



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



MURILO BATTISTUZZI MARTINS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ECONÔMICO DE SISTEMA DE PREPARO
PROFUNDO DO SOLO EM FAIXA NO PLANTIO MECANIZADO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Botucatu

2018

MURILO BATTISTUZZI MARTINS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ECONÔMICO DE SISTEMA DE PREPARO
PROFUNDO DO SOLO EM FAIXA NO PLANTIO MECANIZADO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Energia na Agricultura.

Orientador: Professor Doutor Kléber Pereira Lanças

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M386d	Martins, Murilo Battistuzzi, 1988- Desempenho operacional e econômico de sistema de preparo profundo do solo em faixa no plantio mecanizado da cana-de-açúcar / Murilo Battistuzzi Martins. - Botucatu: [s.n.], 2018 68 p.: fots. color., ils., tabs. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018 Orientador: Kléber Pereira Lanças Inclui bibliografia 1. Cana-de-açúcar - Plantio (Cultivo de plantas). 2. Solos - Manejo. 3. Viabilidade econômica. 4. Desempenho. I. Lanças, Kléber Pereira. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.
-------	---

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "DESEMPENHO OPERACIONAL E ECONÔMICO DO SISTEMA DE PREPARO PROFUNDO DO SOLO EM FAIXA NO PLANTIO MECANIZADO DA CANA-DE-AÇÚCAR"

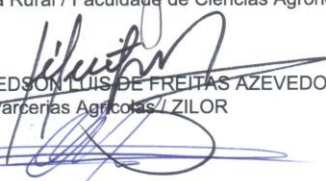
AUTOR: MURILO BATTISTUZZI MARTINS
ORIENTADOR: KLEBER PEREIRA LANÇAS


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIAS
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. TEDSON LUIS DE FREITAS AZEVEDO
Depto de Parcerias Agrícolas / ZILOR


Prof. Dr. GUSTAVO KIMURA MONTANHA
Depto de Tecnologia em Agronegócio / FATEC

Botucatu, 17 de dezembro de 2018.

Aos meus pais, Sérgio e Fátima
e meu irmão Vinicius,
com todo amor e carinho,
dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas bênçãos derramadas, sempre me iluminando em toda a minha caminhada

A minha família por sempre acreditar em meu potencial e torcer para o meu sucesso.

A minha noiva Fernanda, por sempre estar ao meu lado ao longo do doutorado, não medindo esforços para me ajudar, aconselhar, com muito carinho, amor e paciência.

Ao meu orientador Professor Doutor Kléber Pereira Lanças, por todos os ensinamentos didáticos e profissionais, pela amizade em toda jornada da pós graduação.

Ao professor doutor Carlos Alexandre Costa Crusciol, pelo convite na participação do projeto temático e disponibilidade no uso dos dados para confecção da tese.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade da participação e contribuição do trabalho.

Ao grupo NEMPA – Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais e todos os integrantes, por ensinamentos, trocas de experiências, momentos de descontração, enfim por fazerem parte da minha história de vida.

Aos amigos João, Fernanda e Jefferson por não medir esforços no auxílio da coleta de dados a campo.

Ao Grupo Zilor e a Agrícola Rio Claro, pela parceria e disponibilidade da área e equipamentos para a realização do experimento.

A todos colaboradores da seção de pós graduação e da biblioteca, pelos auxílios prestados durante a realização deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, pela formação de excelência.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Os sistemas de preparo do solo para a cana-de-açúcar visam criar condições adequadas para o plantio e a condução da cultura ao longo do ciclo e em safras subsequentes. O objetivo deste experimento foi avaliar o desempenho operacional e econômico do sistema de preparo profundo do solo em faixa no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. O experimento foi realizado no município de Lençóis Paulista – SP em um latossolo vermelho de textura média. Foram realizados dois sistemas de preparo do solo, sendo um deles o convencional e o outro o preparo profundo em faixa com haste subsoladora e enxada rotativa. O sistema de preparo convencional foi realizado com uma grade aradora, aplicação de calcário, subsolagem e canteirização, já o sistema de preparo profundo em faixa foi realizado com aplicação de calcário e preparo do solo com equipamento específico. O sistema de plantio foi o mecanizado para os dois tratamentos e foram avaliados o consumo de combustível, a qualidade do plantio, os parâmetros morfológicos da cultura e os custos operacionais dos sistemas de preparo e plantio mecanizado. O maior consumo de combustível no plantio mecanizado, ocorreu no preparo convencional, não havendo diferença para a qualidade do plantio e parâmetros morfológicos da cultura entre os tratamentos. O sistema de preparo profundo em faixa resultou em maior custo por hectare quando comparado com o sistema de preparo convencional do solo. Para análise da relação custo-benefício o sistema de preparo profundo em faixa foi mais viável, devido a maior produtividade obtida.

Palavras-chave: Mecanização. Qualidade. Viabilidade econômica. Manejo de solo. *Sacharum* spp.

ABSTRACT

Soil preparation systems for sugar cane aim to create adequate conditions for planting and conducting the crop throughout the cycle and in subsequent crops. The objective of this experiment was to evaluate the operational and economic performance of the strip deep tillage system and mechanized planting of sugarcane. The experiment was carried out in Lençóis Paulista - SP in a medium textured red latosol. Two soil preparation systems were used, one of which was conventional and the other was the deep tillage with subsoiler and rotary spade. The conventional tillage system was performed with a caterpillar grid, limestone application, subsoiling and canteirization, and the deep tillage system was carried out with limestone application and soil preparation with a specific equipment. The planting system was mechanized for both treatments. The fuel consumption of the farm operations performed in the experiment, the quality of the planting, the morphological parameters of the crop and the operational costs of the preparation and mechanized planting systems were evaluated. The highest fuel consumption in the mechanized planting occurred in the conventional preparation, with no difference to the quality of the planting and morphological parameters of the crop between the treatments. The system of deep tillage resulted in a higher cost per hectare when compared to the conventional tillage system. For the analysis of the cost-benefit ratio the deep tillage system was more viable, due to the higher productivity obtained.

Keywords: Mechanization. Quality. Economic viability. Soil management. *Sacharum* spp.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do plantio mecanizado da cana na Região Centro-Sul (%).	25
Tabela 2 - Caracterização da textura do solo em um Latossolo Vermelho, Lençóis Paulista, SP, 2017.....	33
Tabela 3 - Consumo de combustível nos sistemas de preparo do solo	47
Tabela 4 - Consumo de combustível no plantio mecanizado	48
Tabela 5 - Qualidade do plantio	49
Tabela 6 - Qualidade das gemas no plantio (%)	50
Tabela 7 - Qualidade dos rebolos (%).....	51
Tabela 8 - Porcentagem de falhas (%).....	52
Tabela 9 - Perfilhamento da cana-de-açúcar	52
Tabela 10 - Biometria e Produtividade	53
Tabela 11 - Custos fixos e variáveis do sistema de preparo convencional do solo...54	
Tabela 12 - Custos fixos e variáveis da operação de distribuição de corretivo	55
Tabela 13 - Custos fixos e variáveis da operação com penta	56
Tabela 14 - Custos totais dos sistemas de preparo do solo.....	57
Tabela 15 - Custos fixos e variáveis do plantio mecanizado.....	58
Tabela 16 - Custo total de preparo e plantio mecanizado	59

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área experimental	32
Figura 2 - Operação de gradagem no sistema de preparo convencional	34
Figura 3 - Subsolagem após aplicação de calcário em área total	35
Figura 4 - Conjunto trator-penta	36
Figura 5 - Conjunto trator-plantadora de cana-de-açúcar	37
Figura 6 - Determinação da profundidade de sulcação	38
Figura 7 - Receptor GPS	40
Figura 8 - Fluxômetros instalados na entrada e no retorno do tranque da colhedora para determinação do consumo de combustível	42
Figura 9 - Controlador microprocessado PHI-MD	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Cultura da cana-de-açúcar	21
2.2	Sistemas de preparo do solo	22
2.3	Plantio mecanizado de cana-de-açúcar	25
2.4	Qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar	27
2.5	Custos operacionais	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Localização	32
3.2	Classificação do solo.....	32
3.3	Tratamentos e delineamento experimental.....	33
3.4	Sistemas de preparo do solo	33
3.5	Plantio mecanizado de cana-de-açúcar	36
3.6	Parâmetros qualitativos do plantio mecanizado	37
3.6.1	Profundidade de sulco.....	37
3.6.2	Gemas totais, danificadas, viáveis e inviáveis	38
3.6.3	Frequência de comprimento e índice de fissura dos rebolos	38
3.6.4	Morfologia da planta.....	39
3.6.5	Perfilhamento da cana-de-açúcar	39
3.6.6	Número de plantas	39
3.6.7	Falhas nas linhas de cana-de-açúcar.....	39
3.7	Desempenho operacional e parâmetros energéticos	40
3.7.1	Determinação da velocidade de deslocamento.....	40
3.7.2	Capacidade de campo efetiva.....	40
3.7.3	Tempo efetivo demandado.....	41

3.7.3	Determinação do consumo de combustível.....	41
3.8	Biometria e produtividade	43
3.9	Custos operacionais	43
3.10	Análise estatística	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Desempenho operacional e parâmetros energéticos	47
4.2	Parâmetros qualitativos do plantio mecanizado e produtividade.....	49
4.3	Custos dos sistemas de preparo do solo.....	54
4.3.1	Preparo Convencional	54
4.3.2	Preparo profundo em faixa	55
4.3.3	Custos totais do preparo do solo.....	56
4.4	Custos do plantio mecanizado	57
4.5	Custo total das operações mecanizadas.....	58
4.6	Análise custo benefício	59
5	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de expressão para a agricultura brasileira, devido a utilização intensiva de seus produtos e subprodutos. As pesquisas nessa área realizada por instituições, empresas do setor e produtores, têm sido intensificadas visando o aumento da eficiência produtiva.

As dificuldades da mecanização agrícola nesta cultura é um exemplo da necessidade de estudos e melhorias pois, atualmente, quase todo o processo produtivo da cana-de-açúcar vem se tornando cada vez mais dependente de máquinas agrícolas.

Os sistemas de preparo do solo têm por objetivo proporcionar condições adequadas para a implantação da cultura, bem como para o seu desenvolvimento durante todas as safras, até a renovação do canavial, e cada tipo de preparo do solo se adequa a uma região ou unidade produtora.

O preparo convencional do solo ainda é uma das formas mais utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar; porém, muitas vezes, a intensa desagregação do solo, a elevada quantidade de máquinas utilizadas e o custo envolvido no processo fazem com que outras formas de preparo do solo venham a ser estudadas.

Atualmente o sistema de preparo profundo em faixa e a canteirização do solo na cana-de-açúcar, ou seja, preparo somente na faixa de cultivo, vem se destacando pois somente um equipamento denominado popularmente de “penta” realiza uma subsolagem com uma haste em profundidade, a aplicação com dispositivos especiais de corretivos e adubos com opção de variação da profundidade (0,40 e 0,80 m), o destorroamento do solo, através de uma enxada rotativa, e a canteirização do solo, otimizando o preparo do solo e criando condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

O sistema de plantio da cana-de-açúcar ainda se encontra em processo de mudança para aquele totalmente mecanizado, pois diversos fatores como a elevada quantidade de mudas, a eficiência das plantadoras e a qualidade do plantio mecanizado ainda tornam o sistema semi-mecanizado mais eficiente postergando a mudança do modo de plantio; entretanto, aspectos como menor dependência de mão de obra e custo reduzido fazem com que as pesquisas e melhorias no sistema mecanizado sejam constantes.

Devido aos vários entraves que podem ocorrer durante o plantio mecanizado da cana-de-açúcar, se torna indispensável um processo de avaliação da qualidade da operação, com o objetivo de minimizar as falhas que podem ocorrer durante esta atividade.

Independente do sistema de preparo do solo e da forma de plantio, estudo da viabilidade econômica das atividades envolvidas se torna importante para o produtor verificar a rentabilidade do processo de produção e, conseqüentemente, obter lucro.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho operacional e econômico do sistema de preparo do solo em profundidade e o plantio mecanizado da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo esta cultura importante para o agronegócio do país. A elevada demanda mundial por etanol oriundo de fontes renováveis, em conjunto com as grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis da cultura, fazem com que o país tenha grande relevância na exportação dessa commodity (CONAB, 2018).

A cana-de-açúcar pode ser considerada uma alternativa para o setor de biocombustíveis em função do elevado potencial na produção de etanol e aos seus subprodutos. Além da produção de etanol e açúcar, as unidades de produção têm buscado operar com maior eficiência, inclusive com geração de energia elétrica, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2018).

A cana-de-açúcar é uma planta da família *Poaceae*, semiperene, que se desenvolve em forma de touceira, apresentando, atualmente, ciclo econômico de cinco a seis anos e, portanto, o estabelecimento e a formação de novos plantios com qualidade é fundamental para garantir a sua longevidade. A cana-de-açúcar é caracterizada pela parte aérea, na qual compõe colmos, folhas e inflorescência, já na parte subterrânea possui raízes fasciculadas, as quais sendo que aproximadamente 85% se encontram nos primeiros 0,50 metros de profundidade do nível do solo, além do perfilhamento das touceiras que são formados por rizomas. Estes rizomas darão origem a novas touceiras, que por meio de rebrota, são formadas após a colheita (SEGATO et al., 2006).

O processo de modernização do setor canavieiro surgiu, devido a legislações para autorizar que antigos senhores de engenho realizassem a produção em escala nas unidades de processamento, denominados então de “usinas”. Após essa modernização deu-se origem ao complexo agroindustrial (agricultura e indústria), onde as atividades eram baseadas na produção de cana-de-açúcar e a sua transformação em açúcar, etanol e demais subprodutos. Durante o processo de modernização também contou-se com a mecanização das etapas do processo

produtivo agrícola, principalmente o preparo do solo, tratos culturais, colheita, carregamento e transporte, além das pesquisas genéticas (desenvolvimento e melhoramento de novas variedades) (PAULILLO, 2006).

Segundo Veiga Filho (2007), alguns fatores como o ambiental foram fundamentais para o processo da inserção da mecanização no Estado de São Paulo, que se iniciou em meados da década de 1970, quando a adoção das colhedoras passou a ser significativa. Esse processo teve origem na necessidade de suprir a escassez de mão de obra, sendo também influenciado pelas mudanças na forma do 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 alavancou a adoção da mecanização foi o seu custo que, em média, gira em torno de 30% a menos, quando comparado ao manual.

A produção de cana-de-açúcar, na safra 2017/18, está estimada em 633,26 milhões de toneladas, redução de 3,6% em relação à safra anterior. A área colhida está em 8,73 milhões de hectares, queda de 3,5% se comparada com a safra 2016/17. Na região sudeste a área colhida ficou inferior à safra passada, reflexo de problemas climáticos na safra anterior e a menor área colhida de fornecedores. A expectativa é de leve aumento dos patamares de produtividade em relação à safra anterior, com produção de 417,47 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processada, 4,2% inferior à safra 2016/17 (CONAB 2018).

2.2 Sistemas de preparo do solo

Na cultura da cana-de-açúcar, o manejo inicial do solo pode influenciar bastante a produção em cada corte consecutivo, caso as operações de preparo não tenham sido conduzidas com tecnologia adequada para cada tipo de solo (FREITAS, 1987). O objetivo do preparo de solo é proporcionar condições adequadas de desenvolvimento das plantas, facilitando a absorção de água e nutrientes pelo seu sistema radicular (VIEIRA e KLEIN, 2007).

Os diferentes equipamentos agrícolas que podem ser utilizados para o preparo do solo podem acarretar em alterações nas suas propriedades químicas, físicas e

biológicas, sendo que cada um deles trabalha o solo de maneira própria, modificando, diferenciadamente, estas propriedades (SÁ, 1998).

Souza et al. (2004) destacaram que o preparo inadequado pode pulverizar a superfície do solo, deixando-o mais susceptível ao processo de erosão e propiciam a formação de impedimentos físicos logo abaixo das camadas mobilizadas pelos equipamentos.

O preparo do solo no cultivo da cana-de-açúcar é fundamental quanto ao desenvolvimento da cultura, uma vez que um preparo de solo inadequado, isto é, realizado fora das recomendações agrônômicas estabelecidas, pode comprometer o processo de sulcação e as operações agrícolas subsequentes, prejudicando o desenvolvimento satisfatório da cultura e a longevidade das soqueiras, além de elevar os custos de produção (BARROS e MILAN, 2010). Entretanto, em condições favoráveis do solo para o desenvolvimento da cana planta, maior será a probabilidade de desenvolvimento adequado das soqueiras (VASCONCELOS, 2007).

O uso intenso de máquinas agrícolas nas operações é, reconhecidamente, o principal agente causador da compactação do solo (ETANA et al., 2012). Nas operações agrícolas, o intenso tráfego de máquinas, pode alterar a estrutura física dos solos. Essas situações se tornam prejudiciais quando há degradação da qualidade do solo, cujo principal atributo indicador é a configuração dos agregados do solo (REICHERT et al., 2003).

Uma das formas para se diminuir o efeito da compactação do solo ocasionado pelas máquinas agrícolas é a adoção do sistema de tráfego controlado, uma técnica bastante utilizada atualmente na condução de cultura da cana-de-açúcar. O controle de tráfego agrícola caracteriza-se pela padronização da bitola das máquinas para trafegarem no centro de cada entrelinha da cultura, de acordo com o espaçamento adotado, com preparo e plantio com piloto automático, gerando o conceito de “canteiro na cana” (SOUZA et al., 2012).

Com a diversidade de solos, clima, culturas e máquinas, vários tipos de preparo de solo podem ser utilizados, dificultando a escolha por um específico sistema de preparo do solo (SILVEIRA, 1989).

O preparo convencional do solo ocorre mediante revolvimento de camadas superficiais com objetivo de reduzir a compactação e realizar a incorporação de corretivos e fertilizantes (SANTIAGO e ROSSETTO, 2007).

Conforme Andrade et al. (2009), o preparo convencional é um sistema que envolve o preparo intensivo do solo podendo ser utilizado arados, grades e subsoladores, sendo caracterizado pela mobilização da camada agricultável do solo (0,30 m de profundidade), entretanto, pode alcançar camadas mais profundas, de 0,40 a 0,50 m no perfil, dependendo da condição física do solo e do equipamento utilizado.

Outro tipo de preparo do solo que vem sendo difundido para a cultura de cana-de-açúcar é o preparo profundo em faixa do solo, que é caracterizado pela canteirização do canavial. Essa técnica realiza o preparo somente nas faixas de cultivo, que consiste em preparar, corrigir e adubar a faixa onde será implantada a cultura, mantendo as entre linhas sem revolvimento, sendo este o local para o tráfego de máquinas, sem preocupação com a compactação do solo na entre-linha da cultura (ROSSETTO et al., 2011).

Marasca (2014), avaliando o comportamento de dois atributos físicos do solo, a resistência à penetração e a densidade relativa, em duas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, com preparo profundo canteirizado e a outra com preparo convencional, não obteve diferença na produtividade de cana-de-açúcar nos tratamentos analisados.

Lima (2016) comparou o sistema de preparo profundo canteirizado do solo com o preparo convencional no cultivo da cana-de-açúcar objetivando identificar os resultados desses sistemas na distribuição do sistema radicular e nos atributos físicos e mecânicos do solo. O estudo apresentou melhoria na qualidade física do solo com o sistema de preparo profundo, observando-se redução da sua densidade, aumento da porosidade total e macroporosidade, além da diminuição da resistência do solo à penetração, fatores que contribuíram para o maior crescimento do sistema radicular da cana-de-açúcar. No sistema convencional houve redução da qualidade física do solo devido ao tráfego de máquinas sobre o solo mobilizado durante as operações de preparo, resultando em limitações ao crescimento das raízes abaixo da camada 0,0-0,20 m, refletindo em queda de produtividade da cultura de 23%.

Oliveira (2017) em estudo da viabilidade econômica e energética do preparo profundo de solo no cultivo da cana-de-açúcar concluiu que o sistema de preparo profundo do solo no cultivo da cana-de-açúcar foi viável do ponto de vista econômico e energético quando comparado ao sistema de preparo convencional. O sistema de preparo convencional apresentou custo operacional e demanda de energia 30% e 40% superiores, respectivamente.

2.3 Plantio mecanizado de cana-de-açúcar

Atualmente, o processo de produção da cana-de-açúcar é, predominantemente, realizado de forma mecanizada, diferentemente do que ocorria até pouco tempo atrás, onde a predominância era de mão-de-obra manual. Essa mudança de perfil, da produção manual, para a mecanizada, deveria tornar a produção nas lavouras de cana-de-açúcar mais eficientes (CANA 2005). Entretanto, ainda existem algumas dificuldades que devem ser eliminadas na produção da cultura desde o plantio até a colheita.

Silva (2001) define a plantadora como uma máquina destinada ao estabelecimento de culturas que se reproduzem por meio de órgãos vegetativos. As plantadoras se originam de projetos específicos, sendo normalmente utilizadas para uma única espécie de planta.

Em 2014, o plantio mecanizado de cana-de-açúcar com plantadoras representou 78% das áreas próprias das usinas na região Centro-Sul, nível quase nove vezes superior ao verificado no ano de 2007 (Tabela 1).

Tabela 1 - Evolução do plantio mecanizado da cana na Região Centro-Sul (%)

Centro-Sul	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Plantio mecanizado	8,9	24,8	32,6	35,1	47,8	59,6	75,0	78,0

Fonte: LICCIOTI (2016).

As práticas no plantio são fundamentais para o sucesso no cultivo da cana-de-açúcar. A qualidade do plantio garante população adequada de plantas, ausência de pragas durante a fase inicial e bom desenvolvimento da cultura (CARLIN et al., 2004).

Segundo Pinto e Moraes (1997), o plantio mecanizado de cana-de-açúcar é uma operação complexa, pois necessita de estudos multidisciplinares para a sua correta implantação. Um canavial implantado sem os conhecimentos técnicos do plantio pode acarretar em redução na longevidade, resultando em elevação dos custos de produção (QUINTELA et al., 1997).

O sucesso ou insucesso para a implantação de uma cultura se torna determinante na operação de plantio, uma vez que as demais atividades serão reflexos do plantio, tais como a produtividade, qualidade e custos envolvidos e, dessa maneira, garantindo ou não um bom desenvolvimento da cultura e lucratividade (OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Ripoli et al. (2007), no Brasil são utilizados três sistemas de plantio de cana-de-açúcar sendo, plantio manual, semi-mecanizado e mecanizado. O sistema de plantio manual é utilizado apenas em pequenas propriedades e em áreas com impossibilidade de uso máquinas. O plantio semi-mecanizado envolve operações manuais e mecanizadas, com a realização da sulcação, fechamento do sulco e aplicação de defensivos e fertilizantes realizadas de forma mecânica, sendo a distribuição de mudas, o fracionamento e o alinhamento dos colmos no sulco, realizados de forma manual. Já o plantio mecanizado é composto de todas essas mesmas etapas efetuadas mecanicamente, contando com mão-de-obra apenas na operação da plantadora (RIPOLI et al., 2007).

As práticas do plantio mecanizado são baseadas em diversos fatores e passos que ocorrem no processo como a determinação da área e variedade a ser implantada, sanidade das mudas, época de plantio, sistemas de preparo do solo, profundidade dos sulcos de plantio, distribuição das gemas (rebolos) e fertilizantes no sulco e cobertura dos rebolos (SILVA, 2003).

Segundo Roque et al. (2010), no sistema de plantio mecanizado da cana-de-açúcar são utilizados trator e plantadora, que juntos realizam o plantio em uma ou duas linhas.

A utilização do sistema de plantio mecanizado da cana-de-açúcar gera um menor custo de operação, pois há uma redução de mão-de-obra durante a atividade, além de resultar em maior desempenho operacional, com a possibilidade de trabalhar em diferentes turnos (diurno e noturno) (RIPOLI, 2006). Entretanto, o plantio mecanizado exige maior quantidade de gemas por metro e o uso de

fungicidas em maiores volumes, muitas vezes necessários para reduzir os ferimentos causados nas gemas na colheita mecanizada das mudas (SEGATO et al., 2006).

O sucesso e a qualidade do plantio de cana-de-açúcar dependem de fatores que influenciam essa atividade, classificadas por diversos autores como endógenos ou exógenos. Garcia (2008) cita que os fatores endógenos estão relacionados ao potencial da muda da cana-de-açúcar em relação ao tamanho do rebolo e sua reserva energética, variedade e idade das gemas. Já para os fatores exógenos relaciona-se a profundidade do plantio, danos mecânicos nas gemas gerados durante a colheita, espaçamento da cultura, falhas na deposição de mudas, número de gemas viáveis e cobertura do sulco, fatores também descritos por Marchiori et al. (2006); Raveli (2013) e Carlin, et al. (2004).

Os sistemas de plantio de cana-de-açúcar seguem algumas recomendações agronômicas convencionais de espaçamento que, podem variar entre 0,90 a 1,60 m (COLETI, 1994), com a utilização de 12 a 18 gemas por metro linear, conforme as determinações do produtor e da variedade a ser plantada (STOLF et al., 1984).

As gemas podem ficar inviáveis devido as injúrias causadas pela colheita mecanizada das mudas decorrente do contato das partes móveis da colhedora, como o corte de base, rolos transportadores e picador contudo, cuidados vêm sendo praticados tais como a adoção de menor velocidade de deslocamento da colhedora, quando comparado com a colheita de cana para indústria e, quando possível, o revestimento com borracha das partes de contato com as gemas, afim de reduzir as injúrias as gemas (PINTO e MORAES, 1997).

Para Beauclair e Scarpari (2006), independente o sistema de plantio adotado, estes devem atender às necessidades da cultura da cana-de-açúcar. O plantio é um importante investimento na implantação e condução de qualquer cultura sendo a base do seu desenvolvimento.

2.4 Qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, quando cultivada comercialmente, é multiplicada de forma assexuada, por propagação vegetativa, por meio do plantio de um segmento de haste ou da haste inteira do colmo. Esses pedaços de colmos de cana-de-açúcar

possuem entre 30 a 40 cm e compreendem três gemas e material de reserva composto por água e nutrientes, que são fundamentais para a brotação da nova planta, por meio do desenvolvimento do sistema radicular e da emergência do perfilho-mãe (BONNETT, 2014; VERMA, 2004).

Carlin et al. (2004) abordaram que a qualidade do plantio é um dos fatores de grande importância para elevada produtividade. A qualidade do plantio de cana-de-açúcar deve ser acompanhada na operação com o intuito de se obter a produtividade desejada (RAVELI, 2013).

A seleção de variáveis mensuráveis é primordial nos critérios de avaliação da qualidade das operações (SILVA e VOLTARELLI, 2015). As práticas que envolvem maior qualidade do plantio resultam em maior sucesso da cultura futura, sendo que alguns aspectos são de grande importância tais como a época de plantio, o preparo adequado do solo, a profundidade de plantio, o cobrimento dos rebolos e distribuição de gemas no sulco (SILVA, 2003).

O paralelismo ou equidistância entre os sulcos de plantio é um dos primeiros indicativos da qualidade do plantio, conforme Beauclair e Scarpari (2006) relatam que os canaviais em colheita mecanizada com espaçamentos de 1,50 m, têm apresentado vantagens operacionais, reduzindo o pisoteio das fileiras de cana-de-açúcar. Ainda segundo Mialhe (2012), o espaçamento entre 1,30 e 1,50 m tem, sido o mais utilizado no Brasil para áreas mecanizáveis, sendo que muitas unidades produtoras adotam como padrão de 1,40 m, podendo ocasionar o pisoteio das soqueiras de cana-de-açúcar.

A profundidade de sulcação e o cobrimento dos rebolos, isto é, a espessura da camada de solo que é colocada sobre os mesmos, pode afetar a sua brotação, devido à falta ou excesso de umidade do solo, provinda de alta precipitação pluvial e drenagem irregular (Carlin, et al., 2004). De acordo com Coleti e Stupielo (2006) a profundidade de plantio deve situar-se entre 25 a 30 cm.

A qualidade da operação afetam diretamente nas falhas de deposição de mudas nos sulcos de plantio, independentemente da forma de plantio, semimecanizada ou mecanizada, afetando a brotação, perfilhamento e, conseqüente, a formação dos colmos e touceiras; entretanto, as avaliações da qualidade no processo de plantio de cana-de-açúcar buscam identificar estas falhas de deposição de gemas de cana-de-açúcar nos sulcos (RAVELI, 2013).

Com o intuito de reduzir as falhas durante o processo de plantio, é comum aumentar a quantidade de mudas de cana-de-açúcar depositadas por hectare, que, segundo Beuclair e Scarpari (2006), deve ficar entre 7 e 10 toneladas, dependendo da variedade, que pode corresponder a 12 gemas por metro de sulco. De acordo com a CONAB (2011), para o plantio em sistema semi-mecanizado de cana-de-açúcar o consumo de mudas por hectare é, em média, de 15, toneladas enquanto que para o sistema de plantio mecanizado chega a 20 toneladas por hectare.

Um reflexo da qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar acontece em relação aos fatores agronômicos que podem ser influenciados devido a qualidade da operação, destacando-se, principalmente, a germinação, a brotação e o perfilhamento (RAVELI, 2013).

Abrotação 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 do rebolo não brotem ou o façam com atraso, o que resulta numa menor porcentagem de brotação (MALAVOLTA, 1994).

O perfilhamento, que é associado a brotação, determina a produtividade da cultura; porém, nem todos os perfilhos conseguem atingir a maturidade (PRADO, 1988).

É considerado como falhas, espaços em que não possuam plantas de cana-de-açúcar em distâncias acima de 0,5 m na linha da cultura, em cana-planta e cana-soca, conforme proposto por Stolf (1986). Da mesma forma, Stolf et al. (1991) relaciona a produtividade agrícola ao índice de falhas em soqueiras de cana-de-açúcar, concluindo que as falhas em soqueiras assumiram uma importância menor quando comparadas com cana-planta

2.5 Custos operacionais

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola pode ser considerada como o fator principal em termos de potencial para redução de custos de produção. Para se reduzirem estes custos são necessárias a ampliação e a modernização da gestão dos sistemas mecanizados (PELOIA e MILAN, 2010).

Segundo Oliveira (2000), o maior número de máquinas utilizadas na realização de uma atividade torna mais importante a administração, assim como o gerenciamento destas atividades, pois isso implica no resultado da sua rentabilidade. Dessa forma é indispensável o conhecimento de engenharia e economia para que os custos envolvidos sejam compatíveis com a realização da operação.

Bonato (2004) cita que, para o setor canavieiro, a utilização de máquinas agrícolas é indispensável para a condução das áreas e sua expansão, assim como para a agilidade da execução das atividades envolvidas; para isso os custos se tornam maiores e, assim, o acompanhamento técnico e gerencial das atividades passam a ser fundamentais.

De acordo com Balastreire (1990), o custo total no uso de máquinas agrícolas envolve o custo fixo que é contabilizado, independente do uso da máquina, composto pela depreciação, juros, alojamento e seguro e o custo variável, representado por componentes que variam conforme a utilização das máquinas agrícolas, tais como o gasto com combustível, manutenção, salário e lubrificante.

Conforme Rosa e Silva (2015), entre os fatores envolvidos nos custos de produção agrícola, os de maior expressão são as máquinas agrícolas e os insumos (combustíveis, lubrificantes, fertilizantes/corretivos e mão de obra), os quais através de um planejamento operacional adequado, podem resultar em uma melhoria da eficiência.

O custo operacional, segundo Milan (2004), é a relação entre o custo horário total e a capacidade de campo operacional do conjunto trator e equipamento e representa o custo do conjunto por área trabalhada. A capacidade de campo operacional ou capacidade de trabalho das máquinas agrícolas pode sofrer variação em relação a velocidade de deslocamento, a largura de trabalho, a porcentagem de tempo parada devido aos reparos e a manutenção, às manobras e outros fatores que podem surgir ao longo do processo que definem a eficiência de campo (SILVEIRA et al., 2006).

O conhecimento do custo operacional é uma importante ferramenta para a tomada de decisão quanto à escolha de equipamentos e ao sistema de preparo do solo a ser adotado (MILAN e MOLIN, 2002), pois mostra ao produtor os custos e a capacidade de trabalho, indicando se são viáveis economicamente.

Tomaz (2013) avaliou três tratamentos nos quais foram utilizados os sistemas de preparo de solo convencional, preparo mínimo e o profundo, com espaçamentos duplos alternados (0,9 x 1,5 m) e simples (1,5 x 1,5 m). O autor verificou que os custos das operações no momento do plantio no preparo profundo, foi 33% e 58% inferior ao preparo mínimo duplo e o convencional duplo, respectivamente.

Sitta e Milan (2014) verificaram a viabilidade econômica do emprego do sistema de preparo profundo do solo utilizando um equipamento com operações agrícolas combinadas e atuação canteirizada e compararam seus custos operacionais aos custos do sistema de preparo convencional. Os autores concluíram que o custo operacional do preparo profundo apresentou uma redução de até 40% em relação ao convencional. Ainda segundo os autores o aumento da área tem efeito direto nos custos fixos, mostrando que os mesmos podem ser diluídos até um determinado limite.

Cebim et al. (2012) analisaram os custos do plantio semi-mecanizado e o mecanizado sendo o custo do plantio mecanizado apresentou um valor de 28% a mais que o semi-mecanizado, sem a soma dos custos anteriores de corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio. Outros autores como Zacharias et al. (2011), em trabalho realizado em empresas do noroeste do Paraná, obtiveram os custos operacionais para o plantio mecanizado, 51% comparado ao semi-mecanizado.

Bottega (2013), avaliando os custos das operações dos sistemas de plantio semi-mecanizado e mecanizado, observou que o sistema de plantio semi-mecanizado apresentou os maiores custos com os valores de 48% a mais que no sistema mecanizado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi realizado em uma área pertencente a um parceiro agrícola de cana-de-açúcar da usina do grupo Zilor no município de Lençóis Paulista – SP. A instalação do experimento ocorreu em março de 2017. A localização da área experimental segue as coordenadas de Latitude 22°40'22.4”S e Longitude 48°46'30.6”W, com altitude de 600 metros e declividade máxima de 4% e uma área de 1,64 hectares para a realização do trabalho, conforme a figura 1.

Figura 1 - Área experimental



Fonte: Google Earth

3.2 Classificação do solo

O solo da área experimental, um Latossolo Vermelho, segundo a classificação da EMBRAPA (2013). A caracterização física da textura do solo foi média, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização da textura do solo em um Latossolo Vermelho, Lençóis Paulista, SP, 2017.

Solo	Camada	Areia	Argila	Silte	Textura
	m				
Latossolo Vermelho	0,0-0,2	832	136	31	Média
Latossolo Vermelho	0,2-0,4	821	147	41	Média
Latossolo Vermelho	0,4-0,6	789	179	32	Média
Latossolo Vermelho	0,6-0,8	784	179	38	Média
Latossolo Vermelho	0,8-1,0	780	188	32	Média

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em faixas, com seis repetições. As parcelas foram constituídas por dois sistemas de preparo do solo, sendo um o preparo convencional e o outro o preparo profundo em faixa, através do equipamento denominado “penta”. As unidades experimentais tinham 10 linhas de 100 m de comprimento com espaçamento alternado de 1,40 x 0,50 m entre linhas.

3.4 Sistemas de preparo do solo

O sistema de preparo convencional do solo foi realizado com uma grade aradora (pesada) de arrasto com 28 discos recortados de 28 polegadas cada disco e espaçamento entre discos de 0,28 metros (figura 2). A grade apresentava uma largura de corte de 3,6 metros e operou a uma profundidade de 0,25 metros. Após a gradagem, foi feita a aplicação de calcário em área total em superfície, com um distribuidor de calcário de arrasto do tipo queda livre, com uma largura de trabalho de 2,7 metros e uma taxa de aplicação de 2,6 toneladas por hectare. Para tracionar o distribuidor de calcário foi utilizado um trator agrícola 4x2 TDA de 85 cv de potência no motor; A operação foi realizada na marcha 3b reduzida a uma velocidade de deslocamento 5,0 km h⁻¹.

Figura 2 - Operação de gradagem no sistema de preparo convencional



Em seguida foi realizada uma subsolagem, com um subsolador montado com 4 hastes com ponteiros com asa, espaçadas de 1,5 metros entre hastes (figura 3). A largura de trabalho foi de 2,3 metros a uma profundidade de 0,45 metros. Por fim utilizou-se um canteirizador a fim de deixar canteiros formados para posterior realização do plantio mecanizado. O canteirizador utilizado foi um equipamento acoplado ao terceiro ponto do trator agrícola, fabricado pelo próprio produtor, que possuía uma largura de trabalho de 5,7 metros.

Para tracionar a grade pesada, o subsolador e o canteirizador foi utilizado um trator agrícola modelo 4x2 TDA com potência no motor de 245 cv. Para a grade pesada o trator agrícola operou a uma velocidade média de $6,0 \text{ km h}^{-1}$ na 9ª marcha, na subsolagem a uma velocidade média $3,5 \text{ km h}^{-1}$ na 6ª marcha e na canteirização utilizou-se a 9ª marcha com uma velocidade média de $6,5 \text{ km h}^{-1}$.

Figura 3 - Subsolação após aplicação de calcário em área total



No outro sistema de preparo do solo foi realizada a aplicação de calcário em área total em superfície. Após foi utilizado conjunto trator-equipamento para o preparo em faixas com equipamento com haste subsoladora e enxada rotativa para preparo profundo do solo, denominado “penta”. O equipamento acoplado ao terceiro ponto do trator e à tomada de potência (TDP), possui uma haste para subsolação de até 0,80 metros de profundidade e largura de trabalho de 1 metro, com enxada rotativa composta por 16 lâminas podendo trabalhar a uma profundidade de 0,30 metros, ainda permitindo a aplicação de insumos em diferentes profundidades (0,40 e 0,80 metros). O equipamento foi utilizado com um trator agrícola 4x2 TDA de 295 cv de potência no motor (figura 4), deslocando-se a uma velocidade de $3,0 \text{ km h}^{-1}$, na 2ª marcha, operando a profundidade de trabalho de 0,60 metros, sem aplicação em profundidade de calcário.

Figura 4 - Conjunto trator-penta

3.5 Plantio mecanizado de cana-de-açúcar

O plantio foi realizado de forma mecanizada através de uma plantadora da marca DMB, modelo PCP 6000 com capacidade de depósito de 6 toneladas de rebolo, sendo realizado o plantio de 2 linhas da cultura simultaneamente. A plantadora foi tracionada por um trator agrícola 4x2 TDA com potência no motor de 235 cv, trabalhando na 6ª marcha a uma velocidade de deslocamento de 6,0 km h⁻¹, conforme figura 5.

Todas as operações com as máquinas agrícolas foram realizadas utilizando-se o sistema de piloto assistido (RTK), garantindo o alinhamento e paralelismo das passadas nas operações agrícolas realizadas.

Figura 5 - Conjunto trator-plantadora de cana-de-açúcar



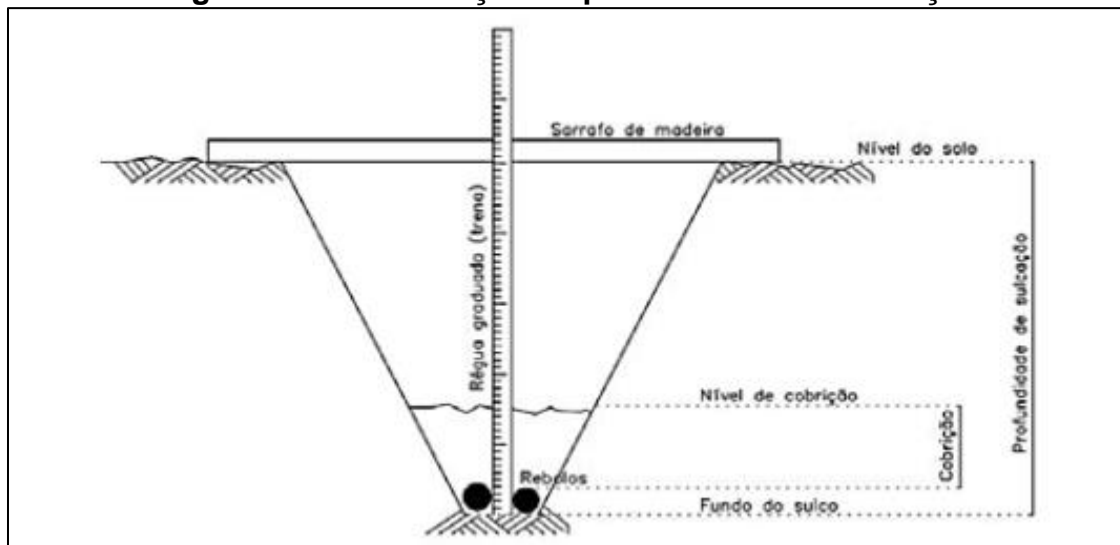
O espaçamento adotado no plantio foi de 1,40 x 0,50 metros, com uma adubação de 800 kg/ha da formulação NPK 04-20-15 e a utilização de 18 gemas viáveis por metro de reboło da variedade RB966928. Também foram aplicados sobre os toletes 330 mL ha⁻¹ do inseticida Singular (fipronil), 5,0 L ha⁻¹ do inseticida-nematicida Pottente (benfuracarbe) e 500 mL do fungicida Comet (piraclostrobina), além de 100 l ha⁻¹ de microgel.

3.6 Parâmetros qualitativos do plantio mecanizado

3.6.1 Profundidade de sulco

Para determinação da profundidade do sulco, após a passagem da plantadora com o auxílio de uma enxada foi realizada a escavação até a profundidade de sulcação e com um sarrafo de madeira posicionado nas bordas do sulco, utilizado como base para a medição com uma trena, entre a distância do solo e o sarrafo determinou-se a profundidade de sulcação, de acordo com a figura 6.

Figura 6 - Determinação da profundidade de sulcação



Fonte: CEBIM (2008, p. 52).

3.6.2 Gemas totais, danificadas, viáveis e inviáveis

A avaliação das gemas totais e danificadas foi realizada em 1 metro linear do sulco de plantio, onde foi contabilizado a quantidade de gemas totais e danificadas. Gemas que apresentavam algum tipo de dano mecânico ou biológico (pragas), ou ainda identificação visual de aspecto que pudesse comprometer a brotação, foram consideradas como inviáveis. Para a determinação da porcentagem de gemas viáveis foi realizada a diferença entre a quantidade de gemas inviáveis e a quantidade total de gemas, conforme a equação 1.

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

Onde GV é a porcentagem de gemas viáveis (%), NGV é o número de gemas viáveis (m^{-1}), NGI é o número de gemas inviáveis (m^{-1}) e 100 é o fator de conversão.

3.6.3 Frequência de comprimento e índice de fissura dos rebolos

Foram analisados em 1 metro no sulco de plantio os rebolos depositados pela plantadora de cana-de-açúcar, onde foram mensurados os comprimentos, para obtenção da frequência de comprimento, assim como a verificação da qualidade do

corte realizado pelos facões picadores da colhedora durante a colheita mecanizada, sendo classificados como perfeitos, quando não houvesse fissuras em ambas as extremidades, danificada, quando somente um dos lados apresentasse fissuras e imperfeito quando em ambas as extremidades fossem observadas as fissuras.

3.6.4 Morfologia da planta

As análises de morfologia da planta, como quantidade de perfilhos, altura e diâmetro, seguiram a metodologia proposta por Rodrigues (1995).

3.6.5 Perfilhamento da cana-de-açúcar

O perfilhamento foi avaliado quando a cultura completou quatro meses, época em que o perfilhamento se encerra, conforme informado por Rodrigues (1995). A contagem foi realizada no espaço de 1,0 m dentro de cada tratamento, totalizando 6 repetições por tratamento.

3.6.6 Número de plantas

O número de plantas foi contabilizado aos quatro meses após o plantio da cultura, em 1 metro com 6 repetições em cada tratamento, segundo Rodrigues (1995).

3.6.7 Falhas nas linhas de cana-de-açúcar

A quantificação de falhas foi realizada conforme metodologia proposta por Stolf (1986) na qual considera falhas como a ausência de plantas de cana-de-açúcar em distâncias acima de 0,50 m. Dessa maneira foi contabilizado o número falhas e o somatório dos metros de falhas acima de 0,50 m, nos 20 m de comprimento de cada linha por parcela.

3.7 Desempenho operacional e parâmetros energéticos

3.7.1 Determinação da velocidade de deslocamento

A determinação da velocidade de deslocamento foi realizada através do tempo gasto para percorrer cada parcela, sendo que para determinar a distância de cada parcela e o tempo gasto no deslocamento foi utilizado um GPS modelo MAP 60csx da marca Garmin (Figura 7). A velocidade média foi obtida pela Equação 2.

Figura 7 - Receptor GPS



Fonte: www.garmin.com

$$Vel = \frac{L}{\Delta t} 3,6 \quad (2)$$

Onde Vel é a velocidade de deslocamento da colhedora (km h^{-1}), L é o comprimento da parcela experimental (m), Δt é o tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s) e 3,6 é o fator de conversão.

3.7.2 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela relação entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela, por meio da equação 3:

$$CE = \frac{Atr}{\Delta_t} \cdot 0,36 \quad (3)$$

Onde CE é a capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$), Atr é a área útil da parcela trabalhada (m^2), Δ_t é o tempo gasto no percurso da parcela experimental (s) e 0,36 é o fator de conversão.

3.7.3 Tempo efetivo demandado

O tempo efetivo demandado foi calculado pela equação 4:

$$Td = \frac{1}{CE} \quad (4)$$

Onde Td é o tempo efetivo demandado ($h\ ha^{-1}$) e CE é a capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$).

3.7.4 Determinação do consumo de combustível

Na avaliação do consumo de combustível foram utilizados dois medidores de combustível tipo fluxômetro da marca Oval, modelo LSF45 com capacidade máxima de leitura $500\ L\ h^{-1}$ (Figura 8), instalados no sistema de alimentação de combustível entre o tanque e o motor e outro instalado no retorno para o tanque. Para aquisição dos dados foi utilizado um Controlador microprocessado PHI-MD da Techmeter (Figura 9), que registra uma unidade de pulso a cada 10 mL de combustível que passou pelos fluxômetros, permitindo calcular através da diferença de combustível que entra no motor e o que retorna ao tanque, o consumo horário de combustível, com a visualização instantânea dos dados, segundo a metodologia utilizada por Monteiro (2008) e adotada pelo Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA) da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA-UNESP) campus de Botucatu-SP. Em cada repetição o controlador foi acionado no início da parcela e parado ao final, obtendo o resultado de consumo de combustível de cada parcela avaliada.

Figura 8 - Fluxômetros instalados na entrada e no retorno do tranque da colhedora para determinação do consumo de combustível

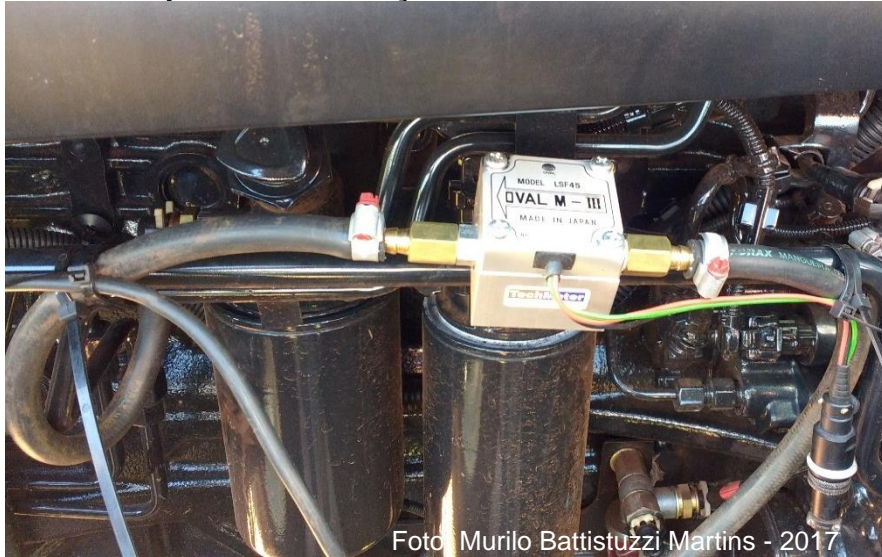


Foto: Murilo Battistuzzi Martins - 2017

Figura 9 - Controlador microprocessado PHI-MD

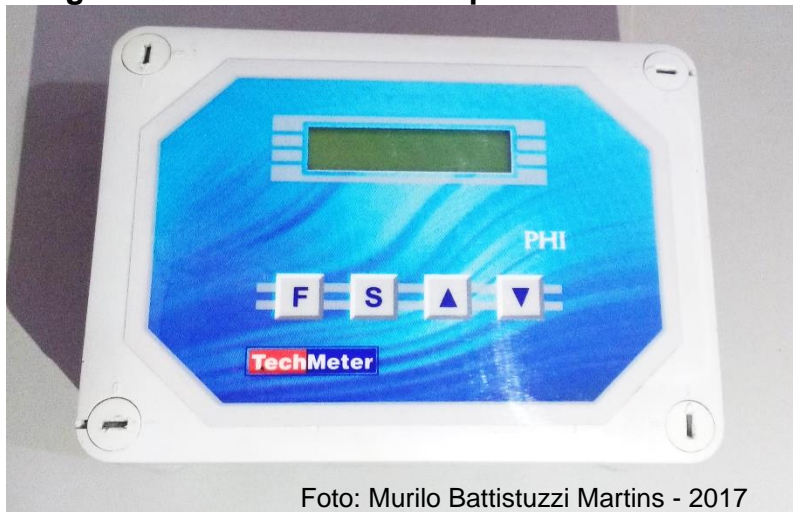


Foto: Murilo Battistuzzi Martins - 2017

O consumo horário de combustível foi obtido através da coleta dos dados fornecidos pelo controlador após percorrer cada parcela, sendo calculado pela equação 5:

$$CCh = \frac{\sum (pe - ps) \cdot 3,6}{\Delta t} \quad (5)$$

Onde CCh é o consumo horário de combustível ($L h^{-1}$), $\sum (pe - ps)$ é a diferença entre os somatórios de pulsos dos fluxômetros equivalente a mL de combustível gasto de

entrada e de retorno do motor, Δt é o tempo gasto na parcela (s) e 3,6 é o fator de conversão.

Para determinação do consumo de combustível por tonelada foi obtido através do cálculo realizado conforme a equação 6.

$$C_t = \frac{CCa}{P} \quad (6)$$

Onde C_t é o consumo de combustível por toneladas de cana colhida ($L t^{-1}$), CCa é o consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$) e P é a produtividade do canavial ($t ha^{-1}$).

3.8 Biometria e produtividade

Em cada parcela experimental foram realizadas as coletas de 20 colmos de cana-de-açúcar. Foi contabilizado a altura dos colmos, entre o ponto de corte e o ponto de quebra do palmito, através de uma trena; o diâmetro dos colmos foi mensurado nos mesmo colmos utilizados para determinação da altura, com a utilização de um paquímetro digital, sendo a mensuração realizada no terceiro entrenó acima do solo (MARTINS; LANDELL, 1995).

A determinação da produtividade foi realizada através da pesagem em balança de precisão de 0,001 kg a massa dos colmos coletados para estimativa de produtividade.

3.9 Custos operacionais

Os custos das operações, foram determinados com base na norma EP496.3 da ASABE (2006). O valor das máquinas, bem com outras informações, foram obtidas segundo dados informados pelo produtor e divulgados no Agrianual (2017).

Os custos foram divididos, segundo a metodologia citada, em custos fixos compostos pela depreciação, juros, taxas de abrigo e seguro e custos variáveis através do consumo de combustível, consumo de óleos lubrificantes e filtros, reparos e manutenção e operador.

Com as informações dos volumes de combustível, de entrada e retorno, juntamente com o tempo, foi calculado o consumo horário de combustível e seu custo (CC), conforme a equação 7.

$$CC = \left(\frac{VE - VR}{TD} \right) * P * \left(\frac{1}{CCE} \right) \quad (7)$$

Onde CC é o custo do combustível (R\$ ha⁻¹), VE é o volume de entrada do combustível (L), VR é o volume de retorno do combustível (L), TD é o tempo decorrido entre leituras de VE e VR (h), P é o preço do combustível (R\$ L⁻¹) e CCE é a capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹).

Os custos de óleos lubrificantes e filtros foram estimados em 15% do custo total de combustível, conforme equação 8.

$$CO = CC * 0,15 \quad (8)$$

Onde CO é o custo dos óleos lubrificantes e filtros (R\$ ha⁻¹) e CC é o custo do combustível (R\$ ha⁻¹).

Os custos acumulados de reparo e manutenção foram estimados em 1% ao ano do valor de aquisição, conforme equação 9.

$$Crm = \left(\frac{Va * 0,01}{h} \right) * \left(\frac{1}{CCE} \right) \quad (9)$$

Onde Crm são os custos acumulados de reparo e manutenção (R\$ ha⁻¹), Va é o valor de aquisição da máquina nova (R\$), h são as horas de uso anual da máquina e CCE é a capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹).

Para os custos com operadores foi utilizado um valor informado pelo produtor de salário mensal de R\$4500,00 (salário + encargos trabalhistas) e calculado conforme a equação 10.

$$Co = \frac{SMop * 1,67}{Htd * Dtm} * \left(\frac{1}{CCE} \right) \quad (9)$$

Onde Co é o custo do operador (R\$ ha^{-1}), $SMop$ é o salário médio recebido pelo operador (R\$ $mês^{-1}$), Htd são as horas trabalhadas por dia, Dtm são os dias trabalhados por mês e CCE é a capacidade de campo efetiva ($ha h^{-1}$).

O cálculo da depreciação está expresso pela equação 11, sendo que para o valor final das máquinas, após o término da vida útil, foi considerado o valor de sucata como sendo 10% do valor de aquisição da máquina nova.

$$D = \frac{(Va - Vf)}{(Vu * h)} * \left(\frac{1}{CCE} \right) \quad (11)$$

Onde D é a depreciação (R\$ ha^{-1}), Va é o valor de aquisição da máquina nova (R\$), Vf é o valor final da máquina após o término da vida útil (R\$), Vu é a vida útil da máquina (anos), H são as horas de uso anual da máquina e CCE é a capacidade de campo efetiva ($ha h^{-1}$).

A taxa anual de juros empregada nos cálculos foi de 8,5%, conforme circular SUP/AGRIS nº 17/2016 (BNDES, 2017). O cálculo dos juros foi realizado conforme a equação 12.

$$R = \frac{(Va + Vf)}{2} * r * \frac{1}{h} * \left(\frac{1}{CCE} \right) \quad (12)$$

Onde R é o custo dos juros (R\$ ha^{-1}), Va é o valor de aquisição da máquina nova (R\$), Vf é o valor final da máquina após o término da vida útil (R\$), r é a taxa utilizada (%), h são as horas de uso anual da máquina e CCE é a capacidade de campo efetiva ($ha h^{-1}$).

Os cálculos de abrigo e seguro foram expressos pela mesma equação, representando, juntos, 1% do valor de aquisição da máquina nova, conforme equação 13.

$$A = \frac{Va * r}{h} * \left(\frac{1}{CCE} \right) \quad (13)$$

Onde A é o custo de abrigo e seguro (R\$ ha⁻¹), Va é o valor de aquisição da máquina nova (R\$), r é a taxa aplicada (%), h são as horas de uso anual da máquina e CCE é a capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹).

3.10 Análise estatística

A análise estatística foi efetuada pelo software Minitab (16). Os dados foram comparados através de médias pelo Teste-t, utilizando o valor P (probabilidade) >0,05 e >0,10 para detecção de diferenças significativas ao nível de 5 e 10 % de probabilidade e para os parâmetros de qualidade do plantio mecanizado foi aplicado o teste do qui-quadrado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho operacional e parâmetros energéticos

Na tabela 3 são apresentados os resultados do consumo de combustível efetivo nas operações dos preparos do solo utilizados, desconsiderando paradas e manobras, assim como o tempo operacional de cada tratamento.

Tabela 3 - Consumo de combustível nos sistemas de preparo do solo

Tratamentos	Consumo de combustível (L h ⁻¹)	Consumo de combustível (L ton ⁻¹)	Tempo operacional (h ha ⁻¹)
Preparo convencional	75,27 b	0,43 a	2,06 a
Preparo profundo em faixa	39,00 a	0,81 b	2,77 b
CV (%)	33,46	29,38	15,26

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste *t* ($\alpha=5\%$).

O sistema de preparo convencional do solo resultou em maior consumo de combustível (L h⁻¹), em relação ao preparo profundo em faixa, entretanto o consumo de combustível em litros por tonelada (L ton⁻¹), no preparo convencional foi inferior ao preparo profundo em faixa, se justificando devido aos componentes para a determinação do consumo horário e o consumo em relação a produtividade da cultura, sendo que para os dois houve diferença estatística, ao nível de 5% de probabilidade segundo teste *t*.

O tempo operacional (h ha⁻¹), no preparo profundo em faixa foi maior quando comparado ao preparo convencional devido a velocidade de deslocamento dos conjuntos, juntamente com a capacidade efetiva de trabalho.

Conforme Montanha et al. (2011), o consumo de combustível de um trator agrícola envolve um dos custos mais elevados nas operações agrícolas, uma vez que o consumo total está relacionado a fatores como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo dentre outros. Segundo Lanças (2012), o consumo de combustível deve ser mensurado e avaliado durante a operação efetiva. Ainda conforme Mialhe (1996), a mensuração da quantidade de

combustível consumida, constitui-se um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor.

Oliveira (2017), em estudo do preparo profundo do solo comparado ao preparo convencional para cultura de cana-de-açúcar, constatou que o preparo profundo apresentou um consumo 30% inferior ao preparo convencional do solo, resultado que condiz com os encontrados neste estudo, onde o preparo com o penta demonstrou menor consumo de combustível (51%) em relação ao preparo convencional. Fernandes et al. (2008), avaliando o consumo de combustível em diferentes preparos de solo, concluíram que os sistemas com menos operações mecanizadas por hectare, proporcionaram menor consumo de combustível, como os resultados adquiridos no preparo com o penta neste trabalho.

Na tabela 4 são apresentados os resultados do consumo de combustível e tempo operacional no plantio mecanizado de cana-de-açúcar para cada tratamento.

Tabela 4 - Consumo de combustível no plantio mecanizado

Tratamentos	Consumo de combustível (L h ⁻¹)	Consumo de combustível (L ton ⁻¹)	Tempo operacional (h ha ⁻¹)
Preparo convencional	35,40 a	0,27 a	0,92 a
Preparo profundo em faixa	34,70 a	0,24 a	0,92 a
CV (%)	5,34	11,85	0,99

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de *t* ($\alpha=5\%$).

Para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar, tanto o consumo de combustível efetivo do conjunto trator-plantadora e o tempo operacional, não houve diferença estatística entre os diferentes sistemas de preparo do solo, sendo os resultados semelhantes entre os tratamentos avaliados. As características operacionais do conjunto trator-plantadora, no plantio mecanizado da cana-de-açúcar, não se alteraram em função dos diferentes preparos do solo, fato que justifica a semelhança de valores obtidos, e também que o tipo de preparo do solo não influenciou no processo do plantio mecanizado.

Martins et al. (2015), em determinação do consumo de combustível de um trator agrícola no plantio mecanizado de cana-de-açúcar em função da velocidade e da rotação do motor, obteve resultados inferiores ao desse trabalho, 33,42 L h⁻¹, sendo que o conjunto operou em velocidade inferior a utilizada neste ensaio, que foi de 5,0

km h⁻¹ e neste 6,0 km h⁻¹. Oliveira (2012) obteve valor semelhante de 33,90 L h⁻¹; porém, Cebim (2008) apresentou resultados superiores com 38,11 L h⁻¹, ambos estudando o plantio mecanizado de cana-de-açúcar em seus aspectos operacionais e econômicos no sistema de preparo convencional do solo.

4.2 Parâmetros qualitativos do plantio mecanizado e produtividade

Na tabela 5 são apresentados os resultados da qualidade do plantio. Para todos os parâmetros analisados não houve diferença estatística, demonstrando que os diferentes sistema de preparo do solo não influenciaram a operação do plantio mecanizado da cana-de-açúcar.

Tabela 5 - Qualidade do plantio

Tratamento	Nº de rebolos por metro	Tamanho do rebolo (cm)	Profundidade (cm)
Preparo convencional	12,67 a	31,29 a	21,67 a
Preparo profundo em faixa	15,00 a	30,81 a	22,00 a
CV (%)	16,11	1,48	5,35

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de t ($\alpha=5\%$).

Com relação ao número de rebolos por metro, o preparo com penta apresentou maior valor, 15 rebolos por metro, comparado ao preparo convencional de 13. Raveli (2013) descreve que a deposição dos rebolos no sulco pela plantadora, pode ser afetada por diversos fatores como a velocidade de deslocamento do conjunto, vazão de óleo das esteiras distribuidoras, corroborando com Pauli (2009) que cita os sistemas mecânicos envolvidos na distribuição das mudas estando relacionado a habilidade e experiência do operador.

Missio (2016) e Noronha (2011), estudando a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar, obtiveram valores inferiores ao deste trabalho, tanto no tratamento de preparo convencional do solo como no preparo profundo em faixa. Os autores ainda descrevem que a baixa quantidade de rebolos por metro pode ser considerada uma ameaça ao sucesso do plantio, devido ao risco da quantidade elevada de gemas inviáveis.

O tamanho de rebolo utilizado no plantio mecanizado tanto no sistema de preparo convencional do solo como no preparo profundo em faixa, apresentaram

valores semelhantes, o que auxilia no processo do plantio mecanizado em razão da padronização do tamanho dos rebolos, independente das variáveis envolvidas no processo, pois o tamanho do rebolo se dá no processo de regulagem da colhedora de mudas, como observado por Noronha (2012), no estudo da qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar em sistema de *meiosí*, em diferentes velocidades de deslocamento da colhedora e do conjunto trator-plantadora, sendo que mesmo, com o aumento da velocidade de deslocamento, os tamanhos dos rebolos não ficaram semelhantes, entretanto com tamanho superior ao desse trabalho, com média de 40 cm de comprimento.

Conforme Furlani e Voltarelli (2015), a profundidade de sulco (cm) ideal para o plantio e bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar deve estar entre 20 e 30 cm, dessa maneira os valores médios deste trabalho de 21,6 cm para o preparo convencional do solo e de 22 cm para o preparo com penta, ficaram dentro da profundidade considerada ideal pelos autores. Outros autores avaliando o plantio mecanizado de cana-de-açúcar obtiveram valores superiores de profundidade de sulco, como relatado por Raveli (2013) com 27cm de profundidade e Khedkar (2008) com 25 cm.

A qualidade das gemas no plantio é apresentada na tabela 6.

Tabela 6 - Qualidade das gemas no plantio (%)

Tratamento	Gemas viáveis (%)	Gemas inviáveis (%)
Preparo convencional	97,17	2,83
Preparo profundo em faixa	91,23	8,77

Não houve diferença para as gemas viáveis e inviáveis em função dos diferentes sistemas de preparo do solo ($p > 0,01$), sendo possível observar que para o sistema de preparo convencional do solo, ocorreu a maior porcentagem de gemas viáveis (97,17 %), entretanto o preparo profundo em faixa apresentou a maior porcentagem de gemas inviáveis (8,77 %). A qualidade das gemas para o plantio mecanizado, possui maior relação ao sistema de colheita mecanizada, como descreve Serafim et al. (2013), que as perdas de gemas viáveis devido a danos mecânicos ocorrem na fase de colheita mecânica da muda e não nas as etapas seguintes de plantio e segundo Lai et al. (2011), a menor porcentagem de gemas viáveis enviadas ao

plantio mecanizado, ocorre devido ao atrito das gemas com os componentes das colhedoras.

A quantidade de gemas viáveis é a característica de maior importância no processo de plantio, para garantir bons resultados e alcançar os objetivos de qualidade (RAVELI, 2013). A porcentagem de gemas inviáveis nos dois sistemas de preparo do solo, dessa pesquisa, são inferiores aos valores obtidos por Missio (2016), em avaliação do plantio mecanizado em turno de trabalho diurno e noturno, com uma média de 12,39% e 11,49% respectivamente de gemas inviáveis. Para gemas viáveis no plantio mecanizado, Garcia (2008) encontrou porcentagem inferiores ao desse trabalho, 65%.

A qualidade dos rebolos são apresentados na tabela 7. Observa-se que houve diferença para os rebolos considerados perfeitos em relação aos imperfeitos e com extremidade danificada ($p < 0,01$), sendo que no sistema de preparo convencional do solo a porcentagem de rebolos perfeitos (45,27%), foi menor em relação ao preparo com penta (71,13%), diferença que pode acarretar no insucesso do desenvolvimento da cultura.

Tabela 7 - Qualidade dos rebolos (%)

Tratamento	Perfeitos (%)	Imperfeitos (%)	Extremidade danificada (%)
Preparo convencional	45,27	43,68	11,05
Preparo profundo em faixa	71,13	11,08	17,78

O processo de colheita mecanizada para obtenção dos rebolos a serem utilizados no plantio possui relação direta, conforme descreve Hockings et al. (2000), onde a qualidade dos rebolos colhidos por colhedoras de cana-de-açúcar são altamente dependentes de cultivar, afiação das lâminas do rolo picador, rendimento da máquina ($t h^{-1}$) e relação entre velocidades dos rolos alimentadores e do rolo picador. Além disso, trabalhar com baixa taxa de colheita e utilizando velocidades uniformes nos rolos alimentadores, pode minimizar os danos aos rebolos durante o corte pelo picador.

A determinação da qualidade dos rebolos possui influência no desenvolvimento da cultura, como observado por Cebim (2008), que concluiu que os danos provocados pelo fracionamento dos colmos em rebolos, através do sistema picador das colhedoras, reduziram a qualidade, gerando maior número de falhas na cultura.

Para os tratamentos avaliados, houve diferença estatística na porcentagem de falhas, conforme tabela 8. O preparo convencional apresentou a maior quantidade de falhas (31,20%) quando comparado ao sistema de preparo profundo em faixa (28,10%), essa diferença pode estar relacionada a qualidade dos rebolos que foram depositados nos sulcos de plantio, que podem afetar na brotação e propiciar maior índice de falhas, como discutido anteriormente.

Tabela 8 - Porcentagem de falhas (%)

Tratamentos	Porcentagem de falhas (%)
Preparo convencional	31,20 a
Preparo profundo em faixa	28,10 b
CV (%)	6,47

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de t ($\alpha=5\%$).

Segundo o índice de falhas proposto por Stolf (1986), a porcentagem de falhas obtidas de 31,20% para o preparo convencional do solo e 28,10% no preparo com penta, podem ser considerados como valores médios. Bramley (2009) considera viável o monitoramento das falhas pós-plantio por meio de imagens aéreas que poderão servir para identificação dos locais com falhas na lavoura e assim realizar o replantio dessas áreas. Naik et al. (2013) sugerem que o replantio das áreas falhadas seja feito utilizando mudas de cana-de-açúcar (3 a 5 folhas), sendo transplantadas diretamente no solo preparado, afim de mantendo a qualidade da lavoura.

O perfilhamento da cana-de-açúcar ficou semelhante para ambos os tratamentos, não se diferenciando estatisticamente, conforme a tabela 9. Outros autores avaliando o preparo profundo do solo em cana-de-açúcar encontraram valores diferentes ao desse trabalho, como Tomaz (2013), com 11 a 13 perfilhos por metro.

Tabela 9 - Perfilhamento da cana-de-açúcar

Tratamentos	Nº de perfilhos por metro
Preparo convencional	15,91 a
Preparo profundo em faixa	15,86 a
CV (%)	15,85

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de t ($\alpha=5\%$).

Marasca (2014), estudando aspectos físicos de um argissolo com equipamento de preparo profundo em relação ao preparo convencional na cana-de-açúcar, obteve maior valor de perfilhos, 17 no preparo profundo e menor no preparo convencional 13 perfilhos.

Na tabela 10 são apresentados os dados de biometria e produtividade dos tratamentos avaliados, o preparo profundo em faixa resultou em maiores valores em altura, diâmetro e produtividade em relação ao preparo convencional do solo, diferenciando-se estatisticamente.

Tabela 10 - Biometria e Produtividade

Tratamentos	Altura (m)	Diâmetro (m)	Produtividade (t ha ⁻¹)
Preparo convencional	2,36 a	0,27 a	121,00 a
Preparo profundo em faixa	2,44 b	0,29 b	132,91 b
CV (%)	5,42	3,53	7,86

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de t ($\alpha=10\%$).

Lima (2016), verificando a biometria e produtividade em estudo da canteirização com preparo convencional e profundo do solo para cana-de-açúcar obteve para altura e produtividade valores inferiores em ambos os tratamentos, entretanto para diâmetro o resultado foi inverso ao dessa pesquisa, sendo que para o preparo convencional o valor obtido pelo autor foi maior do que para o preparo profundo em faixa, o autor essa justifica essa mudança pela falta de raízes profundas no preparo convencional, que fez com que a planta não se desenvolvesse tanto em altura e mais em diâmetro.

Garcia (2018), em estudo dos efeitos do preparo profundo do solo e da calagem na produtividade de cana-de-açúcar em um solo de textura argilosa obteve, para o parâmetro altura, valores de 2,8 metros para preparo convencional e 2,9 metros para o preparo profundo. Já com relação ao diâmetro dos colmos, em ambos os tratamentos, os valores ficaram semelhantes ao desse trabalho e na produtividade os resultados foram inferiores, sendo de 119,4 t ha⁻¹ para o preparo convencional e de 118,0 t ha⁻¹ para o preparo profundo do solo.

4.3 Custos dos sistemas de preparo do solo

4.3.1 Preparo Convencional

Os custos das operações mecanizadas dos conjuntos trator-equipamento utilizados no sistema de preparo convencional do solo foram divididos em custos fixos e variáveis, (Tabela 11). Para todas as operações, as tabelas apresentam cada subitem calculado para determinação do custo total.

Para o trator agrícola o item mais oneroso, nos custos fixos em todas as operações envolvidas foi a depreciação seguida dos juros. Já com relação aos custos variáveis para operação de gradagem pesada, subsolagem e canteirização, o consumo do combustível do trator agrícola foi o item mais oneroso e, na operação de distribuição de corretivo, o item operador foi que apresentou o maior valor.

As diferenças de valores entre as operações podem estar relacionadas à potência dos tratores utilizados em cada operação, uma vez que para a operação de distribuição de corretivo foi utilizado um trator de 85cv e para as demais operações 245 cv.

Tabela 11 - Custos fixos e variáveis do sistema de preparo convencional do solo

Custos	Gradagem Pesada		Distribuição de corretivos		Subsolagem		Canteirização	
	Trator (R\$/ha)	Equip. (R\$/ha)	Trator (R\$/ha)	Equip. (R\$/ha)	Trator (R\$/ha)	Equip. (R\$/ha)	Trator (R\$/ha)	Equip. (R\$/ha)
Custos fixos								
Depreciação	10,54	8,20	8,33	9,88	34,93	4,23	7,38	1,09
Juros	7,08	3,86	5,60	6,64	23,48	1,99	4,96	0,51
Abrigo	0,88	0,48	0,69	0,82	2,91	0,25	0,61	0,06
Seguro	0,29	0,16	0,23	0,27	0,97	0,08	0,20	0,02
Taxas	1,17	0,64	0,93	1,10	3,88	0,33	0,82	0,08
Custos Variáveis								
Combustível	27,21	-	8,00	-	72,72	-	14,78	-
Lubrificante	4,08	-	1,20	-	10,91	-	2,22	-
Reparo e Manutenção	1,70	0,42	4,39	2,85	1,30	1,16	0,34	0,25
Operador	13,93	-	21,67	-	38,49	-	8,13	-
Total	66,88	13,76	51,04	21,56	189,59	8,04	39,44	2,01
Total da Operação	80,64		72,60		197,63		41,45	

Com relação aos equipamentos utilizados no preparo convencional do solo, assim como os tratores agrícolas, nos custos fixos a depreciação foi o item mais oneroso, seguido dos juros, para todos os equipamentos, entretanto para os custos variáveis apenas o reparo e manutenção são considerados para composição do custo.

Para outras atividades mecanizadas na cultura da cana-de-açúcar, estes itens apresentaram maior valor na composição dos custos, encontrados por Denadai (2014), em avaliação do desempenho operacional e de custos entre enfardadoras no recolhimento de palhiço de cana-de-açúcar, que obteve para os custos fixos, a depreciação o item mais oneroso, chegando a 60% dos custos fixos nos tratores agrícolas. Para os custos variáveis o consumo de combustível apresentou maior valor nos tratores agrícolas, representando 72,4% dos custos, dados esses que corroboram com os valores encontrados neste trabalho.

Conforme Rosa e Silva (2015), na composição dos custos, o consumo de combustível e do operador são elementos de maior valor, entretanto, com maior eficiência, através de planejamento operacional, os mesmo podem ser reduzidos.

4.3.2 Preparo profundo em faixa

Os custos envolvidos no sistema de preparo profundo em faixa do solo estão na tabela 12 e na tabela 13. Para os custos da distribuição de corretivo o valor é o mesmo do preparo convencional, pois os equipamentos e a taxa de aplicação não se alteraram.

Tabela 12 - Custos fixos e variáveis da operação de distribuição de corretivo

Custos fixos	Trator (R\$/ha)	Equipamento (R\$/ha)
Depreciação	8,33	9,88
Juros	5,60	6,64
Abrigo	0,69	0,82
Seguro	0,23	0,27
Taxas	0,93	1,10
Custos Variáveis	Trator (R\$/ha)	Equipamento (R\$/ha)
Combustível	8,00	-
Lubrificante	1,20	-
Reparo e manutenção	4,39	2,85
Operador	21,67	-
Total	51,04	21,56
Total da operação (R\$/ha)	72,60	

Com relação ao custo da operação no preparo profundo em faixa (tabela 13), a depreciação apresentou o maior valor para a composição dos custos fixos tanto para o trator agrícola quanto para o equipamento, seguido dos juros. Para os custos variáveis, o maior valor obtido foi em relação ao combustível, para o trator agrícola, enquanto para o equipamento o item mais oneroso foi reparo e manutenção.

O custo do combustível é uma das variáveis que tem maior peso no custo total em sistemas mecanizados (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 13 - Custos fixos e variáveis da operação com penta

Custos fixos	Trator (R\$/ha)	Equipamento (R\$/ha)
Depreciação	120,00	38,10
Juros	80,67	17,93
Abrigo	10,00	2,22
Seguro	3,33	0,74
Taxas	13,33	2,96
Custos Variáveis	Trator (R\$/ha)	Equipamento (R\$/ha)
Combustível	295,83	-
Lubrificante	44,37	-
Reparo e manutenção	11,83	5,76
Operador	97,50	-
Total	676,86	67,71
Total da operação (R\$/ha)	744,57	

Os resultados encontrados neste trabalho com relação a composição dos custos fixos diferem de Oliveira (2017), que obteve como item de maior valor na geração dos custos fixos os juros, seguido da depreciação, diferença essa que pode ser justificada pela porcentagem adotada de valor final das máquinas em relação ao valor inicial, sendo adotado pelo autor 20%, enquanto para este trabalho foi de 10%. Entretanto, nos custos variáveis em análise da viabilidade econômica e energética do preparo profundo de solo no cultivo da cana-de-açúcar, o autor, obteve que o item mais oneroso foi o combustível com 68% e para reparo e manutenção, 32%, acompanhando os resultados deste trabalho.

4.3.3 Custos totais do preparo do solo

Na tabela 14 são apresentados, os valores totais do sistema de preparo do solo nos dois tratamentos avaliados, o preparo convencional do solo resultou em 392,32 R\$ ha⁻¹ enquanto para o preparo profundo em faixa foi de 817,17 R\$ ha⁻¹, entretanto

o equipamento de preparo profundo em apenas uma passada realiza todo o preparo do solo, otimizando o tempo operacional do preparo do solo.

Tabela 14 - Custos totais dos sistemas de preparo do solo

Custo operacional (R\$ ha ⁻¹)	Tratamentos	
	Convencional	Preparo profundo em faixa
Gradagem pesada	80,64	-
Distribuição de corretivo	72,60	72,60
Subsolagem	197,63	-
Canteirização	41,45	-
Penta	-	744,57
Total	392,32	817,17

Oliveira (2017), na composição dos custos do preparo convencional do solo para a cultura da cana-de-açúcar obteve um valor mais elevado sendo de 577,78 R\$ ha⁻¹, composto por 160,06 R\$ ha⁻¹ na operação de gradagem pesada; 116,23 R\$ ha⁻¹ para gradagem intermediária; 80,12 R\$ ha⁻¹ gradagem niveladora e 221,37 R\$ ha⁻¹ em subsolagem, diferenciando alguns equipamentos dos utilizados neste trabalho, que resultou na diferença de valor obtido; porém, também são equipamentos comumente utilizados no preparo convencional do solo para cana-de-açúcar e, no preparo profundo do solo em faixa, o valor obtido pelo autor foi inferior, sendo de 401,48 R\$ ha⁻¹, assim como observado por Sitta e Milan (2014), que obtiveram em um estudo dos custos operacionais no sistema de preparo profundo do solo, valores 40% inferiores ao sistema de preparo convencional.

4.4 Custos do plantio mecanizado

O plantio mecanizado foi realizado da mesma maneira para os dois sistemas de preparo do solo e os custos fixos e variáveis do trator e do equipamento são apresentados na tabela 15.

O plantio mecanizado da cana-de-açúcar apresentou um custo operacional total de 313,96 R\$ ha⁻¹ do conjunto trator-plantadora. Conforme o AGRUANUAL (2017), o custo para implantação do plantio mecanizado para a safra 2016/17 de cana-de-açúcar foi de 306,54 R\$ ha⁻¹, valores esse que são semelhantes ao encontrados neste trabalho. Outros autores ao avaliarem os custos do plantio mecanizado de cana-de-açúcar, obtiveram valores inferiores, como Oliveira (2012), com valor de

172,76 R\$ ha⁻¹ e Garcia (2008) de 121,00 R\$ ha⁻¹, em estudo dos aspectos operacionais e econômicos do plantio mecanizado de cana-de-açúcar e avaliação dos custos efetivos de plantio mecanizado de cana-de-açúcar picada, respectivamente.

Tabela 15 - Custos fixos e variáveis do plantio mecanizado

Custos fixos	Trator (R\$/ha)	Equipamento (R\$/ha)
Depreciação	22,22	52,08
Juros	14,94	35,01
Abrigo	1,85	4,34
Seguro	0,62	1,45
Taxas	2,47	5,79
Custos Variáveis	Trator (R\$/ha)	Equipamento (R\$/ha)
Combustível	74,25	-
Lubrificante	11,14	-
Reparo e manutenção	10,49	23,15
Operador	27,08	27,08
Total	165,06	148,90
Total da operação (R\$/ha)	313,96	

As divergências de valores podem ser atribuídas ao período (ano) de realização dos trabalhos, assim como os diferentes valores atribuídos aos maquinários utilizados, metodologias empregadas para cálculo dos custos, potência dos tratores agrícolas utilizados pelos autores inferiores ao desse trabalho, que refletem no consumo de combustível, item de grande impacto nos custos operacionais de máquinas agrícolas, entre outros fatores associados a composição dos custos no plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

4.5 Custo total das operações mecanizadas

Os custos totais envolvidos nos tratamentos avaliados, ou seja, sistemas de preparo do solo convencional e com preparo profundo em faixa, assim como o plantio mecanizado são apresentados na tabela 16. O custo por hora (R\$/h) foi maior no sistema de preparo convencional, porém o custo por hectare (R\$/ha), foi maior no preparo profundo em faixa, fato relacionado a capacidade efetiva dos conjuntos envolvidos nos tratamentos avaliados.

Tabela 16 - Custo total de preparo e plantio mecanizado

Tratamentos	Custo (R\$/h)	Custo (R\$/ha)
Preparo convencional	903,67	706,28
Preparo profundo em faixa	658,28	1131,13

4.6 Análise custo benefício

Realizando a análise do custo benefício dos preparos do solo convencional e preparo profundo em faixa, a receita adicional gerada pela realização do preparo profundo em faixa foi de R\$784,33; sendo esse valor obtido através da diferença de produtividade gerada entre os preparos, ou seja, 132,90 t ha⁻¹ e 121,00 t ha⁻¹ e pelo valor pago por tonelada de cana-de-açúcar no período da colheita do experimento de R\$ 65,91 tonelada (IEA, 2018).

A determinação do custo adicional da utilização do preparo profundo em faixa, em relação ao convencional foi realizada através da diferença do custo de cada preparo, sendo de R\$424,85 (R\$/ha); gerando um ganho de 184,6%, sendo que a cada R\$424,85 investidos foi gerada uma receita de R\$784,33 ha⁻¹.

5 CONCLUSÕES

O preparo do solo com o equipamento denominado penta propiciou maior consumo de combustível e no plantio mecanizado não houve diferença do consumo de combustível em função do tipo de preparo do solo.

A qualidade do plantio mecanizado não apresentou diferença em relação ao tipo de preparo do solo.

A produtividade da cana-de-açúcar foi maior no sistema de preparo profundo em faixa do solo.

Dentre os componentes envolvidos na determinação dos custos dos conjuntos trator-equipamento, a depreciação foi o item mais oneroso nos custos fixos e o combustível nos custos variáveis.

O custo do tratamento com a utilização do penta resultou em maiores valores, porém na análise do custo-benefício o uso do penta foi vantajoso.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2017.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. ASABE Standards. St. Joseph, Agricultural Machinery Management ASABE EP496.3. 2006.
- ANDRADE, C.D. et al. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho cultivado com hortaliças sob diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Nº XXXII, 2009, Fortaleza.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 187 p.
- BARROS, F.F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas-SP v. 69, n.1, p. 221-229, 2010.
- BEAUCLAIR, E. G. F.; SCARPARI, M. S. Noções Fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; BENEDETI, M. S.; DONZELLI, J. L. **Colheita Mecanizada de Cana Crua: Caminho** BOLONHEZI, D.; Plantio direto e calagem na reforma da cana crua. A Granja, Porto Alegre, v. 769, p 75-77, 2013.
- BONATO, R.G. **Qualidade operacional da fenação: análise do processo de produção**. 2004. 100p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Circular SUP/AGRIS nº17/2016**. BNDES: Rio de Janeiro, 2016. 15p.
- BONNETT, G.D. Developmental stages (Phenology). In: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. (ed.) **Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology**. Ames, Iowa. Wiley Blackwell, 2014.
- BOTTEGA, E.L. Estimativa do custo horário das operações de campo de dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 2, n. 2, p. 251-259, 2013.
- BRAMLEY, R.G.V. Lessons from nearly 20 years of Precision agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. **Crop and Pasture Science**, Collingwood, v. 60, n. 3, p. 197–217, 2009.
- 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.
- CEBIM, G.J. et al. Plantio mecânico de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): desempenho operacional e econômico. **Stab**. Piracicaba, v. 31, n. 1, p. 40-47, setout, 2012.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** cana-de-açúcar, quarto levantamento. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/cana> Acesso em: 26 abril 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** cana- de - açúcar, terceiro levantamento. Brasília, 2011. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf . Acesso em: 26 abril 2018.

DENADAI, S. M.; **Avaliação do desempenho operacional e de custos entre enfardadoras no recolhimento de palhço de cana-de-açúcar.** 2014. 53 f. Dissertação ((Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ETANA, A. et al. Persistent subsoil compaction and its effects on preferential flow patterns in a loamy till soil. GEODERMA, v. 192, p. 430-436, 2012.

FERNANDES H. C., SILVEIRA, J. C. M. da, RINALDI, P. C. N. **Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, set./out., 2008.

FREITAS, G. R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). Cana-de-açúcar cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 271-332.

FURLANI, C.E.A.; VOLTARELLI, M.A. Plantio Mecanizado de Cana-de-Açúcar: Aspectos Sobre o Plantio Mecanizado e Resultados no Campo. In: Belardo, G. C.; Cassia, M.T.; Silva, R.P. (Org.). Processos Agrícolas e Mecanização da Cultura da Cana-de-Açúcar. 1 ed. Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2015, v. 1, p. 259-271.

GARCIA, M.A.L. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar.** 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GARCIA, P. C.; **Efeitos do preparo profundo do solo e da calagem na compactação do solo e na produtividade da cana-de-açúcar.** 2018. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

HOCKINGS, P.R.; NORRIS, C.P., DAVIS, R.J. Chopper systems in cane harvesters: B: Results of a test program. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 22: 250–255. 2000.

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.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Preços Médios Mensais Recebidos pelos Agricultores.** São Paulo, 2018. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precos_medios.aspx?cod_sis=2 Acesso em: 12 setembro 2018.

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

LANÇAS, K. P. **Consumo de combustível: Não se engane.** In: FIORESE, D. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S.; MARASCA, I.; ALEIXO, E. V.; MACIEL, A. J. S. Características energéticas dos tratores agrícolas. Revista Agriworld, Bragança Paulista-SP, v. 04, n. 10, p. 38-46, 2012.

LICCIOTI, T. Tecnologias Bayer para o plantio de cana. 2016. Disponível em: <<http://www.cana.com.br/biblioteca/informativo/ThiagoBayer2016.pdf> > Acesso em: 26 abril 2018.

LIMA, C. C. **Canteirização com preparo convencional e profundo do solo para cana-de-açúcar: atributos físicos e sistema radicular.** 2016. 150 p. Dissertação (Mestrado). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2016.

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

MARASCA, I. **Avaliação dos atributos físicos de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar em área com adequação de relevo, utilizando equipamento de preparo profundo e canteirizado do solo.** 2014. 76p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2014.

MARCHIORI, L.F.S. Plantio de cana inteira e picada na cana de açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 28-31. Jan-fev. 2006.

MARTINS, A. L. M.; LANDELL, M. G. A. **Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no programa Cana IAC.** Pindorama: Instituto Agronômico, 1995.

MARTINS, B. M.; RAMOS, G. R. C.; VITTI, H. T.; SANTOS, S. R.; LANÇAS, P. K. **Determinação do consumo de combustível de um trator agrícola no plantio mecanizado de cana-de-açúcar em função da velocidade e da rotação do motor.** In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2015, São Pedro-SP, 2015.

MENDES, R. CANA: colheita mecanizada. Revista Rural, v. 92, out. 2005. Disponível em <[http:// www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev92_cana.htm](http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev92_cana.htm)> Acesso em: 26 abril 2018.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Millennium, 2012. 623 p.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas**. 2004. 100p Tese (Livre docência) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

MISSIO, C. **Qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2016. 51p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2016.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. Trator-implemento: Dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: STAPE, J. L. e GONÇALVES, J. L. D. M. (Ed.). Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 13, p.409-436.

MONTANHA, G.K.; GUERRA, S.P.S.; SANCHEZ, P.A.; CAMPOS, F.H.; LANÇAS, K.P. **Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus**. Revista Energia na Agricultura, v.26, n.1, 2011.

NAIK, R.; ANNAMALAI, S.J.K.; NAIR, N.V.; PRASAD, N.R. Studies on mechanization of planting of sugarcane bud chip settlings raised in portrays. **Sugar Tech**, New York, v. 15, n. 1, p. 27–35, 2013.

NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIODEROLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.

NORONHA, F. H. R.; **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar em sistema de meiosi**. 2012. 38f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.

OLIVEIRA, M.D.M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: Avaliação de uma frota**. 2000. 147 p. Dissertação (Mestrado na área de Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, C. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: aspectos operacionais e econômicos**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, D. C. **Viabilidade econômica e energética do preparo profundo de solo no cultivo da cana-de-açúcar.** 2017. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

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).

PELOIA, P.R.; MILAN, M. (2010); “Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola”. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.681-691, 2010.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. Plantadora de cana. In: Seminario Coopersucar de Tecnologia Agrônômica, 7., 1997. São Paulo: Coopersucar – São Paulo, 1997. v.1. p.223-231.

PRADO, A.P.A. **Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função da densidade de plantio.** 1988. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

QUINTELA, A.C.R. et al. Efeito do Plantio de cana inteira, com e sem desponete, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades dá cana de açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 22-24, jan./fev. 1997.

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

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 14, n. 27 p. 31-48, 2003.

RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. (Org). **Plantio de cana de açúcar: estado da arte.** Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. v.1. p.80-91.

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.

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

RODRIGUES, D. J. Fisiologia da Cana-de-Açúcar. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Campus de Botucatu. Botucatu, 1995. p. 101,

ROQUE, A.A.O. et al. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.744-750, jul. 2010.

ROSA, J. H. E. M.; SILVA, H. J. T. D. Gestão de custos de produção de cana-de-açúcar: Estudo de caso dos fornecedores da região de Guariba/SP. GUARIBA, S.-A. D. F. D. C. D. Guariba 2015.

ROSSETTO, R. et al. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n 124, p. 8-13, 2011.

SÁ, J.C.M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema plantio direto. In: Seminário sobre o sistema plantio direto na palha. UFV, 1., Viçosa, 1998. **Resumo das palestras**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.19-61.

SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R Cultivo mínimo. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_2212200.html> Acesso em: 26 abril 2018.

SEGATO, S.V. et al. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. 415P.

SEGATO, S.V. et al. **Atualizações em produção em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres, 2006. 415 p.

SERAFIM, L.G.F.; STOLF, R.; SILVA, J.R.; SILVA, L.C.F.; MANIERO, M.A.; BASSINELLO, A.I. Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana-de-açúcar. STAB (Piracicaba), v. 31, p. 22-25, 2013.

SILVA, G.M. **Máquinas para plantio e condução das culturas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. v. 3, 336 p.

SILVA, M.A. et al. **Controle de qualidade em operações agrícolas**. In: SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M. T.; Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p. 19-28.

SILVEIRA, G. M. **O preparo do solo: implementos corretos**. 3. São Paulo: Editora Globo, 1989. 243p.

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 10, n. 1, p. 220-224, 2006.

SITTA, C. M.; MILAN, M. Cana no canteiro. **Cultivar Máquinas**. Pelotas, RS: Grupo Cultivar, v. 145, p. 8-11, 2014.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas de relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.937-944, 2004.

SOUZA, G.S. et al. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.603-612, 2012.

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.

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.

TOMAZ, H. V. D. Q. **Sistema de preparo profundo do solo e sua influência no desenvolvimento da cana-de-açúcar**. 2013. 132p Tese (Doutorado em ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: USP, 1977.

VASCONCELOS, A. C. M. Desenvolvimento radicular e subsolagem. In: RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C., *et al* (Ed.). **Plantio de cana-de-açúcar estado da arte**. Piracicaba: Piracicaba T.C.C. Ripoli, 2007. p.190-198.

VASCONCELOS, A.C.M. Brotação da cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.22, n. 1. p. 28-33, set/out. 2003.

VEIGA FILHO, A. A. Comentários sobre aspectos técnicos e políticos das queimadas de cana-de-açúcar Piracicaba, 2007. Disponível em: http://www.infobios.com/artigos/queimadas_cana/index.htm Acesso em: 26 abril 2018.

VERMA, R. S. **Sugarcane production technology in India**. Lucknow, India: International Book Distributing Co. 2004.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo Hydro-physical properties of an Oxisol under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1271- 1280, 2007.

ZACHARIAS, R. et al. Custos operacionais do plantio mecanizado e semimecanizado de cana-de-açúcar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG. v. 19, n. 12, março-abril, 2011.