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

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

PAULO FERNANDO DO NASCIMENTO AFONSO

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE JAÚ-SP

Botucatu

2017

PAULO FERNANDO DO NASCIMENTO AFONSO

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE JAÚ-SP

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

Orientadora: Profa. Dra. Maura Seiko Tsutsui Esperancini

Coorientador: Prof. Dr. Glauber José de Castro Gava

Botucatu

2017

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

Afonso, Paulo Fernando do Nascimento, 1968-
A257a Avaliação econômica de sistemas de plantio de cana-de-açúcar na região de Jaú-SP / Paulo Fernando do Nascimento Afonso. - Botucatu :[s.n.], 2017
75 p.: il., color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Maura Seiko Tsutsui Esperancini
Coorientador: Glauber José de Castro Gava
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Plantio - Jaú(SP). 2. Cana-de-açúcar - Mudas. 3. Produtividade agrícola - Custos. 4. Mecanização na agricultura. 5. Viabilidade econômica. I. Esperancini, Maura Seiko Tsutsui. II. Gava, Glauber José de Castro. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE JAÚ-SP."**

AUTOR: PAULO FERNANDO DO NASCIMENTO AFONSO
ORIENTADORA: MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI
COORIENTADOR: GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA

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

Profa. Dra. MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu - UNESP

Profa. Dra. SILVIA ANGELICA DOMINGUES DE CARVALHO
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Dr. ORIEL TIAGO KOLLN
Divisão Agrícola do CTBE / Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol

Profa. Dra. IZABEL CRISTINA TAKITANE
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Botucatu, 24 de maio de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Profa. Dra. Maura Seiko Tsutsui Esperancini, pelas orientações, ensinamentos e confiança e que muito contribuiu para o resultado final deste estudo.

Ao Prof. Dr. Glauber José de Castro Gava pela coorientação e conhecimentos compartilhados.

Aos membros da banca, professores Dr. Marcelo de Almeida Silva, Dra. Silvia Angélica Domingues de Carvalho, Dra. Izabel Cristina Takitane e ao pesquisador Dr. Oriel Tiago Kölln.

Ao engenheiro agrícola Denilson H. Vitti, do departamento agronômico da Associcana, pelas explicações.

A Seção de Pós-Graduação, por toda atenção prestada.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Apesar do método de plantio semimecanizado ou mecanizado por esparrame de cana-tolete ainda ser o mais realizado no país, ao longo dos últimos anos surgiram novas tecnologias de propagação de mudas que demandam diferentes operações de plantio. Uma delas é o sistema de mudas pré-brotadas. Para que este sistema seja adotado, é necessário que os custos sejam inferiores aos sistemas atualmente em vigor no setor. O sistema de mudas pré-brotadas permite a redução do consumo de mudas, que cai de 20 t ha^{-1} no plantio mecanizado para 2 t ha^{-1} no sistema de mudas pré-brotadas, mas implica em maiores investimentos em infraestrutura e organização da produção. Cada um dos sistemas de plantio apresenta diferentes custos para a formação das mudas e diferentes custos operacionais de plantio em área comercial. O objetivo deste trabalho é comparar o custo de quatro sistemas de plantio desde a produção da muda até o plantio comercial. O estudo foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento (UPD) de Jaú/SP, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) Polo Centro-Oeste. As informações de preços utilizados para a formação dos custos dos viveiros e dos sistemas de plantio tem como base o mês de julho/2016. Foi necessário o levantamento em diversas fontes de dados para identificar os coeficientes técnicos de cada sistema, desde a obtenção da muda até a operação de plantio. Os resultados dos custos dos sistemas foram organizados em dois grupos diferentes: 1) custo de formação de viveiros e custo da operação de plantio nos sistemas semimecanizado e mecanizado (com plantadora ou distribuidora) em área comercial e, 2) custo de formação de mudas pré-brotadas no viveiro matriz, casa de vegetação e custo operacional de plantio de mudas pré-brotadas em área comercial. Pelos resultados obtidos, quando se analisa o ciclo de formação dos viveiros e o plantio comercial, o sistema de plantio de mudas pré-brotadas foi o que apresentou a menor custo, com valor de R$ 16.656,67 ha^{-1} comparado aos sistemas de plantio semimecanizado, com valor de R$ R$ 26.029,88 ha^{-1}, mecanizado com plantadora, R$ 25.574,92 ha^{-1} e mecanizado com distribuidora, R$ 25.826,33 ha^{-1}. Estes resultados são válidos em regiões onde o regime hídrico é adequado pois não foram considerados possíveis custos com irrigação das mudas.

Palavras-chave: Avaliação econômica. *Saccharum* spp. Muda pré-brotada.

ABSTRACT

Although the semi-mechanized or mechanized planting method for sugar cane spread is still the most accomplished in the country, in the last years new seed propagation technologies have appeared that demand different planting operations. One of these is the system of pre-pre-sprouted seedlings. For this system to be adopted, it is necessary that the costs are lower than the systems currently in force in the sector. The system of pre-sprouted seedlings allows the reduction of seedlings consumption, which falls from 20 t ha^{-1} in mechanized planting to 2 t ha^{-1} in the pre-sprouted seedlings system, but implies greater investments in infrastructure and organization of production. Each of the planting systems presents different costs for the formation of seedlings and different operational costs of planting in commercial area. The objective of this work is to compare the cost of four planting systems from seedling production to commercial planting. The study was conducted at the Research and Development Unit (UPD) of Jaú / SP, of the São Paulo Agribusiness Technology Agency (APTA) in the Central-West Pole. The price information used for the costing of nurseries and planting systems is based on July / 2016. It was necessary to survey several data sources to identify the technical coefficients of each system, from obtaining the seedling to the planting operation. The cost results of the systems were organized into two different groups: 1) nursery formation cost and cost of planting operation in semi-mechanized and mechanized systems (with planter or distributor) in commercial area and, 2) cost of training of pre-sprouted seedlings in the nursery, greenhouse and operational cost of planting pre-sprouted seedlings in commercial area. From the results obtained, when analyzing the nursery formation cycle and the commercial plantation, the planting system of pre-sprouted seedlings was the one that presented the lowest cost, with a value of R$ 16.656,67 ha^{-1} compared to semi-mechanized planting systems, with a value of R$ 26.029,88 ha^{-1}, mechanized with planter, R$ 25.574,92 ha^{-1} and mechanized with distributor, R$ 25.826,33 ha^{-1}. These results are valid in regions where the water regime is adequate since no irrigation costs of the seedlings were considered.

Keywords: Economic evaluation. *Saccharum* spp. Pre-sprouted seedlings.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 18
2.1 Importância econômica da cultura da cana-de-açúcar..... 18
2.2 A crise no setor sucroenergético..... 19
2.3 Sistemas de plantio de cana-de-açúcar..... 20
2.3.1 Plantio semimecanizado de cana-de-açúcar..... 23
2.3.2 Plantio mecanizado de cana-de-açúcar..... 27
2.3.2.1 Plantio mecanizado com plantadora..... 28
2.3.2.2 Plantio mecanizado com distribuidora..... 31
2.3.3 Plantio de mudas pré-brotadas..... 32
2.3.3.1 Etapas do sistema de produção de mudas pré-brotadas..... 34
2.4 Formação de viveiro de mudas..... 38
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 41
3.1 Área de estudo..... 41
3.2 Fonte de dados 43
3.2.1 Condições edafoclimáticas..... 43
3.2.2 Coleta de informações 43
3.3 Sistemas de plantio..... 44
3.3.1 Coeficientes técnicos da formação de viveiros e da operação de plantio nos sistemas semimecanizado e mecanizado..... 45
3.3.2 Coeficientes técnicos da formação de mudas em viveiro matriz, casa de vegetação e da operação de plantio de mudas pré-brotadas..... 49
3.3.2.1 Coeficientes técnicos da formação do viveiro matriz por ha..... 49
3.3.2.2 Casa de vegetação 51
3.3.2.3 Coeficientes técnicos da operação de plantio no sistema de mudas pré-brotadas por ha..... 53
3.4 Máquinas e implementos agrícolas..... 53
3.5 Indicadores..... 54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 56

4.1 Custos de formação dos viveiros pré-primário, primário e secundário e sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado em área comercial..... 56
4.2 Custos do sistema de plantio de mudas pré-brotadas..... 59
4.3 Análise comparativa dos sistemas de plantio de cana-de-açúcar.... 61

5 CONCLUSÃO..... 63
REFERÊNCIAS..... 64
APÊNDICE A - Custos de formação dos viveiros nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}..... 69
APÊNDICE B - Custos de formação do viveiro matriz no sistema de plantio de mudas pré-brotadas, 2016 – R$ ha^{-1}..... 73
APÊNDICE C - Custo da casa de vegetação para o sistema de plantio de mudas pré-brotadas, 2016..... 74

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar destaca-se no cenário agrícola brasileiro não somente pela extensão da área cultivada, mas também pelo potencial que a cultura exibe para alimentação e geração de energia. A cana-de-açúcar está entre as culturas que mais experimentaram mudanças no sistema de produção nas duas últimas décadas, atendendo assim, às necessidades de maior eficiência em razão de questões socioeconômicas e ambientais.

Durante esse período incorporaram-se novas tecnologias de plantio e manejo, o que permitiu a integração com culturas anuais, como a soja e o amendoim, principalmente, em áreas de reforma do canavial. A eliminação da queima antes da colheita foi um marco para a sustentabilidade do sistema de produção, que está se ajustando para que a palha que sobra nos campos seja utilizada na produção de energia (SILVA; ALVES; FREITAS, 2015).

Das etapas de produção da cana-de-açúcar o plantio é a fase que mais demanda conhecimento técnico e planejamento, pois todas as decisões tomadas e executadas nesse momento influenciarão todo o ciclo produtivo da cultura.

Os principais sistemas de plantio são o semimecanizado e o mecanizado. O plantio semimecanizado é aquele em que a abertura e fechamento dos sulcos são mecanizados e a distribuição, arrumação das mudas no sulco e a picação em toletes é feita de forma manual.

O plantio mecanizado pode ser realizado com plantadora ou distribuidora de mudas de cana-de-açúcar. No primeiro caso, a abertura do sulco é concomitante à distribuição do adubo, à colocação da muda e sua cobrição.

No plantio mecanizado com distribuidora, três operações são realizadas quase que simultaneamente: um trator abre o sulco e aduba, seguido por um segundo realizando a distribuição das mudas, e o terceiro realiza a cobrição.

Apesar do método de plantio semimecanizado ou mecanizado por esparrame de cana-tolete ainda ser o mais realizado no país, ao longo dos últimos anos surgiram novas tecnologias de propagação de mudas que demandam diferentes operações de plantio, como Plene da Syngenta, o AgMusa da Basf e o sistema de mudas pré-brotadas (MPB) do Instituto Agronômico (IAC).

O Plene surgiu em 2011 com o plantio de mini-toletes previamente tratados com produtos químicos adicionados diretamente à gema da cana, permitindo a possibilidade de fazer o plantio de 1 ha com apenas 2 t colmos.

O AgMusa, lançado em 2013 funciona como um sistema de multiplicação de mudas via gemas, provenientes de um viveiro-matriz, ou biofábrica.

O Instituto Agronômico lançou em 2013 o sistema de mudas pré-brotadas, que consiste em utilizar mudas de cana-de-açúcar com 60 dias de vida, e não mais o colmo diretamente no sulco de plantio. Nesse sistema a taxa de multiplicação de 1 tonelada de muda de cana-de-açúcar, pode gerar em um ano a possibilidade de plantio de até 30 ha de canavial, enquanto no sistema convencional não ultrapassa os 8 ha. O sistema de mudas pré-brotadas permite a redução do consumo de mudas, que cai de 18 a 20 t ha^{-1} no plantio convencional para 2 a 3 t ha^{-1} no sistema de mudas pré-brotadas.

O desenvolvimento de tecnologias para a mecanização do plantio de cana-de-açúcar tem-se dado em razão dos aumentos significativos de áreas cultivadas, escassez de mão-de-obra agrícola e possível redução dos custos na operação do plantio da cana-de-açúcar.

O desenvolvimento de novos equipamentos para o plantio, plantadoras e distribuidoras de mudas de cana-de-açúcar, possibilitou a opção da mecanização total da cultura.

O atual modelo de plantio mecanizado ainda enfrenta sérios desafios, como os danos causados a gema na colheita mecanizada da muda e principalmente a necessidade de máquinas com grandes reservatórios de mudas a fim de não comprometer o rendimento operacional do plantio mecanizado, pois neste sistema utiliza-se mudas maiores.

A grande demanda por mudas ocasionada pela expansão da área cultivada com cana-de-açúcar tem provocado queda na qualidade das mudas. Este fato pode comprometer a produtividade e rentabilidade da cultura da cana, pois mudas produzidas de forma tecnicamente adequadas e livres de doenças e pragas aumenta a produtividade do canavial e reduz a necessidade de reposição de mudas e, portanto, o custo do plantio

A formação do canavial é a etapa mais importante para o desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar e compreende as atividades de preparo do solo, plantio e tratos culturais da cana-de-açúcar.

Para cada sistema de plantio adotado, os custos são diferenciados, mas em todos os casos o item custo da muda de cana-de-açúcar é o de maior peso no custo de formação do canavial, seja oriunda de viveiro próprio ou adquirida de terceiros.

Cada sistema de plantio deve ser analisado de forma global, ou seja, considerar desde o custo de formação de mudas até a operação de plantio, bem como a necessidade de operações adicionais, como a irrigação de mudas e replantio. Um sistema de plantio pode ter um custo de formação de mudas mais baixo e um custo mais elevado da operação de plantio e vice-versa.

O presente estudo trabalha com a hipótese de que entre os sistemas de plantio de cana-de-açúcar, o sistema de mudas pré-brotadas é o mais viável economicamente, pois no lugar de colmos como sementes, usa-se mudas pré-brotadas, eliminando a colheita mecanizada da muda e o custo de transporte devido ao menor volume de mudas transportados para a área de plantio e o consumo de mudas, que cai de 20 t ha^{-1} para 2 t ha^{-1} no sistema de mudas pré-brotadas.

O objetivo do estudo foi comparar o custo de formação do canavial nos sistemas de plantios semimecanizado e mecanizado, ambos utilizando o método de esparrame de cana-tolete e o de mudas pré-brotadas utilizando como meio de propagação a planta formada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica da cultura de cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com área de 10,9 milhões de hectares cultivados no ano de 2015. O estado de São Paulo é o maior produtor com 53% (5,7 milhões ha) da área cultivada. A quantidade de cana-de-açúcar processada na safra 2015/2016 foi de 666,8 milhões de toneladas, um aumento de 5,2% em relação à safra 2014/2015, quando foram processados 633,9 milhões de toneladas (UNICA, 2016a).

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil talvez seja a mais complexa em relação a outras culturas, não pela extensão de sua área de cultivo, que é 3,5 vezes menor que a área da soja; mas principalmente pela destinação de seus produtos, que atendem mercados de alimentos, biocombustíveis e energia elétrica, além de derivados químicos e de seus subprodutos que são usados como biofertilizantes e ração animal (CARVALHO, 2015).

A expectativa é que para o ano de 2030, a área cultivada com cana-de-açúcar atinja 14 milhões de hectares, sendo que aproximadamente 2,8 milhões de hectares, cerca de 20%, serão replantados, exigindo assim, significativas mudanças em todo o sistema de mecanização atualmente empregado (BRAUNBECK; MAGALHÃES, 2010).

Apesar da importância econômica da cana-de-açúcar, essa cultura representa pouco em termos de ocupação de área, quando comparada àquelas dedicadas à produção de grãos (Tabela 1).

Tabela 1 – Área colhida com as principais culturas no Brasil, 2016

Cultura	Área colhida (milhões ha)	% Área colhida*
Soja	32,95	45,0
Milho	15,41	21,0
Cana-de-açúcar	9,70	13,3
Feijão	3,09	4,2
Trigo	2,53	3,5
Arroz	2,04	2,8
Café	2,00	2,7
Outros	5,45	7,5
Total	73,20*	

* O valor refere-se ao conjunto formado pelas 19 maiores culturas agrícolas do Brasil em termos da área colhida em 2016.
Fonte: BRASIL (2016).

O Brasil é responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo e deve alcançar uma taxa média de aumento da produção de 3,25% até 2018/19, com produção estimada em mais de 47 milhões de toneladas. Para o etanol, a projeção é próxima de 59 bilhões de litros. O consumo interno está estimado em 50 bilhões de litros e as exportações em 9 bilhões de litros (FURLANI; VOLTARELLI, 2015).

O setor sucroenergético é importante na geração de postos de trabalho, gerando cerca de 1 milhão de empregos diretos, número que atinge 3,6 milhões se computados também os indiretos e informais (BRASILAGRO, 2014).

Em 2015, o agronegócio da cana-de-açúcar, considerando os segmentos de insumos, produção agrícola, indústria e serviços, registrou expansão de 5% em relação à 2014, elevando o PIB do setor sucroenergético para R$ 113,3 bilhões (BARROS et al., 2015).

2.2 A crise no setor sucroenergético

Apesar da importante participação do setor na economia brasileira, o setor sucroenergético vem enfrentando uma séria crise desde 2008, com perda de competitividade dentro e fora do Brasil.

Entre 2008 e 2012, houve queda da produtividade nos canaviais brasileiros, que passou de 81 t ha ano^{-1} para 69 t ha ano^{-1}, ocasionando impacto significativo na rentabilidade do setor. As causas da queda da produtividade foram os baixos preços pagos pela cana-de-açúcar entre 2006 e 2008, após a expansão dos canaviais para novas regiões e à crise econômica de 2008 (CARVALHO, 2015).

Foi a descontinuidade das políticas públicas brasileiras na área de energia que fez com que o país perdesse a liderança mundial na produção de etanol. No ano de 2000, as usinas dos Estados Unidos produziam apenas 47% do volume de etanol das usinas brasileiras. Em 2013, a produção americana representou mais que o dobro da brasileira (217%). A descoberta da camada do pré-sal, entre outros fatores, mudou os rumos do setor sucroenergético nos últimos anos, provocando uma crise sem precedentes na indústria do etanol, refletindo no fechamento de mais de 40 unidades produtoras entre os anos de 2008 a 2014 (BRASILAGRO, 2014).

A manutenção do preço da gasolina, prejudicou a comercialização do etanol, obrigando os produtores a rever seus investimentos. A crise no setor de biocombustível se agravou quando o Governo Federal desonerou a gasolina do

recolhimento da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), em 2012, diminuindo a diferença tributária da gasolina em relação ao etanol. Com alto custo de produção e preço baixo na venda, as dívidas se acumularam e descapitalizaram as empresas. Com isso, o etanol perdeu sua competitividade frente a gasolina (COSTA; BURNQUIST, 2016).

As vendas de combustíveis no mercado brasileiro em 2016 apresentaram uma redução de 4,5% em relação aos volumes registrados em 2015. A comercialização de gasolina C foi de 43,0 bilhões de litros, um aumento de 4,6% em relação aos 41,1 bilhões de litros relativos a 2015 (Tabela 2).

Tabela 2 – Vendas internas de combustíveis, Brasil

Combustível	Consumo em bilhões de litros					Variação do volume de vendas 2016/2015 (%)
	2012	2013	2014	2015	2016	
Gasolina C	39,7	41,4	44,4	41,1	43,0	4,6%
Gasolina A	31,8	31,7	33,3	30,2	31,4	4,0%
Etanol Anidro	7,9	9,7	11,1	10,9	11,6	6,2%
Etanol Hidratado	9,9	11,8	13,0	17,9	14,6	-18,3%
Etanol Total	17,8	21,4	24,1	28,8	26,2	-9,0%
Outros*	80,1	84,2	87,2	82,8	77,8	-6,0%
TOTAL	129,7	137,3	144,5	141,8	135,4	-4,5%

* representados pelo Diesel, GLP, Óleo combustível, QAV, GAV

Fonte: NOVACANA.COM (2017).

O consumo de etanol hidratado, que havia sido de 17,9 bilhões de litros em 2015, caiu para 14,6 bilhões de litros em 2016, uma redução de 18,3%. O etanol total (soma do etanol anidro misturado à gasolina e do etanol hidratado) teve queda de 9% em 2016 frente a 2015, de 28,8 bilhões de litros para 26,2 bilhões de litros (UNICA, 2016b).

2.3 Sistemas de plantio de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pode ser plantada em qualquer época do ano, sendo que, para a produção de açúcar e etanol os períodos mais indicados são de janeiro a março (plantio cana de ano e meio) e outubro a novembro (plantio cana de ano) (AGUIAR et al., 2014).

Dentre as culturas de larga escala, a lavoura canavieira, provavelmente, é a que utiliza o maior peso de material botânico para plantio por unidade de área

(RIPOLI et al., 2007). 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 (HUNSINGI, 1993; VERMA, 2004). 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 (Figura 1), 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).

Figura 1 - Hastes de cana semente, contendo três gemas e comprimento entre 30 a 40 cm

Fonte: CENTRO DE TECNOLOGIA CANEVIEIRA (2015).

Depois do corte das hastes dos colmos, elas são plantadas de forma horizontal em sulcos abertos no solo, com implemento agrícola denominado de sulcador (geralmente os sulcos possuem de 40 a 50 cm de largura por 30 a 40 cm de profundidade) após esta operação as hastes de colmos são cobertas com solo (HUNSINGI, 1993; VERMA, 2004).

Esse sistema de plantio de cana-de-açúcar através de colmos é empregado pelos produtores de cana-de-açúcar no mundo há décadas, mesmo apresentando grande ineficiência qualitativa das características almejadas para uma muda de boa

qualidade (SERAFIM et al., 2013; STOLF; FERNANDES; FURLANI,1981; VERMA, 2004), pois:

a) O material utilizado como “semente” de cana-de-açúcar comercial apresenta uma percentagem de brotação muito baixa se comparada às sementes de outras culturas, como a de cereais. Trabalhos desenvolvidos por Serafim et al. (2013) constataram que, no plantio semimecanizado, a taxa de brotação média foi de 50%, e quando realizado de forma mecanizada, em média, a taxa de brotação do material plantado reduziu-se para 35%.

b) As etapas de corte, carregamento e transporte de mudas e perda de mudas para realizar a operação de plantio, gera elevados custos na fase de plantio. Considerando-se que no plantio semimecanizado são gastos em média 12 t ha^{-1} de mudas e no plantio mecanizado são consumidos de 18 a 20 t ha^{-1} de mudas de cana-de-açúcar, essa massa de material enterrada no solo é perdida, em vez de ser utilizada para produção de etanol e açúcar (STOLF; LEE, 1990).

c) São formados stands desuniformes e com baixa densidade de perfilhos primários, causando queda de produtividade. Quando se planta um canavial de forma convencional, ocorrerá a formação de “stands” aleatórios, pois em alguns locais existirá um excesso de perfilhos primários com competição intraespecífica e, em outros locais, falta de perfilhos primários que originarão as falhas, resultando em diminuição na produção do número de colmos por hectare e consequentemente redução da produtividade do canavial no primeiro ciclo da cultura, necessitando realizar a operação de replantio (VERMA, 2004).

No estado de Goiás, a totalidade do plantio é feito de forma mecanizada, desde as operações de corte, carregamento e transporte da muda até o plantio (DATAGRO, 2014). Conforme a Tabela 3, observa-se um custo maior com mecanização em relação às demais regiões. Outra implicação direta do elevado grau de mecanização nas atividades de plantio é o maior uso médio de mudas por hectare.

Tabela 3 - Uso de muda e grau médio de mecanização nas atividades de plantio, 2014

Unidade da Federação	SP	PR	MG	GO	MS
Uso de mudas (t ha^{-1})	15,6	14,5	14,0	18,0	17,7
Grau de mecanização no plantio (%)	20%	0%	0%	100%	53%

Fonte: DATAGRO (2014).

No estado de Minas Gerais, o grau de mecanização no plantio é nulo e o consumo médio de mudas é de 14 t ha^{-1}, enquanto no estado de Goiás se utiliza um volume médio de 18 t ha^{-1} para o plantio totalmente mecanizado.

No custo de formação do canavial, a operação mais significativa é o plantio, que representa entre 55% a 70% do custo total (Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição dos custos de formação do canavial, por operação

Unidade da Federação	SP	PR	MG	GO	MS
Preparo de solo	21,5%	21,3%	23,9%	17,9%	36,5%
Plantio	70,0%	67,1%	59,7%	69,8%	54,9%
Tratos culturais	8,4%	11,6%	16,5%	12,4%	8,6%

Fonte: DATAGRO (2014).

Importante também é a participação dos insumos, incluindo nesse grupo as mudas, que na maioria dos casos equivale a aproximadamente 50% do custo total da formação do canavial (Tabela 5).

Tabela 5 - Distribuição dos custos de formação do canavial, por fator de custo

Unidade da Federação	SP	PR	MG	GO	MS
Mão de obra	22,0%	19,8%	19,4%	2,8%	10,3%
Mecanização	26,7%	28,1%	34,2%	49,7%	53,6%
Insumos	51,3%	52,1%	46,4%	47,5%	36,1%

Fonte: DATAGRO (2014).

Outra tecnologia de plantio é o transplantio de plântulas de gemas isoladas, pois pode assegurar uma ótima população de plantas em uma unidade de área (“stand”), sem necessitar de grandes custos (VERMA, 2004).

O transplante de material vegetal na fase de plântula é uma prática ~~agrícola~~ comum em países tropicais e orientais (JAIN et al., 2010; LOGANANDHAN et al., 2013; MOHANTY; DAS; NANDA, 2015). Hoje, muitas culturas são transplantadas com excelentes resultados, como o arroz, chá, tomate, repolho couve-flor, mamão, tabaco e eucalipto.

2.3.1 Plantio semimecanizado de cana-de-açúcar

O plantio semimecanizado é composto por um conjunto de operações manuais e mecanizadas, que são adotadas em praticamente todos os canaviais do Brasil:

a) Sulcação e adubação (mecanizados)
b) Distribuição de mudas (manual)

c) Picação de mudas (manual)

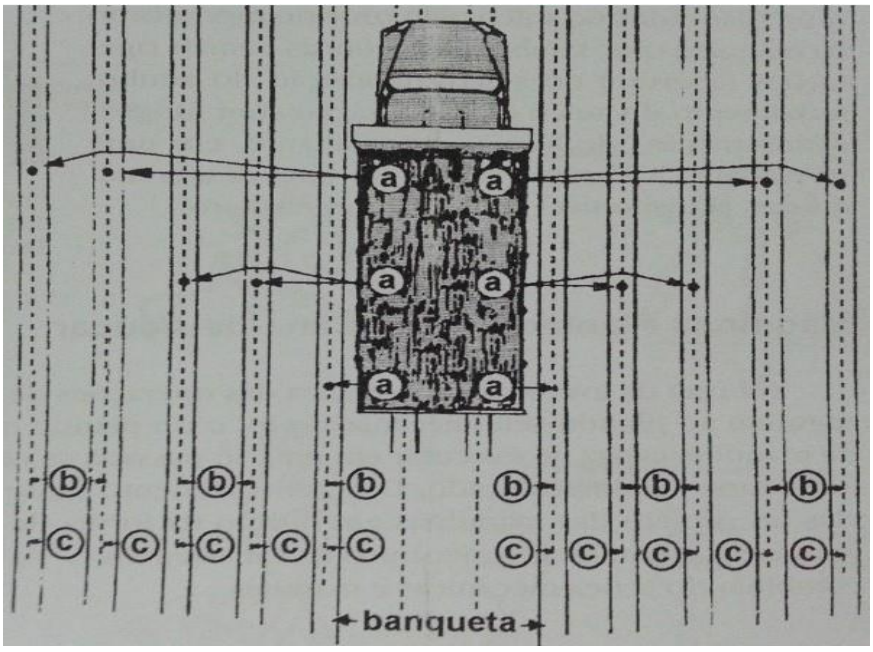
d) Cobrição (mecanizado)

A operação de sulcação e adubação consiste na abertura dos sulcos onde serão colocadas as mudas de cana-de-açúcar e ao mesmo tempo será realizada a aplicação de fertilizantes.

O plantio semimecanizado necessita de mão de obra treinada, para que haja distribuição uniforme das mudas. Até que o aprendizado ocorra, alguns problemas são esperados, como falhas no plantio, desuniformidade de profundidade do sulco, compactação do fundo do sulco, entre outras (BAHIA et al., 2013).

A equipe de plantio é composta por seis pessoas para a operação de descarga, mais seis pessoas que fazem a arrumação dos colmos dentro do sulco e dez pessoas que picam os colmos em toletes de três gemas. O caminhão de transporte de mudas trafega numa faixa de terreno sem sulcar, denominada banqueta, distribuindo as mudas em cinco sulcos adjacentes de cada lado do percurso e nos dois sulcos restantes (Figura 2). A produção dessa equipe gira em torno de 4 ha dia^{-1} (RIPOLI et al., 2007).

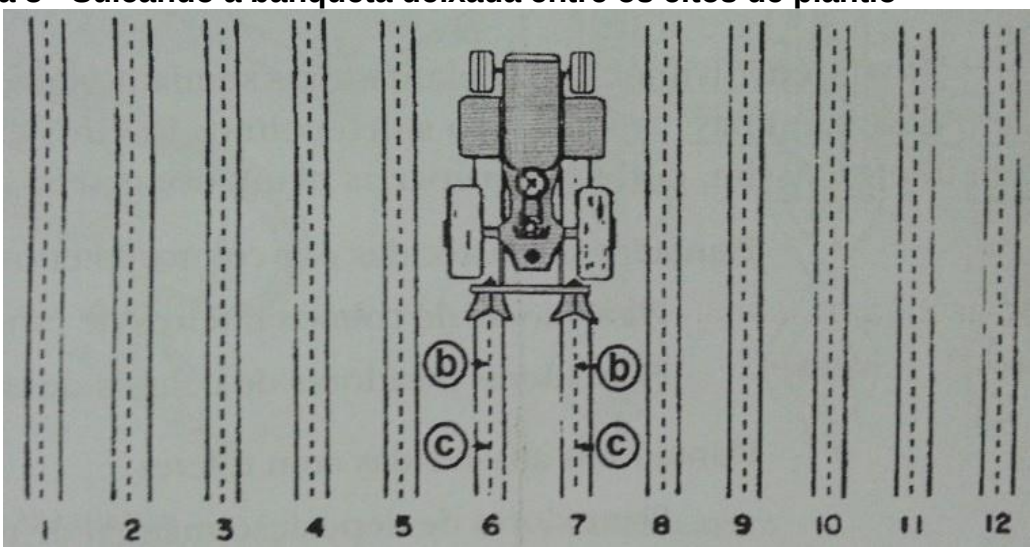
Figura 2 - Distribuição de mudas de cana nos sulcos de plantio no sistema semimecanizado



(a) sobre a carga do caminhão os encarregados lançam os colmos nos respectivos sulcos;
(b) operários que fazem a arrumação dos colmos dentro dos sulcos;
(c) operários que picam os colmos nos sulcos em toletes de 3 gemas.
Fonte: COLETI (1987).

Durante a sulcação, é comum deixar duas linhas sem sulcar a cada dez ou quinze linhas, o que caracteriza o chamado plantio com banqueta. O trator e a carreta, contendo as mudas, transitam por essa banqueta. Após o plantio, o sulcador retorna sulcando as banquetas (Figura 3) e, assim, completa o terreno (BAHIA et al., 2013).

Figura 3 - Sulcando a banqueta deixada entre os eitos de plantio



(b) operários que fazem a arrumação dos colmos dentro dos sulcos;
(c) operários que picam os colmos nos sulcos em toletes de 3 gemas.
Fonte: COLETI (1987).

Em condições ótimas de plantio, época de chuvas, solo bem preparado, pode-se optar por 12 gemas por metro linear. Em condições adversas, aumenta-se o número de gemas por metro linear (ROSSETTO; DIAS, 2014).

A quantidade da muda a ser plantada depende do espaçamento, da densidade de gemas, época de plantio, da qualidade e idade das mudas. De modo geral são utilizadas em média 12 toneladas de colmos por hectare.

A principal desvantagem do sistema de plantio semimecanizado está relacionado ao uso intensivo de mão de obra. Conforme a NR-31, Portaria n. 86 de 03 de março de 2005 estabelecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), existe a proibição do sistema de plantio em que homens em cima de caminhões lançam mudas ao solo (BRASIL, 2005).

Distribuídos no sulco, as gemas da ponta do colmo apresentam maior vigor de germinação, pois os tecidos são mais jovens e produzem auxinas que induzem a brotação das gemas. Para compensar a menor brotação das gemas da base, os colmos são distribuídos nos sulcos de maneira a cruzar a base com a ponta (Figura

4). Os colmos dentro do sulco deverão ser seccionados em toletes menores com 3 a 4 gemas, para quebrar a dominância apical existente na gema da ponta, e evitar que o colmo se entorte dentro do sulco. O corte em toletes de três gemas foi o sistema que melhor favoreceu à brotação uniforme (ROSSETTO; DIAS, 2014).

Figura 4 – Distribuição da cana-tolete no sulco

(a) (b)

(a) Esquema de plantio com densidade suficiente em sistema "pé com ponta"
(b) plantio de duas canas no sistema "pé com ponta"
Fonte: ANJOS E FIGUEIREDO (2008).

A operação de cobrição consiste em cobrir os colmos com uma camada de solo, normalmente entre 5 a 10 cm, podendo ter alterações em função da variedade escolhida e da época de plantio (COLETI; STUPIELO, 2006). Entretanto, devido ao tipo de solo e as condições climáticas, pode ocorrer variação na espessura dessa camada. Antes ou durante a cobrição, caso seja necessário, deve ser realizada a aplicação de inseticidas para o controle de pragas de solo (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006).

A cobrição das mudas é executada para que condições ótimas de temperatura e umidade do solo sejam proporcionadas para uma eficiente brotação. A cobrição pode ser realizada com enxadas, porém, para grandes áreas, é utilizado trator médio (90 cv) equipado com implemento cobridor de sulco e pulverizador para aplicação de inseticida contra pragas de solo (Figura 5).

Figura 5 - Operação de cobrição das mudas

Fonte: GAVA (2016).

Em áreas com grande declividade, o sistema de plantio pode chegar a apresentar somente etapas manuais e com tração animal, em função da impossibilidade de se utilizar máquinas.

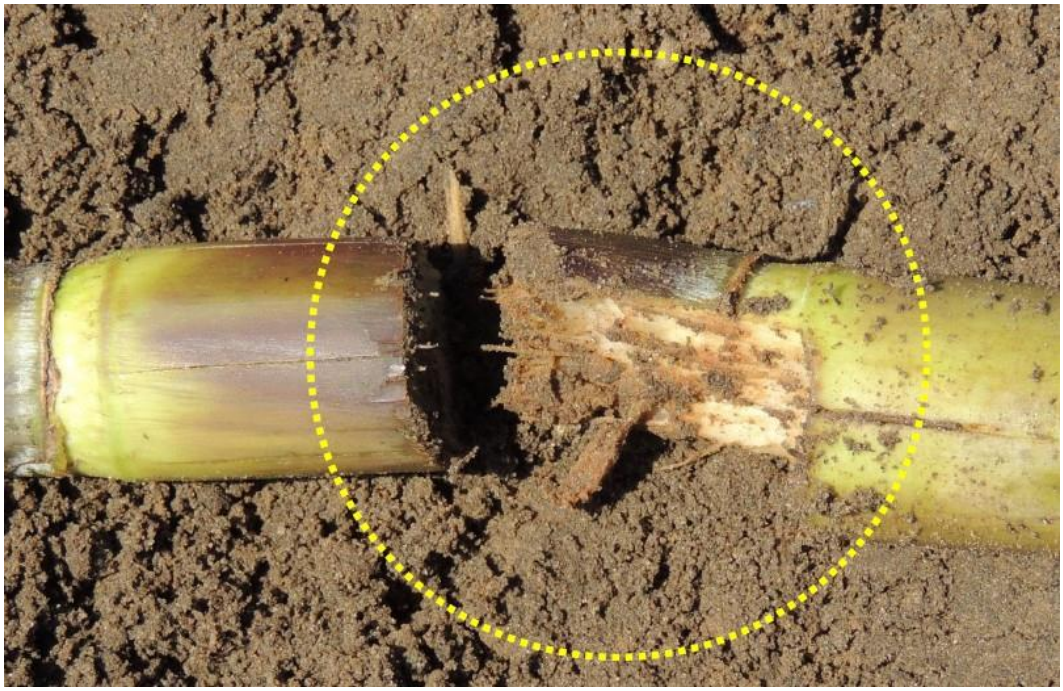
2.3.2 Plantio mecanizado de cana-de-açúcar

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar no Brasil é recente, passando a ser totalmente mecanizado em algumas regiões do Brasil, como no estado de Goiás (FURLANI; VOLTARELLI, 2015).

Um dos pré-requisitos para a adoção do sistema de plantio mecanizado é que as mudas devem estar picadas e, por isso, são colhidas mecanicamente com colhedoras, realizada com velocidade de trabalho menor que a da colheita de cana-de-açúcar para moagem (ROSSETTO; SANTIAGO, 2012).

O principal desafio no sistema de plantio mecanizado da cana-de-açúcar é a minimização dos danos físicos causados pelo ferimento das gemas na colheita mecanizada das mudas (Figura 6) e das falhas ocorridas durante o plantio (BAHIA et al., 2013).

Figura 6 – Danos físicos causados na gema na colheita mecanizada



Fonte: RIPOLI; CÂMARA (2014).

2.3.2.1 Plantio mecanizado com plantadora

No plantio mecanizado com plantadora, as mudas, colhidas por colhedoras, são transportadas por caminhões ou carretas que realizam o transbordo até a plantadora.

A plantadora é acoplada ao trator, realizando em uma única operação agrícola, a abertura do sulco, distribuição das mudas, aplicação do fertilizante e inseticida e a cobrição do sulco. A plantadora necessita de um operador para monitorar e controlar a distribuição dos colmos e fertilizantes (Figura 7).

Em 2014, o plantio mecanizado com plantadora representou 78% das áreas próprias das usinas na região Centro-Sul, nível quase nove vezes superior ao verificado no ano de 2007 (Tabela 6).

As vantagens do sistema de plantio mecanizado com plantadora em relação ao semimecanizado são a abertura e fechamento simultâneo do sulco com a colocação da muda, não ocorrendo exposição do sulco aberto, eliminando problemas de ressecamento, perda de fertilizante por chuvas intensas; veículos não transitam

dentro dos talhões, evitando assim a compactação do solo e a menor utilização do uso de mão-de-obra.

Figura 7 - Plantadora de cana picada John Deere PC 2102

Fonte: JOHN DEERE[1]

Tabela 6 - Evolução do plantio mecanizado da cana na Região Centro-Sul (%)

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

Fonte: LICCIOTI (2016).

Em estudos comparativos entre os sistemas de plantio mecanizado com plantadora e semimecanizado, Janini (2008) constatou que o sistema semimecanizado apresentou percentual de falha baixo (5,7%), dentro do padrão aceitável para este tipo de plantio. No sistema mecanizado com plantadora o percentual de falhas (17,8%) foi considerado alto, pois representa um aumento de 312%, em comparação ao sistema semimecanizado. Em termos de custos operacionais de plantio, sem envolver os custos de corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio, a mecanização da operação é altamente vantajosa.

[1] Fonte: https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/green_system_products/green_system_products.page

O resultado foi de 65,4 t ha^{-1} e 67,8 t ha^{-1} para os sistemas mecanizado e semimecanizado, respectivamente. O aumento da densidade de mudas utilizado no sistema de plantio mecanizado com plantadora não refletiu em uma maior produtividade e nem na diminuição do número de falhas (Tabela 7).

Tabela 7 – Comparação entre a densidade de plantio, percentual de falhas e custos totais efetivos dos sistemas de plantio mecanizado e semimecanizado

Sistemas de plantio	Consumo de mudas (t ha^{-1})	Falhas (%)	Custos totais (R$ ha^{-1})
Mecanizado com plantadora	13,2	17,8	96,70
Semimecanizado	9,6	5,7	216,20

Fonte: JANINI (2007).

Garcia (2008) avaliando o custo efetivo de uma plantadora de cana-de-açúcar picada que apresentou custo total de R$ 121,00 ha^{-1}, sem envolver os custos de corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio, mostrou-se vantajoso quando comparado com o plantio semimecanizado que apresentou um custo total de R$ 216,24 ha^{-1}. O plantio mecanizado causou maiores danos às gemas, reduzindo o número de gemas viáveis por metro de sulco e de perfilhos, aumentando a porcentagem de falhas de plantio, refletindo na redução significativa da produtividade agrícola.

Zacharias et al. (2011) em trabalho realizado em empresas do noroeste do Paraná, observou que os custos operacionais para o plantio mecanizado e semimecanizado foram de R$ 544,01 ha^{-1} e R$ 1.385,58 ha^{-1}, respectivamente. A diferença de custos entre os sistemas de plantios, de R$ 841,57 ha^{-1}, está diretamente associada ao fato de que o sistema de plantio mecanizado efetua as operações de plantio simultaneamente, proporcionando um menor custo operacional. Por outro lado, no plantio semimecanizado as operações são efetuadas em série pelos plantadores, os quais executam as operações de distribuição e fracionamento do colmo, aumentando custo operacional desse sistema.

Cebim et al. (2012) analisou o plantio semimecanizado e o mecanizado com plantadora com densidade de plantio de 8,4 t ha^{-1} e 11,1 t ha^{-1}, respectivamente, sendo que o mecanizado apresentou menor número de perfilhos e consequentemente um maior número de falhas, que refletiram na produtividade

agrícola, cujos resultados foram de 88,9 t ha^{-1} para o plantio semimecanizado e de 77,4 t ha^{-1}, para o mecanizado. Em termos de custos operacionais de plantio, foi mais vantajoso o plantio mecanizado com plantadora, com custo de R$ 77,60 ha^{-1}, em comparação ao semimecanizado, que apresentou valores de R$ 216,20 ha^{-1}, o que representa uma redução da ordem de 64,1% nos custos da operação, sem envolver custos anteriores de corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio.

Bottega (2013) comparando os custos das operações dos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado observou que o sistema de plantio semimecanizado apresentou os maiores custos com o valor de R$ 1.401,28 ha^{-1} contra R$ 671,43 ha^{-1} no sistema mecanizado. O componente do sistema de plantio semimecanizado que mais contribuiu na formação do custo está associado às operações que utilizam mão-de-obra, principalmente a distribuição de mudas, responsável por 25,2% do custo total. No sistema de plantio mecanizado essa operação representou 5,0% do custo total, explicado pelo fato de que a máquina realiza esta etapa, suprimindo assim a necessidade de mão-de-obra para sua realização.

2.3.2.2 Plantio mecanizado com distribuidora

Ao contrário do sistema de plantio mecanizado com plantadora, onde o plantio é feito em uma única etapa, no plantio mecanizado com distribuidora de mudas o plantio é realizado em três etapas:

a) Um conjunto mecanizado denominado trator sulcador-adubador abre o sulco e aplica o fertilizante;
b) Em seguida, a distribuição das mudas é realizada pela distribuidora que faz o trabalho de distribuição dos colmos de cana-de açúcar dentro dos sulcos previamente abertos e adubados. Necessita de um trator a partir de 140 Hp para ser tracionado dentro da linha de cana e sua velocidade e dosagem são controlados por conjuntos hidráulicos localizados e manipulados pelo operador do trator (Figura 8).
c) A cobrição das mudas é feita por meio de um conjunto mecanizado denominado trator-cobridor.

A vantagem do sistema de plantio mecanizado com distribuidora é a possibilidade de visualizar a uniformidade da distribuição dos colmos nos sulcos antes da cobrição, corrigindo possíveis falhas.

Figura 8 - Distribuidora de cana John Deere DC 1102

Fonte: JOHN DEERE[2]

Apesar da distribuidora possuir um custo de aquisição mais baixo a desvantagem desse sistema é o custo do plantio porque são demandadas mais duas operações mecanizadas, a sulcação e a cobrição de mudas.

2.3.3 Plantio de mudas pré-brotadas

Este sistema de plantio foi desenvolvido inicialmente no Brasil por Silva (1975) e posteriormente na Índia (HUNSINGI, 1993), com o objetivo de controlar o raquitismo das soqueiras (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*). Recentemente, foi relançado no Brasil, por Landell et al. (2013), com outro nome: “Sistema de Produção de Mudas Pré-brotadas (MPB)”, e consiste no plantio de mudas de cana-de-açúcar diretamente no campo, acondicionadas em sacolas de plástico ou em tubetes de 180 cm^3 (Figura 9).

Os trabalhos realizados por Jain et al. (2010); Loganandhan et al. (2013); Mohanty, Das e Nanda (2015); Rahman et al. (2004) e Singh et al. (2011) constataram que o sistema de plantio de minirrebolos em viveiros e transplantio de mudas para o campo constituiu-se em uma técnica agrícola sustentável econômica

[2] Fonte: https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/green_system_products/green_system_products.page

e ambientalmente, sendo ainda capaz de elevar a produtividade e diminuir o custo de produção das mudas de cana-de-açúcar.

Figura 9 - Mudas pré-brotadas na cultura de cana-de-açúcar

Fonte: LANDELL et al. (2013).

Outra vantagem desse sistema é a economia no transporte de massas e combustíveis. Atualmente são consumidos de 12 a 20 t ha^{-1} de colmos, respectivamente, para o plantio semimecanizado e mecanizado. Esse material deve ser transportado e depositado nos sulcos para realização do plantio (MOHANTY; DAS; NANDA, 2015). No sistema de plantio de mudas pré-brotadas o transporte de massas se reduz a no máximo 2 t ha^{-1} de colmos (VERNA, 2004). Essa diferença na movimentação de massas, causa uma redução do consumo de horas máquinas e combustíveis, pois 18 t ha^{-1} que seriam utilizadas como mudas, vão para a indústria na produção de açúcar e etanol (LANDELL et al., 2013).

Um dos problemas para o sistema de mudas pré-brotadas é a necessidade de irrigação com maior e menor frequência, respectivamente, nas fases de pegamento e desenvolvimento das mudas. Se o plantio for realizado no período chuvoso e a chuvas forem bem distribuídas, a prática da irrigação pode até ser descartada.

Elia (2016) em estudos para a região canavieira de Piracicaba-SP, mostrou que a mortalidade no plantio de inverno de mudas pré-brotadas estava diretamente relacionada ao emprego da irrigação para garantir o pegamento das mudas, pois há menor fonte de reserva nas raízes para sobreviver durante períodos de escassez

hídrica, principalmente nos primeiros dias de plantio. O manejo com três lâminas de 10 mm foi suficiente para garantir 97,8% de pegamento das mudas para as condições experimentais, que teve mais as chuvas de 26,3 mm até 76 dias após o plantio.

O plantio de mudas pré-brotadas em larga escala ainda enfrenta dificuldades, como a falta de biofábricas para suprir o mercado, mão de obra especializada para produzir e transplantar as mudas e transporte dos viveiros às áreas de plantio. Há necessidade de analisar melhor a relação custo-benefício, faltam estudos que comparem os custos do plantio convencional com o de mudas pré-brotadas (MARTINS et al., 2015).

2.3.3.1 Etapas do sistema de produção de mudas pré-brotadas

Segundo Jain et al. (2010); Landell et al. (2013); Loganandhan et al. (2013); Mohanty, Das e Nanda (2015) e Gava (2016), as etapas da produção de mudas pré-brotadas podem ser separadas em seis estágios:

Estágio 1 – Despalha dos colmos, e extração dos minirrebolos (Figura 10);

Estágio 2 - Tratamento térmico e/ou químico dos minirrebolos;

Figura 10 - Extrator fixo de minirrebolos

Fonte: LANDELL et al. (2013).

Estágio 3 – Plantio dos minirrebolos com substrato, nas células das bandejas (Figura 11);

Estágio 4 – Acondicionamento das bandejas ou tubetes em estufa agrícola de brotação com temperatura e umidade controladas, (15 dias);

Figura 11 - Distribuição e cobertura dos minirrebolos

Fonte: LANDELL et al. (2013).

Estágio 5 - Acondicionamento das bandejas ou tubetes em estufa agrícola de pleno crescimento (Figura 12a), com sistema de irrigação (30 dias);
Estágio 6 - Acondicionamento das bandejas ou tubetes em área agrícola de rustificação (Figura 12b), com sistema de irrigação (15 dias).

Figura 12 - Biofábrica de produção de plântulas de cana-de-açúcar, composta por: (a) casa de pleno crescimento e (b) área de rustificação

Fonte: GAVA (2016).

Após o periodo de 60 dias, as plântulas podem ser transplantadas para o campo (Figura 13).

Figura 13 - (a) Mudas de cana-de-açúcar tem toletes em tubetes de 180 ml e em bandejas de 50 ml. (b) Plântulas de bandejas com 50 ml e de tubetes com 180 ml

(a) (b)

Fonte: GAVA (2016).

O transplantio das plantas deve ser realizado em solo sem a presença de torrões ou camadas compactadas. A sulcação do solo é desnecessária. O plantio das mudas pré-brotadas pode ser realizado de forma manual por meio de matracas (Figura 14).

Figura 14 - Plantio manual com uso de “matraca”

Fonte: GAVA (2016).

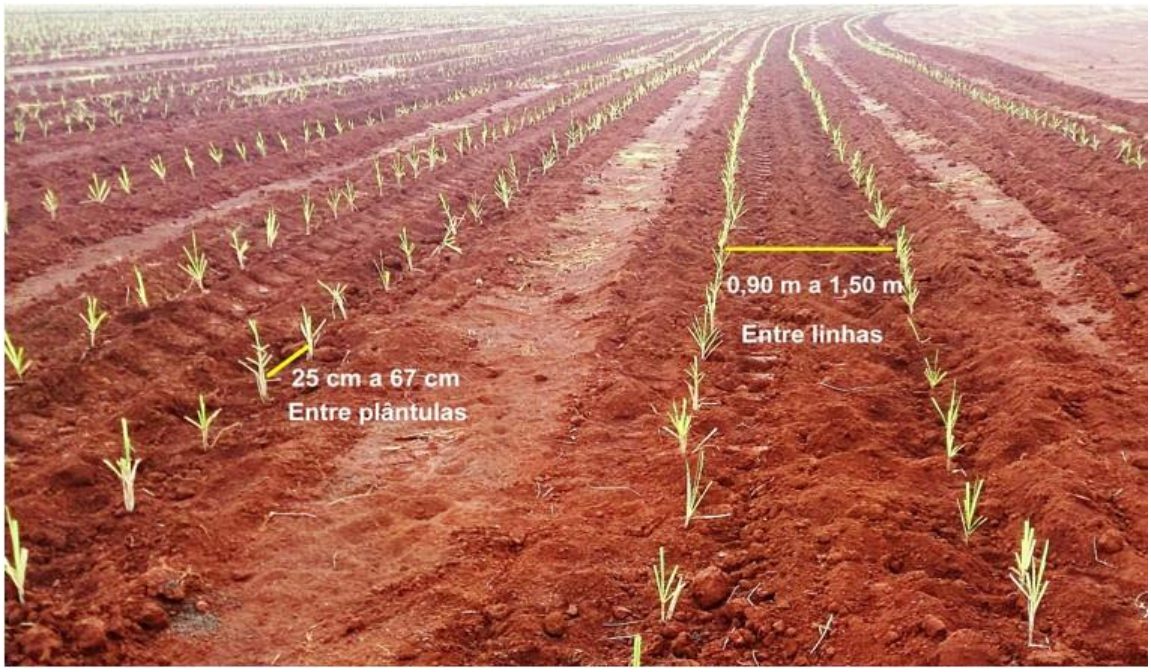
Para a elevação do rendimento da operação de plantio no campo, as mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar podem ser plantadas no solo por meio de plantadeiras mecânicas e automatizadas (Figura 15).

Figura 15 - Transplantadeiras (a) mecânica e (b) automatizada

Fonte: GAVA (2016).

Após o plantio, a disposição das mudas de cana-de-açúcar no campo deverá proporcionar melhor exploração espacial do solo, estimulando o perfilhamento e reduzindo o número de falhas, resultando em aumento do número de colmos e da produtividade (Figura 16).

Figura 16 - Mudas pré-brotadas estabelecidas no campo, detalhe do espaçamento entre plantas e entre linhas



Fonte: GAVA (2016).

2.4 Formação de viveiro de mudas

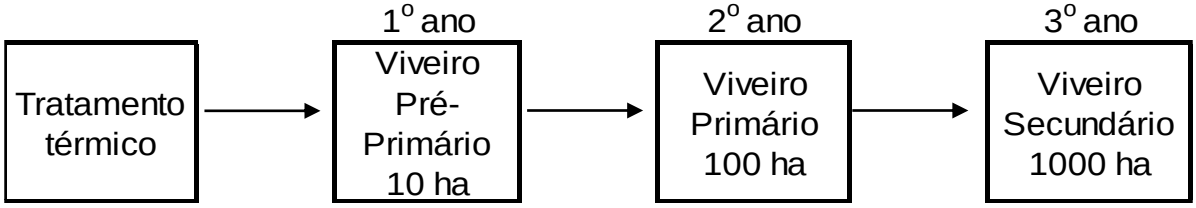
A prática utilizada nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado é o sistema de propagação vegetativa, que são os toletes, pedaços de colmo contendo duas a três gemas, e são obtidas nos viveiros pré-primário, primário e secundário.

Como é praticamente impossível produzir geneticamente uma variedade com todas as características desejáveis, a formação de viveiros é importante para controlar algumas doenças importantes, que são disseminadas principalmente por meio de mudas contaminadas.

A maneira mais prática e econômica de se controlar essas doenças, vem da utilização de mudas oriundas de viveiros produzidos com gemas tratadas termicamente e que receberão inspeções de *roguing* para eliminar as plantas que se apresentam doentes. A utilização de canaviais comerciais como fonte de mudas pode propagar doenças que diminuem a vida útil dos canaviais.

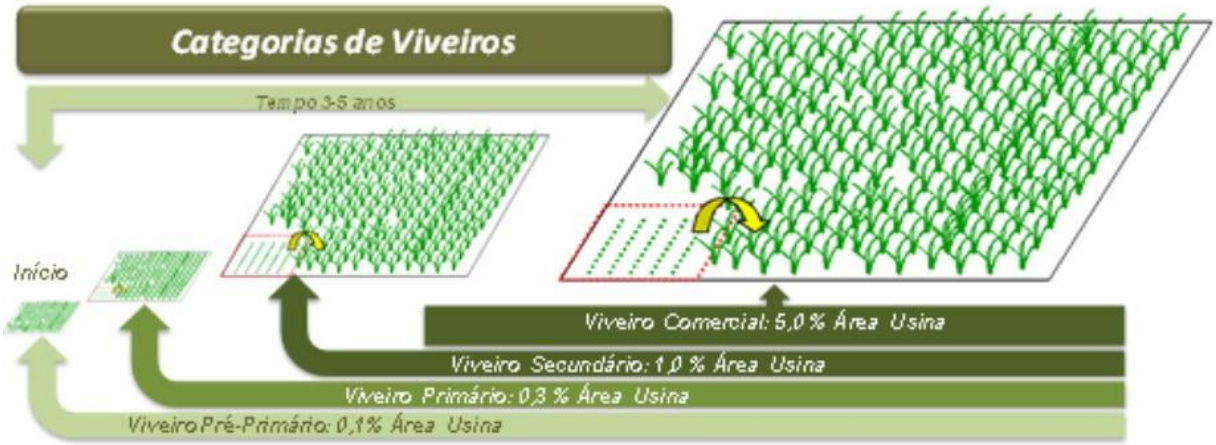
Para Xavier, Mendonça e Sanguino (2008), é importante a realização de um planejamento eficiente e criterioso, a começar pela instalação do viveiro. Dessa forma, para equacionar as áreas de viveiro, o tempo de produção das mudas e o custo, deve-se instalar inicialmente o viveiro pré-primário, que dará origem ao viveiro primário e, posteriormente, ao secundário (Figura 17).

Figura 17 - Fluxograma para a multiplicação de viveiros de mudas de cana-de-açúcar



O planejamento dos viveiros deve ser iniciado com antecedência de 3 a 5 anos, dependendo da quantidade de mudas necessárias para a renovação e expansão de áreas e das técnicas de multiplicação que serão empregadas ao longo do processo (Figura 18) (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2014).

Figura 18 - Categorias de viveiros



Fonte: CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (2014).

Conforme Xavier, Mendonça e Sanguino (2008), a formação do viveiro de mudas para a produção de material sanitariamente satisfatório é dividida em três estágios:

a) Viveiro pré-primário: proveniente de gemas ou rebolos que receberam tratamento térmico, ou ainda de multiplicação por meristemas, ocupam áreas de até 10 ha;
b) Viveiro primário: resulta da multiplicação do viveiro pré-primário, podendo-se incluir a primeira soca do viveiro pré-primário, ocupam áreas 10 vezes superior ao viveiro pré-primário;
c) Viveiro secundário: é originado da multiplicação da soca do viveiro pré-primário e da cana planta do primário, sendo seu tamanho, portanto de 10 a 15 vezes superior à soma dos anteriores.

O primeiro fator a ser considerado se refere a estimativa da demanda necessária de matéria-prima que será fornecida à unidade industrial, pois esse está relacionado com a capacidade instalada da unidade e ao mercado.

O segundo fator é a qualificação dos diversos ambientes de produção dentro da unidade produtora, que irão direcionar a adequada alocação das variedades de cana-de-açúcar, determinando não somente o genótipo a ser plantado, mas também influenciando a longevidade do canavial e os percentuais de áreas para reforma, atuando como uma ferramenta para a definição do perfil das variedades a serem introduzidas nos viveiros.

O terceiro fator está na localização do viveiro, que deverá ser alocado preferencialmente nas melhores áreas, atendidas por irrigação, e o mais próximo possível da área de plantio em escala comercial, o que reduz custos de transporte.

É necessário o tratamento térmico, que visa a eliminação da doença do raquitismo das soqueiras (*Leifsonia xyli* subsp. *Xyli*) e do *roguing*, que é a eliminação de touceiras que apresentem doenças, como o carvão (*Ustilago scitaminea*), o mosaico (*Sugarcane mosaic virus*) e a escaldadura (*Xanthomonas albilineans*) e não são controladas pela termoterapia, além de erradicar eventuais misturas varietais e observar incidência de outras doenças como a ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala) e a* ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) (AGUIAR et al., 2014; LANDELL et al., 2013; RIPOLI et al., 2007).

Embora o processo de implantação e condução do viveiro pareça dispendioso à primeira vista, uma análise mais detalhada dos incrementos nas taxas de multiplicação, na produtividade e na longevidade dos canaviais decorrentes da utilização de mudas sadias justifica tais desembolsos (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2014).

No sistema de mudas pré-brotadas para a obtenção das mudas é necessário que haja um viveiro sadio, tanto pré-primário – formado a partir de mudas meristemáticas, ou de viveiro primário – obtidos através da multiplicação das gemas retiradas do viveiro pré-primário. Com a obtenção do material por um desses dois tipos de viveiros, há retirada de colmos com gemas, os chamados minirrebolos. Os minirrebolos são submetidos ao tratamento térmico e químico, para garantir a sanidade vegetal e posteriormente são encaminhados para a casa de vegetação (PORTAL JORNALCANA, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo de avaliação econômica de plantio de cana-de-açúcar foi realizado na região de Jaú, que abrange os municípios de Bariri, Barra Bonita, Bocaina, Boracéia, Dois Córregos, Igaraçu do Tietê, Itaju, Itapuí, Jaú, Macatuba, Mineiros do Tietê e Pederneiras. A região de Jaú está localizada no Centro-Oeste do estado de São Paulo (Figura 19).

Figura 19 – Localização geográfica da região de Jaú - SP

Fonte: ADAPTADO DO INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (2014).

O estado de São Paulo, com 159 unidade produtoras é referência no cultivo de cana-de-açúcar e de seus derivados, representando 56,1% da produção nacional de cana (UNICA, 2016a).

O estado conta ainda com 14.205 fornecedores de cana, sendo que 82,6% desses, são formados por pequenos produtores que produzem até 6.000 t de cana-de-açúcar em propriedades com tamanho médio de 103 ha (ORPLANA, 2017).

A região de Jaú tem 1.933 fornecedores de cana produzindo em propriedades com tamanho médio de 120 ha (ORPLANA, 2017), representando 4,5% da produção do estado, constando entre as dez regiões com maior capacidade de produção (Tabela 8).

Tabela 8 – Produção de cana-de-açúcar por região do estado de São Paulo, ano 2016

Região	Produção (milhões t)	Valor da Produção (milhões R$)	Partic. (%)
Barretos	35.973.468	2.303.021.421	8,2%
Orlândia	29.997.616	1.920.447.376	6,8%
Ribeirão Preto	27.695.382	1.773.058.368	6,3%
Jaboticabal	23.003.575	1.472.688.872	5,2%
São José do Rio Preto	22.650.770	1.450.102.295	5,2%
Araraquara	22.557.932	1.444.158.807	5,1%
Andradina	20.579.255	1.317.483.892	4,7%
Catanduva	20.146.181	1.289.758.514	4,6%
Presidente Prudente	20.066.531	1.284.659.315	4,6%
Jaú	19.750.740	1.264.442.375	4,5%
Araçatuba	17.699.011	1.133.090.671	4,0%
Assis	17.346.024	1.110.492.456	4,0%
Limeira	13.709.972	877.712.407	3,1%
Franca	12.727.670	814.825.433	2,9%
Piracicaba	12.660.790	810.543.776	2,9%
Lins	12.374.179	792.194.883	2,8%
General Salgado	11.975.622	766.679.325	2,7%
Votuporanga	10.848.798	694.540.040	2,5%
Dracena	10.347.535	662.449.191	2,4%
São João da Boa Vista	10.229.695	654.905.074	2,3%
Presidente Venceslau	8.692.793	556.512.596	2,0%
Ourinhos	8.309.448	531.970.861	1,9%
Botucatu	6.780.790	434.106.176	1,5%
Bauru	6.507.391	416.603.180	1,5%
Demais regiões	35.963.879	2.302.407.502	8,2%
Total estado SP	438.595.047	28.078.854.807	100,0%

Fonte: SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO (2016).

A cultura da cana-de-açúcar também tem forte participação na geração da riqueza regional de Jaú. Em 2016, o valor da produção de cana-de-açúcar, estimado em reais, representou praticamente 70% do valor total da produção agropecuária da região (Tabela 9).

Tabela 9 – Valor da produção dos principais produtos da agropecuária da região de Jaú – SP - ano 2016 (milhões de R$)

Produto	Valor da Produção (milhões R$)	Partic. (%)
Cana-de-açúcar	1.264.442.375	69,96%
Carne bovina	128.229.123	7,09%
Laranja para indústria	98.374.925	5,44%
Café beneficiado	95.749.254	5,30%
Carne de frango	77.105.200	4,27%
Milho	29.902.460	1,65%
Laranja de mesa	26.413.455	1,46%
Soja	23.271.700	1,29%
Carne suína	20.669.784	1,14%
Leite	12.310.200	0,68%
Amendoim em casca	11.342.182	0,63%
Outros produtos	19.545.780	1,08%
Total estado São Paulo	1.807.356.438	100,00%

Fonte: SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO (2016).

O valor da produção agropecuária do estado de São Paulo, obtido a partir de 50 produtos selecionados, foi estimado pelo Instituto de Economia Agrícola, no ano de 2016, em R$ 75,4 bilhões, com participação de 2,4% da região de Jaú, de um total de 40 regiões pesquisadas (SILVA et al., 2017).

3.2 Fonte de dados

3.2.1 Condições edafoclimáticas

O estudo foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento (UPD) de Jaú-SP, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) Polo Centro-Oeste, localizado entre as coordenadas geográficas 22º 17’ Latitude Sul e 48º 34’ Longitude Oeste, com altitude média de 523 m acima do nível do mar.

O tipo de solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006). O clima, segundo a classificação de Köppen (1948) é do tipo Aw, caracterizado pelo clima tropical chuvoso com inverno seco e temperatura média anual entre 20°C e 25°C. A umidade relativa média do ar é de 70% e a média pluviométrica anual entre 2001 a 2015 foi de 1634 mm. O período chuvoso se estende de novembro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas do ano.

3.2.2 Coleta de informações

Foram estimados os custos de plantio da cana-de-açúcar em quatro sistemas diferentes de produção: semimecanizado; mecanizado com plantadora; mecanizado

com distribuidora e de mudas pré-brotadas, que utilizam diferentes sistemas de formação de mudas. Foi necessário o levantamento em diversas fontes de dados para identificar os coeficientes técnicos de cada sistema, desde a obtenção da muda até a operação de plantio, conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Descrição dos dados e respectivas fontes

Descrição	Fonte	Forma de coleta
Preços de máquinas e implementos	Revenda de máquinas	Entrevista
Vida útil de máquinas e implementos	Revenda de máquinas	Entrevista
Hora-máquina trabalhada/ano	Agrianual (2016)	-
Coeficientes técnicos das operações agrícolas	Agrianual (2016)	-
Tipos de operações agrícolas executadas	Agrianual (2016)	-
Tipos de máquinas e implementos utilizados nas operações agrícolas	Agrianual (2016)	-
Taxa Selic	Banco Central do Brasil (julho/2016)	-
Preços do óleo diesel, lubrificantes, salário operador	Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo (julho/2016)	-
Coeficientes técnicos e preços de instalação da casa de brotação, estufa de crescimento e área de pleno Sol	Empresa de Estufa	Orçamento fornecido pela empresa
Capacidade anual de produção de plantas	Empresa de Estufa	Dados técnicos fornecido pela empresa
Valor do arrendamento	Associação dos Plantadores	Entrevista
Preço da tonelada de muda de cana	Associação dos Plantadores	Consulta ao site da instituição
Valor da diária trabalhada	Associação dos Plantadores	Consulta ao site da instituição
Quantidade de diárias trabalhadas	APTA-Jaú	Entrevista
Quantidade de Insumos aplicados	APTA-Jaú	Entrevista
Preços dos insumos aplicados	Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo (julho/2016)	-
Coeficientes técnicos da casa de vegetação	Landell et al. (2013), Xavier et al. (2014)	-
Consumo de energia elétrica	APTA-Jaú	Entrevista

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.3 Sistemas de plantio

Foram analisados quatro sistemas de plantio de cana-de-açúcar (semimecanizado; mecanizado com plantadora, mecanizado com distribuidora e sistema de mudas pré-brotadas). Cada um destes sistemas apresenta diferentes custos para a formação das mudas e diferentes custos operacionais de plantio. Desta

forma, optou-se por organizar os resultados dos custos dos sistemas em dois grupos diferentes:

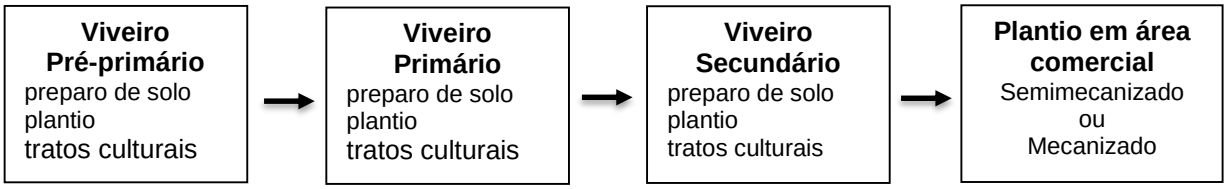
1. Custo de formação de viveiros e custo da operação de plantio nos sistemas semimecanizado e mecanizado (com plantadora ou distribuidora) em área comercial.
2. Custo de formação de mudas pré-brotadas no viveiro matriz e casa de vegetação e custo operacional de plantio destas mudas (sistema MPB) em área comercial.

As informações de preços e os coeficientes técnicos utilizados para a formação dos custos dos viveiros e dos sistemas de plantio tem como base o mês de julho/2016.

3.3.1 Coeficientes técnicos da formação de viveiros e da operação de plantio nos sistemas semimecanizado e mecanizado

Nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado, as mudas são oriundas de um sistema de viveiros formado por viveiro pré-primário, viveiro primário, viveiro secundário, e em seguida, o plantio de cana é realizado em área comercial e pode ser semimecanizado ou mecanizado, conforme mostra a Figura 20 a seguir:

Figura 20 – Fases para a formação do canavial nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Nos sistemas semimecanizado e mecanizado os custos de formação das mudas é o mesmo e a diferença de custos se dá no momento do plantio em áreas comerciais. No sistema semimecanizado, a distribuição das mudas nos sulcos é realizada manualmente e no sistema mecanizado, a distribuição das mudas pode ser realizada com plantadora ou distribuidora.

Os coeficientes técnicos para a formação dos viveiros utilizados nos sistemas semimecanizado e mecanizado são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Coeficientes técnicos da formação dos viveiros nos sistemas de plantios semimecanizado e mecanizado por ha

Descrição	Especificação	Unid.	Viveiros		
			Pré-Primário	Primário	Secundário
PREPARO DE SOLO					
Operações Manuais					
Amostragem de solo	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,05	0,05	0,05
Levantamento planialtimétrico	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,10	1,10	1,10
Amostragem de pragas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	0,02	0,02
Limpeza de área	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,05	0,05	0,05
Operações Mecanizadas					
Sistematização	Pá carregadora	horas ha^{-1}	1,80	1,80	1,80
Terraceamento	HM Tp 120 cv 4x4 + terr. 22x26"	horas ha^{-1}	1,40	1,40	1,40
Limpeza de área	HM Tp 90 cv	horas ha^{-1}	0,40	0,40	0,40
Gradagem pesada	HM Tp 185 cv 4x4 + gr. Pes. 30x32	horas ha^{-1}	1,15	1,15	1,15
Confecção de carreadores	Motoniveladora	horas ha^{-1}	0,30	0,30	0,30
Subsolagem	HM Tp 185 cv 4x4 + subs 9 discos	horas ha^{-1}	1,80	1,80	1,80
Distribuição de calcário	HM Tp 185 cv 4x4 + distr. Calc.	horas ha^{-1}	0,30	0,30	0,30
Distribuição de calcário	Pá carregadora	horas ha^{-1}	0,13	0,13	0,13
Gradagem niveladora	HM Tp 185 cv 4x4 + grade niv. 52x22	horas ha^{-1}	1,00	1,00	1,00
Aração	HM Tp 120 cv 4x4 + Arado	horas ha^{-1}	2,00	2,00	2,00
Grade niveladora	Tp 120 cv 4x4 + gr. Niv. 52x22"	horas ha^{-1}	1,00	1,00	1,00
Insumos					
Distribuição de calcário	Calcário	t ha^{-1}	1,96	1,96	1,96
PLANTIO					
Operações Manuais					
Sulcação /Adubação	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,13	0,13	0,13
Carregamento de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,12	0,12	0,12
Corte manual de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	3,43	3,43	3,43
Transbordo de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	0,02	0,02
Distribuição de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	7,00	7,00	7,00
Alinhamento de carreadores	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,07	0,07	0,07
Plantio manual de banquetas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	0,50	0,50
Recobrição dos sulcos	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	0,50	0,50
Operações Mecanizadas					
Sulcação /Adubação	HM Tp 185 cv 4x4 + sulc/adub.	horas ha^{-1}	1,40	1,40	1,40
Transporte de mudas	HM Caminhão Truck	km	3,00	3,00	3,00
Carregamento de mudas	Carregadora de cana	t ha^{-1}	12,00	12,00	12,00
Cobrição dos sulcos	HM Tp 125 cv 4x4 + cobridor	horas ha^{-1}	0,60	0,60	0,60
Reboque de Julietas	HM Tp 185 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,24	0,24	0,24
Insumos					
Sulcação /Adubação	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46	0,46	0,46
Distribuição de mudas	Mudas de cana	t ha^{-1}	12,00	12,00	12,00
Cobrição dos sulcos	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00	5,00	5,00

Cobrição dos sulcos	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	0,25	0,25
TRATOS CULTURAIS					
Operações Manuais					
Carpa manual	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,80	1,80	1,80
Carpa química	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,00	1,00	1,00
Arranquio capim colonião	mão de obra	diárias ha^{-1}	3,05	3,05	3,05
Combate formiga	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	0,50	0,50
Amostragem cigarrinha	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,16	0,16	0,16
Irrigação de salvamento	mão de obra	diárias ha^{-1}	2,15	-	-
Roguing	mão de obra	diárias ha^{-1}	4,00	4,00	4,00
Amostragem de cana	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,01	0,01	0,01
Operações Mecanizadas					
Aplicação de herbicida	Tp 90cv. 4x4 + pulv. Barra 18m	horas ha^{-1}	1,00	1,00	1,00
Carpa mecânica	HM Tp 125 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,67	0,67	0,67
Carpa química	HM Tp 125 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,67	0,67	0,67
Irrigação de salvamento	Motobomba	horas ha^{-1}	3,00	-	-
Irrigação de salvamento	HM Tp 125 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,80	-	-
Manutenção de carreadores	Motoniveladora	horas ha^{-1}	0,05	0,05	0,05
Controle da cigarrinha	Tp 90 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,40	0,40	0,40
Insumos					
Aplicação de herbicida	Ametrina	L ha^{-1}	4,00	4,00	4,00
Aplicação de herbicida	2,4-D	L ha^{-1}	1,00	1,00	1,00
Aplicação de herbicida	Tebutiurom	L ha^{-1}	2,26	2,26	2,26
Carpa química	Glifosato	L ha^{-1}	4,07	4,07	4,07
Combate formiga	Isca granulada	kg ha^{-1}	0,20	0,20	0,20
Controle da cigarrinha	Metharizium	kg ha^{-1}	2,00	2,00	2,00

Fonte: APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

A Tabela 12 mostra os coeficientes técnicos para o sistema de plantio semimecanizado, onde o corte e a distribuição da muda é feito de forma manual.

Tabela 12 - Coeficientes técnicos do sistema de plantio semimecanizado (ha)

Descrição	Especificação	Unid.	Plantio Semimecanizado
Operações Manuais			
Sulcação / adubação	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,13
Corte manual de mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	3,43
Carregamento de mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,12
Transbordo de mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02
Alinhamento de carreadores	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,07
Plantio manual de banquetas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50
Recobrição manual dos sulcos	Mão de obra	diárias ha^{-1}	2,00
Operações Mecanizadas			
Sulcação / adubação	HM Tp 120 cv 4x4 + sulc/adub.	horas ha^{-1}	1,40
Carregamento de mudas	Carregadora de cana	t ha^{-1}	12,00

Transporte de mudas	Caminhão truck	km	3,00
Cobrição dos sulcos	HM Tp 75 cv 4x2 + cobridor 2 linhas	horas ha^{-1}	0,60
Reboque de julietas	Tp 120 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,24
Insumos			
Sulcação / adubação	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46
Distribuição de mudas	Mudas de cana	t ha^{-1}	12,00
Cobrição dos sulcos	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00
Cobrição dos sulcos	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25

Fonte: APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

A Tabela 13 mostra os coeficientes técnicos para os sistemas mecanizados, onde o corte da muda é realizado por colhedora de cana e a distribuição no sulco de plantio é feito por um trator tracionando uma plantadora ou distribuidora.

Tabela 13 - Coeficientes técnicos dos sistemas de plantio mecanizado por ha

Descrição	Especificação	Unid.	Sistemas de Plantio	
			Plantadora	Distribuidora
Operações Manuais				
Sulcação / adubação	Mão de obra	diárias ha^{-1}	-	0,13
Corte mecânico das mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,14	0,14
Transbordo de mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	0,02
Alinhamento de carreadores	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,07	0,07
Operações Mecanizadas				
Sulcação / adubação	HM Tp 120 cv 4x4 + sulc/adub.	horas ha^{-1}	-	1,40
Corte mecânico das mudas	HM Tp 120 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,67	0,67
Corte mecânico das mudas	Colhedora de cana	horas ha^{-1}	0,67	0,67
Transporte de mudas	Caminhão truck	km	3,00	3,00
Plantio mecanizado	Plantadora de cana	horas ha^{-1}	1,33	-
Plantio mecanizado	Distribuidora de cana	horas ha^{-1}	-	1,33
Cobrição dos sulcos	HM Tp 75 cv 4x2 + cobridor 2 l	horas ha^{-1}	-	0,60
Insumos				
Sulcação / adubação	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46	0,46
Distribuiçao de mudas	Mudas de cana	t ha^{-1}	20,00	20,00
Plantio mecanizado	Mudas de cana	t ha^{-1}	20,00	20,00
Cobrição dos sulcos	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00	5,00
Cobrição dos sulcos	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	0,25

Fonte: APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

Os coeficientes técnicos apresentados referem-se ao espaçamento de plantio de 1,50 m x 0,50 m entre plantas. Conforme pesquisa da União dos Produtores de Bionergia (2016), válido inclusive para a região de Jaú, 88% das unidades produtoras utilizam este espaçamento, que dada a evolução da colheita mecanizada,

proporciona melhoria no controle de tráfego na colheita da cana e, principalmente, aumento do rendimento operacional da colheita.

3.3.2 Coeficientes técnicos da formação de mudas em viveiro matriz, casa de vegetação e da operação de plantio de mudas pré brotadas

No sistema de mudas pré-brotadas a produção de mudas é realizada no viveiro matriz, onde são cortados os colmos que serão enviados para a casa de vegetação. São seis estágios do processo: corte do minirrebolo, tratamento químico das gemas, brotação, individualização e transplante em tubetes, aclimatação 1 e aclimatação 2 e após um período de 60 dias têm-se a muda formada.

O plantio das mudas oriundas da casa de vegetação em área comercial é realizado por uma transplantadeira de mudas pré-brotadas modelo TMC 3000. No sistema de mudas pré-brotadas são considerados os custos do viveiro matriz, casa de vegetação e das operações necessárias para o plantio em área comercial (Figura 21).

Figura 21 – Fases para a formação do canavial no sistema de plantio de mudas pré-brotadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.3.2.1 Coeficientes técnicos da formação do viveiro matriz por ha

A Tabela 14 mostra os dados para o cálculo da área de formação do viveiro matriz. São necessários 1.667 colmos de cana-de-açúcar com 8 gemas/colmo para se formar 1 ha de área comercial com 13.334 colmos.

Tabela 14 – Parâmetros utilizados para o cálculo da área do viveiro matriz

Espaçamento	1,50	m (6.667 metros lineares)
1 ha	13.334	colmos
Gemas/colmo	10	
Brotação (%)	80%	
Gemas/colmo brotadas	8	
viveiro matriz	1.667	colmos para formar 1 ha
Área viveiro matriz	0,125	ha

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A Tabela 15 mostra os coeficientes técnicos para a formação do viveiro matriz em uma área de 0,125 ha.

Tabela 15 - Coeficientes técnicos da formação do viveiro matriz para o sistema de plantio de mudas pré-brotadas (0,125 ha)

Descrição	Especificação	Unid.	Qtde.
PREPARO DE SOLO			
Operações Manuais			
Amostragem de solo	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,01
Levantamento planialtimétrico	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,14
Limpeza de área	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,01
Operações Mecanizadas			
Sistematização	Pá carregadora	horas ha^{-1}	0,23
Terraceamento	Tp 120 cv 4x4 + terr. 22x26"	horas ha^{-1}	0,18
Limpeza de área	HM Tp 90 cv	horas ha^{-1}	0,05
Gradagem pesada	HM Tp 185 cv 4x4 + grade pesada 30x32	horas ha^{-1}	0,14
Confecção de carreadores	Motoniveladora	horas ha^{-1}	0,04
Subsolagem	HM Tp 185 cv 4x4 + subsolador 9 discos	horas ha^{-1}	0,23
Distribuição de calcário	HM Tp 185 cv 4x4 + distr. Calc.2,3 m^3	horas ha^{-1}	0,04
Distribuição de calcário	Pá carregadora	horas ha^{-1}	0,02
Gradagem niveladora	HM Tp 185 cv 4x4 + grade niv. 52x22	horas ha^{-1}	0,13
Aração	HM Tp 120 cv 4x4 + arado	horas ha^{-1}	0,25
Grade niveladora	Tp 120 cv 4x4 + gr. niv. 52x22"	horas ha^{-1}	0,13
Insumos			
Distribuição de calcário	Calcário	t ha^{-1}	0,25
PLANTIO			
Operações Mecanizadas			
Plantio MPB	Plantadora de cana	horas ha^{-1}	0,33
Insumos			
Plantas de cana	Mudas de cana	Unid. ha^{-1}	1.667
Plantas de cana	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,06
Plantas de cana	Fipronil	kg ha^{-1}	0,03
Plantas de cana	Carbofurano	L ha^{-1}	0,63
TRATOS CULTURAIS			
Operações Manuais			
Carpa manual	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,23
Carpa química	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,13
Arranquio capim colonião	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,38
Combate formiga	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,06
Amostragem cigarrinha	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02
Irrigação de salvamento	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,27
Roguing	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50

Operações Mecanizadas			
Aplicação de herbicida	Tp 90cv. 4x4 + pulv. Barra 18m	horas ha^{-1}	0,13
Carpa mecânica	Trator grande	horas ha^{-1}	0,08
Carpa química	Trator médio	horas ha^{-1}	0,08
Irrigação de salvamento	Motobomba	horas ha^{-1}	0,38
Irrigação de salvamento	Trator médio	horas ha^{-1}	0,10
Controle da cigarrinha	Trator pequeno	horas ha^{-1}	0,05
Insumos			
Aplicação de herbicida	Ametrina	L ha^{-1}	0,50
Aplicação de herbicida	2,4-D	L ha^{-1}	0,13
Aplicação de herbicida	Tebutiurom	L ha^{-1}	0,28
Carpa química	Glifosato	L ha^{-1}	0,51
Combate formiga	Isca granulada	kg ha^{-1}	0,03
Irrigação de salvamento	Água - irrigação	m^3 ha^{-1}	37,50
Controle da cigarrinha	Metharizium	kg ha^{-1}	0,25

Fonte: APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

3.3.2.2 Casa de vegetação

A casa de vegetação é uma estrutura composta pela casa de brotação (área de 162,0 m^2), estufa de crescimento (área de 792,0 m^2) e área de pleno sol (área de 792,0 m^2), com capacidade para a produção de 1.233.792 plantas/ano. É uma estrutura coberta artificialmente com materiais transparentes, para a proteção das mudas de cana-de-açúcar a serem desenvolvidas contra a ação dos agentes meteorológicos adversos.

Conforme levantamento técnico e de custo elaborado com empresa especializada na construção de casas de vegetação para o sistema de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, o valor do investimento total, incluindo toda a estrutura e acessórios, é de R$ 541.295,00, em valores de julho de 2016.

Na formação do custo total da casa de vegetação para a produção de mudas de cana-de-açúcar, foram descritos os custos fixos e variáveis referente a mão-de-obra, equipamentos e insumos utilizados nos 6 estágios que compõem a produção de plantas (Tabela 16).

Tabela 16 - Coeficientes técnicos para formação de mudas pré-brotadas em casa de vegetação

Descrição	Unid.	Qtde.
Custos Fixos		
Casa de brotação (162,0 m^2)	unid.	1
Estufa de crescimento (792,0 m^2)	unid.	1
Área de pleno sol (792,0 m^2)	unid.	1
Depreciação/ano (vida útil em anos)	5	20%
Valor do arrendamento	t ha^{-1}	18,80
Remuneração do capital (Selic)	%	14,25
Custos variáveis (produção de 102.816 plantas - ciclo de 30 dias)		
Fase 1 - Corte da muda/corte minirrebolo		
Toneladas de muda para extração gemas	t	7,34
Mão de obra corte mudas	diárias	2,45
Transporte da cana para o galpão processamento	t	7,34
Extrator fixo de gemas (guilhotina)	unid	4,00
Mão de obra na extração gemas	diárias	4,00
Descarte do resíduo	kg	6,93
Fase 2 - Tratamento químico de gemas		
Mão de obra tratamento químico	diárias	3,00
Roguing	diárias	4,00
Fase 3 - Brotação (10 dias)		
Quantidade de pessoas plantio germinação	diárias	2,00
Qtde total substrato na caixa	kg	992,00
Adubação das mudas (0,18 L por tubete)		
Sulfato amônio	g	55,50
Cloreto potássio	g	37,00
Termofosfato	g	37,00
Osmocote Mini Prill	g	55,50
Osmocote Plus	g	55,50
Mão-de-obra	diárias	1,00
Fase 4 - Individualização e transplante tubetes		
Qtde pessoas transplante	diárias	1,00
Qtde total substrato nos tubetes	kg	10.281,60
Adubo formulado nos tubetes	kg	431,80
Fase 5 - Aclimatação 1 (21 dias)		
Mao de obra poda foliar	diárias	1,00
Irrigação (energia elétrica)	R$/mês	1000,00
Fase 6 - Aclimatação 2 (30 dias)		
Mao de obra poda foliar	diárias	1,00
Irrigação (energia elétrica)	R$/mês	1500,00
Adubação foliar para 20 L água		
Fosfato monoamônico	g	46,27
Nitrato cálcio	g	46,27
Ureia	g	74,03
Mão-de-obra	diárias	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da APTA-JAÚ (2016) e LANDELL et al. (2013).

3.3.2.3 Coeficientes técnicos da operação de plantio no sistema de mudas pré-brotadas por ha

No plantio de mudas pré-brotadas é utilizado um trator tracionando uma plantadeira, que abre o sulco, deposita a planta e faz o cobrimento (Tabela 17).

Tabela 17 - Coeficientes técnicos da operação de plantio no sistema de mudas pré-brotadas (ha)

Descrição	Especificação	Unid.	Qtde.
Operações Manuais			
Irrigação de salvamento	mão de obra	diárias ha^{-1}	2,15
Operações Mecanizadas			
Plantio MPB	Plantadora de cana	horas ha^{-1}	2,66
Irrigação de salvamento	Motobomba	horas ha^{-1}	3,00
Irrigação de salvamento	Trator médio	horas ha^{-1}	0,80
Insumos			
Mudas cana-de-açúcar	Mudas de cana	unid.	13.334
Cobrição mecânica dos sulcos	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00
Cobrição mecânica dos sulcos	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25
Plantio MPB	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46

Fonte: APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

3.4 Máquinas e implementos agrícolas

A Tabela 18 mostra as máquinas e equipamentos utilizados em cada um dos sistemas de plantio de cana-de-açúcar analisados.

Tabela 18 - Máquinas, implementos e insumos utilizados nos sistemas de plantios

Descrição	Sistemas de plantios			
	Semi mecanizado	Mecanizado Plantadora	Mecanizado Distribuidora	Muda pré-brotada
Máquinas agrícolas				
Pá carregadora	x	x	x	x
HM Tp 120cv. 4x4	x	x	x	x
HM Tp 90cv. 4x4	x	x	x	x
HM Tp 185cv. 4x4	x	x	x	x
Motoniveladora	x	x	x	x
Carregadora de cana	x	-	-	-
Colhedora de cana	-	x	x	-
VT - veículo de transbordo	x	x	x	-

Caminhão transporte plantas	-	-	-	x
HM Caminhão Truck	x	x	x	-
Implementos agrícolas				
Terraceador 22x26"	x	x	x	x
Grade pesada 30x32	x	x	x	x
Subsolador 9 discos	x	x	x	x
Distribuidor calcário 2,3 m^3	x	x	x	x
Grade niveladora 52x22	x	x	x	x
Arado	x	x	x	x
Sulcador adubador 2 linhas	x	-	x	-
Pulverizador barra 18m	x	x	x	x
Plantadora de cana	-	x	-	-
Distribuidora de cana	-	-	x	-
Plantadora de MPB	-	-	-	x
Cobridor 2 linhas	x	-	x	-
Motobomba para irrigação	-	-	-	x
Insumos agrícolas				
Calcário	x	x	x	x
05-25-25	x	x	x	x
Carbofurano	x	x	x	x
Fipronil	x	x	x	x
Mudas de cana	x	x	x	-
Muda pré-brotada	-	-	-	x
Ametrina	x	x	x	x
2,4-D	x	x	x	x
Tebutiurom	x	x	x	x
Glifosato	x	x	x	x
Isca granulada	x	x	x	x
Metharizium	x	x	x	x
Água - irrigação	-	-	-	x

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para a estimativa dos custos de mecanização, a metodologia utilizada foi adaptada de ASABE (2011).

3.5 Indicadores

Os custos dos diferentes sistemas de plantio incluem portanto, o custo de formação das mudas e o custo das operações de plantio. No custo total dos sistemas foram considerados os seguintes itens:

a) operações agrícolas, dada pela quantidade de horas e o custo horário de cada operação considerando o tipo de máquina e equipamento envolvido na operação;

b) operações manuais, dada pela quantidade de diárias e o custo da diária de cada operação;

c) materiais de consumo: constituem-se dos materiais que são utilizados no processo de produção, podendo ser próprios e/ou adquiridos pelo produtor; e,

d) remuneração da terra, tendo em vista a área de cultivo de viveiros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados em três seções na seguinte ordem:

1. Custos de formação dos viveiros pré-primário, primário e secundário e sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado em área comercial;
2. Custos do sistema de plantio de mudas pré-brotadas;
3. Análise comparativa dos diferentes sistemas de plantio.

4.1 Custos de formação dos viveiros pré-primário, primário e secundário e sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado em área comercial

Na Tabela 19 são apresentadas as operações para a formação dos viveiros cujas mudas são utilizadas nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado. Os sistemas de produção nos viveiros são basicamente os mesmos, sendo que a diferença observada entre os custos do viveiro pré-primário em relação aos viveiros primário e secundário é justificada pelo uso de irrigação de salvamento.

Na formação dos viveiros, observa-se que o plantio é a fase que apresenta o maior número de operações agrícolas e portanto maior custo.

Tabela 19 - Custos de formação de viveiros para o sistema de plantio semimecanizado e mecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}

Fase	Viveiros		
	Pré-Primário	Primário	Secundário
	R$ ha^{-1}	R$ ha^{-1}	R$ ha^{-1}
Preparo do solo	1.633,66	1.633,66	1.633,66
Plantio	3.662,64	3.662,64	3.662,64
Tratos culturais	2.575,51	1.951,42	1.951,42
Total	7.871,81	7.247,72	7.247,72

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Dentre as culturas de larga escala, a cana-de-açúcar é a que provavelmente utiliza a maior quantidade de biomassa para o plantio por unidade de área. Na formação dos viveiros, o consumo médio de mudas é de 12 t ha^{-1}, sendo o item de maior peso nos custos dos viveiros.

O planejamento dos viveiros deve ser iniciado com antecedência de 3 a 5 anos, dependendo da quantidade de mudas necessárias para a renovação e expansão de novas áreas. O viveiro pré-primário é instalado inicialmente em uma

área de 1 ha, que é multiplicado para o viveiro primário (10 ha) e, posteriormente, ao secundário (100 ha).

Portanto, além do grande consumo de biomassa para a produção de mudas este sistema envolve o uso de uma grande extensão de terra para a multiplicação dos viveiros. Embora o custo de oportunidade não tenha sido estimado neste estudo, acredita-se que envolva um elevado custo de oportunidade da terra, que está comprometida com a produção de mudas, dado o volume de produção de cana-de-açúcar na região.

Na Tabela 20 são apresentados os custos do plantio semimecanizado, onde o corte e a distribuição das mudas no sulco de plantio é realizado de forma manual. A vantagem desse sistema em relação ao plantio mecanizado é o menor consumo de mudas por hectare e a qualidade do trabalho realizado pela mão de obra, com índice menor de falhas na brotação. Porém, com a proibição do sistema de plantio em que homens em cima de caminhões lançam mudas ao solo, este sistema está sendo cada vez menos adotado.

Tabela 20 – Custos do plantio semimecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}

Descrição	Especificação	Unid.	Qtde.	Custo Unit.	R$/ha	% Partic.
Operações Manuais					**1.172,71**	**32,0%**
Sulcação /Adubação	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,13	120,00	15,60	0,4%
Corte manual de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	3,43	120,00	411,43	11,2%
Carregamento de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,12	120,00	14,40	0,4%
Transbordo de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	120,00	2,88	0,1%
Distribuição de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	5,00	120,00	600,00	16,4%
Alinhamento de carreadores	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,07	120,00	8,40	0,2%
Plantio de banquetas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	120,00	60,00	1,6%
Recobrição dos sulcos	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	120,00	60,00	1,6%
Operações Mecanizadas					**767,92**	**21,0%**
Sulcação /Adubação	Tp 120 cv 4x4 + sulc/adub.	horas ha^{-1}	1,40	143,95	201,53	5,5%
Carregamento de mudas	Carregadora de cana	t ha^{-1}	12,00	3,50	42,00	1,1%
Transporte de mudas	HM Caminhão Truck	km	3,00	139,20	417,60	11,4%
Cobrição dos sulcos	HM Tp 125 cv 4x4 + cobridor	horas ha^{-1}	0,60	120,41	72,25	2,0%
Reboque de Julietas	HM Tp 185 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,24	143,95	34,55	0,9%
Insumos					**1.722,00**	**47,0%**
Fertilizante	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46	1.450,00	667,00	18,2%
Mudas de cana	Mudas de cana	t ha^{-1}	12,00	60,00	720,00	19,7%
Inseticida	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00	37,00	185,00	5,1%
Inseticida	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	600,00	150,00	4,1%
Custo Total do Plantio Semimecanizado					**3.662,64**	**100,0%**

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

Na Tabela 21 são apresentados os custos do plantio mecanizado, que pode ser realizado com plantadora ou distribuidora de mudas.

Diferente do sistema de plantio semimecanizado, em que o corte de mudas é manual, no sistema mecanizado as mudas devem estar picadas e, por isso, são colhidas mecanicamente.

A vantagem do plantio mecanizado com plantadora é que todas as operações são realizadas numa única etapa, porém o número de falhas na brotação é maior. No plantio mecanizado com distribuidora pode-se visualizar a uniformidade da distribuição dos colmos nos sulcos antes da cobrição, corrigindo possíveis falhas.

Tabela 21 – Custos do plantio de cana mecanizado com plantadora e distribuidora, 2016 – R$ ha^{-1}

Descrição	Especificação	Unid.	Qtde.	Custo Unit.	Mecanizado Plantadora	Mecanizado Distribuidora
Operações Manuais					**28,56**	**44,16**
Sulcação/adubação	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,13	120,00	-	15,60
Corte mecânico das mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,14	120,00	17,28	17,28
Transbordo de mudas	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	120,00	2,88	2,88
Alinhamento de carreadores	Mão de obra	diárias ha^{-1}	0,07	120,00	8,40	8,40
Operações Mecanizadas					**977,12**	**1.212,92**
Sulcação/adubação	Tp 120 cv 4x4 + sulc/adub.	horas ha^{-1}	1,40	143,95	-	201,53
Corte mecânico das mudas	Tp 120 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,67	143,95	96,45	96,45
Corte mecânico das mudas	Colhedora de cana	horas ha^{-1}	0,67	382,39	256,20	256,20
Transporte de mudas	HM Caminhão Truck	km	3,00	139,20	417,60	417,60
Plantio mecanizado	Plantadora de cana	horas ha^{-1}	1,33	155,54	206,87	-
Plantio mecanizado	Distribuidora de cana	horas ha^{-1}	1,33	126,99		168,90
Cobrição dos sulcos	HM Tp 125 cv 4x4 + cobridor	horas ha^{-1}	0,60	120,41		72,25
Insumos					**2.202,00**	**2.202,00**
Fertilizante	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46	1.450,00	667,00	667,00
Mudas de cana	Mudas de cana	t ha^{-1}	20,00	60,00	1.200,00	1.200,00
Inseticida	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00	37,00	185,00	185,00
Inseticida	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	600,00	150,00	150,00
Custo Total dos Plantios					3.207,68	3.459,08

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

Apesar da distribuidora possuir um custo de aquisição menor que a plantadora, o custo do plantio é maior porque ocorrem mais duas operações mecanizadas, a sulcação e a cobrição de mudas.

O consumo médio de mudas no sistema de plantio mecanizado é de 20 t ha^{-1}, ou seja, 8 t ha^{-1} a mais que no sistema semimecanizado.

4.2 Custos do sistema de plantio de mudas pré-brotadas

Neste sistema, a produção da muda tem início com a formação do viveiro matriz. Dos insumos utilizados, o investimento em mudas representa 69,8% do custo da formação do viveiro matriz (Tabela 22).

Tabela 22 – Custos por operação para a formação do viveiro matriz para muda pré-brotada – R$ ha^{-1}

Etapas	R$ ha^{-1}	% Partic.
Mão de obra	207,90	8,7%
Mecanização	329,32	13,8%
Insumos	1.851,65	77,5%
Total	2.388,87	100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Em seguida, das mudas provenientes do viveiro matriz devem ser extraídos os minirrebolos, que são replantados em caixas específicas dentro de uma casa de vegetação.

A casa de vegetação é uma estrutura composta pela casa de brotação, estufa de crescimento e área de pleno sol. É uma estrutura coberta artificialmente com materiais transparentes para a proteção das mudas de cana-de-açúcar representando um investimento relativamente elevado.

Na Tabela 23 é apresentado o custo de produção por muda na casa de vegetação.

Tabela 23 – Custo da casa de vegetação por muda

Etapas	R$ muda^{-1}	% Partic.
Custo variável	0,23	50,7%
Custo fixo	0,22	49,3%
Custo total	0,45	100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

No sistema de mudas pré-brotadas, o consumo de mudas é de 13.334 ha^{-1}, em espaçamento de 1,50m por 0,50m, que é o padrão para este tipo de plantio. Com este uso de mudas e um custo médio de R$ 0,45 por muda, o custo foi de R$ 5.985,63 ha^{-1}.

A vantagem desse sistema é a economia no transporte de massa de mudas e combustíveis. Atualmente são consumidos de 12 a 20 t ha^{-1} de colmos,

respectivamente, para o plantio semimecanizado e mecanizado, sendo esse material transportado e depositado nos sulcos para realização do plantio.

No sistema de plantio de mudas pré-brotadas o transporte de massas se reduz a no máximo 2 t ha^{-1} de mudas. Essa diferença, causa uma redução do consumo de horas máquinas, combustíveis, insumos, pois 18 t ha^{-1} que seriam utilizadas como mudas, vão para a indústria na produção de açúcar e etanol.

Como nos outros sistemas de plantio, o consumo de mudas é o item de maior peso no sistema mudas pré-brotadas.

Um dos problemas desse sistema é a necessidade de irrigação com maior e menor frequência, respectivamente, nas fases de “pegamento” e desenvolvimento das mudas. Portanto este sistema deve ser adequado para regiões onde o regime hídrico seja regular e adequado às necessidades de crescimento e desenvolvimento das mudas, pois estas, ao contrário dos colmos são extremante sensíveis à déficits hídricos. Caso haja necessidade de irrigação das mudas, os custos deste sistema devem se elevar.

Na Tabela 24 são apresentados os custos do plantio de mudas pré-brotadas em área comercial.

Tabela 24 – Custos do plantio de mudas pré-brotadas em área comercial, 2016 – R$ ha^{-1}

Descrição	Especificação	Unid.	Qtde.	Custo Unit.	R$/ha	% Partic.
Operações Manuais					**438,46**	5,3%
Plantio MPB	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,50	120,00	180,00	2,2%
Irrigação de salvamento	mão de obra	diárias ha^{-1}	2,15	120,00	258,46	3,1%
Operações Mecanizadas					**864,42**	10,4%
Transporte plantas						
Plantio MPB	Plantadora de cana	horas ha^{-1}	2,66	200,00	532,00	6,4%
Irrigação de salvamento	Motobomba	horas ha^{-1}	3,00	89,92	269,76	3,3%
Irrigação de salvamento	Trator médio	horas ha^{-1}	0,80	78,32	62,66	0,8%
Insumos					**6.987,14**	84,3%
Fertilizante	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46	1.450,00	667,00	8,0%
Mudas de cana	Mudas de cana	Unid.	13.334	0,45	5.985,14	72,2%
Defensivo	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00	37,00	185,00	2,2%
Defensivo	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	600,00	150,00	1,8%
Custo Plantio MPB					**8.290,01**	100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da APTA-JAÚ e ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (2016).

Nesta tabela verifica-se que os custos das mudas perfazem 72% do custo total de plantio, reforçando a necessidade de estudos que permitam reduzir o custo deste insumo.

4.3 Análise comparativa dos sistemas de plantio de cana-de-açúcar

Na Tabela 25 são apresentados os custos para os diferentes sistemas de plantio estudados.

Tabela 25 – Custos da formação do canavial para diferentes sistemas de plantio de cana-de-açúcar, 2016 – R$ ha^{-1}

Fases	Semimecanizado	Mecanizado		Muda pré-brotada
		Plantadora	Distribuidora	
	R$ ha^{-1}	R$ ha^{-1}	R$ ha^{-1}	R$ ha^{-1}
Viveiro matriz				2.381,52
Casa vegetação				5.985,14
Viveiro pré-primário	7.871,81	7.871,81	7.871,81	
Viveiro primário	7.247,72	7.247,72	7.247,72	
Viveiro secundário	7.247,72	7.247,72	7.247,72	
Plantio comercial	3.662,64	3.207,68	3.459,08	8.290,01
Total - R$/ha^{-1}	26.029,88	25.574,92	25.826,33	16.656,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Não se verificou diferenças significativas nos custos dos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado.

O sistema de plantio semimecanizado é mais intensivo em mão de obra, porém o consumo de mudas por hectare é menor, em média 12 t ha^{-1}. O sistema mecanizado consome em média 8 t ha^{-1} a mais, mas utiliza um menor número de operações.

No sistema de plantio mecanizado com plantadora, em uma única operação a mesma máquina sulca, planta e realiza a cobrição da muda de cana, mas a probabilidade de falha na brotação é maior.

No sistema de plantio mecanizado com distribuidora o número de operações é maior, pois uma máquina sulca, a segunda planta e a terceira finaliza com a cobrição; ocasionando um custo mais elevado em relação ao plantio com plantadora, mas nesse sistema é possível visualizar a distribuição das mudas antes da cobrição, corrigindo possíveis falhas.

Para a região de Jaú-SP, o sistema de mudas pré-brotadas foi o que apresentou o menor custo em relação aos demais sistemas de plantio, mas tecnicamente, o plantio não é aconselhado em época de escassez hídrica, elevando o número de irrigações e encarecendo o custo desse tipo de plantio.

5. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, o sistema de plantio de mudas pré-brotadas foi o que apresentou o menor custo com valor de R$ 16.656,67 ha^{-1} comparado aos sistemas de plantio semimecanizado, com valor de R$ 26.029,88 ha^{-1}, mecanizado com plantadora, R$ 25.574,92 ha^{-1} e mecanizado com distribuidora, R$ 25.826,33 ha^{-1}.

Mesmo assim, o plantio de mudas pré-brotadas ainda apresenta alguns entraves no sistema de produção, como a necessidade de irrigação com maior e menor frequência, respectivamente, nas fases de “pegamento” e desenvolvimento das mudas. Este sistema deve ser adequado para regiões onde o regime hídrico seja regular e adequado às necessidades de crescimento e desenvolvimento das mudas, pois estas, ao contrário dos colmos são extremante sensíveis à déficits hídricos. Caso haja necessidade de irrigação das mudas, os custos deste sistema devem se elevar.

Como referência para futuros estudos, não abordados neste trabalho, pode-se incluir:

a) O custo de oportunidade da terra, pois os sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado usam grande quantidade de terra e biomassa.
b) Os juros sobre o capital investido ao longo do tempo para a formação dos viveiros, sendo que essa biomassa poderia ser transformada em açúcar ou etanol.

REFERÊNCIAS

ANJOS, I. A.; FIGUEIREDO, P. A. M. Aspectos fitotécnicos do plantio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Agrianual 2016**. 21. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2016. 581 p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. In: ASABE D497,7. Agricultural machinery management. **ASABE standards**, St. Joseph, USA. p. 385-390. 2011.

BAHIA, A. S. R. S. et al. Sistema de plantio semi-mecanizado e mecanizado da cana-de-açúcar. In: TASSO JÚNIOR, C.; MARQUES, M. O.; SILVA NETO, H. F. (Ed.). **Novas tecnologias de produção de cana-de-açúcar**. Sertãozinho: CANOESTE, 2013.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Focus** – Relatório de mercado. 2016. Disponível em:< http://www.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20160729.pdf >. Acesso em: 31 jul. 2016.

BARROS, G. S. C. et al. **Desaceleração da economia brasileira reflete em baixa nas cadeias do agronegócio.** 2015. Disponível em:< http://docplayer.com.br/21570615-Desaceleracao-da-economia-brasileira-reflete-em-baixa-nas-cadeias-do-agronegocio-equipe-macroeconomia-cepea-1.html >. Acesso em 14 dez. 2015.

BEUCLAIR, E. F. G.; SCARPARI, M. S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDI, D.V. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: Livroceres, v.1, p. 80-91, 2006.

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.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria no. 86, de 3 de março de 2005.** Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília: MTE, 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2016. v. 29. n.1. p. 1-78.

BRASILAGRO. **Setor sucroenergético brasileiro supera PIB de mais de 100 países.** 2014. Disponível em:< http://www.brasilagro.com.br/conteudo/setor-sucroenergetico-brasileiro-supera-pib-de-mais-de100-paises.html#.WIX3Dn1RLrd >. Acesso em: 18 dez. 2015.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. **Bioetanol de cana-de-açúcar**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2010. p. 451-475.

CARVALHO, L. C. C. Cenários e estratégias do setor sucroenergético: sustentabilidade socioeconômica. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos.** Brasília, DF: Embrapa, 2015.

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, set-out, 2012.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Boletim técnico: **Viveiros**. Piracicaba. 2014. Disponível em: < http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/viveiros.pdf > Acesso em 18 abr. 2016.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Pragas e doenças da cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2015.

COLETI, J. T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 284-332.

COLETTI, J. T.; STUPIELO, J. J. Plantio da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. cap. 4, p. 139-153.

COSTA, C. C.; BURNQUIST, H. L. Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 1003-1028, out-dez. 2016.

DATAGRO. **Análise de custos e competitividade agrícola fornecedores e usinas.** São Paulo, 2014.

ELIA, P. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação**. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FURLANI, C. E. A.; VOLTARELLI, M. A. Plantio mecanizado de cana-de-açúcar. In: Belardo, G. C.; Cassia, M. T.; Silva, R. P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, 2015. 608 p.

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

GAVA, G. J. C. O estado da arte e novas tecnologias na produção sustentável de mudas pré-brotadas (MPB) em cana-de-açúcar. **Simpósio Tecnológico de Adubação e Manejo da Cana-de-Açúcar**. Dracena, SP. 2016. Disponível em:< http://www.dracena.unesp.br/Home/Eventos/teccana/curso-1-dracena.pdf > Acesso em: 02 mar. 2017.

HUNSINGI, G. **Production of sugarcane**, theory and practice. India: Advanced Series in Agricultural Sciences, 1993.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO – IGC. São Paulo, 2014.

JAIN, R. et al. Sugarcane bud chips: a promising seed material. **Sugar Tech,** 2010. v. 12, n. 1, p. 67-69.

JANINI, D. A. Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **STAB,** Piracicaba, v. 26, n. 4, p. 51-57, mar-abr, 2008.

LANDELL, M. G. A. et al. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Documentos, IAC, 2. ed. Campinas, 109, 2013.

LICCIOTI, T. **Tecnologias Bayer para o plantio de cana**. 2016. Disponível em:< http://www.cana.com.br/biblioteca/informativo/ThiagoBayer2016.pdf > Acesso em: 20 fev. 2017.

LOGANANDHAN, N. et al. Sustainable sugarcane initiative (SSI): a methodology of “more with less”. **Sugar Tech**, 2013. v. 15, p. 98-102.

MARTINS et al. Novas tecnologias no plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, n. especial, p. 301-307, 2015.

MOHANTY, M.; DAS, P. P.; NANDA, S. S. Introducing SSI (Sustainable Sugarcane Initiative) technology for enhanced cane production and economic returns in real farming situations under east coast climatic conditions of India. **Sugar Tech**, 2015. v. 15, p. 98-102.

NOVACANA.COM. **Consumo de combustíveis no Brasil caiu 4,5% na comparação entre 2016 e 2015.** 2017. Disponível em: < https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/abastecimento/consumo-combustiveis-brasil-caiu-2016-2015-160217/ > Acesso em 15 fev. 2017.

ORGANIZAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL – ORPLANA. **Perfil dos produtores de cana safra 2015/2016**. Ribeirão Preto, SP. 2017.

PORTAL JORNALCANA. **Panorama de mudas de cana-de-açúcar no país.** 2014. Disponível em:< https://www.jornalcana.com.br/panorama-das-mudas-de-cana-de-acucar-no-pais/ > Acesso em: 06 de jul. 2016.

RAHMAN, M. S. et al. Effect of diferente types of settling of diferente varieties on the yield and yield contributing characters of sugarcane. **Journal of Agronomy**. 2004. v. 3, p. 11-17.

RIPOLI, T. C. C. et al. **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. 2 ed. rev. e ampl. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2007.

RIPOLI, T. C. C.; CÂMARA, G. M. S. **Cana-de-açúcar**: plantio mecanizado. MBA Agroenergia. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2014.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. **Curso Tópico da Cultura de Cana IAC**. Aula 11 – Operações, insumos e qualidade no plantio da cana-de-açúcar. 2014. Disponível em: < http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/Aula11/cursoCana_Aula11_.pdf > Acesso em: 27 dez. 2015.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. 2012. **Plantio da cana-de-açúcar**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html.> Acesso em 23 mai. 2016.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Instituto de Economia Agrícola (IEA). **Preços médios mensais pagos pela agricultura**. Disponível em:< http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html >. Acesso em: 20 jul. 2016.

SERAFIM, L. G. F. et al. Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana-de-açúcar. **STAB** (Piracicaba). 2013. v. 31, p. 22-25.

SILVA, W. M.; Termoterapia em gemas isoladas para controle do raquitismo da soqueira. In: Seminário Copersucar da Agroindústria Açucareira, 3. Águas de Lindóia, **Anais…** Águas de Lindóia: COPERSUCAR, 1975.

SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos.** Brasília, DF: Embrapa, 2015.

SILVA, J. R. et al. Valor da produção agropecuária do estado de São Paulo: resultado final 2016. **Análises e Indicadores do Agronegócio**. v. 12, n. 5, maio, 2017.

SINGH, S. N. et al. Comparative effect of polybag culture and conventional methods of planting at different dates on rapid multiplication of seed cane (Saccharum species complex) in subtropical India. **India Journal of Agricultural Sciences**. 2011. v. 81, p. 751-755.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana-de-açúcar. In: **Congresso** Nacional da STAB: Rio de Janeiro. 1981. v. 3/3, p. 443-456.

STOLF, R.; LEE, T. S. G. Sistema comercial de plantio de plântulas de cultura de tecidos ou de gemas isoladas: plantio de estaca. **Álcool & Açúcar**, São Paulo. 1990. v. 10, n. 53, p. 20-5.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (a). **Moagem da cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – safra 2015/2016**. Unicadata. Disponível em: < http://www.unicadata.com.br >Acesso em: 02 abr. 2016.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (b). **Consumo de etanol hidratado cresceu mais de 37% em 2015.** 2016. Disponível em: < http://www.unica.com.br/noticia/14883647920325965467/consumo-de-etanol-hidratado-cresceu-mais-de-37-por-cento-em-2015/ > Acesso em: 15 fev. 2017.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. **Qual o melhor espaçamento no plantio da cana-de-açúcar ?**. Disponível em:< http://www.udop.com.br/index.php/index.php?item=noticias&cod=1135561 >. Acesso em: 28 set. 2016.

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

XAVIER, M. A.; MENDONÇA, J. R.; SANGUINO, A. Viveiro de mudas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008.

XAVIER, M. A. et al. **Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar** – mudas pré-brotadas (MPB). Documentos, IAC, Campinas, 113, 2014.

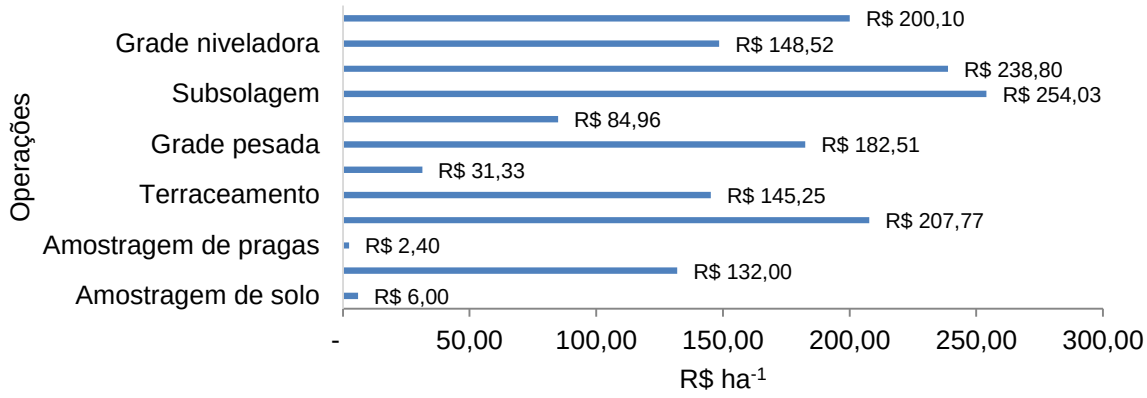
ZACHARIAS, R. et al. Custos operacionais do plantio mecanizado e semimecanizado de cana-de-açúcar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG. v. 19, n. 12, março-abril, 2011.

APÊNDICE A - Custos da formação dos viveiros nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}

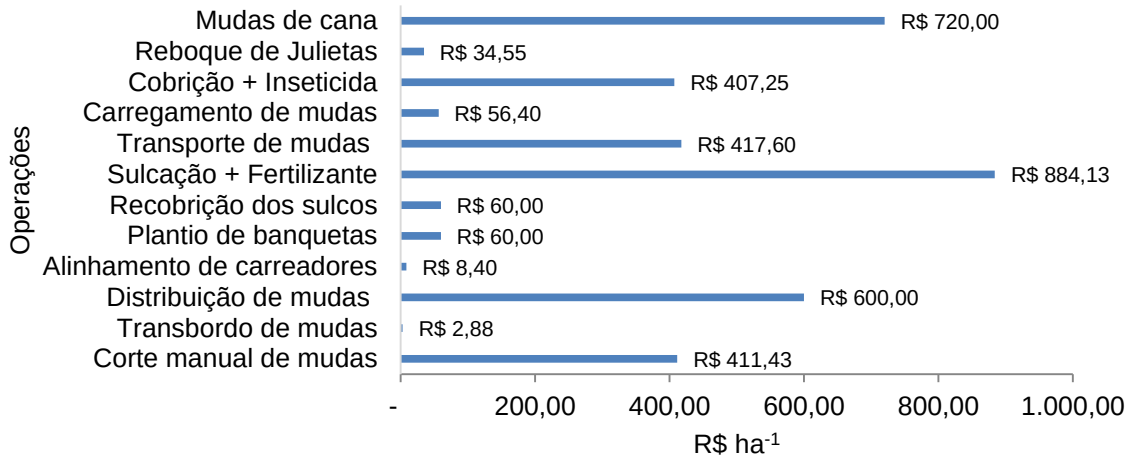
Descrição	Especificação	Unid.	Qtde.	Custo Unit.	Viveiro (R$ ha)	
					Pré-primário	Primário e Secundário
PREPARO DE SOLO					**1.633,66**	**1.633,66**
Operações Manuais					**146,40**	**146,40**
Amostragem de solo	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,05	120,00	6,00	6,00
Levantamento planialtimétrico	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,10	120,00	132,00	132,00
Amostragem de pragas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	120,00	2,40	2,40
Limpeza de área	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,05	120,00	6,00	6,00
Operações Mecanizadas					**1.311,65**	**1.311,65**
Sistematização	Pá carregadora	horas ha^{-1}	1,40	144,12	201,77	201,77
Terraceamento	Tp 120 cv 4x4 + terr. 22x26"	horas ha^{-1}	1,40	103,75	145,25	145,25
Limpeza de área	HM Tp 90 cv	horas ha^{-1}	0,40	78,32	31,33	31,33
Grade pesada	HM Tp 185 cv 4x4 + g. pesada 30x32	horas ha^{-1}	1,15	158,70	182,51	182,51
Confecção de carreadores	Motoniveladora	horas ha^{-1}	0,30	283,21	84,96	84,96
Subsolagem	HM Tp 185 cv 4x4 + subs. 9 discos	horas ha^{-1}	1,80	141,13	254,03	254,03
Distribuição de calcário	HM Tp 185 cv 4x4 + distr. Calc.	horas ha^{-1}	0,30	148,16	44,45	44,45
Distribuição de calcário	Pá carregadora	horas ha^{-1}	0,13	144,12	18,74	18,74
Grade niveladora	HM Tp 185 cv 4x4 + g. nivel. 52x22	horas ha^{-1}	1,00	148,52	148,52	148,52
Aração	HM Tp 120 cv 4x4 + arado	horas ha^{-1}	2,00	100,05	200,10	200,10
Insumos					**175,62**	**175,62**
Corretivo de solo	Calcário	t ha^{-1}	1,96	89,60	175,62	175,62
PLANTIO					**3.662,64**	**3.662,64**
Operações Manuais					**1.172,71**	**1.172,71**
Sulcação /Adubação	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,13	120,00	15,60	15,60
Carregamento de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,12	120,00	14,40	14,40
Corte manual de mudas	Mão-de-obra	diárias ha^{-1}	3,43	120,00	411,43	411,43
Transbordo de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,02	120,00	2,88	2,88
Distribuição de mudas	mão de obra	diárias ha^{-1}	5,00	120,00	600,00	600,00
Alinhamento de carreadores	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,07	120,00	8,40	8,40
Plantio de banquetas	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	120,00	60,00	60,00
Recobrição dos sulcos	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	120,00	60,00	60,00
Operações Mecanizadas					**767,92**	**767,92**
Sulcação	HM Tp 185 cv 4x4 + sulc/adub	horas ha^{-1}	1,40	143,95	201,53	201,53
Transporte de mudas	HM Caminhão Truck	km	3,00	139,20	417,60	417,60
Carregamento de mudas	Carregadora de cana	t ha^{-1}	12,00	3,50	42,00	42,00

Cobrição dos sulcos	HM Tp 125 cv 4x4 + cobridor	horas ha^{-1}	0,60	120,41	72,25	72,25
Reboque de Julietas	HM Tp 185 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,24	143,95	34,55	34,55
Insumos					**1.722,00**	**1.722,00**
Fertilizante	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,46	1.450,00	667,00	667,00
Mudas de cana	Mudas de cana	t ha^{-1}	12,00	60,00	720,00	720,00
Inseticida	Carbofurano	kg ha^{-1}	5,00	37,00	185,00	185,00
Inseticida	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	600,00	150,00	150,00
TRATOS CULTURAIS					**2.575,51**	**1.951,42**
Operações Manuais					**1.520,40**	**1.262,40**
Carpa manual	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,80	120,00	216,00	216,00
Carpa química	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,00	120,00	120,00	120,00
Arranquio capim colonião	mão de obra	diárias ha^{-1}	3,05	120,00	366,00	366,00
Combate formiga	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	120,00	60,00	60,00
Amostragem cigarrinha	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,16	120,00	19,20	19,20
Irrigação de salvamento	mão de obra	diárias ha^{-1}	2,15	120,00	258,00	-
Roguing	mão de obra	diárias ha^{-1}	4,00	120,00	480,00	480,00
Amostragem de cana	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,01	120,00	1,20	1,20
Operações Mecanizadas					**753,52**	**387,43**
Aplicação de herbicida	HM Tp 90 cv 4x4 + pulv. Barra 18m	horas ha^{-1}	1,00	111,60	111,60	111,60
Carpa mecânica	HM Tp 125 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,67	120,41	80,67	80,67
Carpa química	HM Tp 125 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,67	120,41	80,67	80,67
Irrigação de salvamento	Motobomba	horas ha^{-2}	3,00	89,92	269,76	-
Irrigação de salvamento	HM Tp 125 cv 4x4	horas ha^{-3}	0,80	120,41	96,33	-
Manutenção de carreadores	Motoniveladora	horas ha^{-1}	0,05	283,21	14,16	14,16
Controle da cigarrinha	HM Tp 90 cv 4x4	horas ha^{-1}	0,40	111,60	44,64	44,64
Transp. Insumos	HM Caminhão Truck	horas ha^{-1}	0,40	139,20	55,68	55,68
Insumos					**301,59**	**301,59**
Aplicação de herbicida	Ametrina	l ha^{-1}	4,00	15,00	60,00	60,00
Aplicação de herbicida	2,4-D	l ha^{-1}	1,00	14,50	14,50	14,50
Aplicação de herbicida	Tebutiurom	l ha^{-1}	2,26	48,00	108,53	108,53
Carpa química	Glifosato	l ha^{-1}	4,07	22,68	92,27	92,27
Combate formiga	Isca granulada	kg ha^{-1}	0,20	11,48	2,30	2,30
Controle da cigarrinha	Metharizium	kg ha^{-1}	2,00	12,00	24,00	24,00
Custo formação viveiro primário					**7.871,81**	**7.247,72**
Preparo de solo					1.633,66	1.633,66
Plantio					3.662,64	3.662,64
Tratos culturais					2.575,51	1.951,42

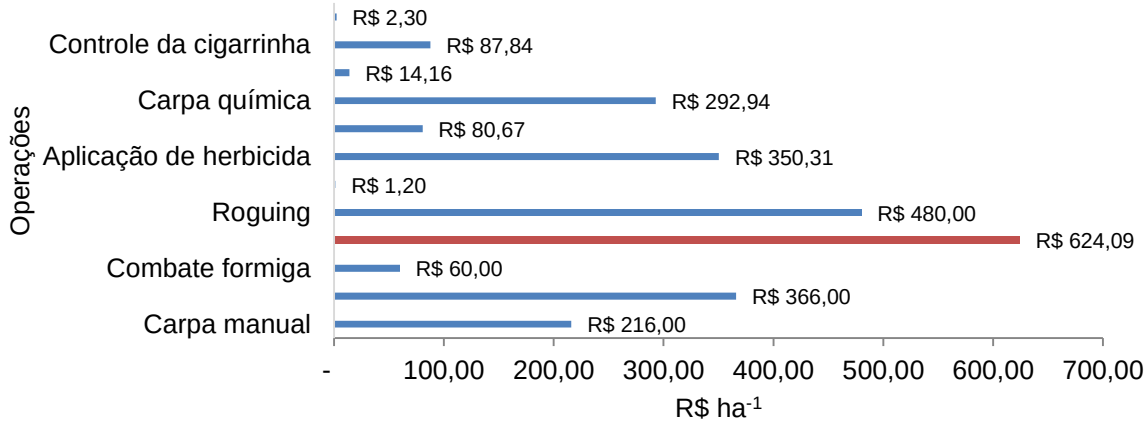
Custo do preparo de solo para a formação dos viveiros pré-primário, primário e secundário nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}



Custo do plantio para a formação dos viveiros pré-primário, primário e secundário nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}

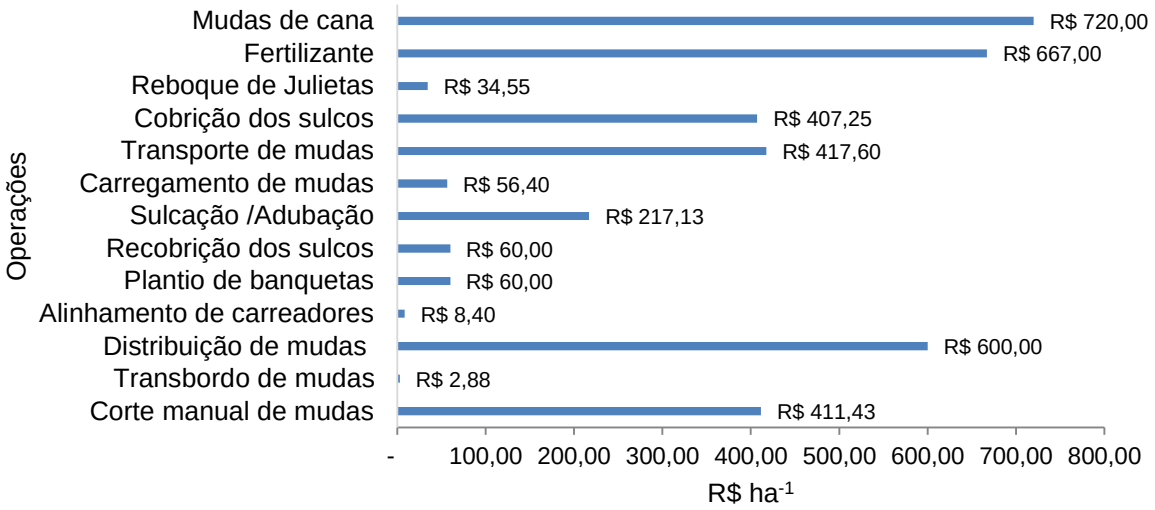


Custo dos tratos culturais na formação dos viveiros pré-primário, primário e secundário nos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado, 2016 – R$ ha^{-1}

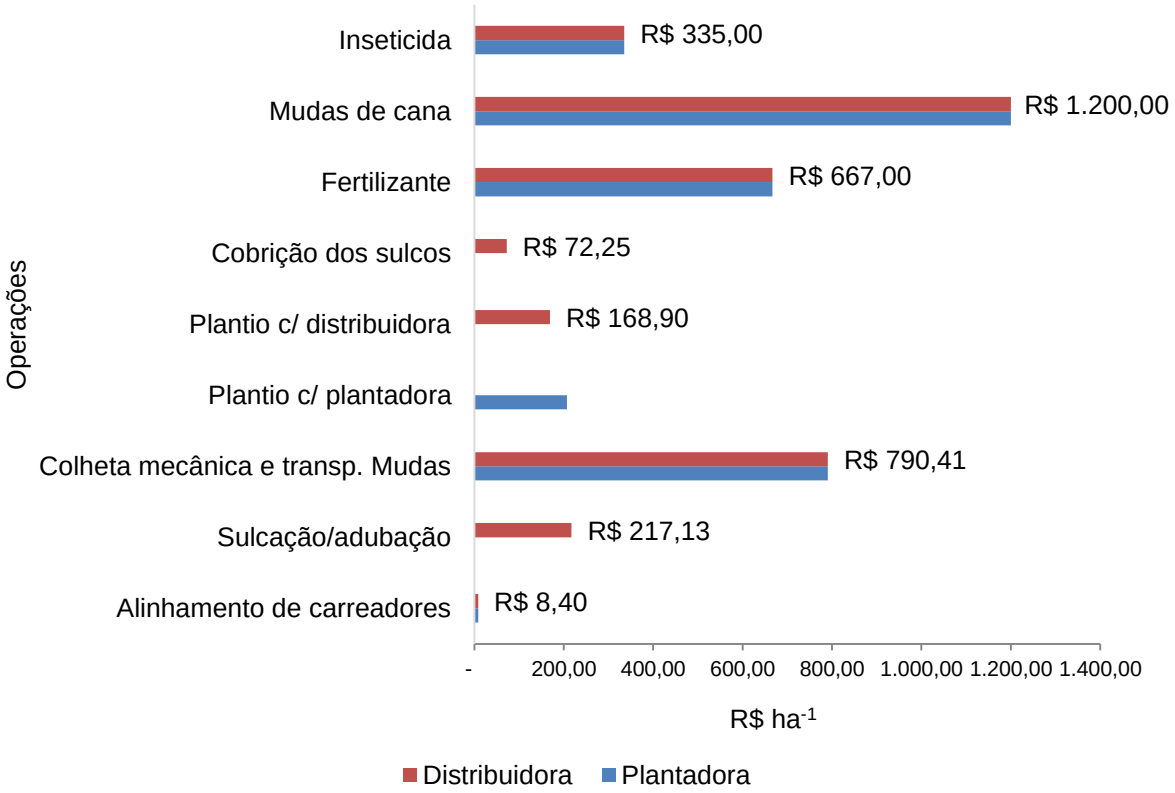


Obs. Irrigação de salvamento realizada somente no viveiro pré-primário.

Custos do plantio semimecanizado em área comercial por tipo de operação, 2016 – R$ ha^{-1}



Custos do plantio mecanizado em área comercial por tipo de operação, 2016 – R$ ha^{-1}



Apêndice B - Custos da formação do viveiro-matriz no sistema de plantio de mudas pré-brotadas, 2016 – R$ ha^{-1}

Descrição	Especificação	Unid.	Qtde. ha^{-1}	Custo Unit.	0,125 ha
PREPARO DE SOLO					**224,53**
Operações Manuais					**18,00**
Amostragem de solo	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,05	120,00	0,75
Levantamento planialtimétrico	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,10	120,00	16,50
Limpeza de área	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,05	120,00	0,75
Operações Mecanizadas					**184,58**
Sistematização	Pá carregadora	horas ha^{-1}	1,80	146,94	33,06
Terraceamento	Tp 120cv. 4x4 + terr. 22x26"	horas ha^{-1}	1,40	103,75	18,16
Limpeza de área	HM Tp 90cv.	horas ha^{-1}	0,40	78,32	3,92
Gradagem pesada	HM Tp 185cv. 4x4 + grade pesada 30x32	horas ha^{-1}	1,15	158,70	22,81
Confecção de carreadores	Motoniveladora	horas ha^{-1}	0,30	290,54	10,90
Subsolagem	HM Tp 185cv. 4x4 + subsolador 9 discos	horas ha^{-1}	1,80	141,13	31,75
Distribuição de calcário	HM Tp 185cv. 4x4 + distr. Calc.2,3 m^3	horas ha^{-1}	0,30	148,16	5,56
Distribuição de calcário	Pá carregadora	horas ha^{-1}	0,13	146,94	2,39
Gradagem niveladora	HM Tp 185cv. 4x4 + grade niv. 52x22	horas ha^{-1}	1,00	148,52	18,57
Aração	HM Tp 120cv. 4x4 +	horas ha^{-1}	2,00	100,05	25,01
Grade niveladora	Tp 120cv. 4x4 + gr. Niv. 52x22"	horas ha^{-1}	1,00	99,71	12,46
Insumos					**21,95**
Distribuição de calcário	Calcário	t ha^{-1}	1,96	89,60	21,95
PLANTIO					**1.858,50**
Operações Mecanizadas					**66,50**
Plantio MPB	Plantadora de cana	horas ha^{-1}	2,66	200,00	66,50
Insumos					**1.792,00**
Plantas de cana	Mudas de cana	Unid.	13.334	1,00	1.666,75
Plantas de cana	Fórmula 05-25-25	t ha^{-1}	0,460	1.450,00	83,38
Plantas de cana	Fipronil	kg ha^{-1}	0,25	600,00	18,75
Plantas de cana	Carbofurano	L ha^{-1}	5,00	37,00	23,13
TRATOS CULTURAIS					**305,84**
Operações Manuais					**189,90**
Carpa manual	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,80	120,00	27,00
Carpa química	mão de obra	diárias ha^{-1}	1,00	120,00	15,00
Arranquio capim colonião	mão de obra	diárias ha^{-1}	3,05	120,00	45,75
Combate formiga	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,50	120,00	7,50
Amostragem cigarrinha	mão de obra	diárias ha^{-1}	0,16	120,00	2,40
Irrigação de salvamento	mão de obra	diárias ha^{-1}	2,15	120,00	32,25
Roguing	mão de obra	diárias ha^{-1}	4,00	120,00	60,00
Operações Mecanizadas					**78,24**
Aplicação de herbicida	Tp 90cv. 4x4 + pulv. Barra 18m	horas ha^{-1}	1,00	91,99	11,50
Carpa mecânica	Trator grande	horas ha^{-1}	0,67	98,41	8,24
Carpa química	Trator médio	horas ha^{-1}	0,67	78,32	6,56

Irrigação de salvamento	Motobomba	horas ha^{-1}	3,00	89,92	33,72
Irrigação de salvamento	Trator médio	horas ha^{-1}	0,80	78,32	7,83
Controle da cigarrinha	Trator pequeno	horas ha^{-1}	0,40	68,57	3,43
Transp. Insumos	HM Caminhão Truck	horas ha^{-1}	0,40	139,20	6,96
Insumos					**37,70**
Aplicação de herbicida	Ametrina	L ha^{-1}	4,00	15,00	7,50
Aplicação de herbicida	2,4-D	L ha^{-1}	1,00	14,50	1,81
Aplicação de herbicida	Tebutiurom	L ha^{-1}	2,26	48,00	13,56
Carpa química	Glifosato	L ha^{-1}	4,07	22,68	11,54
Combate formiga	Isca granulada	kg ha^{-1}	0,20	11,48	0,29
Irrigação de salvamento	Água - irrigação	m^3 ha^{-1}	300,00	-	-
Controle da cigarrinha	Metharizium	kg ha^{-1}	2,00	12,00	3,00

APÊNDICE C – Custo da casa de vegetação para o sistema de plantio de mudas pré-brotadas, 2016

Produção anual de plantas: 1.233.792

Custos Fixos	**Unid.**	**Unid.**	**Valor R$**	**Total Custo**
Casa de brotação (162,0 m^2)	unid.	1	182.830,00	182.830,00
Estufa de crescimento (792,0 m^2)	unid.	1	221.585,00	221.585,00
Área de pleno sol (792,0 m^2)	unid.	1	136.880,00	136.880,00
Sub-total investimento para 5 anos (produção 6.635.520 plantas)				**541.295,00**
Depreciação/ano (vida útil em anos)	5	20%		86.607,20
Remuneração da terra	t ha^{-1}	18,80	60,00	1.128,00
Remuneração do capital (Selic)	%	14,25		77.134,54
Sub-total custos fixos anual (produção 1.327.104 plantas)				**164.869,74**
Custo fixo por planta/ano				**0,22**

Custos Variáveis (102.816 plantas - ciclo de 30 dias)	**Unid.**	**Qtde.**	**Valor R$**	**Total Custo**
Fase 1 - Corte da muda/corte minirrebolo				**2.498,52**
Toneladas de muda para extração gemas	t	7,34	60,00	440,64
Mão de obra corte mudas	diária	2,45	120,00	293,76
Transporte da cana para o galpão processamento	3 km	7,34	9,28	68,15
Extrator fixo de gemas (guilhotina)	unid	4,00	200,00	800,00
Mão de obra na extração gemas	diária	4,00	120,00	480,00
Descarte do resíduo	t	6,93	60,00	415,96
Fase 2 - Tratamento químico de gemas				**840,00**
Mão de obra tratamento químico	diária	3,00	120,00	360,00
Roguing	diária	4,00	120,00	480,00
Fase 3 - Brotação (10 dias)				**7.217,11**
Quantidade de pessoas plantio germinação	diária	2,00	120,00	240,00
Quantidade total substrato na caixa	kg	992	0,41	406,72
Adubação das mudas (0,18 L por tubete)				**6.570,39**
Sulfato amônio	g	55,52	1,58	87,68

Cloreto potássio	g	37,01	1,98	73,11
Termofosfato	g	37,01	1,93	71,28
Osmocote Mini Prill	g	55,52	59,00	3.275,72
Osmocote Plus	g	55,52	53,00	2.942,59
Mão-de-obra	diária	1,00	120,00	120,00
Sub-total				6.570,39
Fase 4 - Individualização e transplante tubetes				**4.512,51**
Quantidade pessoas transplante	diária	1,00	120,00	120,00
Quantidade total substrato nos tubetes	kg	10.281,6	0,41	4.215,46
Adubo formulado nos tubetes	kg	431,8	0,41	177,05
Fase 5 - Aclimatação 1 (21 dias)				**1.120,00**
Mao de obra poda foliar	diária	1,00	120,00	120,00
Irrigação (energia elétrica)	R$/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
Fase 6 - Aclimatação 2 (30 dias)				**7.201,45**
Mao de obra poda foliar	diária	1,00	120,00	120,00
Irrigação (energia elétrica)	R$/mês	1,00	1.500,00	1.500,00
Adubação foliar para 20 L água				**5.581,45**
Fosfato monoamônico	g	46,27	20,00	925,34
Nitrato cálcio	g	46,27	6,40	296,11
Ureia	g	74,03	0,73	53,91
Mão-de-obra	diária	1,00	120,00	120,00
Sub-total				1.395,36
Total custos variáveis				**23.389,58**
Custo variável por planta				**0,2275**
Custo fixo por planta				**0,2214**
Custo total por planta				**0,4489**
Custo hectare	unid.	13334	0,44886	**5.985,14**