1 líder agrícola.

3.1.2.2 Plantio Mecanizado

Para as operações do plantio mecanizado foram utilizados:

- Caminhão “Munk” (capacidade até 18 t para carregamento de “big-bags”);
- Colhedora de cana-de-açúcar picada preparada com “kit mudas” – peças emborrachadas;
- Caminhão para transbordos;
- Transbordos (capacidade até 5 toneladas);
- Trator 4x2 TDA de 133 kW;

- Plantadora de 2 linhas de plantio equipada com depósito para adubo de 1250 kg de capacidade, tanques reservatórios com 600 L e caçamba de mudas (rebolos) com capacidade de 24m³ (6 t).

A fonte de potência mínima exigida na operação de plantio mecanizado foi indicação do fabricante da plantadora que possui 24 m³ de capacidade, sendo utilizado trator 4x2 TDA com potência média no motor de 133 kW. A vazão de óleo necessária do trator que alimenta as esteiras da plantadora foi regulada para 130 L min⁻¹. A velocidade média do conjunto tratorizado com carga na operação foi de 6,0 km h⁻¹, obtida pela média das tomadas de tempo decorridas para que o conjunto trator-plantadora percorresse 50 m.

A mão-de-obra utilizada no sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar demandou 12 trabalhadores por turno de trabalho, relacionados a seguir:

- 2 operadores (conjunto trator-plantadora);
- 2 operadores (plantadora);
- 6 operadores (transbordos);
- 2 líderes agrícolas.

3.1.2.3 Outros equipamentos

- Trator com garra acoplada;
- Caminhão terceirizado para mudas (capacidade até 25 t);
- Caminhão oficina;
- Caminhão tanque de abastecimento.

Os tratores utilizados neste experimento não estavam equipados com piloto automático.

3.2 Métodos

Cada uma das variáveis avaliada foi considerada como indicador de qualidade da operação dos sistemas de plantio da cana-de-açúcar, sendo interpretadas pelo controle estatístico de processo. Avaliaram-se os seguintes indicadores de qualidade do processo: paralelismo entre sulcos e passadas dos conjuntos tratorizados, profundidade de sulcos, número total de gemas por metro de sulco, número de

gemas danificadas por metro de sulco, gemas viáveis por metro de sulco, falha de deposição de muda de cana-de-açúcar no sulco e comprimento das mudas (rebolos).

Foram tomados 40 pontos distribuídos ao acaso para avaliação dos indicadores de qualidade do processo em cada sistema de plantio, totalizando 80 pontos em cada tipo de solo (Figura 3). Cada ponto de coleta de dados foi composto de 10 m de avaliação.



Figura 3. Pontos de avaliação nos talhões de cana-de-açúcar.

Cada talhão possuía área média de 10 hectares. As máquinas e implementos utilizados nos sistemas de plantio foram regulados de acordo com padrões de qualidade da usina. O espaçamento entre hastes de sulcamento e plantio foi estabelecido em 1,5 m e a profundidade de sulcos em 0,25 m.

3.2.1 Espaçamento entre sulcos

Mediu-se a distância entre os 10 sulcos de plantio e o paralelismo entre os mesmos em 5 passadas dos conjuntos tratorizados conforme Figura 4.

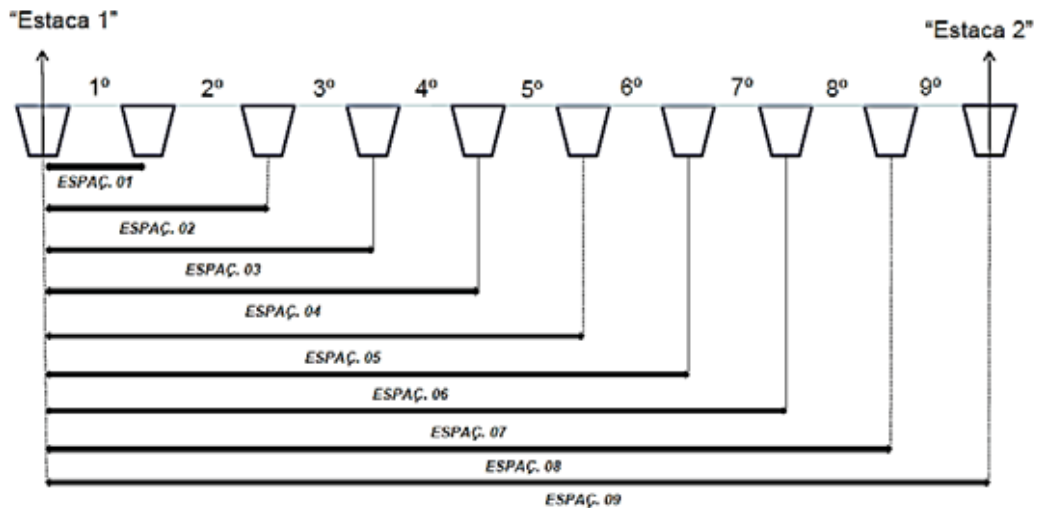


Figura 4. Avaliação dos espaçamentos entre sulcos.

3.2.2 Profundidade de sulco

Para a avaliação da profundidade do sulco desprezou-se a crista lateral do sulco e levou em consideração a profundidade com base na cana mais profunda do sulco (Figura 5).

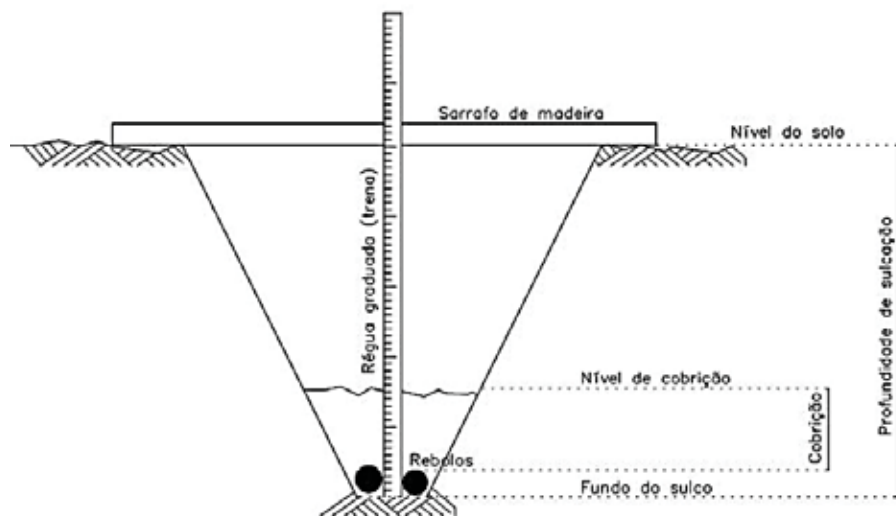


Figura 5. Determinação da profundidade de sulcamento.

3.2.3 Gemas totais, danificadas, viáveis e inviáveis

O monitoramento das gemas totais e danificadas foi realizado lançando dentre os 10 m de sulco avaliado, um gabarito de 1 m no qual foi contado o número de gemas totais e danificadas. Gemas apresentando algum tipo de dano mecânico/físico ou biológico (pragas), ou ainda constatação visual de algo que

pudesse comprometer o brotamento da cultura, foram consideradas inviáveis. A porcentagem de gemas viáveis foi obtida calculando-se a diferença entre a quantidade de gemas inviáveis e a quantidade total de gemas.

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 deposição padrão de 18 a 20 gemas por metro de sulco.

3.2.4 Falha de deposição das mudas nos sulcos

Para a avaliação de falhas de deposição das mudas de cana-de-açúcar nos sulcos, adaptou-se a técnica de avaliação de falhas de perfilhamento de Stolf (1986). Foram utilizados 10 m em 10 sulcos, procurando, identificando e somando interrupções maiores que 0,20 m sem presença de mudas dentro dos sulcos.

3.2.5 Comprimento dos rebolos

As mudas (rebolos) foram mensuradas em seu comprimento a partir de uma amostragem de 10 rebolos em 10 sulcos.

3.2.6 Análise de dados

Os resultados foram analisados por meio da análise de variância, utilizando-se o teste F de Snedecor, a 5% de probabilidade e quando houve significância, aplicou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias, utilizando o pacote estatístico SISVAR[®]. Para realizar o Controle Estatístico de Processo (CEP) foi utilizado o software (Minitab[®]), sendo calculadas medidas de tendência central (média aritmética e mediana), medidas de dispersão (amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação).

Os métodos estatísticos utilizados para as determinações de qualidade do processo foram as cartas de controle para cada variável, que têm como linha central a média geral e amplitude móvel, bem como os limites superior e inferior de controle, definidos como LSC e LIC, calculados com base no desvio-padrão das variáveis. Estes limites resultaram da análise estatística e foram determinados de acordo com a variabilidade do processo, sendo utilizado para isso o software Minitab[®]. Os limites

de controle permitem inferir se há variação dos resultados devido a causas não controladas no processo (causas especiais), e são calculados de acordo com as equações 1 e 2.

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

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

em que,

- LSC: limite superior de controle;
- LIC: limite inferior de controle (quando o valor calculado do LIC foi negativo, considerou-se o mesmo como nulo, LIC = 0);
- \bar{x} : média geral da variável;
- σ : desvio-padrão da medida.

4. Resultados e discussão

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que no espaçamento entre sulcos houve diferença estatística significativa para os sistemas de plantio de cana-de-açúcar além da interação entre os fatores analisados. Para o Argissolo, o plantio mecanizado obteve melhor resultado em manter o espaçamento comparado ao semimecanizado. Embora exista interação entre sistemas de plantio e tipos de solo, a análise de variância mostrou que é pequena, e os efeitos dos fatores são representados por seus efeitos principais. Verifica-se neste caso que os efeitos simples do fator têm valores próximos. De acordo com os valores obtidos para o sistema semimecanizado que foram menores, surge a hipótese de regulação mal realizada no espaçamento no sulcador, refletindo em menor espaçamento entre sulcos para este tratamento no momento da operação.

Observando a Tabela 5 verifica-se que na área de Latossolo não houve diferença estatística significativa entre os sistemas de plantio de cana-de-açúcar, entretanto para a área de Argissolo o plantio mecanizado obteve melhores resultados em campo. Podemos atribuir este efeito à qualidade da textura dos solos estudados. Em termos práticos isto não afeta a operação como um todo, sequer o desenvolvimento da cultura, salvo acontecimentos extraordinários.

Tabela 4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis espaçamento entre sulcos, profundidades de sulco, vão sem muda e comprimento do rebolo.

Tratamento	Espaçamento entre sulcos (m)	Profundidade de sulco (m)	Falha deposição muda (m)	Comprimento de rebolo (m)
Tipos de solo (S)				
Latossolo	1,47	0,27 b	0,24	0,47 a
Argissolo	1,47	0,30 a	0,23	0,42 b
Sistemas de plantio (P)				
Mecanizado	1,49	0,27 b	0,30	0,47 a
Semimecanizado	1,46	0,30 a	0,16	0,42 b
Teste F				
Solo (S)	0,001 ^{ns}	18,42 *	0,046 ns	27,34 *
Plantio (P)	13,80 *	5,68 *	13,27 *	40,93 *
S x P	10,87 *	1,77 ns	13,54 *	0,11 ns
CV %	3,08	11,11	33,26	92,37

* e ns são, respectivamente, significativo e não significativo a 5% no teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

KHEDKAR (2008), utilizando duas plantadoras de mudas de cana-de-açúcar em Akola-Índia, uma de cana inteira e outra picada, ambas reguladas em 0,90 m entre linhas de plantio, testou dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar (mecanizado e semimecanizado) num mesmo ambiente de produção e não encontrou variação para os espaçamentos dos sulcos.

Tabela 5. Desdobramento da interação tipo de solo x sistemas de plantio para espaçamento entre sulcos (m).

	Mecanizado (m)	Semimecanizado (m)
Latossolo	1,47 B a	1,48 A a
Argissolo	1,50 A a	1,45 B b
Teste F 5%		
Solo d. Sistema	5,43	5,43
Sistema d. Solo	0,87	24,57

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na profundidade de sulco (Tabela 4) houve diferença, sendo influenciada tanto pelos sistemas de plantio de cana-de-açúcar como pelos tipos de solos. A área de Argissolo e o sistema de plantio semimecanizado apresentaram efeitos com as

maiores médias observadas, porém a interação entre os fatores não foi significativa. A área de Latossolo possui característica física de textura argilosa, devido à maior quantidade de argila presente nos agregados, remetendo à dificuldade de penetração das hastes do sulcador, as quais acabam atingindo até certa profundidade de trabalho, não aprofundando mais a partir da mesma. Todavia a operação de sulcamento não foi realizada de forma errônea ou incorreta já que a regulagem de profundidade inicial foi de 0,25 m e em que este apresentou em média 0,27 m de profundidade de sulco no campo.

O sulcador é um implemento mais simples, sendo utilizado no sistema de plantio semimecanizado, quando comparado com a plantadora, e sua função é sulcar e adubar o solo e não realizar a deposição de mudas como a plantadora, consegue realizar a operação com mais eficácia alcançando maiores profundidades, entretanto, equivalente aos tipos de solo, tanto o sistema de plantio semimecanizado como o mecanizado alcançaram a profundidade esperada.

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 de 0,27 e 0,30 m para os sistemas mecanizado e semimecanizado, respectivamente.

As falhas de deposição de mudas de cana-de-açúcar no sulco (Tabela 4) apresentaram diferença entre os sistemas de plantio e, interação entre os fatores sistema de plantio e tipo de solo. Este indicador de qualidade é dependente do mecanismo de deposição de mudas ao solo, o qual varia de acordo com o sistema de plantio de cana-de-açúcar. No sistema mecanizado de plantio, podem variar a velocidade do conjunto trator-plantadora e das esteiras distribuidoras de rebolos (vazão de óleo do motor do trator); enquanto no sistema semimecanizado o que pode variar é a qualidade da mão-de-obra dos trabalhadores que distribuíram e picaram os rebolos nos sulcos.

Percebeu-se que a deposição de mudas no sulco foi realizada com maior eficácia e menos falhas pelo sistema semimecanizado por ser de forma manual,

enquanto que a deposição mecânica feita pela plantadora no sistema mecanizado seja por falta de rebolos ou por falha do sistema de esteiras (entrelaçamento de rebolos na caçamba), ocasionou a não deposição de rebolos, aumentando a quantidade de falhas por metro de sulco, o que é desfavorável.

De acordo com o desdobramento da interação dos fatores na Tabela 6, constata-se que no Latossolo o sistema de plantio mecanizado apresentou menor quantidade de falhas de deposição de muda de cana-de-açúcar no sulco. Por ser um solo de textura argilosa, o Latossolo oferece maior resistência à abertura do solo e deslocamento do conjunto trator-plantadora. Neste sentido verifica-se que a operacionalidade do conjunto trator-plantadora no sistema mecanizado foi melhor para o Latossolo. Entretanto na área de Argissolo este comportamento ocorreu para o sistema semimecanizado, o qual é realizado de forma manual pelos trabalhadores rurais. O efeito benéfico da baixa quantidade de falhas de deposição de mudas do sistema semimecanizado está ligado à mão-de-obra humana que realiza a distribuição das mudas.

Tabela 6. Desdobramento da interação tipo de solo x sistema de plantio, para falha de deposição de muda de cana-de-açúcar no sulco (m).

	Mecanizado (m)	Semimecanizado (m)
Latossolo	0,236 B a	0,237 B a
Argissolo	0,373 A b	0,830 A a
Teste F 5%		
Solo d. Sistema	6,01	0,01
Sistema d. Solo	7,58	26,81

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os sistemas mecânicos de distribuição de mudas das plantadoras apresentam-se, em grande parte, sujeitos à habilidade, experiência e percepção do operador. Na maioria das vezes, os operadores optam em errar a favor da segurança e, conscientes, trabalham com consumo de mudas acima do necessário, para evitar vão sem falhas e para que a densidade de gemas viáveis fique abaixo do especificado, ocasionando possíveis falhas de brotação no pós plantio (PAULI, 2009). O consumo excessivo e desnecessário de mudas de cana-de-açúcar no sistema de plantio mecanizado faz com que a usina colha uma área muito maior de cana-planta,

consequentemente eliminando áreas de produção para indústria e onerando ainda mais os custos do plantio e produção.

O comprimento médio dos rebolos para ambos os sistemas de plantio de cana-de-açúcar (Tabela 4) é variável de acordo como foram cortados. No sistema mecanizado foi realizado por meio da colhedora de cana-de-açúcar adaptada com kit para corte basal de soqueiras de cana-planta, além da regulação dos rolos picadores que cortam a cana-planta em partes menores (rebolos), refletindo em maior comprimento médio de rebolos do que no sistema semimecanizado. No sistema de plantio semimecanizado, o corte da cana-planta em rebolos é realizado de forma manual (com uso do facão), sendo o colmo inteiro da cana depositado no sulco de plantio.

Mesmo os tipos de solos apresentando diferenças, estes não influenciam a dimensão dos rebolos que são depositados no sulco, já que este indicador de qualidade é dependente somente do sistema de corte das mudas, sendo que houve um acúmulo de rebolos com maior comprimento na área de Latossolo do que Argissolo.

CEBIM (2008) trabalhando com plantadora semelhante em Nitossolo Vermelho (Latossolo roxo) e Nitossolo (Terra roxa estruturada), obteve rebolos com comprimento médio de 0,31 m, de forma que o comprimento médio encontrado no presente trabalho foi maior que 0,40 m.

Para os indicadores gemas totais, danificadas e viáveis (Tabela 7) verifica-se que todos foram superiores no sistema do plantio mecanizado. Em gemas totais constata-se que pelo motivo do sistema mecanizado utilizar recomendação maior da quantidade de gemas por metro ao sistema semimecanizado, devido a maior danificação às gemas, houve diferença estatística significativa entre os dois sistemas de plantio. Entretanto, ambos os sistemas ficaram abaixo do padrão de qualidade de gemas totais da usina que era de 20 e 22 gemas m^{-1} para os sistemas semimecanizado e mecanizado, respectivamente. Este fato refletiu na diferença significativa entre os sistemas de plantio para gemas danificadas e viáveis, porém quando se faz a razão entre gemas danificadas e totais verifica-se que a porcentagem de gemas danificadas é maior no sistema mecanizado (9,48%) do que no semimecanizado (7,38%). Este fato pode ter ocorrido desde o corte da muda até

a passagem dos rebolos pelos mecanismos mecânicos de distribuição de mudas da plantadora, em que efeitos de injúria e abrasividade acabam prejudicando as gemas que são estruturas vegetais sensíveis e de fácil danificação frente á tais impactos, resultando na redução da quantidade de gemas viáveis, prejudicando a brotação da cana-planta, o estande de plantas, e conseqüentemente a produtividade final da cultura.

Segundo Pinto e Moraes (1997), a colheita mecânica de mudas é a principal causadora de injúrias às gemas e rebolos, devido ao processamento interno dos colmos pelos sistemas rotativos da colhedora. Neste sentido explica-se o uso de borrachas (“kit mudas”) em algumas peças da colhedora de mudas de cana-de-açúcar, aliado à menores velocidade de deslocamento da mesma.

Tabela 7. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis gemas totais, danificadas e viáveis.

Tratamento	Gemas		
	Gemas totais (n° gemas/m)	danificadas (n° gemas/m)	Gemas viáveis (n° gemas/m)
Tipos de solo (S)			
Latossolo	18,25	2,22 a	16,02
Argissolo	17,00	0,77 b	16,15
Sistemas de plantio (P)			
Mecanizado	18,78 a	1,78 a	17,00 a
Semimecanizado	16,40 b	1,21 b	15,19 b
Teste F			
Solo (S)	2,05 ns	43,81 *	0,02 ns
Plantio (P)	6,60 *	6,89 *	4,13 *
S x P	1,75 ns	3,76 ns	0,81 ns
CV %	33,26	92,37	34,83

* e ns são, respectivamente, significativo e não significativo a 5% no teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A densidade de gemas viáveis é a característica de maior importância no processo de plantio, crucial para garantir bons resultados na operação. O sistema mecanizado de distribuição de mudas das plantadoras está sujeito em grande parte a habilidade, experiência, percepção e treinamento do operador do conjunto trator-plantadora.

RÍPOLI (2010) em trabalho semelhante encontrou em média 2,7 gemas totais e 1,2 gemas viáveis por rebolo amostrado, chegando a 66,5% de aproveitamento total de gemas viáveis por rebolo.

Ao se observar as cartas de controle para espaçamento entre sulco na área de Latossolo (Figura 6), constata-se que somente o sistema mecanizado apresentou um ponto fora de controle, evidenciando a ocorrência de causas especiais para os valores individuais e para a variação do processo (cartas de amplitude móvel), com a concentração de pontos oscilando sobre a média. No entanto, apesar de o processo ser considerado instável de acordo com a óptica do controle estatístico de processo, o mesmo possuiu 97,5 % dos pontos sob controle, mostrando que a operação de plantio em função desta variável obteve menor variabilidade, tanto que a diferença entre LSC e LIC foi menor no sistema mecanizado, demonstrando maior homogeneidade da operação, em que os limites de controle são calculados em função do desvio-padrão.

Tal situação pode estar relacionada ao fato de que na operação mecanizada tanto o sulcamento quanto a deposição da muda no sulco e a cobertura do mesmo são realizados em apenas uma operação, enquanto que no sistema semimecanizado estas operações são realizadas separadamente, com elevado tráfego de máquinas e trabalhadores, o que pode ter causado a maior variabilidade para este sistema.

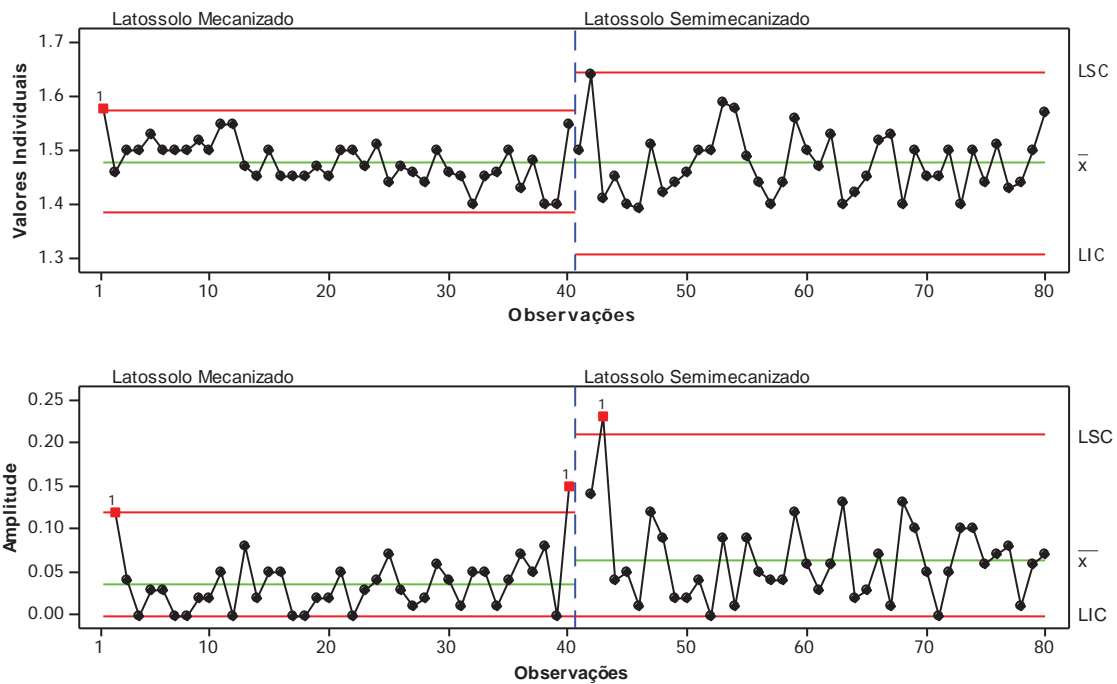


Figura 6. Cartas de controle para espaçamento entre sulcos no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

Já na área de Argissolo (Figura 7), tanto o sistema mecanizado quanto o semimecanizado apresentaram somente um ponto fora de controle para a carta de valores individuais, e como no caso anterior, apenas 2,5% dos pontos de cada tratamento estão causando a instabilidade, sendo então consideradas de alta qualidade. Para as cartas de amplitude móvel observa-se que para o plantio semimecanizado somente um ponto ultrapassou o LSC, porém a diferença entre os limites estão semelhantes para os dois sistemas, demonstrando igualdade com relação à homogeneidade da operação, porém, esta variação é insignificante e não afeta a operacionalidade do plantio, em que a diferença entre os limites de controle não excede 0,10 m, garantindo condições para operações futuras e o desenvolvimento normal da cultura.

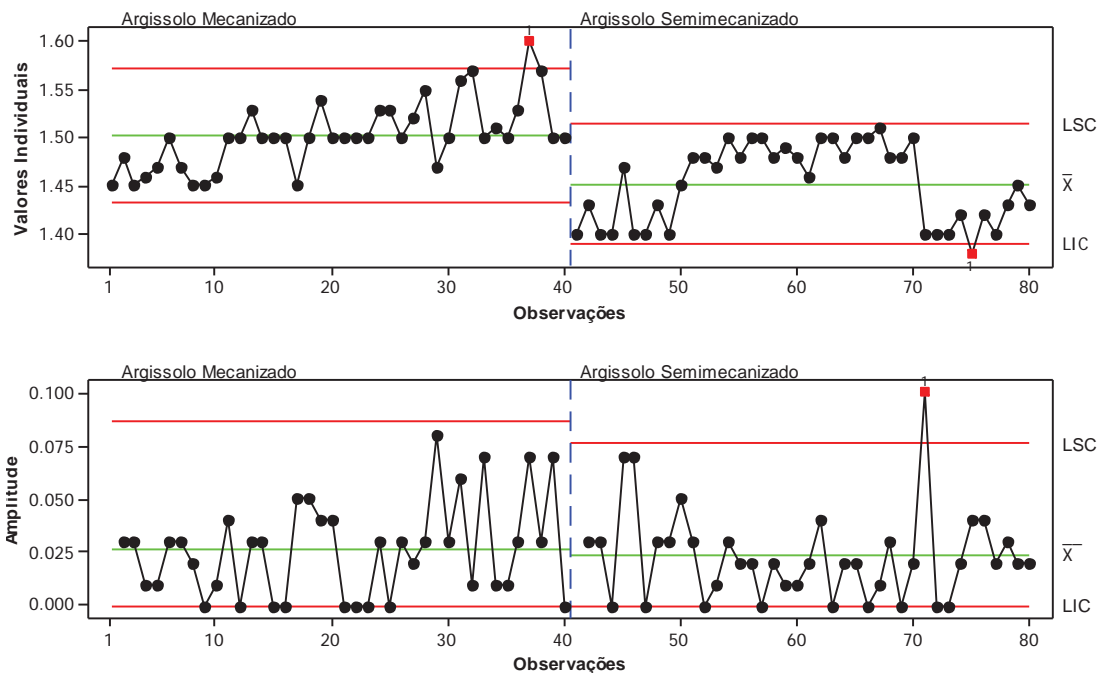


Figura 7. Cartas de controle para espaçamento entre sulcos no Argissolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

Para profundidade do sulco em área de Latossolo (Figura 8), a existência de um ponto fora de controle no sistema mecanizado (observação nº 7) levou à instabilidade do processo e da variação do mesmo, uma vez que as amplitudes foram maiores (observações nº 11 e 31) também ultrapassando o (LSC). Já no sistema semimecanizado existe um ponto ultrapassando o LSC (observação nº 48) e dois abaixo do LIC (observações nº 62 e 77).

Esta variabilidade pode ser explicada pelo fato de que essas causas especiais podem ocorrer devido aos chamados fatores “6 M’s” (matéria-prima, mão-de-obra, método, máquina, medição e meio ambiente). Neste caso específico os fatores mais relevantes possivelmente para explicar esses pontos são: máquina e mão-de-obra, onde as diversas operações realizadas no plantio acarreta maior tráfego de máquinas e trabalhadores na área, podendo as operações realizadas após o sulcamento interferir na profundidade pelo tombamento de solo para dentro do sulco e o excesso de tráfego de caminhões e máquinas que finalizam a operação de plantio.

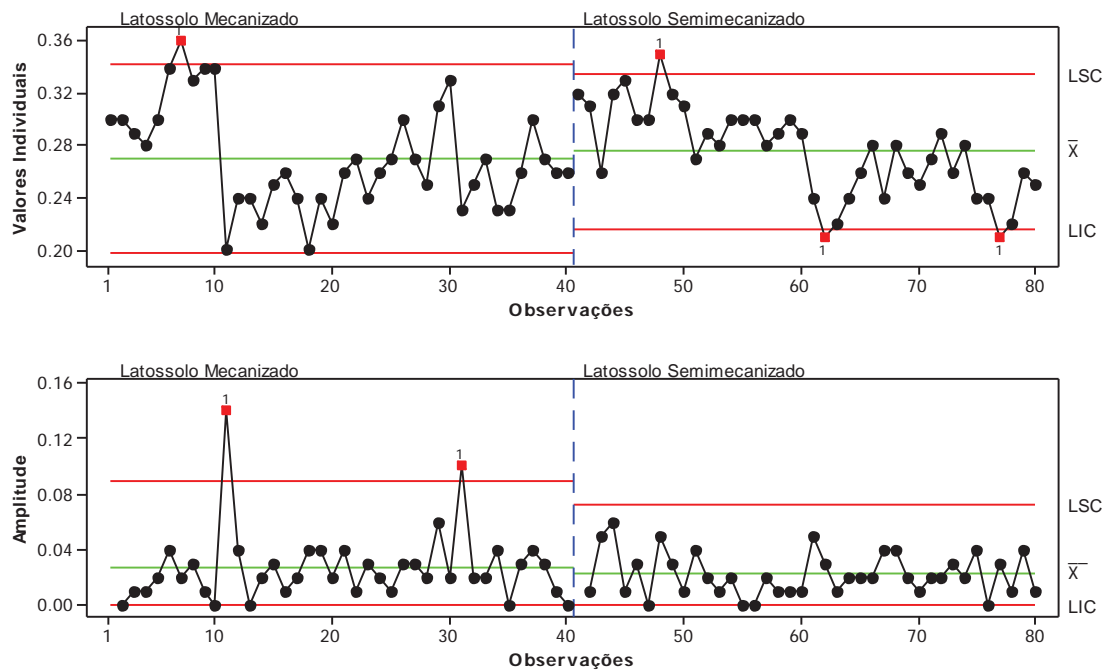


Figura 8. Cartas de controle para profundidade do sulco no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

Com relação à variação das operações observadas nas cartas de amplitude móvel, verifica-se que mesmo o sistema semimecanizado apresentando maior número de pontos fora de controle nas cartas de valores individuais, nenhum dos pontos ultrapassou os limites de controle nas cartas de amplitude, e estão mais próximos que no plantio mecanizado, sendo considerada então como de maior homogeneidade.

A variabilidade causada entre os valores pode estar relacionada ao relevo da área e à desuniformidade do perfil deste solo no momento do plantio, ocasionando instabilidade da profundidade no ato de sulcar, portanto o fator meio-ambiente é relevante neste caso.

Já para o Argissolo (Figura 9), as observações nº 16, 17 e 36 levaram à instabilidade do sistema de plantio mecanizado indicando presença de causas especiais não inerentes ao processo. Esta não aleatoriedade ocorrida pode ser justificada por esses pontos serem considerados como pontos atípicos ou discrepantes também conhecidos como “outliers”. “Outliers” são pontos incomuns que se apresentam distantes das demais observações afastados da média podendo estar acima ou abaixo da mesma tanto para a variável resposta como para

explicativa, podendo ser considerados potencialmente como valores que não representam o verdadeiro comportamento do conjunto de dados, visto que mesmo o sistema semimecanizado se apresentando estável, sob controle, com causas comuns (aleatórias) de variação, a homogeneidade dos sistemas representados pela amplitude entre os limites de controle mostraram-se semelhantes.

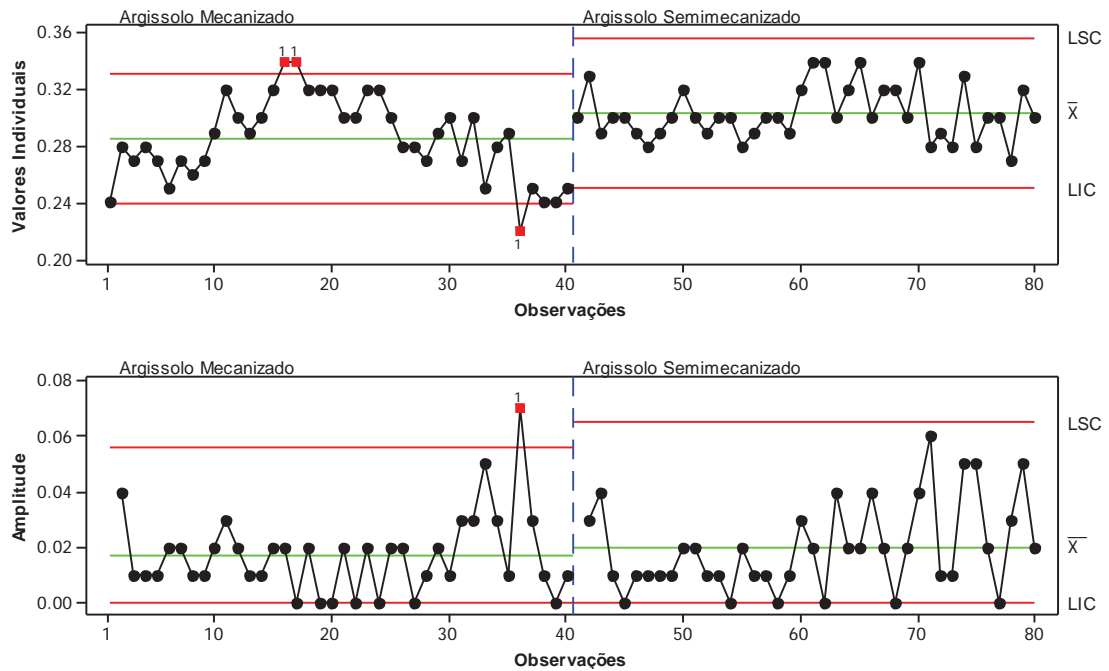


Figura 9. Cartas de controle para profundidade do sulco no Argissolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

Novamente o fator ambiente, tipos de solos, pode ter sido a causa especial destes pontos discrepantes, já que o processo de plantio, por estar em contato direto com o solo, tem sua qualidade afetada por características e condições de relevo e declividade da área.

Ao se observar as cartas de controle para falhas de deposição de mudas nas áreas de Latossolo (Figura 10) e Argissolo (Figura 11), constata-se que ambos os sistemas de plantio, mecanizado e semimecanizado, apresentaram pontos fora de controle, evidenciando a ocorrência de causas especiais para os valores individuais e para a variação do processo (cartas de amplitude móvel). No entanto, apesar de o processo ser considerado instável de acordo com a óptica do controle estatístico de processo, para o sistema mecanizado no Latossolo nota-se 87% dos pontos menor

ou igual ao valor médio, totalizando neste tratamento 1.616 m ha⁻¹ sem mudas, já para o sistema semimecanizado no mesmo tipo de solo, teve-se 1.560 m ha⁻¹. A operação de plantio em função desta variável obteve ótima qualidade, sendo a diferença entre LSC e LIC menor no sistema semimecanizado, demonstrando maior homogeneidade da operação, já que os limites de controle são calculados em função do desvio-padrão. Tal situação está relacionada aos fatores “6 M’s”.

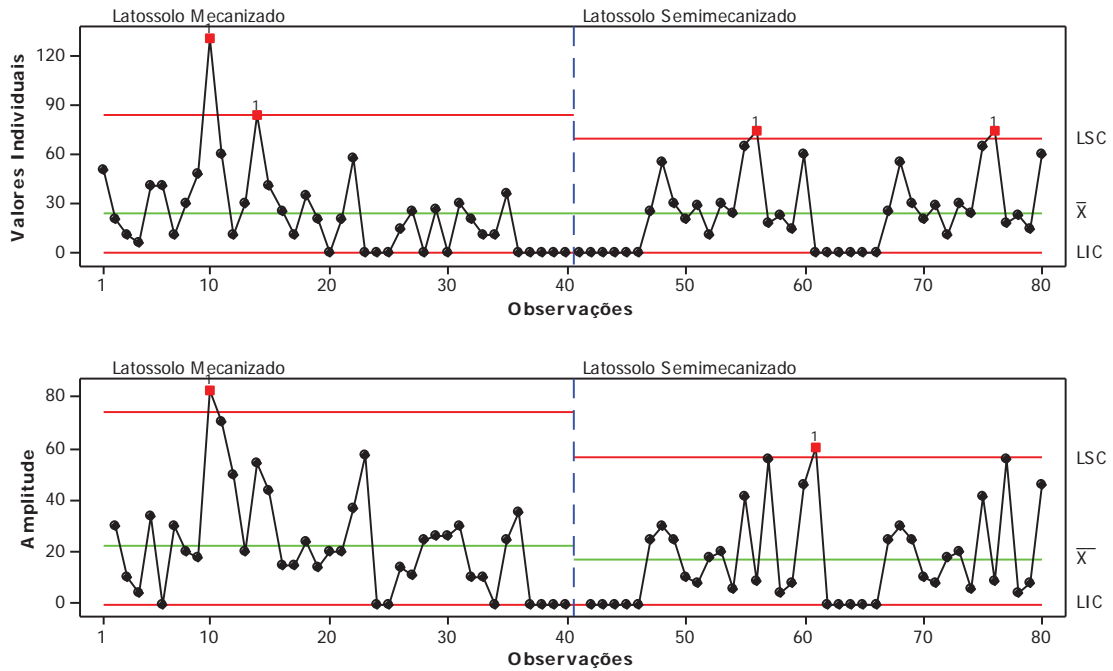


Figura 10. Cartas de controle para falha de deposição de muda no Latossolo (m).
 (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

De acordo com a carta de controle para falha de deposição de muda no Argissolo (Figura 11), nota-se que o sistema de plantio semimecanizado obteve menor valor médio para a variável e os valores das observações mantiveram-se mais próximas da média e do valor nulo, caracterizando uma ótima qualidade da operação de distribuição e demonstrando maior homogeneidade da operação, totalizando 570 m ha⁻¹ de falha de deposição de mudas. Ao contrário do sistema semimecanizado, o sistema de plantio mecanizado teve grande parte de seus valores oscilando em torno do valor médio, chegando a altos valores de pico, caracterizando uma distribuição ruim de mudas nos sulcos, chegando ao total de 2.483 m ha⁻¹ de falha de deposição

de mudas. Tal situação está relacionada aos fatores “6 M’s” que influenciam a qualidade da operação.

Novamente estes fatores podem ter sido as causas especiais destes pontos discrepantes, já que o processo de plantio, por ser em contato direto com o solo, tem sua qualidade afetada por características e condições de relevo e declividade da área, além do fator trabalhador rural responsável pela condução do conjunto trator-plantadora.

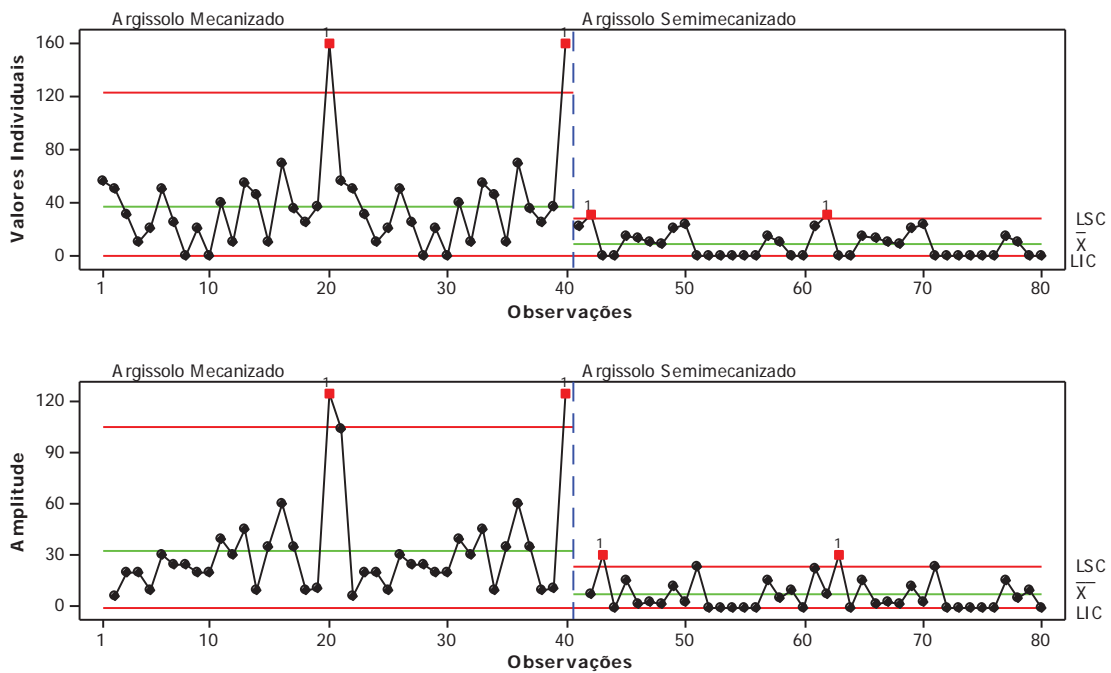


Figura 11. Cartas de controle para falha de deposição de muda no Argissolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

Nas Figura 12 e 13, a diferença que o comprimento médio dos rebolos apresenta este indicador de qualidade é variável de acordo com o sistema de plantio da cana-de-açúcar e a forma que foram obtidos e cortados, mecanizado ou manualmente. Para a área de Latossolo, que apresenta os valores médios de comprimento de rebolos bem distintos entre os sistemas de plantio da cana-de-açúcar, sendo o sistema semimecanizado o que obteve os melhores valores médios e controle de processo. Ambos os sistemas de plantio neste tipo de solo apresentaram um ponto “outlier”, considerados neste caso como valores que não representam o verdadeiro comportamento do conjunto de dados. O plantio

mecanizado teve maior variabilidade das observações, quando comparado com o sistema semimecanizado. Diferentemente, para a área de Argissolo, ambos os sistemas apresentaram variabilidade entre os valores das observações, demonstrado pela distância entre os limites de controle e amplitudes, sendo que o sistema mecanizado apresentou dois pontos “outliers”. Esta variabilidade de dados neste tipo de solo remete novamente aos fatores “6 M’s”, como por exemplo dos trabalhadores rurais que executaram as operações.

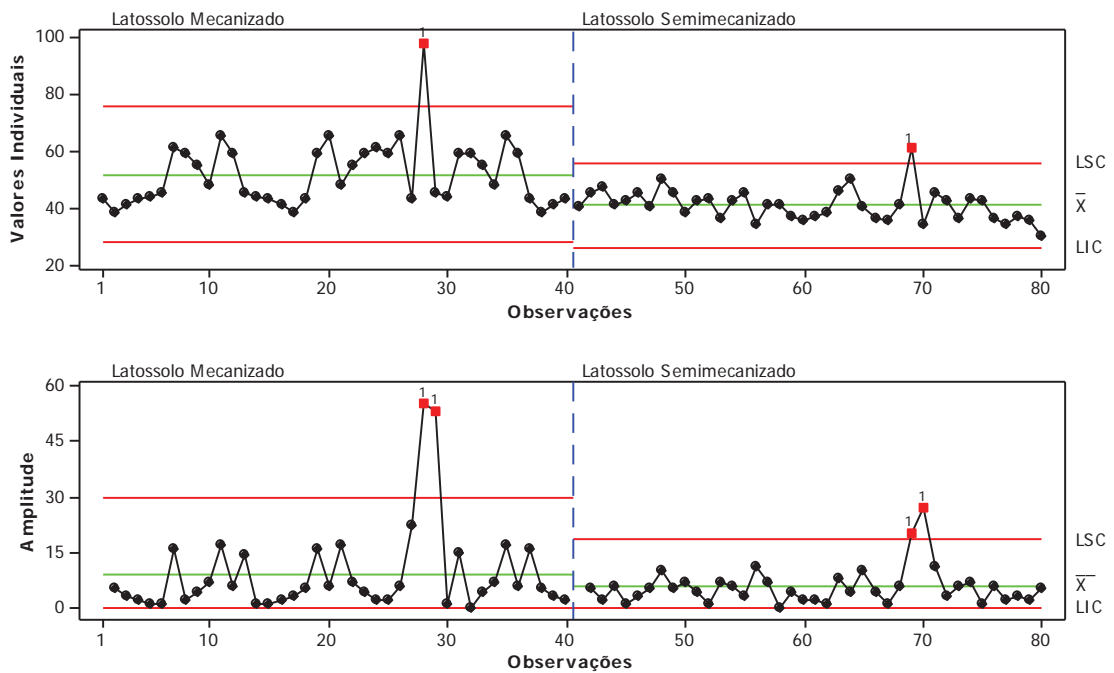


Figura 12. Cartas de controle para comprimento do reboło no Latossolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

Para esta variável os tipos de solos não deveriam influenciar a dimensão dos rebolos que são depositados nos sulcos, pois esta variável depende somente do sistema de corte das mudas, mecanizado ou manual.

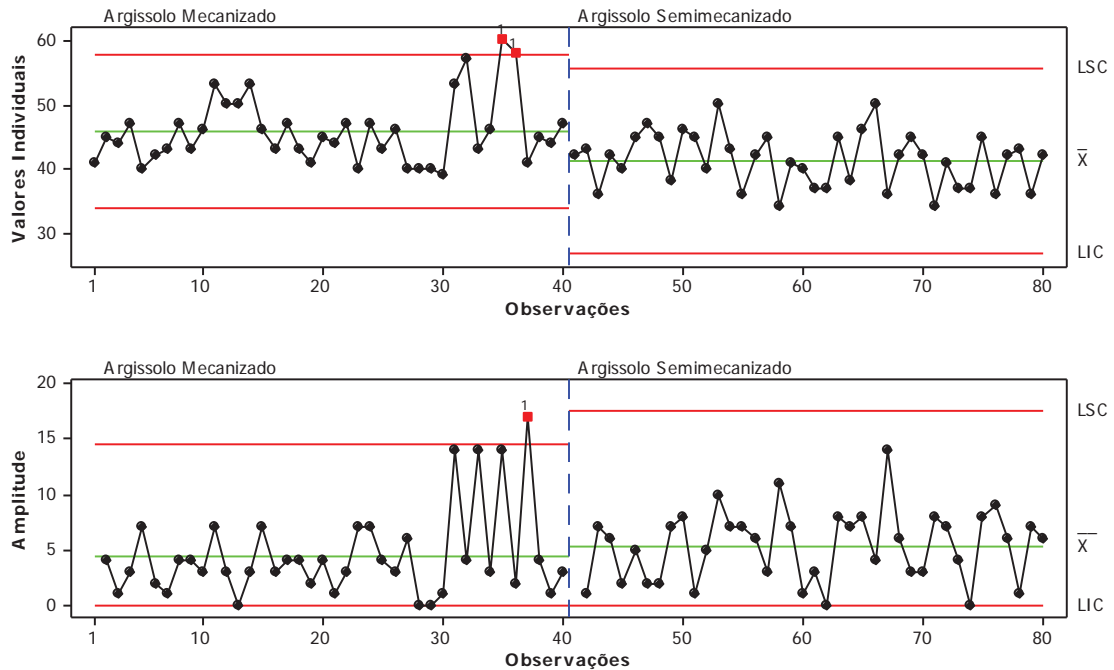


Figura 13. Cartas de controle para comprimento do rebolo no Argissolo (m). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

VOLTARELLI et al. (2012) utilizaram o controle estatístico de processo e cartas de controle para avaliar a qualidade de operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar para fim de mudas de plantio, verificaram comprimento médio de rebolos de 0,40 m, corroborando com os valores encontrados para o sistema semimecanizado em ambos os ambientes.

O indicador de qualidade gemas totais (Figura 14) apresentou os limites de controle (LSC e LIC) distantes da média no sistema semimecanizado na área de Latossolo, indicando maior variabilidade do conjunto de dados sendo observado nas cartas de amplitudes móveis. Entretanto, observa-se por meio dos valores individuais, que a operação apesar de apresentar menor homogeneidade, foi estável com variações aleatórias causadas por fatores naturais ao processo, representadas pela totalidade de pontos amostrais entre os limites de controle, oscilando em torno da média.

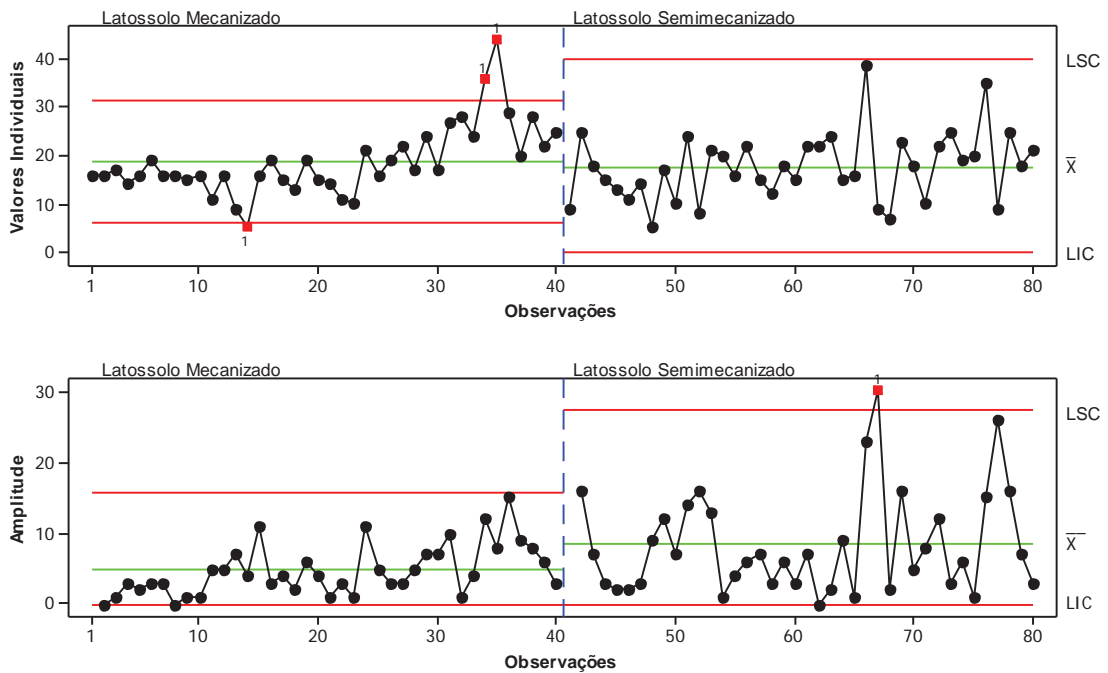


Figura 14. Cartas de controle para gemas totais no Latossolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

As observações nº 14, 34 e 35 levaram à instabilidade do processo no sistema mecanizado, com causas especiais intrínsecas ao processo, sendo para este caso específico a máquina como o fator mais relevante causador dos pontos fora de controle, em que a plantadora, no momento de deposição das mudas, em certo momento não dosou a quantidade certa de rebolos (ponto abaixo do LIC), e em outro momento depositou quantidade superior de rebolos, aumentando o número de gemas totais por metro de sulco (pontos acima do LSC), porém com maior uniformidade demonstrada pela menor distância entre os limites de controle e pela estabilidade vista na carta de amplitude móvel, sem nenhum ponto excedendo seus limites.

Para o Argissolo (Figura 15), este mesmo indicador de qualidade se apresentou fora de controle para quaisquer dos sistemas, porém nota-se que no semimecanizado a homogeneidade da operação foi nitidamente maior que no plantio mecanizado, por possuir variabilidade dos dados próximo à média e somente um ponto discrepante isolado tanto na carta de valores individuais quanto a de amplitude

móvel dos dados, o qual é considerado um “outlier” podendo não representar a conduta verdadeira do conjunto de dados.

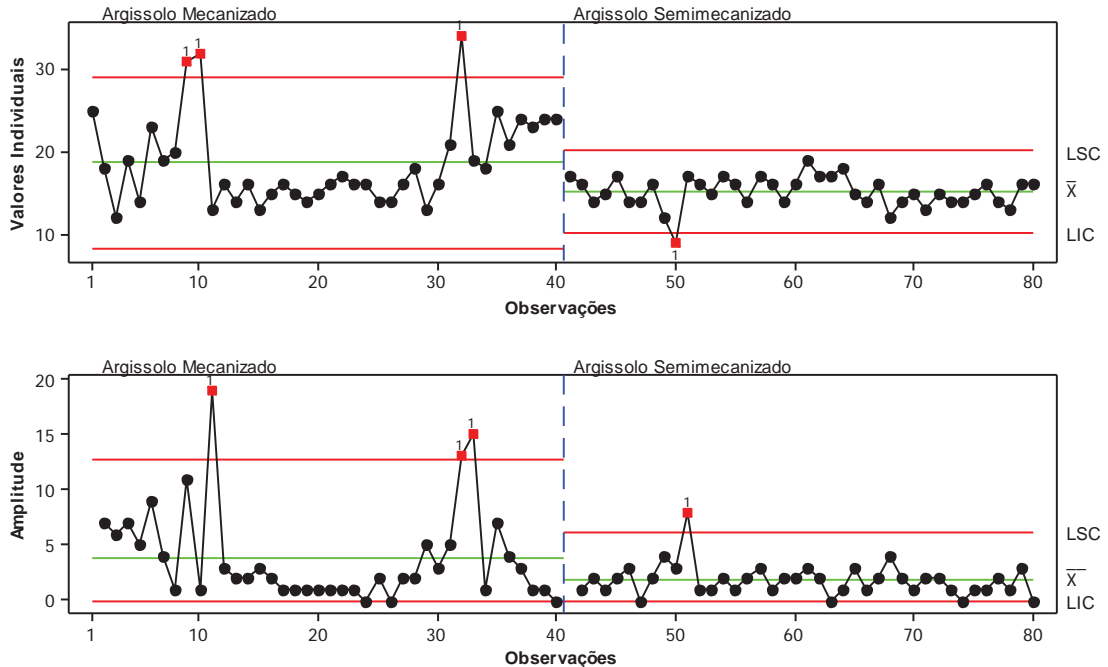


Figura 15. Cartas de controle para gemas totais no Argissolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

A mão de obra é fator mais relevante para explicar a maior homogeneidade no sistema semimecanizado para este tipo de solo, em que os trabalhadores que efetuavam a deposição e corte da muda em rebolos dentro do sulco, e consequentemente a dosagem de gemas por metro, desta vez a fizeram de forma controlada e com melhor qualidade, ao contrário do sistema mecanizado, em que o fator máquina (plantadora), por algum motivo de erro de deposição do sistema mecânico de dosagem de rebolos, causou a instabilidade e redução da qualidade do plantio quando se fala em número de gemas total por metro de sulco.

As cartas de controle para gemas danificadas na área de Latossolo (Figura 16) mostrou grande e igual variabilidade entre os pontos amostrais para os dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar, com concentração de pontos agrupados e oscilando sobre a média, verificados por pontos discrepantes ultrapassando o LSC nas observações nº 35 e 52 para o sistema mecanizado e semimecanizado, respectivamente, sendo estes pontos considerados como causas especiais, levando

à instabilidade do processo. As cartas de amplitude móvel mostram baixa homogeneidade para ambos os sistemas, sendo que para o plantio semimecanizado, mesmo não possuindo pontos fora dos limites, apresentou variação do processo levemente mais alto do que o sistema mecanizado.

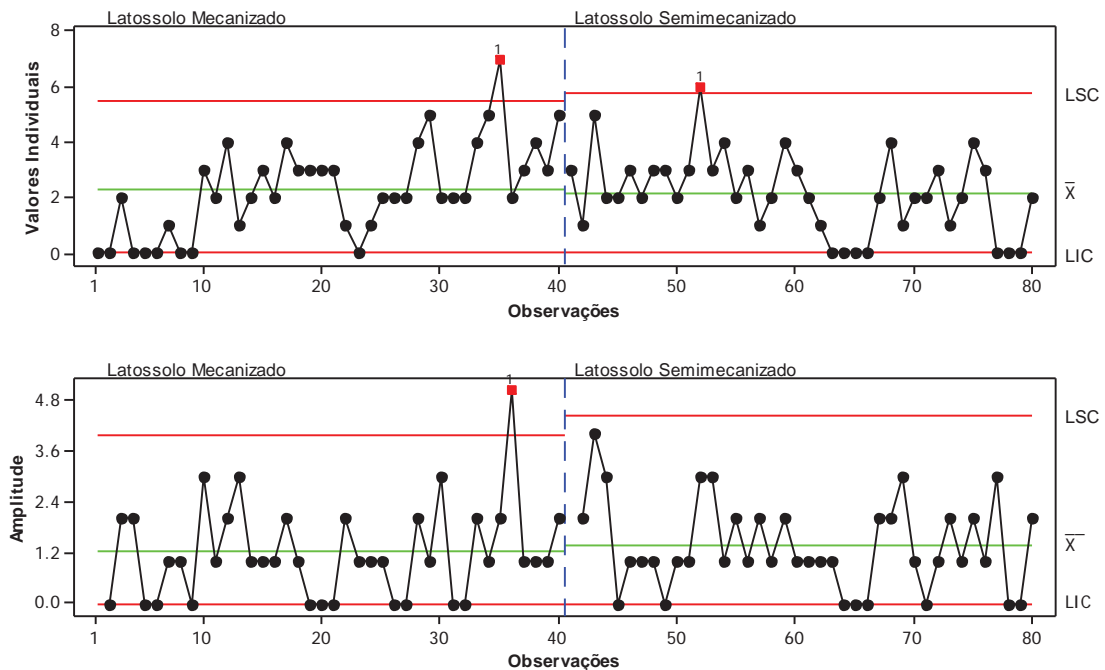


Figura 16. Cartas de controle para gemas danificadas no Latossolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X: média.

As possíveis causas desta situação podem ser explicadas, para o sistema mecanizado, baseando-se nas possíveis injúrias que o sistema de dosagem de rebolos da plantadora pode causar nas gemas, em que a variação encontrada é devido a momentos que a gema entra em contato com algum componente do dosador danificando-a, e momentos em que o rebolo é depositado sem que a gema sofra nenhum tipo de dano. No mérito matéria prima este também pode ser um fator da alta variabilidade, sendo que no momento do plantio as gemas dos rebolos podem estar danificadas devido a pragas ou doenças presentes nos colmos, diminuindo sua viabilidade.

No sistema semimecanizado, além do fator matéria prima, há de lembrar que além da deposição dos colmos e corte das mudas dentro do sulco feito pelos trabalhadores, existem outras operações antes do plantio em si, como o

carregamento das mudas no caminhão feito pelo trator com garra carregadora, e o próprio transporte do viveiro até o local de plantio, em que o atrito entre as próprias mudas podem vir a causar injúrias nas gemas.

Já para gemas danificadas na área de Argissolo (Figura 17), o sistema mecanizado apresentou comportamento semelhante ao acontecido no Latossolo, em que a variabilidade ocorrida é explicada pelos mesmos motivos que a situação anterior para este tipo de plantio.

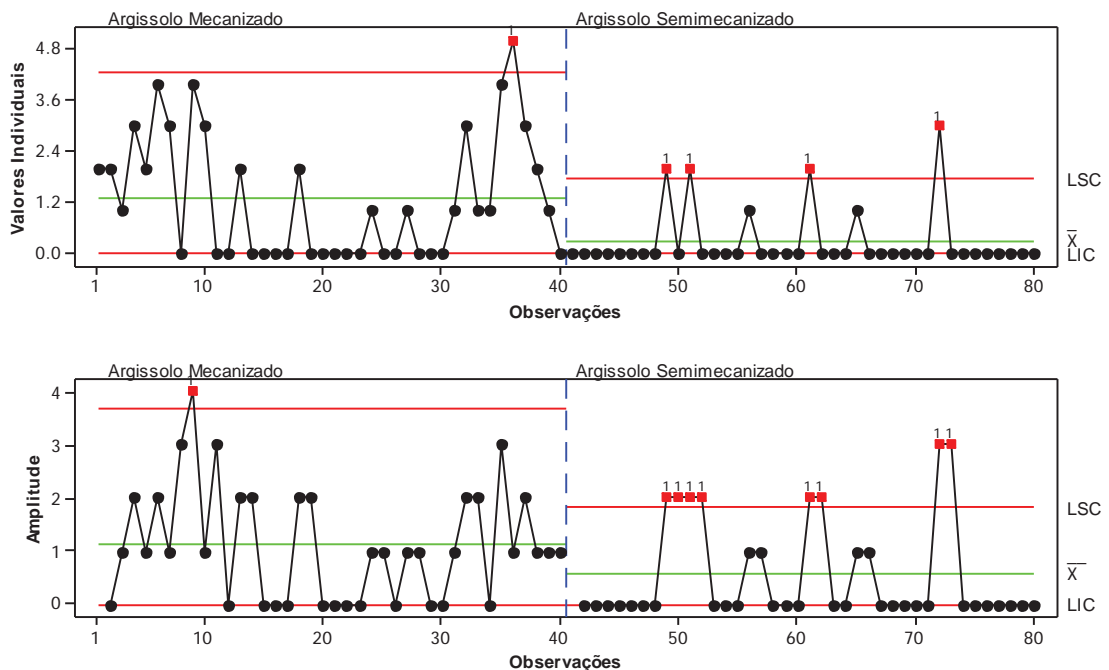


Figura 17. Cartas de controle para gemas danificadas no Argissolo (gemas m^{-1}). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. \bar{X} : média.

O sistema semimecanizado apresentou pontos “outliers”, sendo estes responsáveis pela instabilidade na variável. Verifica-se que na maioria dos pontos amostrais houve agrupamento abaixo da média, mais especificamente valores nulos, que demonstram gemas que não sofreram nenhum tipo de dano, sendo viáveis para a implantação da cultura. Neste ponto vale lembrar que a quantidade de gemas viáveis é calculada subtraindo-se as totais das inviáveis.

Com relação à homogeneidade e variação do processo indicado na carta de amplitude, verifica-se que mesmo o sistema semimecanizado de plantio possuindo

quatro pontos fora de controle. A variação do processo foi menor do que no sistema de plantio mecanizado, observado pela menor distância entre os limites da carta de amplitude, sendo a operação considerada mais homogênea do que a outra para este tipo de solo, quando se diz respeito a danificação nas gemas. Neste ponto a mão-de-obra que realiza o plantio é o fator mais relevante para essa situação, sendo a operação realizada de forma mais controlada e qualificada, sendo favorável para a viabilidade da cultura, já que ocorreu alto índice de gemas sem danos, proporcionando melhores condições para o sucesso da implantação da cultura.

Baseado nas cartas de controle para gemas totais e danificadas (Figuras 14, 15, 16 e 17) confirmou-se que todas as observações e valores médios foram superiores no sistema do plantio mecanizado, devido a maior danificação às gemas e superior recomendação da quantidade de gemas por metro. Ambos os sistemas ficaram abaixo do padrão da usina que era de 20 e 22 gemas m^{-1} para os sistemas semimecanizado e mecanizado, respectivamente, porém, é perceptível que houve melhor eficiência de distribuição de gemas de cana-de-açúcar viáveis por metro de sulco nos ambientes de Latossolo com plantio mecanizado e Argissolo com plantio semimecanizado.

Muito mudou desde que o sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar começou a ser utilizado de forma intensa no setor, e conseqüentemente, o progresso é perceptivo, porém ainda está longe da máxima eficiência.

5. Conclusões

O sistema de plantio semimecanizado de cana-de-açúcar apresentou melhor qualidade geral da operação para os indicadores profundidade de sulcos, falhas de deposição de mudas, comprimento de rebolos, gemas totais e danificadas, já o mecanizado apresentou melhor qualidade para o indicador espaçamento entre sulcos.

No Latossolo os sistemas de plantio de cana-de-açúcar se equilibraram em qualidade da operação, entretanto no Argissolo o sistema semimecanizado se destacou com melhores resultados dos indicadores de qualidade.

6. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas de estudo.

7. Referências

- ARIZONO, H.; GHELLER, A. C. A.; MASUDA, Y.; HOFFMANN, H. P.; BASSINELLO, A. I.; MATSUOKA, S. Opções de variedades RB de cana-de-açúcar. *Álcool e Açúcar*, São Paulo, n. 72, p. 26-31, fev./mar. 1994.
- 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.
- 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**. Piracicaba: Livrocere. 2006. V.1, p. 80-91.
- BONILLA, J. A. Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações. 2 ed. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 344p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547 p.
- BUOL, S.W. et al. Soil Genesis and classification. Iowa: Iowa State University, 1997. 527p.
- CALDART, R.S.; PEREIRA, I.B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTTO, G. **Dicionário da educação no campo**. Rio de Janeiro, São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. Expresso Popular, 2012. 788p.
- CAMARGO, A.M.M.P.; CASER, D.V.; CAMARGO, F.P.; OLIVETTE, M.P.A.; SACHS, R.C.C.; TORQUATO, S.A. **Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, Estado de São Paulo, 2001-2006**. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.38, n.3, 2008.
- CAPUTO, M.M.; SILVA, M.A.; BEAUCLAIR, E.G.F.; GAVA, G.J. **Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação**. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.1, p. 15-23, 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.
- CASADO, G. G.; SEVILLA-GUZMÁN, E.; MOLINA, M. G. **Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madri: Mundi-Prensa, 2000.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 187p.

CEBIM, V.L.S.M. **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*) em dois sistemas de plantio**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CENTRO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/noticias>. Acesso em: setembro, 2009.

CHESNAIS, F.; SERFATI, C. “Ecologia” e condições físicas de reprodução social: alguns fios condutores marxistas. *Crítica Marxista*, São Paulo, v. 1, n.16, p. 39-75, 2003. Disponível em: <http://www.unicamp.br/cemarx/criticamarxista/16chesnais.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar, safra 2012 - 2º levantamento, Set. 2012**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_05_09_11_59_boletim_cana_portugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf. Acesso em: 17 de set. de 2012.

DILLEWIJIN, C. Van. **Botany of sugarcane**. Waltham, 1952. 371p.

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.

DUNCKELMAN, J.W.; BEUCLAIR, E.G.F. **A survey of mechanical sugar cane planters in Louisiana**. *The Sugar Bulletin*, New Orleans, v. 62, n. 2, p. 8-10, 1983.

EDGERTON, C.W. **Sugarcane and its disease**. Baton Rouge: Louisiana State University Press, 1955. 290 p.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030 – Combustíveis Líquidos**, Brasil, 2008.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3. ed. Curitiba: Positivo, 2004.

FISCHER, R.M. **A política e as políticas das Relações de Trabalho**. Tese (Doutorado) – FFLCH/ Universidade de São Paulo. 1983.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Stats**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: agosto 2011.

FREITAS, G.R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S.B., coord. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1. p.19-41.

FREDO, C.E. **Modernização tecnológica e a questão do emprego formal no setor sucroalcooleiro: proposição de um índice socioeconômico**. 2011. 109f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

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

GONÇALVES, D. B. **Mar de cana, deserto verde? Os dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista**. 2005. 256 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2005.

GÖRGEN, [frei] S. A. (org.). **A agricultura camponesa e as energias renováveis – um guia técnico**. Porto Alegre: Padre Josimo Edições, 2009.

JANINI, D.A. **Análise econômica e operacional do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*)**. 2007. 148 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

KENNEDY, A. C. **Microbial Diversity in Agroecosystem Quality**. In: Collins, W. W.; Qualset, C. O. (org.). **Biodiversity in Agroecosystems**. Boca Raton: CRC, 1999. p. 1-17.

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.

LEE, T.S.G. **Efeito do plantio de cana inteira na germinação, no desenvolvimento e na produção de cana-de-açúcar**. Cadernos Planasulcar, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 13-23, fev. 1984.

LEFF, E. **Agroecologia e saber ambiental**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 36-51, jan.-mar. 2002.

LIBONI, L.B. **Perfil da mão-de-obra no setor sucroalcooleiro: tendências e perspectivas**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MATSUOKA, S.; ARIZONO, H.; BASSINELLO, A.I.; GARCIA, A. A. F.; GHELLER, A. C. A.; GIGLIOTI, E.; HOFFMANN, H. P.; MASUDA, Y. **Seis novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Araras : UFSCar, 1998. 24 p.

MACEDO, I.C. (Org.). Emissões de GEE do setor de açúcar e etanol no Brasil: valores atuais e esperados, In: **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo: Berlendis & Vertecchia/UNICA, p. 101-104, 2005.

MALAVOLTA, E. **Fertilizing for high yield sugarcane: nutriente and fertilizer management in sugarcane**. Basel: I.P.I., 1994. 104p. (Bulletin, 14).

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processo. *Scientia Agricola*, v.59, p.261-266, 2002.

MINGOTI, S. A.; FIDELIS, M. T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. *Revista Produto e Produção*, v.5, p.55-70, 2001.

MORAES, M.A.F.D. **O mercado de trabalho da agroindústria canvieira: desafios e oportunidades**. *Econ. Apl.* v.11. n. 4, Ribeirão Preto, 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.

MORENO, L.M. **Transição da colheita de cana-de-açúcar manual para mecanizada no Estado de São Paulo: cenários e perspectivas**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica/Faculdade de Economia e Administração/Instituto de Eletrotécnica e Energia/Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Managing Global Genetic Resources – Livestock**. Washington, D.C.: National Academic Press, 1993.

NORONHA, R.H.F. **Controle de qualidade aplicado à produção mecanizada de cana-de-açúcar**. 2011. Xf. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

NORRIS, C.P.; ROBOTHAM, B.G.; BULL, T.A. **High density planting as an economic production strategy: A farming system and equipment requirements**. *Proceeding Australian Society Sugar Cane Technologists, Bundaberg*, v. 22, p. 113-118, 2000.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. **Seja o doutor do seu canavial**. *Informações Agronômicas*, n.67, set. 1994. Disponível em: <[http://www.potafos.org/ppiweb/brasil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Canal-6.pdf](http://www.potafos.org/ppiweb/brasil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Canal-6.pdf)>. Acesso em: março 2012.

PADRÃO, L.N. **O trabalho na cana-de-açúcar: reestruturação produtiva e novas práticas gerenciais.** São Paulo em Perspectiva. São Paulo, n. 1, v. 11, 1997.

PAULI, D.G. **Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agrigultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/ Universidade de São Paulo - USP. 2009.

PAULILLO, L.F.; MELLO, F.O.T.; VIAN, C.E.F. **Análise da competitividade das cadeias de agro energia no Brasil.** In: BUAINAIN, A.M.; BATALHA, M.O. (Coord.). **Análise da competitividade das cadeias agroindustriais brasileiras.** São Carlos: UFSCAR, DEP; UNICAMP, IE, 2006. 119 p. (Projeto MAPA/IICA).

PEIXOTO, A.A.; BERTO, P.N.A.; THULER, A.M.; DELGADO, F.R.M.C.R. **Densidades de plantio para três variedades de cana-de-açúcar em sulcos de base estreita e de base larga.** Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v. 106, n. 2, p. 28-32, 1988.

PEREIRA, V. **Avaliação da nova sistemática de corte de cana implantada na região de Ribeirão Preto na safra 83/84.** STAB. Açúcar, Álcool e subprodutos, Piracicaba, v.2, n.2, p.16-21, Dez, 1983.

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 de compactação pós cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar.** 1996. 37p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

QUINTELA, A.C.R.; ANDRADE, L.A.B.; CARVALHO, G.J.; BOCARDO, M.R. **Efeito do plantio de cana inteira, com e sem desponte, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar.** STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 15, n. 3, p.22-24. 1997.

QUEDA, O. **A intervenção do Estado e a agroindústria açucareira paulista.** Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1972.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.A. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RICCI, R. (Coord.). Mercado de trabalho do setor sucroalcooleiro no Brasil. Brasília: IPEA, 1994 (Estudos de Políticas Agrícolas, 15). 1994.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Ed dos autores, 2004. 309 p.

RIPOLI, T.C.C. **Plantio de cana-de-açúcar: antecedentes e consequentes**. Curso de especialização em cana-de-açúcar. São José do Rio Preto: UDOP/APTA-IAC, p.52, 2007.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa da cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. 2 ed. Piracicaba: Os autores, 2009. 333 p.

RIPOLI, Marco Lorenzo Cunali ; RIPOLI, Tomaz Caetano Cannavam . Plantadoras nos canaviais. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 6, n. 55, p. 16-19, 2006.

RIPOLI, M. L. C.; RIPOLI, T. C. C. Evaluation of five sugar cane planters. **Engenharia Agrícola** (Impresso), v. 30, p. 1110-1122, 2010.

ROBOTHAM, B.G. **Final report – SRDC Project Bs 145S Improving sett/soil contact to enhance sugarcane establishment**. Local: BSES Publication SRDC, Dec. 2000. P. 1-26, (final report SD00021).

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo**. 1984. 154 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

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.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. 2006. Disponível em : <http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf> Acesso em 19/08/2012.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Manual de ferramentas da qualidade**. SEBRAE. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf>>. Acesso em: 08/12/2011).

SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualizações em produção em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. 415 p.

SEVILLA-GUZMÁN, E. **La agroecología como estrategia metodológica de transformación social**. Córdoba, Espanha: Instituto de Sociología y Estudios Campesinos de la Universidad de Córdoba, [s.d.]. Disponível em:

<http://www.agroeco.org/socla/pdfs/la_agroecologia_como.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2011.

SCOPINHO, R.A. **Controle social do trabalho no setor sucroalcooleiro: reflexões sobre o comportamento das empresas, do Estado e dos movimentos sociais organizados.** Cadernos de Psicologia Social do Trabalho. São Paulo, v. 7, p. 11-29, 2004.

SILVA, C.E.C. **Avaliação dos condicionantes ambientais nas perspectivas de expansão da produção de etanol no Brasil.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Programa de Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SIMÕES NETO, E.D. **Efeito da quantidade da reserva energética do tolete e da compactação do solo no desenvolvimento inicial na cana-de-açúcar. (*Sacharum sp.*)** 1986. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade especial de atributos físico do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Solo, 28:937-944, 2004.

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

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio de cana de açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: II Fórmulas de previsão e controle. **STAB. Açúcar, Etanol e Subprodutos**, Piracicaba, v. 10, p. 11-15. set.-dez. 1991.

STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., 1981, Rio de Janeiro. Anais...v.3/4, p.443-56. (Reeditado: STAB, Piracicaba, v.2, n.5, p.22-6, maio/jun. 1984).

STOLF, R.; FURLANI NETO, V. L.; CERQUEIRA LUZ, P. H. Nova metodologia de mecanização a espaçamento estreito em cana de açúcar. **Etanol e Açúcar**, São Paulo, v. 7, n. 32, p. 14-33. jan.-fev. 1987.

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

SUGUITANI, C. **Entendendo e a produção de cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosaic.** 2006. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SZMRECÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 24, n. 10, p. 73-81, out. 1994.60p.

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

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DEAÇÚCAR - UNICA. **Portal da União da Agroindústria Canavieira**. São Paulo. 2011. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em julho de 2012.

UTSET, A., CID, G. **Soil penetrometer resistance spatial variability in a Ferralsol at several soil moisture conditions**. *Soil Till. Res.*, 61:193-202, 2001.

VEIGA FILHO, A. A. Comentários sobre aspectos técnicos e políticos das queimadas de cana-de-açúcar. Disponível em: <www.infobios.com/artigos/queimadas_cana-de-açucar.index.htm>. Acesso em: 5 jul. 2007.

VIEIRA, M.C.A. **Setor Sucroalcooleiro Brasileiro: Evolução e Perspectivas**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/07.pdf>. Acesso em: mai. 2012.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; SILVA, V.F.A.; COMPAGNON, A.M.C.; BRAME, L.J. **Mudas escolhidas: controle estatístico de processo aplicado à qualidade de mudas de cana-de-açúcar**. *Revista Cultiva Máquinas*, Ano XI, n. 123, p. 14-16. Oct. 2012.