

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB  
DIFERENTES SUBSTRATOS E FREQUÊNCIAS DE FERTIRRIGAÇÃO NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS**

**COSTANZA GUIMARÃES BARIANI**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para conclusão do bacharelado em Engenharia Agrônômica

Jaboticabal - SP

1º Semestre/2024

B252d

Bariani, Costanza Guimarães

Desempenho de variedades de cana-de-açúcar sob diferentes substratos e frequências de fertirrigação na produção de mudas pré-brotadas / Costanza Guimarães Bariani. -- Jaboticabal, 2024

62 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Anderson Prates Coelho

1. Cana-de-açúcar. 2. Variedades. 3. Substratos. 4. Fertirrigação. 5. Qualidade de mudas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

DEPARTAMENTO: ENGENHARIA

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: DESEMPENHO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES  
SUBSTRATOS E FREQUÊNCIAS DE FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE  
MUDAS PRÉ-BROTADAS

ACADÊMICO: Costanza Guimarães Bariani

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR(ES): Orientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri  
Coorientador: Anderson Prates Coelho

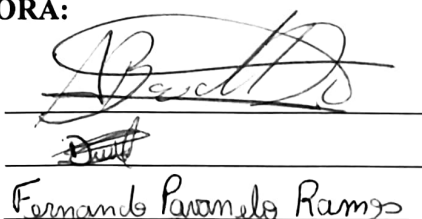
Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.  Sim  Não

### BANCA EXAMINADORA:

**Presidente** Alexandre Barcellos Dalri

**Membro** Daniel Carlos Machado

**Membro** Fernando Pavanelo Ramos



Fernando Pavanelo Ramos

Jaboticabal, 27 / 06 / 2024

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 28 / 06 / 2024

\* aprovado  
"ad referendum" do  
Conselho.



\_\_\_\_\_  
Chefe do Departamento

Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti  
Chefe do Depto. de Engenharia

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por capacitar-me e abençoar durante todo o período de graduação.

Aos meus pais, Fabio Costa Bariani e Fabiana Almeida Dias Guimarães Bariani, por me proporcionarem uma ótima educação e formação pessoal que me trouxeram até aqui. Além disso, incluo meu irmão, Lorenzo Guimarães Bariani, por sempre acreditar e me apoiar em todas as decisões de minha vida, sendo meu eterno porto seguro.

Ao restante de minha família, em especial Juliana Guimarães Toniello, João Marcelo Toniello, Ana Luiza Toniello e Julia Toniello, que sempre estiveram ao meu lado dando força, carinho e todo o suporte necessário para a formação de um cidadão antes mesmo de me tornar Engenheiro Agrônomo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri, pelos ensinamentos durante todo o projeto, nas aulas ministradas, mesmo durante o período de pandemia, e por conduzir com excelência atividades na área de Hidrologia e Drenagem, além das atividades administrativas em nossa Universidade, sempre exercendo sua profissão com extrema maestria, paciência e solicitude.

A minha supervisora de estágio, Ana Beatriz Coelho França, por me apoiar e auxiliar em todo o processo, desde a escolha e instalação do experimento, avaliações em campo até a escrita do meu trabalho de conclusão de curso, sendo sempre muito atenciosa e paciente para me orientar e obter o resultado esperado.

A todos os meus colegas de estágio que possibilitaram o desenvolvimento e conclusão do projeto, através de atividades e recursos disponibilizados.

Por fim, e não menos importante, aos meus colegas de turma da Agronomia 018 e à República Chá na Brasa, com quem convivi e aprendi muito durante esses anos de graduação.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1 Cana-de-açúcar no Brasil .....	12
2.2 Botânica e morfologia da cana-de-açúcar.....	17
2.3 Melhoramento genético e variedades .....	22
2.4 Tecnologias de plantio .....	24
2.5 Mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar .....	28
2.6 Substratos .....	30
2.7 Efeito dos sais na cana-de-açúcar .....	32
2.8 Fertirrigação de mudas pré-brotadas .....	35
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	36
3.1 Condução experimental .....	36
3.2 Caracteres avaliados .....	43
3.3 Análise estatística dos dados .....	45
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
4.1 Análise de variância e teste de médias.....	45
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	54
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Relação das características de cada fertilizante adotado quando se optou por fertilização mineral, correspondendo à dose utilizada para cada 200 litros de substrato.....	38
<b>Tabela 2.</b> Croqui dos tratamentos cuja fertirrigação era de 100% das doses de fertilizantes.....	42
<b>Tabela 3.</b> Croqui dos tratamentos cuja fertirrigação era de 50% das doses de fertilizantes.....	43
<b>Tabela 4.</b> Valores médios da altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.....	46
<b>Tabela 5.</b> Valores médios da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e condutividade elétrica das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.....	47
<b>Tabela 6.</b> Valores médios da altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.....	48
<b>Tabela 7.</b> Valores médios da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e condutividade elétrica das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.....	50
<b>Tabela 8.</b> Valores médios da altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.....	51
<b>Tabela 9.</b> Valores médios da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e condutividade elétrica das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Valores médios dos caracteres avaliados das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função das variedades.....	48
<b>Gráfico 2.</b> Valores médios dos caracteres avaliados das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função dos substratos.....	49
<b>Gráfico 3.</b> Valores médios dos caracteres avaliados das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função da frequência de fertirrigação.....	52



## DESEMPENHO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E FREQUÊNCIAS DE FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS

**RESUMO:** A cana-de-açúcar é uma matéria-prima extremamente importante no mercado brasileiro, além de ser uma das principais culturas no cenário global. É cultivada em mais de 100 países e, atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de açúcar e etanol, ressaltando a imprescindibilidade de um cultivo com excelência. Devido às suas características agrônômicas, a cultura é propagada assexuadamente através de pedaços de colmos. Por esse motivo, a propagação pode ocorrer de diversas formas, sendo as mais comuns a propagação por toletes distribuídos diretamente nos sulcos ou por mudas que foram cultivadas para depois serem levadas ao campo. O uso das mudas-pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB) é uma tecnologia com capacidade de produção rápida de cana, além de possuir inúmeros benefícios como menor quantidade de material utilizado, maior controle da sanidade, maior uniformidade no canavial, entre outras características promovidas. Um dos desafios para a produção de mudas-pré-brotadas de cana-de-açúcar é o manejo adotado, principalmente em relação ao substrato escolhido e à condutividade elétrica, uma vez que ambos interferem diretamente na qualidade da muda. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes substratos e da frequência da fertirrigação na produção de mudas pré-brotadas. O experimento foi conduzido no viveiro de mudas, de uma usina na cidade de Pradópolis-SP, no ano agrícola 2022/2023. Foram avaliadas 2 variedades de cana-de-açúcar, 4 substratos e 2 frequências de fertirrigação, no delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições. Foram feitas as seguintes avaliações: condutividade elétrica do substrato ( $\sigma$ ), altura (H), diâmetro ( $\emptyset$ ), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, Teste Tukey a 5% de significância. De acordo com os resultados da análise de variância, foi possível observar que houve diferença significativa pelo Teste F (1% de significância), indicando desdobramento para comparação das médias dos tratamentos. O coeficiente de variação (CV) variou de 12,44% (H) a 39,68% (NP), indicando boa precisão experimental. A variação dos parâmetros biométricos ocorreu através do comportamento das variedades, substratos e frequência de fertirrigação utilizados. Houve diferença significativa entre todos os fatores, tendo a variedade IACCTC07-7207 um melhor desempenho nas condições de produção, assim como o substrato com maior porcentagem de fontes orgânicas. A fertirrigação teve melhor resultado quando em maior frequência.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, Mudas Pré-brotadas, Substratos.

## PERFORMANCE OF SUGARCANE VARIETIES UNDER DIFFERENT SUBSTRATES AND FERTIGATION FREQUENCIES IN THE PRODUCTION OF PRE-SPROUTED SEEDLINGS

**ABSTRACT:** Sugarcane is an extremely important raw material in the Brazilian market, as well as being one of the main crops globally and cultivated in more than 100 countries. Currently, Brazil is the largest producer of sugarcane and the world's largest exporter of sugar and ethanol, highlighting the indispensability of excellent cultivation practices. Due to its agronomic characteristics, the crop is propagated asexually through pieces of stalks. For this reason, propagation can occur in various ways, the most common being propagation by billets directly distributed in the furrows or by seedlings that were cultivated and then taken to the field. The use of pre-sprouted sugarcane seedlings is a technology capable of rapid seedling production, offering numerous benefits such as a smaller amount of material used, better health control, greater uniformity in the sugarcane field, among other promoted characteristics. One of the challenges in the production of pre-sprouted sugarcane seedlings is the management adopted, especially regarding the chosen substrate and electrical conductivity, as both directly affect seedling quality. This work aimed to evaluate the effect of different substrates and fertigation frequencies on the production of pre-sprouted seedlings. The experiment was conducted in the seedling nursery in the city of Pradópolis-SP, in the 2022/2023 agricultural year. Two sugarcane varieties, four substrates, and two fertigation frequencies were evaluated, in a completely randomized design with ten repetitions. The following evaluations were made with substrate electrical conductivity ( $\sigma$ ), height (H), diameter ( $\emptyset$ ), number of tillers (NT), number of leaves (NL), shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), and Dickson's quality index (DQI). The collected data were subjected to analysis of variance and, subsequently, to Tukey's test at 5% significance. According to the results of the analysis of variance, we observed that there was a significant difference by the F-test (1% significance), indicating a need for further comparison of the treatment means. The coefficient of variation (CV) ranged from 12.44% (H) to 39.68% (NT), indicating good experimental precision. The variation in biometric parameters occurred through the behavior of the varieties, substrates, and fertigation frequencies used. There was a significant difference between all factors, with the IACCTC07-7207 variety performing better under the production conditions, as well as the substrate with the highest percentage of organic sources. Fertigation showed better results when applied more frequently.

**Keywords:** Sugarcane, Pre-sprouted Seedlings, Substrates.

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem importância histórica, econômica e social no país, contribuindo significativamente para a geração de emprego, renda e para o desenvolvimento regional. A introdução da cana-de-açúcar no Brasil ocorreu no início do período colonial, em meados do século XVI, pelos portugueses. Desde então, a cultura se tornou uma das principais atividades econômicas do país, sendo a produção de açúcar no Brasil colonial responsável por moldar a economia e a sociedade da época, destacando-se como a principal atividade agrícola até a chegada do ciclo do café no século XIX (RODRIGUES, 2010).

Ao longo do século XX, houve um grande incentivo para produção de açúcar e álcool, partindo de programas como Proálcool, visando o uso de recursos mais sustentáveis, assim como a superação de uma crise energética e da competitividade no mercado internacional.

A partir do final dos anos 90 e começo do século XXI, o Brasil já se encontrava em uma posição de destaque na produção de cana-de-açúcar, passando grande parte deste período como maior produtor mundial da cultura e maior exportador de açúcar, etanol e subprodutos da cana.

Em 2018, segundo a Confederação Nacional da Agricultura (2019), a cana-de-açúcar representava o sexto lugar na contribuição do valor bruto da produção (VBP) do agronegócio brasileiro, correspondendo a cerca de 10 milhões de hectares em área colhida e aproximadamente 8% do montante monetário gerado em 2018.

Para que estes dados fossem congruentes e a produção crescente, o avanço em tecnologias e métodos para otimizar a produção, diminuindo o

volume de recursos, mão de obra e aumentando a capacidade de produtividade foi incentivado. Uma das alternativas adotadas foi o uso de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB) como modalidade de plantio. Estas mudas vieram como uma opção ao plantio mecanizado, mantendo a capacidade operacional, mas reduzindo os danos às gemas e a quantidade de falhas promovida pelo plantio através de máquinas, ou seja, menor consumo de mudas, além de produzir rapidamente as mudas, com uniformidade, vigor e fitossanidade (LANDELL et. al, 2013).

Alguns fatores influenciam diretamente na qualidade da MPB, como a sanidade do material utilizado, as condições de aclimação que carecem de umidade e temperaturas controladas, incidência de pragas e doenças, processos fitossanitários utilizados e irrigação. Um dos principais fatores apontados é o substrato, cujas propriedades físicas e químicas alteram drasticamente o desenvolvimento da MPB, devido às suas funções de sustentação e administração de água, nutrientes e ar na muda, por exemplo (FONTENO, 2016).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes substratos e da frequência da fertirrigação na produção de mudas pré-brotadas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Cana-de-açúcar no Brasil**

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das culturas mais importantes para a economia brasileira, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial, segundo os dados da USDA (2023), que também destacam o país pelo aumento da sua participação na produção e mercado mundiais. Para a

safras 2023/24, as projeções apontaram que o Brasil respondeu por 22,4% da oferta e por 45% do comércio global do produto, com aumento de 15% das exportações em comparação com a safra anterior.

Não se sabe ao certo a origem da cana-de-açúcar, contudo a teoria mais aceita é que a cultura seja nativa das ilhas do Arquipélago da Polinésia. A cultura canavieira teve como precursores os árabes, tempo no qual a principal matéria-prima, o açúcar, era utilizado como condimento ou artifício medicinal, principalmente no norte da África e sul da Europa. No continente americano, a cana-de-açúcar se adaptou rapidamente uma vez que o clima, o solo e os demais fatores agricultáveis favoreceram o estabelecimento da cultura, que foi introduzida por Cristóvão Colombo, primeiramente em São Domingo, se expandindo para Cuba, ilhas do Caribe e, mais tarde, para o restante das Américas (SILVA; SILVA, 2012).

No Brasil, a história da cana-de-açúcar é marcada desde o período colonial, sendo o setor canavieiro uma das mais antigas atividades econômicas no Brasil e, assim, o açúcar foi considerado, por um longo intervalo, o responsável por grande parcela do produto e da renda brasileira (NASTARI, 2015).

Segundo Rodrigues (2010), o estabelecimento da cultura no território brasileiro ocorreu no século XVI, já que havia a necessidade de colonizar as terras e explorar as riquezas naturais. Além disso, o país conferia características extremamente favoráveis para o desenvolvimento da cultura. Por fim, a produção de açúcar se mostrou um ótimo investimento para os portugueses devido ao grande destaque no comércio europeu e o consumo em ascensão. Esta atividade econômica foi iniciada por Martim Afonso de

Souza, responsável por trazer as primeiras mudas de cana-de-açúcar para o país e pelo funcionamento do primeiro engenho brasileiro em São Vicente no ano de 1532.

As demais capitâneas também receberam o incentivo de produção, resultando na proliferação da cana-de-açúcar pela costa brasileira. Nos litorais dos atuais estados da Bahia e Pernambuco, foram estabelecidos engenhos que passariam a ser os principais produtores na época devido ao escoamento agilizado e facilitado para o mercado consumidor. A produção da cana-de-açúcar na colônia brasileira gerou lucros que reforçaram o alicerce econômico no Brasil nos séculos XVI e XVII. Contudo, houve um declínio no consumo do açúcar na Europa, além de Portugal não ter assegurado a manutenção do monopólio da cana-de-açúcar, fazendo com que a cultura perdesse espaço no mercado e deixando de ser o principal produto nacional, no século XIX. Em 1889, na Proclamação da República, o açúcar se encontrava em terceiro lugar nas exportações brasileiras e, em 1910, caiu para sexto lugar (RODRIGUES, 2010).

Em 1933, foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) que implicou na agitação novamente do setor canavieiro. Mas, de acordo no Rodrigues (2015), o processo se intensificou somente com a criação e estabelecimento do Proálcool (Programa Nacional do Alcool), na década de 1970. Neste período, as lavouras de cana-de-açúcar e sua produção cresceram exponencialmente.

De acordo com Carvalho e Carrijo (2007), houve muitos estímulos na produção após a criação do Proálcool, contudo o crescimento do setor se deu também ao envolvimento intenso da pesquisa e do desenvolvimento

tecnológico nas áreas agrícolas, químicas e automobilísticas. As duas últimas áreas citadas propulsaram o setor em função da produção de álcool como substituto da gasolina, em razão das crises do petróleo que ocorreram entre 1973 e 1979.

O gargalo no fornecimento energético e a preocupação com a sustentabilidade se tornava uma demanda mundial, exigindo processos mais limpos e viáveis tanto no âmbito social, econômico e ambiental, fazendo com que o etanol, um biocombustível proveniente da cana-de-açúcar, tivesse seu consumo fomentado, garantindo o crescimento deste mercado e a redução das importações de petróleo, cujo preço do barril, na época, estava bastante elevado (JORDÃO et al., 2015).

De acordo com Vian et al. (2015), o Brasil se encontrava em uma conjuntura excelente para a exploração do setor canavieiro, uma vez que houve uma grande contribuição através da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico, na genética por exemplo, com a exploração de novos materiais genéticos. Além do incentivo da indústria química com fertilizantes e defensivos e da mecanização agrícola sucroalcooleira, com maquinários capazes de aumentar o rendimento nas operações em campo.

Entre os anos de 1975 e 1990, a produção de etanol apresentou um crescimento significativo, além de apresentar uma expansão nas vendas de automóveis movidos a álcool, enquanto o açúcar evidenciou um crescimento exponencial a partir de 1995 e 1996, quando sua comercialização era majoritariamente para o mercado externo, o que afetou a cotação mundial da *commodity*. Após alguns anos, o Proálcool teve um declínio progressivo, assim como as vendas de carros movidos a álcool que só retornaram com

novas perspectivas em 2003 com a introdução de veículos leves (*flex fuel*), fato esse que não impactou no mercado sucroenergético, devido às exportações do açúcar e das inovações de produção (VIAN, 2022).

Segundo Vian (2022), o êxito de programas de incentivo à produção de açúcar e álcool, assim como o cultivo da cana-de-açúcar, juntamente à evolução proveniente da pesquisa agrícola e industrial, fizeram com que o Brasil tivesse uma grande competitividade no mercado externo, posicionando-o entre os maiores produtores mundiais, uma vez que o país possui condições favoráveis para o cultivo, além de garantir um baixo custo de produção quando comparado aos seus concorrentes, favorecendo a competitividade.

De acordo com a Unica (2008), o Brasil já se encontrava em uma posição de destaque em relação à produção da cana-de-açúcar e seus derivados na primeira década do século XXI, apresentando consolidação do uso de etanol como alternativa ao combustível fóssil no país, além da abertura de novos mercados como a União Europeia, Coreia do Sul, Estados Unidos, Japão e Caribe.

Com o impacto do desenvolvimento tecnológico, a agroindústria canavieira foi intitulada de “setor sucroenergético” a partir da apresentação do etanol de segunda e terceira geração e a produção de biopolímeros, marcando um alto investimento tecnológico e o aproveitamento ampliado da cana-de-açúcar (SCHENBERG, 2010).

Segundo Dinardo-Miranda et al. (2010), a exploração do potencial genético das variedades de cana-de-açúcar culminou na maior dependência dos insumos e dos tratos culturais, viabilizando um maior aproveitamento

dos manejos e integração das operações, além de adotar práticas que assumiam maior relevância na busca de altas produtividades. Com as prerrogativas para desenvolver a produção, juntamente com a crise ambiental e energética e o auxílio das inovações tecnológicas e normativas, a especialização da produção de açúcar, biocombustível e energia se destacaram, além de expandirem para novos territórios do Brasil, como o Cerrado, estandardizando a reorganização do setor (BACCHI e CALDARELLI, 2015).

Por décadas o Brasil permaneceu na liderança da produção mundial de cana-de-açúcar e derivados como a palha, bagaço e vinhaça, deixando de ser o maior produtor durante o intervalo de 2017 a 2019, posto assumido pela Índia (FAO, 2019). Este fato ocorreu devido à diminuição da produção e da área cultivada em função das crises hídricas e da diminuição da importação do açúcar pela China. Porém, na safra de 2019/2020, segundo a CONAB (2020), houve um aumento da produtividade média por hectare de aproximadamente 5% em comparação à safra anterior, recuperando até os dias atuais a liderança na produção e exportação da cultura.

## **2.2. Botânica e morfologia da cana-de-açúcar**

Segundo Santos e Borém (2013), a cana-de-açúcar é uma planta monocotiledônea, ou seja, planta angiosperma que possui apenas um cotilédone na semente, tendo a nutrição do embrião a partir de uma única região. Possui folhas paralelinérveas, com nervuras paralelas entre si, raízes fasciculadas, formando um conjunto de raízes finas tendo um único ponto como origem e feixes vasculares esparsos no caule. Além disso, trata-se de

uma planta alógama (transmissão dos alelos às gerações seguintes através, preferencialmente, da polinização cruzada), perene e pertencente à família Poaceae, representadas pelo milho, sorgo, arroz e muitas outras gramíneas.

A cana-de-açúcar comercialmente cultivada é dita como uma planta gramínea semi-perene, obtida através de cruzamentos de espécies do gênero *Saccharum*, totalizando seis espécies: *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. sinense*, *S. barberi* e *S. edule* (TOPPA, 2010). As espécies mais utilizadas originadas destes cruzamentos são a *S. officinarum*, dita como uma espécie menos rústica e adaptável, com alto índice tecnológico e acúmulo de altos teores de sacarose no colmo, e a *S. spontaneum*, classificada pelo ótimo perfilhamento, capacidade de rebrota e resistência a doenças, porém com baixo acúmulo de sacarose no colmo.

A cana-de-açúcar, como já mencionada, trata-se de uma planta alógama, cuja reprodução inclui dois gametas advindos de seres com sexo opostos, porém, mesmo possuindo reprodução sexuada, quando cultivada comercialmente, a cultura é multiplicada assexuadamente, pela propagação vegetativa. As gemas, meristemas embrionários laterais, se encontram em dormência devido a dominância apical. Em condições favoráveis, há o estímulo e apontamento da gema, dando início ao primeiro perfilho.

Segundo Magro et al. (2011), a propagação ocorre através do uso de toletes, que são fragmentos do colmo que podem variar de tamanho, em função da técnica de plantio adotada, mas que, necessariamente, contém a gema, estrutura reprodutiva da cana-de-açúcar, juntamente com sua reserva nutricional, nutrientes e água, que formaram as raízes e o colmo principal de uma touceira. A cultura perfilha abundantemente, até que o auto

sombreamento inibe o perfilhamento e induz o desenvolvimento do colmo principal, que acontece até a ocorrência de algum estresse como escassez de água, baixas temperaturas ou florescimento. De acordo com Mozambani et al. (2006), a cana-de-açúcar apresenta inflorescências de panícula aberta, também denominadas de bandeiras ou flechas, que comercialmente, não são interessantes, possuindo relevância para cruzamento e produção de variedades híbridas.

Para Diola e Santos (2010), o caule se desenvolve através dos colmos, bainhas abertas e folhas com lâminas de sílica, possuindo hábito de crescimento ereto ou levemente decumbente, com seleção dos perfilhos naturalmente e o desenvolvimento da planta, assim como sua altura, pode ser influenciado de acordo com o genótipo, condição hídrica, baixas temperaturas e demais mediações positivas ou negativas, em relação ao manejo e características edafoclimáticas do local de plantio.

A cana-de-açúcar é uma planta de alta eficiência na assimilação e manutenção de  $\text{CO}_2$  e possui classificação C4, com atividade de enzimas-chave, isto é, possui elevada conversão de luminosidade em energia química, acumulando cerca de duas vezes mais biomassa que uma planta C3 em condições climáticas com alta irradiância e estresse hídrico (ALENCAR, 2012).

De acordo com Casagrande & Vasconcelos (2010), as fases que constituem o ciclo fenológico da cana-de-açúcar são a brotação, perfilhamento, crescimento, maturação e floração da planta.

Partindo do ciclo fenológico da cana-de-açúcar, a primeira fase é a de brotação que possui grande importância uma vez que implicará na qualidade

e vigor de desenvolvimento de todo o ciclo, além disso a brotação tem bastante relevância para a escolha das variedades, uma vez que quanto melhor é a brotação apresentada, mais facilmente a planta será capaz de enfrentar condições ambientais adversas (SILVA et al., 2003).

Para Elia (2016), a brotação se inicia quando, a partir de gemas viáveis e primórdios radiculares, o broto rompe as películas da gema e se desenvolve em direção à superfície enquanto há o desenvolvimento das raízes, totalizando cerca de 20 a 30 após o plantio. Esse processo só é viável através do consumo das reservas do tolete, consumindo energia em condições favoráveis para a atividade de enzimas e de reguladores de crescimento (CASAGRANDE & VASCONCELOS, 2010).

Tem-se que, quanto maior for a qualidade do tolete em termos nutricionais, melhor será a brotação e seu desenvolvimento inicial. De acordo com Landell et al. (2013), as reservas presentes no tolete com a presença de água são responsáveis pela evolução do processo de brotação, cuja influência ocorre entre 30 a 60 dias após o plantio, este período se encerra a partir de um desenvolvimento mais completo da planta, fazendo com que ela não seja mais dependente unicamente de suas reservas, podendo ser nutrida pelo sistema radicular já bem-desenvolvido, aumentando a absorção de nutrientes e água do solo.

A segunda fase de desenvolvimento da cana-de-açúcar é marcada pelo perfilhamento da planta, que consiste na emissão de colmos por uma mesma planta, cuja formação é regulada por hormônios, resultando no crescimento de brotos. A emergência dos demais perfilhos acontece após 20 a 30 dias da emergência do colmo primário. É através do perfilhamento que ocorre a

formação da touceira e, conseqüentemente, a obtenção da população de colmos a ser colhida. O final desta fase é marcado pelo auge do perfilhamento, quando ocorre a cobertura total do solo pela folhagem das plantas (MARIN, 2022).

Para Marin (2022), o crescimento dos colmos, terceira fase fenológica, é marcado pelo desenvolvimento dos colmos que vingaram do perfilhamento. Ou seja, é neste momento que há o ganho de altura e acúmulo de açúcar na base, estimulado por luz, umidade e calor. É neste momento que há a formação de palha, com folhas mais velhas amarelando e secando. O sistema radicular possui um crescimento mais intenso, tanto em profundidade, quanto lateralmente e este desenvolvimento cessa ao atingir a população final de colmos, variando em altura e acúmulo de sacarose em virtude das condições do ambiente e manejo.

Por fim, Marvin (2022) divide a maturação dos colmos em 3 etapas, a primeira se inicia junto ao crescimento intenso dos colmos sobreviventes do perfilhamento, quando o excesso de açúcar permanece armazenado na base de cada colmo. A segunda é denominada de maturação do terço médio, cujas touceiras devem apresentar altura igual ou superior a dois metros, folhas já em processo de secagem e depósito de açúcar na altura mediana da planta. A maturação final é marcada pelo intenso armazenamento de açúcar, onde a atividade de crescimento já é bastante reduzida. Com a maturação completa, pode-se definir o momento de colheita que também varia em função da variedade, época de plantio, condições climáticas e duração do ciclo.

### **2.3. Melhoramento genético e variedades**

No Brasil, as condições edafoclimáticas contribuíram para um bom desenvolvimento da cultura no período colonial. Contudo, houve um salto significativo na produção e produtividade da cana-de-açúcar através dos avanços tecnológicos e desenvolvimento de variedades com maior capacidade de adaptação tanto climática quanto em relação aos ambientes de produção (DE CARVALHO e FURTADO, 2013).

Segundo a FAO (2023), o território brasileiro possui cerca de 10 milhões de hectares em área plantada de cana-de-açúcar, fato somente alcançado devido às tecnologias e pesquisas acerca do melhoramento genético e desenvolvimento de novas variedades, permitindo melhor adaptação das condições e características de cada ambiente, além de promover resistência às pragas e doenças, por exemplo.

Para Daros et al. (2015), a adoção de novas variedades, ditas a partir do melhoramento genético, impulsionou intensamente o setor sucroalcooleiro. Nas últimas quatro décadas, é evidente o incremento expressivo na produção da cana-de-açúcar. Assim, os constantes investimentos nos programas de melhoramento levaram o Brasil para uma posição privilegiada na produção. As pesquisas fizeram com que a produtividade da cana-de-açúcar saltasse de 55 para cerca de 80 toneladas por hectare, desde a década de 60, resultado principalmente do esforço de programas de instituições brasileiras como a Copersucar, a Planalsucar e o Instituto Agrônômico (LANDELL, 2003).

As variedades desenvolvidas no Brasil são representadas predominantemente pelas instituições: Rede Interuniversitária para o

Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA) – variedades “RB”, cujo desenvolvimento ocorre através da parceria com dez Universidades Federais como a UFSCar, além de vínculos com os setores público e privado; Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) – variedades “CTC”, cuja origem é proveniente da antiga Copersucar; e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) – variedades “IAC”. Também havia o programa CanaVialis-Monsanto, responsáveis pelas variedades “CV”, porém suas atividades foram encerradas no setor de desenvolvimento genético (CHAPOLA et al., 2011).

O programa de melhoramento pode ser influenciado de diversas maneiras, porém seu sucesso é diretamente conexo à escolha dos genitores, precisão dos experimentos, escolha dos caracteres e época correta da avaliação, visando sempre as necessidades do mercado. Do melhoramento à fase final de liberação para comercialização do material, há uma janela de pelo menos 10 anos, onde são feitas as seleções das características esperadas.

A CTC-2994, variedade desenvolvida pelo programa de melhoramento genético do Centro de Tecnologia Canavieira, possui como foco os ambientes de produção A, B e C, ou seja, ambientes com alto e médio potencial produtivo e previsão de colheita para os meses de agosto, setembro, outubro e novembro. Esta variedade é tolerante à ferrugem alaranjada e marrom, à escaldadura e ao mosaico e possui tolerância intermediária ao carvão. Além disso, o CTC (2022) destaca uma produtividade muito alta tanto para cana planta, quanto para soca, raro índice de tombamento (característica importante para canaviais mais tardios),

médio perfilhamento, bom fechamento das entrelinhas, raro florescimento e isoporização ausente. Por fim, é uma variedade que despalha facilmente, facilitando o processo de limpeza e apresenta teor máximo de sacarose aparente na cana, alto teor de fibra médio, com tolerância a seca e porte ereto, facilitando a mecanização.

Já a IACCTC07-7207 é uma variedade mais nova com alta produtividade, que atinge valores bastante superiores em produtividade quando comparada às variedades padrões. Possui cerca de 16 a 18 colmos por metro quadrado, soqueira longeva e porte ereto, excelente para adaptação ao plantio mecanizado e ideal para ambientes A, B e C. Segundo Landell (2022), esta nova variedade de cana apresenta 53% mais colmos que a RB86-7515, que ocorre devido a elevada população de colmos, apresentando superioridade também na produtividade agroindustrial. A variedade possui um fechamento rápido, diminuindo a incidência de plantas daninhas entre as linhas de cana, reduzindo o número de aplicações de herbicidas. Por fim, seu perfil de maturação ocorre entre os meses de junho a setembro, material precoce, com alto teor de sacarose e resistência à ferrugem marrom.

#### **2.4. Tecnologias de plantio**

Segundo Furlani & Voltarelli (2015), o cultivo da cana-de-açúcar sofreu com grandes transformações, como as demais grandes culturas, fazendo com que seu processo produtivo fosse alterado, desde o planejamento da instalação da cultura até a colheita. Dentre estes processos, novas modalidades de plantio foram adotadas, como mecanizada.

Um planejamento adequado e plantio de qualidade são imprescindíveis para o desenvolvimento inicial da cultura, além de ditarem o padrão e a longevidade do canavial. Para isso, é necessário estudar os fatores que influenciam o plantio do canavial: otimização da cultura, época de plantio, escolha da área e, conseqüentemente, da variedade, sanidade da muda, preparo adequado do solo, profundidade de plantio, cobertura dos toletes e distribuição das gemas no sulco (CARLIN et al., 2004).

Atualmente, têm-se modalidades de plantios que, para Furlani & Voltarelli (2015), variam em função do tipo de cana-semente e da sua deposição no sulco. Em relação ao tipo de cana-semente, há o plantio do colmo integral, onde os toletes são depositados no sulco, diretamente após o corte da cana-de-açúcar e o tolete é propagado através da formação de mudas menores, com o corte dos colmos dentro do sulco; e a propagação através das gemas, que formam uma muda, ocorrendo o transplantio posteriormente. Já em relação a sua deposição, o plantio pode ocorrer de maneira manual, semimecanizado e mecanizado, podendo este ser semiautomático ou inteiramente automatizado.

O plantio manual possui, geralmente, um espaçamento de 1,50 metro entre sulcos, podendo variar de acordo com o planejamento de colheita, profundidade de sulco de 35 a 50 centímetros e colmos utilizados de 10 a 12 meses. Ao serem dispostos no sulco, é ideal que haja o cruzamento “pé com ponta”, com uma densidade média de 15 a 20 gemas por metro de sulco. Para que haja uma qualidade de brotação desejável, dependendo das características do ambiente e da variedade escolhida, é necessário utilizar pelo menos cerca de 7 a 10 toneladas de muda por hectare, representando

um gasto de 10 a 14 Mg/ha de colmos (SANTOS e BORÉM, 2013). Após a distribuição e corte dos toletes dentro do sulco, deve-se fazer a cobertura do sulco, camada esta que deve ser levemente compactada, evitando a formação de bolsas de ar, cuja presença prejudica o desenvolvimento das brotações. Esta modalidade é atualmente pouco utilizada com maior ocorrência em áreas mais declivosas ou de baixo desenvolvimento tecnológico, muitas vezes substituída através de algumas modificações pelo plantio semimecanizado ou mecanizado (SILVA; SILVA, 2012).

O plantio semimecanizado envolve um conjunto de operações manuais como a distribuição das mudas e o corte das mesmas no sulco, além das operações mecanizadas que podem envolver operações como sulcação, distribuição de mudas, fracionamento e alinhamento das mudas, cobertura do sulco e aplicação de defensivos e fertilizantes (RIPOLI et al., 2007). Neste caso a disposição das mudas se assemelha muito ao plantio manual, tendo aproximadamente a mesma quantidade de colmos utilizada em ambas as modalidades.

Para Fraga Júnior (2015), devido à escassez de mão de obra e o anseio para melhorar a capacidade produtiva, o plantio mecanizado foi adotado, reduzindo custos e proporcionando mais facilidade no gerenciamento do sistema, uma vez que a mão de obra para o corte dos colmos-semente foi eliminada, assim como a do plantio manual. Contudo com o advento do plantio mecanizado, mesmo com a otimização da atividade, houve uma maior incidência de falhas, uma vez que não há um mecanismo dosador de rebolos, ocasionando danos nas gemas dentro da plantadora e, por estes motivos, foi necessário aumentar o volume de mudas, para compensar as

perdas em produtividade, atingindo níveis superiores a 20 Mg/ha de colmos (CARLIN et al., 2004; SANTOS e BORÉM, 2013).

Para diminuir a quantidade de mudas e reduzir as áreas para a produção deste material, o setor sucroenergético buscou alternativas para a renovação dos canaviais, com menor mão de obra, maior eficiência e ganhos econômicos. Pensando nisto, foi desenvolvido um sistema denominado “Plene”, uma espécie de micro tolete com formato cilíndrico e revestido com um material fibroso e degradável, cuja composição protege o material propagativo do ataque de pragas e doenças, além de minimizar a perda de água. Este sistema de plantio é pouco utilizado, porém por terem menor volume e tratamento fitossanitário envolvendo sua estrutura, há menor custo operacional, maior qualidade nas mudas e redução de perdas (PESSAN; SCARTOZZONI, 2012). Uma alternativa mais aceita e adotada para redução do volume de cana utilizada para o plantio foram as mudas-pré-brotadas de cana-de-açúcar, sistema semelhante ao anterior, uma vez que utilizam da gema como material de propagação.

As mudas-pré-brotadas (MPB) são um sistema que favorecem a uniformidade nas linhas de plantio, resultando no menor número de falhas e reduzindo o volume de colmos utilizados no plantio. Porém, deve-se garantir que as mudas sejam de alta qualidade e sanidade. Em relação aos fatores que influenciam na formação da MPB, tem-se o substrato utilizado, além do volume e tubete escolhido, variedade, irrigação, fertilização, manejos contra pragas e doenças e outros cuidados como ambientação e podas.

Para Dias (2014), as gemas utilizadas para a formação das mudas devem possuir cuidados fitossanitários igual aos viveiros tradicionais, além de

serem provenientes de canaviais com controles rigorosos de qualidade. Estas gemas devem ser extremamente sadias e possuírem integridade zelada, sem danos mecânicos e não podem ser submetidas a misturas varietais. Para a formação das mudas, é retirada a gema, com uma reserva que permitirá seu desenvolvimento inicial. Esta estrutura é, geralmente, já posicionada no substrato e acondicionada até a brotação. Após a brotação, seus manejos seguem por cerca de 60 dias, até sua plena formação, quando já pode ser levada ao campo para o transplântio.

### **2.5. Mudanças pré-brotadas de cana-de-açúcar**

Este sistema de plantio de gemas isoladas foi lançado, no Brasil, pelo IAC (Instituto Agrônômico de Campinas), no Programa Cana, intitulado “Sistema de Produção de Mudanças Pré-brotadas (MPB)” (LANDELL et al., 2013), com o objetivo de reduzir as falhas, apresentando uma técnica sustentável e que diminui os custos de produção. De acordo com Fraga Júnior (2015), o sistema MPB necessita de cerca de 2 toneladas de colmos por hectare, enquanto o plantio semimecanizado e mecanizado utiliza de 12 a 20 toneladas por hectare.

Segundo o IAC (2012), primeiramente, para que ocorra maior aproveitamento das gemas, deve-se utilizar a cana de viveiros com 6 a 10 meses de idade, que tiveram maiores cuidados e manejos, como “roguing” (identificação e eliminação, em campo, de plantas atípicas ou danificadas), tratamento térmico das mudanças no plantio, controle rigoroso de plantas daninhas e outros tratamentos necessários.

Após o corte destes colmos, o material é levado para que comece propriamente dita a produção das mudas. Já na biofábrica, a cana é despalhada e levada ao corte, que ocorre, geralmente através de uma guilhotina com lâmina dupla desinfetada com produtos à base de amônia quaternária. O corte ocorre com um espaçamento de cerca de 3 centímetros, deixando uma reserva para o desenvolvimento da gema, formando então os minirrebolos. Nesta etapa, já é realizada a pré-seleção da qualidade das gemas, descartando gemas com danos mecânicos ou atacados por doenças ou pragas (IAC, 2012).

De acordo com o mesmo instituto, após o corte e pré-seleção, os minirrebolos passam por um tratamento fitossanitário. Primeiramente, são imersos em uma solução hidratante, facilitando a penetração dos demais produtos. Enfim, os minirrebolos são submetidos a um banho de produtos à base de Azoxistrobina ou Pyraclostrobin a 0,1% na solução, por 3 minutos, onde a adição de outros produtos complementares como defensivos e promotores de enraizamento são permitidos e, muitas vezes, bem-vindos. Estas estruturas passam novamente por uma seleção e são levados, já recobertos com substrato, para a estufa de brotação, onde permanecem por cerca de 10 a 15 dias após o plantio, em condições de umidade e temperaturas controladas.

Após o intervalo de tempo indicado, as plântulas que tiveram sucesso na brotação são transferidas para tubetes ou células em bandejas para continuarem seu desenvolvimento, podendo ser adotadas diferentes dinâmicas. Já posicionadas, estas brotações seguem para a fase I de aclimação, onde permanecem em uma casa de vegetação com controle

de lâminas de irrigações controladas de acordo com a umidade do substrato. Além disso também são condicionadas à adaptação em ambiente com alta umidade relativa do ar. Completando 20 dias nesta aclimação, há o estímulo do desenvolvimento radicular através da primeira poda, finalizando este período (LANDELL et al., 2013).

Por fim, há a fase II de aclimação, onde as plântulas são transferidas para bancadas a pleno sol, simulando melhor as condições reais do campo, além de promover o desenvolvimento das mudas. Neste período, que se estende de 20 a 30 dias, há um maior controle da irrigação e do número de podas (IAC, 2012).

Com 60 dias após o plantio, as mudas já estão prontas para serem transplantadas para o campo, podendo ocorrer de forma manual ou mecanizada (LANDELL et al., 2013).

## **2.6. Substratos**

O substrato nada mais é que um substituinte do solo que tem como função, a sustentação da planta em um recipiente e a recepção e gerenciamento de água, nutrientes e ar. Sua origem pode ser mineral (quimicamente inativos ou inertes), orgânica (origem em resíduos vegetais, sujeitos à decomposição) ou sintética, podendo até adotar formulações mistas. Para Fonteno (2016), as propriedades do substrato são importantes para determinar as necessidades de cultivo, assim como seu uso e manejo adequados.

O meio no qual os minirrebolos serão inseridos interferem diretamente na brotação e no desenvolvimento inicial das gemas. Frequentemente, para

que as propriedades químicas e físicas ideais sejam alcançadas para a brotação, é feita uma combinação de um ou mais componentes, formando o substrato (XAVIER et al., 2014).

Como salientam Zietemann e Roberto (2007), a obtenção de mudas de qualidade ainda representa um desafio, pois depende do uso de substratos com boas condições sanitárias e com propriedades físico-químicas que favoreçam o crescimento e o desenvolvimento inicial das plantas.

Portanto, segundo Xavier et al. (2014), as características desejáveis para um substrato são: pH adequado, concentrações de sais de baixas a moderadas, baixa densidade e boa porosidade, facilidade de manuseio e uniformidade na composição, alta capacidade de troca de cátions, boa retenção de água e nutrientes que proporcionem uma boa aeração para o sistema radicular, ausência de sementes de plantas invasoras, doenças, pragas e elementos tóxicos, boa aderência às raízes, abundância e viabilidade econômica.

Dentre as características destacadas, é possível apontar que para o desenvolvimento da muda, tem-se como ideal uma densidade base seca de 0,1 a 0,3 kg/m<sup>3</sup>, espaço de aeração de 20 a 30% e água facilmente disponível registrando 30 a 40%. Em relação à parte química, deve-se marcar 0,76 a 1,25 dS/m a 25°C e pH em torno de 5,5 a 6,5, evitando indisponibilidade ou toxidez de nutrientes para a planta (XAVIER et al., 2014).

Segundo Barreto et al. (2018), o substrato desempenha um papel crucial no desenvolvimento e na aclimatação das mudas devido às suas características físicas, químicas e biológicas. Um bom substrato é aquele que oferece condições ideais de umidade, nutrientes, disponibilidade de

água, macro e micro porosidade, capacidade de troca de cátions, regeneração adequada das raízes e uniformidade.

Dentre os materiais mais utilizados na produção de MPB estão a turfa, cascas de árvore (pinus), fibra de coco, casca de arroz, vermiculita, areia lavada e substrato comercial (BARRETO et al., 2018). Porém, grande parte dos substratos comerciais apresentam qualidade moderada em relação aos aspectos físico-químicos, além de serem recomendados de forma indistinta para diferentes culturas (TRANI et al., 2007).

A indústria sucroalcooleira produz grande quantidade de subprodutos, tendo 250 quilogramas de bagaço e 40 quilogramas de torta de filtro para cada tonelada de cana, resultando em um expressivo risco de poluição caso não haja aproveitamento ou descarte correto dessas substâncias. Dessa forma, o destino desses subprodutos pode ser na composição e fabricação do substrato, diminuindo os custos de produção da MPB e proporcionando uma medida mais sustentável para o destino dos materiais provenientes da indústria (NOGUEIRA e GARCIA, 2013).

## **2.7. Efeito dos sais na cana-de-açúcar**

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2021), na safra 2020/21, a produção nacional alcançou 655 milhões de toneladas de colmos, totalizando 8,6 milhões de hectares de área plantada. Porém, é possível observar uma grande diferença entre regiões brasileiras, sendo aproximadamente dois terços da produção total provenientes da região sudeste. Este fato se deve, majoritariamente, devido às condições

edafoclimáticas das regiões, potencializando a produção em terras com maior disponibilidade de água e nutrientes.

De acordo com Vasconcelos (2014), regiões brasileiras semiáridas estão adotando práticas para simular condições ideais de cultivo, como a irrigação e fertirrigação da cultura. Contudo, estes manejos estão agravando os processos de salinização presentes no solo, devido à baixa drenagem natural, baixa e irregular precipitação e ocorrência de solos rasos.

Estratégias especiais de manejo são necessárias para que a aplicação de elevadas lâminas de irrigação ou altas taxas de fertilizantes sejam evitados ou não superem a capacidade de adsorção do solo e acarrete a salinização de solos e substratos. Dessa forma, características importantes como ausência ou deficiência de drenagem e manejo inadequado do substrato ou da água podem implicar no acúmulo de sais no solo, caracterizado devido ao baixo potencial osmótico ou presença elevada de sódio e outros íons específicos (RIBEIRO et al., 2016).

Na cana-de-açúcar, o efeito da salinidade do solo não é diferente das demais culturas, sendo um dos principais fatores limitantes da produtividade, isso pois culmina na redução do potencial osmótico do substrato ou do solo, reduz a absorção de água, afetando seu desenvolvimento. Mesmo sendo uma planta C4, cuja capacidade compensatória no processo fotossintético é alta sendo relativamente tolerante a alguns estresses, os efeitos da salinidade podem afetar consideravelmente a produtividade.

Segundo Watanabe et al. (2020), um dos principais efeitos dos sais na cana-de-açúcar está ligado ao potencial osmótico, já que altas concentrações de sais no solo ou substrato aumentam o efeito osmótico,

dificultando a absorção de água pelas raízes, resultando, conseqüentemente, em escassez hídrica, desbalanceamento osmótico, fechamento estomático e toxidez iônica, cujas conseqüências implicam no mau desenvolvimento da planta. Assim, quanto maior a quantidade de sais no solo ou na água da irrigação, menor é o potencial osmótico e maior o consumo de energia da planta.

Ademais, o aumento da salinidade do solo também implica na redução do crescimento foliar, resultando na atividade fotossintética diminuída, possível ocorrência de plasmólise, ou seja, a planta deixa de absorver água e a perde para o meio, clorose, necrose e até mesmo morte da planta. O efeito que a salinidade tem sobre as plantas é variável em função da variedade, da quantidade e do tipo de sal no solo, além de variar de acordo com as características da planta, como estágio fenológico, nutrição e tolerância.

A cultura da cana-de-açúcar apresenta uma tolerância moderada à salinidade, com salinidade limiar de 1,7 dS/m (MAAS; HOFFMAN, 1977). A maioria das cultivares podem, em campo, tolerar até 8 dS/m.

Por fim, além das problemáticas já citadas, a alta salinidade no substrato pode resultar na redução da absorção de elementos nutricionalmente essenciais, impacto na produção de aminoácidos e outros efeitos danosos para o desenvolvimento da cana e sua produtividade.

Em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, devido às baixas reservas de energia e o início de seu desenvolvimento, tanto radicular quanto foliar, a salinidade pode ser mais agressiva, requerendo mais cautela no manejo das irrigações e uso de fertilizantes.

## **2.8. Fertirrigação de mudas pré-brotadas**

Segundo o IAC (2012), para que haja uma brotação das mudas com qualidade e vigor, o principal fator é a disponibilidade de água, já se mostrando essencial desde o começo do desenvolvimento da MPB, isso porque é através da água que ocorre a ativação das enzimas e produção dos hormônios responsáveis pela divisão e crescimento radicular, cuja ação resulta no desenvolvimento da gema e pontos dos primórdios das raízes.

Na fase de aclimatação I, na qual as mudas já individualizadas estão na casa de vegetação com umidade e temperatura controladas, as lâminas e os turnos de irrigação são determinados em função do desenvolvimento das plantas. Já na fase de aclimatação II, etapa final do desenvolvimento das mudas, onde estão em bancadas a pleno sol, há um controle de irrigação manejado por meio da estimativa da evapotranspiração, mas que geralmente contempla cerca de 4 mm/dia (IAC, 2012).

Os fertilizantes são utilizados em dois momentos na produção das mudas: na individualização das mudas ou no preenchimento das bandejas com substrato e em cobertura através de pulverizações. Toda semana, em cobertura, há pulverizações foliares, onde os fertilizantes são aplicados na forma líquida (LANDELL, 2012).

As situações ideais de irrigação variam de acordo com as características do substrato, a variedade da cana-de-açúcar, assim como as condições edafoclimáticas do ambiente de produção. Mas, de forma geral, há dois cuidados principais em relação à aplicação da fertirrigação na produção das mudas: proporcionar a aplicação correta de água, não promovendo escassez o que, quando não proposital, implica no desenvolvimento da

planta ou o excesso que impossibilita a aeração necessária para o crescimento radicular e foliar; atentar à salinidade, evitando utilização de fertilizantes de alta salinidade.

Segundo Fleta-Soriano e Munné-Bosch (2016), o déficit hídrico é um fator abiótico capaz de comprometer o crescimento e desenvolvimento de plantas, enquanto a escassez de água pode causar alterações, cuja consequência é “memória do estresse hídrico”. Porém, o déficit hídrico provocado intencionalmente na fase de aclimatação II no processo de produção das mudas é um método prático, cuja redução parcial da irrigação visa aumentar a capacidade de sobrevivência da muda após o transplante para campo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Condução experimental**

O experimento foi instalado em condições de ambiente protegido, localizado em uma biofábrica de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar, em uma usina no município de Pradópolis, cidade no norte do Estado de São Paulo, a 21° 21'34" Sul e 48°03'56" Oeste, com altitude aproximada de 535 metros, no ano agrícola 2022/2023.

Foram avaliados quatro substratos para a produção de mudas em bandejas, além de duas frequências de fertirrigação, em duas variedades de cana-de-açúcar, no delineamento inteiramente casualizado com dez repetições, adotando bandejas plásticas rígidas com 77 células de 140 milímetros. Ou seja, ao longo do experimento, dez células ao acaso de cada bandeja, foram acompanhadas para representarem uma repetição.

As plantas utilizadas para a produção da muda foram retiradas do matrizeiro da própria usina. Todas as mudas foram feitas através da cana proveniente deste local, cujas medidas são mais rigorosas, assim como o seu manejo. O matrizeiro é composto somente por cana planta, além de ter sido formado por mudas que passaram pelo tratamento térmico, com ênfase na proteção contra escaldadura e raquitismo, adotando outros cuidados como “roguing” frequente, aplicações fitossanitárias mais regulares e proteção das gemas.

Os substratos foram sintetizados na própria Biofábrica da própria usina. Dentre os selecionados, foram utilizadas quatro misturas diferentes: o utilizado normalmente na produção local, constituído por uma mistura de bagaço, torta de filtro, húmus e fertilizantes minerais (B+T+H+F, sendo os três primeiros materiais resíduos ou produtos das atividades desempenhadas na usina); bagaço, torta de filtro e fertilizantes minerais (B+T+F); bagaço, torta de filtro, cama de frango e fertilizantes minerais (B+T+C+F) e, por fim, bagaço, torta de filtro, húmus e cama de frango (B+T+H+C).

As matérias primas utilizadas para a síntese do substrato foram escolhidas para que houvesse uma boa formação da MPB, além de ser uma medida sustentável ambientalmente e economicamente viável, uma vez que a maior parte é uma decorrência da indústria sucroalcooleira. O bagaço e a torta, presente nos quatro substratos usados neste trabalho, forneceram um suporte com boa fixação, além de permitir um bom desenvolvimento radicular, boa drenagem e conservação da umidade na muda.

Para inteirar a síntese do substrato, foi adicionado pelo menos uma fonte de nutrientes em cada tratamento, considerando opções minerais ou orgânicas, a fim de apresentar alternativas mais sustentáveis e, muitas vezes, com redução no custo de produção das mudas, devido ao aproveitamento de resíduos de setores agrícolas, como a cama de frango e húmus, este último também produzido na própria usina. Nesta forma de fertilização, foram utilizadas proporções distintas para cada fonte selecionada.

No que diz respeito aos adubos orgânicos, tanto para o húmus, quanto para a cama de frango, cada fonte representou 5% do substrato nos tratamentos apresentados. A cama de frango, além de nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, zinco, cálcio, magnésio, ferro, cobre e outros micronutrientes, possui matéria orgânica. Já o húmus possui nutrientes como nitrogênio, potássio e fósforo, além de compostos orgânicos e de hormônios vegetais, como microrganismos e enzimas, que estão presentes nesses materiais e que compensam o menor teor de nutrientes.

Em relação ao adubo mineral, foi adotado o manejo de adubação das mudas de cana-de-açúcar desenvolvido pelo Programa Cana IAC (2012), o qual associa a aplicação de adubos minerais simples e compostos, fertilizantes que possuem a liberação lenta e prática de parcelamento da adubação, o qual ocorreu também pela fertirrigação. Os adubos minerais utilizados estão descritos na tabela.

**Tabela 1.** Relação das características de cada fertilizante adotado quando se optou por fertilização mineral, correspondendo à dose utilizada para cada 200 litros de substrato.

Fertilizante	%	Nutriente	Dose (g/200L)
--------------	---	-----------	---------------

Nitrato de Amônia	14	N	460
Cloreto de Potássio	58	K <sub>2</sub> O	400
Termofosfato	16	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	400
		Micronutrientes	
	15	N	
Osmocote Mini Prill®	9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1200
	12	K <sub>2</sub> O	

Fonte: vide embalagem do produto.

Em função das variedades, dentre as mais de 30 disponíveis na Biofábrica, foram escolhidas as que melhor se encaixavam nas características agrícolas da região, levando em consideração variedades cuja demanda seria maior em razão da produtividade, riqueza e maturação. A CTC-2994, com um dos parentais a CT96-3129, possui uma produtividade agrícola muito boa, flexibilidade na colheita, florescimento ausente, assim como a isoporização e boa brotação de soqueira, não sendo suscetível a nenhuma doença e tendo como ambientes de produção, principalmente o B. Já a IACCTC07-7207, com parentais a IACSP96-3056 e CT01-4455, tem destaque para a produtividade agrícola, população e colheitabilidade, sendo as demais características iguais à anterior (SÃO MARTINHO, 2023).

Ao escolher as variedades utilizadas, realizou-se a retirada da cana-de-açúcar do matrizeiro, que teve seu plantio e manejo planejados cerca de 9 a 12 meses antes da colheita do material. Após o corte manual, o colmo da planta foi transportada até a biofábrica. O processo da MPB se iniciou com a despalha, resultando em colmos limpos e sem ponteiros que, posteriormente, foram levados ao corte, transformando-os em mini rebolos. Estas estruturas mantêm a gema, parte da planta que é constituída de células e tecidos em estado de latência e grande poder de diferenciação, responsáveis pela formação das mudas. Além da gema, o corte preserva um tolete de 3 centímetros, que conta com as reservas para o desenvolvimento da muda. Todo esse processo foi feito com cautela, a fim de proteger a gema de quaisquer danos mecânicos, que eventualmente sucederiam em taxas de brotação reduzidas.

Após o corte, os minirrebolos foram submetidos a uma seleção visual da qualidade, na qual foi descartada qualquer gema com danos mecânicos ou aspectos factíveis a falha na brotação. Após a seleção, foi feito um tratamento fitossanitário dos minirrebolos, constituído por duas etapas. Trata-se, primeiramente, da imersão das estruturas em hipoclorito de sódio por 3 minutos, cuja função é hidratar e facilitar a penetração dos demais produtos utilizados e, para finalizar o tratamento, os minirrebolos são expostos a uma calda de fungicida, com azoxistrobina, metalaxil-m e fludioxonil, e inseticida, composto por tiametoxam, durante um período de 30 segundos. Estas substâncias são responsáveis por garantir maior sanidade à muda.

Em seguida, este material já tratado foi levado para a linha de plantio, onde foi feita uma segunda seleção das gemas e, manualmente, ocorreu o posicionamento dos minirrebolos nas bandejas já preenchidas com substrato. Esta operação foi realizada cuidadosamente posicionando os minirrebolos com as gemas voltadas para cima a uma profundidade de 2,0 centímetros e, logo após o plantio, a bandeja foi coberta com vermiculita, uma argila expandida, que exerce função de isolante térmico e retenção de umidade.

Feito isso, as bandejas foram levadas para a estufa de brotação, onde ficaram por cerca de 10 dias em condições controladas. A temperatura permaneceu em torno de 32°C e alta umidade, favorecendo a brotação das gemas.

Após este período, as mudas entraram na fase de aclimação I, na qual foram transportadas a outra casa de vegetação, onde permaneceram por 21 dias. Nesta estufa, as mudas foram fertirrigadas, além de estarem em um sistema protegido que controla a ventilação, entrada de luz e alguns fatores que estimulam o desenvolvimento da muda.

Por fim, as mudas foram levadas para bancadas a pleno sol, em condições parcialmente controladas, a fim de estimular e preparar a planta para o transplantio. Nesta etapa, que se estendeu por mais 20 dias, as plantas ainda foram fertirrigadas, mas com menor frequência, além de passarem por um manejo de poda, estimulando o desenvolvimento radicular e outras manutenções, como aplicações de inseticidas, caso necessário.

Em relação à fertirrigação, utilizada em ambas as fases de aclimação, foram adotados dois manejos, a fim de verificar a influência da frequência na formação e desenvolvimento, além da interferência e comportamento da condutividade elétrica na muda. Para garantir a suplementação necessária e recomendada, principalmente pelo IAC (2012), e para evitar sedimentos e incompatibilidade, foram aplicadas duas caldas separadas. A calda I consistia em uma mistura de sulfato de magnésio, nitrato de amônio purificado e fosfato monopotássico. Já a calda II, possui somente nitrato de cálcio.

Na calda I, o sulfato de magnésio promove a síntese e melhora a eficiência da utilização de nitrogênio na planta, estimulando o crescimento adequado da muda. Já o nitrato de amônio purificado, que apresenta uma elevada solubilidade e baixo custo de produção industrial, auxilia no desenvolvimento das mudas, com papel fundamental no metabolismo vegetal. Por fim, o fosfato monopotássico que possui alta concentração em fósforo, além de um índice salino baixo, promove processos de crescimento através do fósforo e regula as funções biológicas com a ação do potássio.

Já a calda II, constituída somente pelo nitrato de cálcio, fertilizante nitrogenado capaz de fornecer nutrientes totalmente solúveis em água prontamente assimilável, favorece a absorção de cátions, auxiliando no desenvolvimento radicular e sanidade das plantas. Contudo, a calda II foi aplicada separadamente, uma vez que a sua mistura apresenta incompatibilidade com fertilizantes que possuem fósforo ou sulfato em sua formulação.

Em relação à frequência da aplicação das caldas e em função da incompatibilidade dos fertilizantes, foi adotado um planejamento, fazendo com que houvesse tratamentos com 100% da fertirrigação e tratamentos com 50% da fertirrigação. Ou seja, todos os substratos (B+T+H+F; B+T+F; B+T+C+F e B+T+H+C) receberam em uma bancada 100% da fertirrigação, enquanto em outra bancada foi aplicada 50% da dose de fertilizantes adicionados na irrigação.

Assim, nos tratamentos com 100% da fertirrigação, a calda I era aplicada 4 vezes por semana e a calda II com aplicação efetuada 2 vezes por semana, em dias diferentes, evitando assim a incompatibilidade resultante da mistura

dos produtos. Já nos tratamentos que estavam recebendo 50% da irrigação com fertilizantes, caía pela metade o número de aplicações, sendo a calda I utilizada 2 vezes e a calda II somente uma vez semanalmente e, para equiparar a quantidade de água que a muda necessita para seu desenvolvimento, ocorriam mais três passagens da barra de irrigação somente com água nos tratamentos com 50%.

Para que a influência da condutividade elétrica decorrente da fertirrigação fosse constatada, foram coletados os excedentes da fertirrigação, após a passagem da solução pelos substratos. Assim, foram posicionados recipientes identificados em cada repetição, para que ao final da aplicação da lâmina, houvesse a coleta e a medição da condutividade elétrica. A coleta ocorria após uma hora da fertirrigação, tempo suficiente para drenagem do excedente no substrato e coleta da quantidade necessária para avaliação da condutividade.

Além disso, as coletas se iniciaram na fase de aclimação onde foi possível diferenciar a aplicação dos fertilizantes através da fertirrigação e se estendeu até a fase da bancada a pleno sol, datando o fim do seu ciclo de desenvolvimento. Por fim, as coletas ocorriam a cada cinco dias, totalizando dez coletas, cinco em cada fase de desenvolvimento.

Tanto na fase de aclimação quanto na fase das bancadas a pleno sol, as bandejas permaneceram posicionadas de acordo com as Tabelas 2 e 3, que demonstram a disposição das mudas. Além disso, foram posicionadas bandejas ao redor dos tratamentos como bordadura, simulando as condições padrões das mudas.

**Tabela 2.** Croqui dos tratamentos cuja fertirrigação era de 100% das doses de fertilizantes.

Bordadura	Bordadura		Bordadura
	$B + T + H + C_{7207}$	$B + T + F_{2994}$	
	$B + T + C + F_{2994}$	$B + T + H + F_{7207}$	
	$B + T + F_{7207}$	$B + T + H + C_{2994}$	
	$B + T + H + F_{2994}$	$B + T + C + F_{7207}$	

	Bordadura	
--	-----------	--

Fonte: Arquivo pessoal.

**Tabela 3.** Croqui dos tratamentos cuja fertirrigação era de 50% das doses de fertilizantes.

Bordadura	Bordadura		Bordadura
	$B + T + H + C_{2994}$	$B + T + H_{7207}$	
	$B + T + C + F_{7207}$	$B + T + H + F_{2994}$	
	$B + T + H_{2994}$	$B + T + H + C_{7207}$	
	$B + T + H + F_{7207}$	$B + T + C + F_{2994}$	
	Bordadura		

Fonte: Arquivo pessoal.

### 3.2 Caracteres avaliados

A primeira avaliação realizada neste experimento trata-se da condutividade elétrica do substrato em decorrência de duas diferentes fertirrigações. Esta avaliação foi feita ao longo das fases de aclimatização, nas estufas de desenvolvimento, durante cerca de 20 dias, e nas bancadas a pleno sol, onde ficaram até o desenvolvimento completo das mudas, datando sua expedição. Esta avaliação contou com a coleta da solução drenada após uma hora da passagem da barra de fertirrigação. A coleta era realizada a cada cinco dias, nas aplicações da calda I, que possuía uma dosagem de 100% e 50% do padrão IAC para cada tratamento. Recipientes descartáveis identificados por tratamento e repetição foram posicionados abaixo de dez células de cada tratamento e, após a coleta, foram levados ao laboratório para avaliação no condutímetro de bancada. A condutividade elétrica ( $\sigma$ ) foi dada em mS/cm, ou seja, milsiemens por centímetro. Foram

realizadas 10 coletas de cada repetição, com o intervalo de 5 dias até o desenvolvimento pleno da muda. Os dados obtidos foram submetidos a uma média simples.

Aos 60 dias (DAP), as mudas foram avaliadas segundo aos parâmetros biométricos e nutricionais: altura da muda (H) em centímetros, cuja medida se deu por uma régua graduada a partir da região do colmo rente ao substrato até a inserção da última folha; diâmetro do colmo ( $\emptyset$ ) em milímetros, mensurado por um paquímetro digital na parte central do primeiro entrenó da planta; número de perfilhos por muda (NP); número de folhas por muda (NF).

Após estas avaliações, as mudas foram retiradas das bandejas e a parte aérea foi separada das raízes. Primeiramente, foi feita a lavagem da parte aérea, na qual ela foi submersa em tanques com água potável, água potável com detergente a 1 ml L<sup>-1</sup>, água destilada, respectivamente, até que todos os resíduos fossem eliminados, assim o material foi previamente seco e armazenado em sacos de papel. Já as raízes foram lavadas em água corrente sobre peneiras com malha de 1 mm, para a remoção total do substrato. Este material também foi armazenado em sacos de papel e todos os materiais tanto de parte aérea quanto de raízes foram colocados para secar em estufa de circulação e renovação de ar forçado a 65°C, por 72 horas. A massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtida pela soma da massa seca das folhas com a massa seca do colmo. A massa seca das raízes (MSR) contemplou somente as raízes secas, sem o substrato ou quaisquer resíduos. Tanto MSPA quanto MSR foram expressos em gramas por planta, enquanto a soma de ambas as partes foi determinada pela massa seca total

(MST), também expressa em gramas por planta. Por fim, foi estimado o índice de qualidade de Dickson (IQD) que é determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do colmo ( $\emptyset$ ) e da massa seca total (MST), resultante da soma da massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), empregando equação proposta do Dickson et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{\emptyset} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

### 3.3 Análise estatística dos dados

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância (teste F), e, quando significativo ao nível de probabilidade de 5%, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os procedimentos estatísticos foram realizados no software AgroStat®.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de variância e teste de médias

As mudas foram avaliadas considerando as seguintes variáveis: altura da muda (H) em centímetros, diâmetro do perfilho principal ( $\emptyset$ ) em centímetros, número de perfilhos por muda (NP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) em gramas, massa seca das raízes (MSR) em gramas, massa seca total (MST) em gramas, índice de qualidade Dickson (IQD) em percentual e, por fim, condutividade elétrica ( $\sigma$ ) em mS/cm.

Em relação à biometria inicial que visa avaliar a altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas assim que a muda está pronta para o transplântio, pode-se verificar que a variedade IACCTC07-7207 se

mostrou mais desenvolvida quando comparada à CTC-2994 (Tabela 4), cuja contagem do número de folhas foi o único parâmetro que apresentou diferença significativa superior na variedade do CTC. Contudo, tendo a altura e o diâmetro como fatores principais ao qualificar uma muda, há destaque para a IACCTC07-7207.

De acordo com Santi et al. (2016), é fundamento essa avaliação de características biométricas, pois o potencial de acúmulo de sacarose por plantas de cana está relacionado quanto a estes parâmetros na fase inicial da muda.

É possível verificar que houve significância para o efeito isolado dos fatores variedade, substrato e frequência de fertirrigação, através da análise estatística.

**Tabela 4.** Valores médios da altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.

Tratamento	H (cm)	Ø (cm)	Nº perfilho	Nº folhas
CTC-2994	27,53 b	8,58 b	1,23 a	5,68 a
IACCTC07-7207	33,53 a	9,90 a	1,31 a	5,40 b
DP	3,7968	1,3135	0,5035	0,7071
CV	12,4414	14,2153	39,6816	12,7694

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Já em relação aos demais caracteres avaliados, as médias das variedades apresentaram resultados estatisticamente iguais, demonstrando

que o tipo do substrato e frequência da fertirrigação não afeta esses componentes.

Observou-se, na Tabela 5 e no Gráfico 1, que houve diferença significativa no desenvolvimento radicular das mudas. A CTC-2994 mostrou maior quantidade de massa seca das raízes, conseqüentemente, espera-se que essas mudas consigam absorver melhor os nutrientes e água disponível no substrato. Esse resultado foi responsável pela diferença significativa no índice de qualidade Dickson, sendo superior para a variedade do Centro de Tecnologia Canavieira.

**Tabela 5.** Valores médios da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e condutividade elétrica das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.

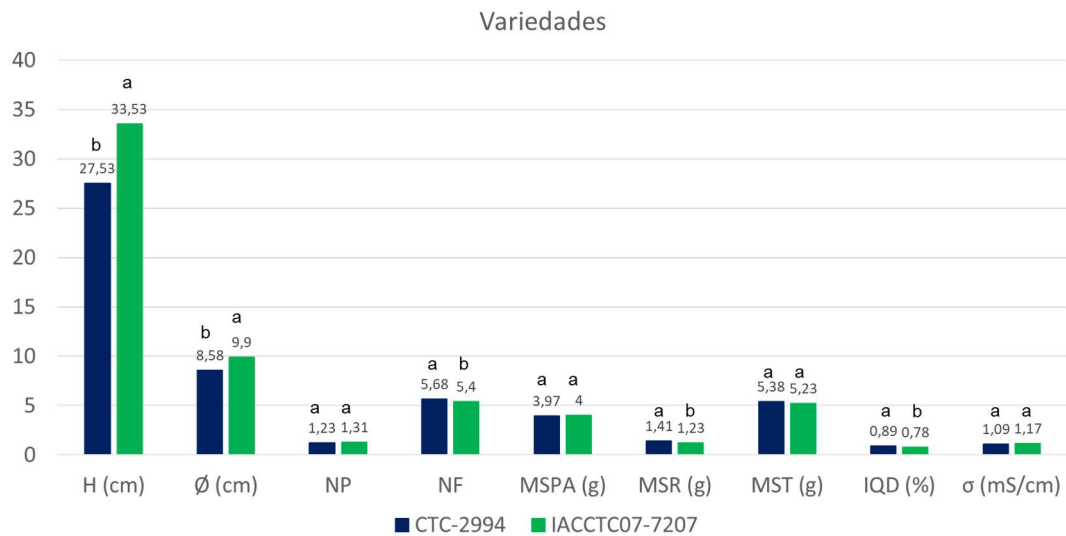
<b>Tratamento</b>	<b>MSPA (g)</b>	<b>MSR (g)</b>	<b>MST (g)</b>	<b>IQD (%)</b>	<b><math>\sigma</math> (mS/cm)</b>
CTC-2994	3,97 a	1,41 a	5,38 a	0,89 a	1,09 a
IACCTC07-7207	4,00 a	1,23 b	5,23 a	0,78 b	1,17 a
DP	0,7928	0,3763	0,9865	0,2155	0,3076
CV	19,8845	28,5061	18,5872	25,7416	27,2783

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Por fim, pode-se dizer que ambas as variedades apresentaram um desempenho estatisticamente similar. A variedade IACCTC07-7207 se destacou pelo desenvolvimento aéreo, tendo maior média em altura e diâmetro, a CTC-2994 possuiu melhor desenvolvimento radicular. Dessa

forma, é importante verificar os demais fatores como os substratos e fertirrigação para atestar as influências na produção de MPB, uma vez que cada variedade possui suas características específicas.

**Gráfico 1.** Valores médios dos caracteres avaliados das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função das variedades.



Legenda: Altura (H), diâmetro (Ø), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IDQ) e condutividade elétrica ( $\sigma$ ).

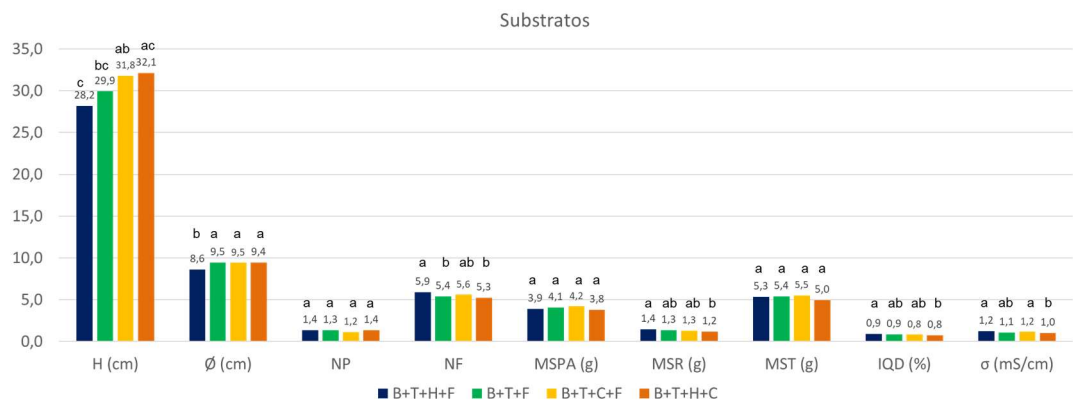
**Tabela 6.** Valores médios da altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.

Tratamento	H (cm)	Ø (cm)	Nº perfilho	Nº folhas
B+T+H+F	28,20 c	8,63 b	1,35 a	5,90 a
B+T+F	29,93 bc	9,45 a	1,33 a	5,40 b
B+T+C+F	31,81 ab	9,45 a	1,15 a	5,60 ab
B+T+H+C	32,14 a	9,44 a	1,35 a	5,25 b

DP	3,7968	1,3135	0,5035	0,7071
CV	12,4414	14,2153	39,6816	12,7694

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Gráfico 2.** Valores médios dos caracteres avaliados das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função dos substratos.



Legenda: Legenda: Altura (H), diâmetro (Ø), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IDQ) e condutividade elétrica ( $\sigma$ ).

Em relação aos substratos testados, pode-se verificar no Gráfico 2, que as medidas de dimensões lineares apontadas por Marafon (2012) tiveram uma resposta melhor nos substratos com cama de frango, sendo o melhor tratamento aquele com húmus e cama de frango, ambos provenientes de uma adubação orgânica. Já o tratamento tido como padrão teve uma performance reduzida quanto à altura e ao diâmetro. Assim, é possível verificar a importância de uma fonte de adubo orgânica, já que a mineral não apresentou resultados satisfatórios, como pode ser observado na Tabela 6. Também é possível notar que uma mistura de adubos orgânicos como a cama de frango e o adubo mineral é uma alternativa viável, sendo o segundo melhor substrato apresentado. Em relação ao número de folhas, há

uma inversão dos resultados (Tabela 6), porém isso se dá ao fato de uma necessidade maior da atividade fotossintética, significando maior gasto de energia e atividade compensatória quando comparado aos demais tratamentos.

**Tabela 7.** Valores médios da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e condutividade elétrica das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.

Tratamento	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD (%)	$\sigma$ (mS/cm)
B+T+H+F	3,90 a	1,44 a	5,34 a	0,89 a	1,22 a
B+T+F	4,06 a	1,33 ab	5,39 a	0,86 ab	1,09 ab
B+T+C+F	4,22 a	1,31 ab	5,53 a	0,84 ab	1,19 a
B+T+H+C	3,77 a	1,20 b	4,97 a	0,76 b	1,01 b
DP	0,7928	0,3763	0,9865	0,2155	0,3076
CV	19,8845	28,5061	18,5872	25,7416	27,2783

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Observa-se, na Tabela 7 e no Gráfico 2, que não houve diferença significativa na massa seca da parte aérea, mas houve uma diferença na massa seca das raízes, sendo o substrato padrão (B+T+H+F) o que apresentou maior massa, B+T+F e B+T+C+F apresentaram massas sem diferença significativas entre si e o menor resultado foi para o substrato com fonte de nutrientes unicamente orgânica. Essa diferença pode ocorrer devido a disponibilidade de nutrientes oferecida, ou seja, quanto maior a

disponibilidade, menor a necessidade de desenvolvimento das raízes para encontrar fertilizantes. A massa seca total não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Devido à diferença das médias da massa seca das raízes, houve também uma diferença significativa no índice de qualidade Dickson, uma vez que as demais variáveis não possuem diferença, o índice acompanhou o resultado do MSR. Já a condutividade elétrica apresentou diferença significativa entre B+T+H+F e B+T+C+F com B+T+H+C, tendo uma variação de até 0,21 mS/cm entre os tratamentos, assim quanto maior a condutividade elétrica, maior a salinidade do substrato. Entretanto, nenhum dos substratos apresentou saturação, estando todos em uma média consideravelmente aceitável.

**Tabela 8.** Valores médios da altura, diâmetro, número de perfilhos e número de folhas das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.

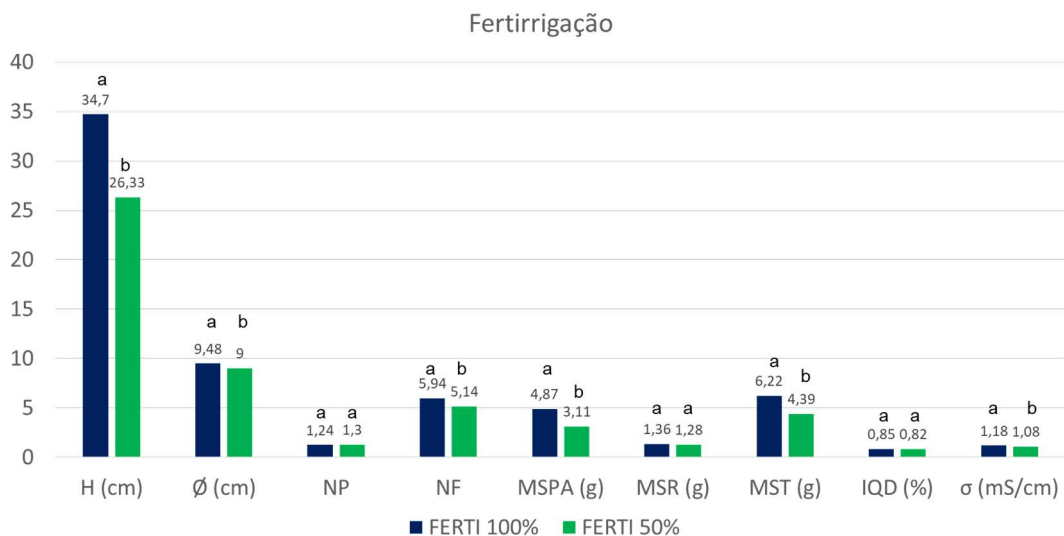
<b>Tratamento</b>	<b>H (cm)</b>	<b>Ø (cm)</b>	<b>Nº perfilho</b>	<b>Nº folhas</b>
FERTI 100%	34,70 a	9,48 a	1,24 a	5,94 a
FERTI 50%	26,33 b	9,00 b	1,30 a	5,14 b
DP	3,7968	1,3135	0,5035	0,7071
CV	12,4414	14,2153	39,6816	12,7694

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para o fator frequência de fertirrigação, na Tabela 8, a maioria dos caracteres avaliados se mostraram superiores para a frequência 100% com

exceção do número de perfilhos, mas que também não apresenta diferença significativa, ou seja, houve um melhor desenvolvimento da muda com a fertirrigação completa. Além disso, é possível verificar que neste caso a condutividade elétrica é superior devido à quantidade maior de fertilizantes adicionados nas pulverizações de cobertura, mas sem superar os limites que caracterizariam uma salinidade prejudicial às mudas. Assim, é possível dizer que para a maioria dos parâmetros, há diferença significativa e que para todos eles a fertirrigação 100% é superior, sendo o melhor manejo a adotar.

**Gráfico 3.** Valores médios dos caracteres avaliados das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função da frequência de fertirrigação.



Legenda: Legenda: Altura (H), diâmetro (Ø), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IDQ) e condutividade elétrica ( $\sigma$ ).

**Tabela 9.** Valores médios da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e condutividade elétrica das mudas de cana-de-açúcar em função dos substratos e frequência da fertirrigação.

<b>Tratamento</b>	<b>MSPA (g)</b>	<b>MSR (g)</b>	<b>MST (g)</b>	<b>IQD (%)</b>	<b><math>\sigma</math> (mS/m)</b>
FERTI 100%	4,87 a	1,36 a	6,22 a	0,85 a	1,18 a
FERTI 50%	3,11 b	1,28 a	4,39 b	0,82 a	1,08 b
DP	0,7928	0,3763	0,9865	0,2155	0,3076
CV	19,8845	28,5061	18,5872	25,7416	27,2783

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

De acordo com Marafon (2012), não há uma definição clara sobre o melhor parâmetro biométrico para determinar a qualidade das mudas e o acúmulo de sacarose por plantas está mais vinculado às médias de dimensões lineares como a altura e o diâmetro do colmo.

## 5. CONCLUSÃO

O complexo comportamento das mudas em função das variedades, dos substratos e da frequência de fertirrigação evidenciou que a interação entre estes fatores tornaria os dados mais conclusivos. No entanto, os melhores resultados de altura e diâmetro de colmo da muda, considerados mais importantes na biometria de plantas na fase de mudas, foram com a variedade IACCTC07-7207 e com o substrato B+T+H+C, ou seja, substrato com fonte de nutrientes orgânicas, resultados alcançados com condutividade elétrica dentro da faixa recomendada.

Os demais substratos apresentaram um resultado satisfatório, porém ter alternativas orgânicas e provenientes de resíduos naturais, pode diminuir o valor da produção das mudas ao substituir adubos minerais comerciais.

Em relação à frequência da fertirrigação, o melhor resultado, com níveis adequados da condutividade elétrica, foi a fertirrigação 100%, garantindo adubações parceladas, foliares, complementando a adubação mineral com fontes de liberação lenta feitas no preenchimento das bandejas com substrato, garantindo melhor desenvolvimento das mudas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, K. **Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Agroenergia), São Paulo – SP, Escola de Economia de São Paulo da FGV - Escola de Agricultura Luiz de Queiroz da USP, 2012. 49p. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/items/e4eeced4-014f-425e-bdc7-75e75325e8a1>>. Acesso em: 01 de junho de 2024.

BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. **Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009**. Nova Economia, [s.l.], v. 25, n. 1. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/neco/a/nWzqQyCDLydLrpZSht4vQ3B/>>. Acesso em: 22 de maio de 2024.

BARRETO, M. C. et al. **Aclimatização de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em diferentes substratos**. In: AMORMINO JÚNIOR, M. (Ed.). Elementos da natureza e propriedades do solo. Ponta Grossa: Atena Editora. 2018. p. 8-16.

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

CARVALHO S. P. de; CARRIJO, E. L. de O. **A produção de álcool: do Proálcool ao contexto atual**. XIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina, 2007.

CASAGRANDE & VASCONCELOS. **Fisiologia da parte aérea**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L., VASCONCELLOS, A. C. M. D. E LANDELL, M. G. D. A. Cana-de-açúcar. 1ª edição - 1ª reimpressão. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010.

CHAPOLA, R. G.; HOFFMANN, H. P.; BASSINELLO, A. I.; FERNANDES Jr, A. R.; VIEIRA, M. A. S. **Censo Varietal 2010 de Cana-de-açúcar nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul**. Revista STAB, v.29, n.3, p.42-45, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de cana-de-açúcar. **Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar – Quarto Levantamento.** Abril, 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar?limitstart=0>>. Acesso em: 5 de maio de 2024.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de cana-de-açúcar. **Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar – Quarto Levantamento.** Abril, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar?limitstart=0>>. Acesso em: 5 de maio de 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. **Panorama do agro.** 2019. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 5 de junho de 2024.

CTC. **Centro de Tecnologia Canavieira: CTC2994 – Bula.** (2022) Disponível em: <<https://ctc.com.br/produtos/produtos/ctc22994/>>. Acesso em: 02 de junho de 2024.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A. de; BARBOSA, G. V. de S. **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar.** 1ª edição. Graciosa. Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://www.ridesa.com.br/variedades>>. Acesso em: 02 de julho de 2024.

DE CARVALHO, S. A. D. DE., FURTADO, A. T. (2013). **O Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar no Brasil e o Desafio das Mudanças Climáticas Globais.** Revista Gestão & Conexões, 2(1): 22–46. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/ppgadm/article/view/4909>>. Acesso em: 01 de junho de 2024.

DIAS, J. L. C. de S. **Seletividade de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.** 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e967974c-0517-40a2-a8e3-23abc77244ce/content>>. Acesso em: 04 junho de 2024.

DIOLA, V., SANTOS, F. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas**. Fisiologia. In: F. Santos, A. Borém, C. Caldas (Eds.). 2010. Viçosa: Editora UFV, p. 25–49.

ELIA, P. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111152/tde-09052016-180357/>>. Acesso em: 02 de junho de 2024.

FAO FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food Outlook: biannual report on global food markets**. Rome/Italy, FAO, 2019. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/food-outlook-biannual-report-global-food-markets-november-2019>>. Acesso em: 5 de maio de 2024.

FAOSTAT. (2023) **Agricultural production statistics 2000–2021**. FAOSTAT Analytical Brief 60. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

FLETA-SORIANO E., MUNNÉ-BOSCH S. **Stress memory and the inevitable effects of drought: a physiological perspective**. *Frontiers in Plant Science*. v. 7, article 143, 2016.

FONTENO, W. C. (2016). **A common misconception about substrates**. Disponível em: <[https://projects.ncsu.edu/project/hortsublab/pdf/Grower\\_Article.PM.pdf](https://projects.ncsu.edu/project/hortsublab/pdf/Grower_Article.PM.pdf)>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

FRAGA JÚNIOR, E. F. **Considerações sobre o manejo de irrigação na produtividade e qualidade de gemas de cana-de-açúcar para viveiros de mudas-pré-brotadas (MPB)**. 2015. 110 p. Tese (Doutorado em Ciências: Áreas de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002701212>>. Acesso em: 05 de junho de 2024.

FURLANI, C. E. A.; VOLTARELLI, M. A. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: aspectos sobre o plantio mecanizado e resultados no campo.** In: 67 BELARDO, Guilherme de Castro; CASSIA, Marcelo Tufaile; SIL VA, Rouverson Pereira da. Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar. Jaboticabal-SP: SBEA, 2015. p.31-34.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC). **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas.** Documentos, IAC, Campinas, 109, 2012.

JORDÃO, C.O. MORETTO, E.M. **A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial do cultivo de cana-de-açúcar.** São Carlos, vol.18, n.1, p.75-92, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/rMk9zkVqmmhgVpRjjCNq5cr/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 01 de junho de 2024.

LANDELL, M. G. de A. **Notícias IAC – IAC lança cinco variedades de cana com alta produtividade e adaptação a diversas regiões.** Campinas, SP. 2022. Disponível em: <<https://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?tag=1481>>. Acesso em: 05 de junho de 2024.

LANDELL, M. G. de A. **ProCana: O Programa Cana-de-açúcar do Instituto Agrônomo.** In: DECHEN, S. C. F., TEIXEIRA, J. P. F. O AGRONÔMICO. Campinas, vol.55, n.1, p.05-08, 2003.

LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A. dos; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N. da; MENDONÇA, J.R. de; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F. de; BRANCALIÃO, S.R.; PETRI, R.H.; MIGUEL P.E.M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas.** Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2013. 17p. (IAC. Documentos, 109).

LANDELL, M.G.A.; **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB).** Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 22p, 2012.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. **Crop salt tolerance: current assessment.** *Journal of irrigation and drainage division of ASCE*. Nova Iorque, v. 103, p. 115-134, 1977.

MAGRO, F. J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P. E.; TAKAMATSU, S. Y. **Biometria em cana-de-açúcar.** 2011. Trabalho de LPV0684: Produção de Cana-de-açúcar, USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2011. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5603968/mod\\_resource/content/1/Biometria%20em%20cana-de-a%C3%A7ucar%20exemplo%20de%20texto%20aluno.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5603968/mod_resource/content/1/Biometria%20em%20cana-de-a%C3%A7ucar%20exemplo%20de%20texto%20aluno.pdf)>. Acesso em: 1 de junho de 2024.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29 p. Documentos 168.

MARIN, F. R. **Embrapa – Cana: Fenologia.** Brasília, DF, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/caracteristicas/fenologia>>. Acesso em: 02 de junho de 2024.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. S.; SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M. **História e morfologia da cana-de-açúcar.** In: S. V. Segato, A. S. Pinto, E. Jendiroba, J. C. M. Nóbrega (Eds.), *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: Cadernos Planalsucar, 2006. p. 11–18.

NASTARI, P. M. **Perspectivas para o setor canavieiro: Análise e Perspectivas do Setor para o Brasil.** In: BELARDO, Guilherme de Castro; CASSIA, Marcelo Tufaile; SILVA, Rouverson Pereira da. *Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar*. Jaboticabal, SP: SBEA, 2015. p.31-34.

NOGUEIRA, M. A. F. S.; GARCIA, M. S. **Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul.** *REGET* - v. 17 n. 17 Dez. 2013, p. 3275 – 3283.

PESSAN, E. B.; SCARTOZZONI, E. **PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) UMA ABORDAGEM GERAL.** 2012. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de mecanização em agricultura de precisão, Faculdade de Tecnologia de Pompeia - Fatec Shunji Nishimura. Curso de

Tecnologia em mecanização em agricultura de precisão, Pompeia, 2012. Cap. 1. Disponível em: < [atividaderural.com.br/artigos/5601a42a00217](http://atividaderural.com.br/artigos/5601a42a00217)>. Acesso em: 06 de julho de 2024.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. **Origem e classificação dos solos afetados por sais**. In: GHEY, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.) Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. 2. Ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. cap. 2, p. 9-16.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. 2. Ed. Piracicaba: FEALQ, 2007

RODRIGUES, A. P. **Reaprendendo a produzir cana-de-açúcar**. In: BELARDO, Guilherme de Castro; CASSIA, Marcelo Tufaile; SIL VA, Rouverson Pereira da. Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar. Jaboticabal, SP: SBEA, 2015. p.10-11.

RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v.3, p. 215-221, 2010. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br>>. Acesso em: 01 de junho de 2024.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação**. 2010. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Análise Ambiental – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2010. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/5601927a79cad.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2024.

SANTI, P. H. P. et al. **Desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar em diferentes substratos**. In: WORKSHOP AGROENERGIA MATÉRIAS-PRIMAS, 10., 2016, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: IAC, 2016. 7p.

SANTOS, F. A.; BORÉM, A. (Org.). **CANA: do Plantio a Colheita**. 1 ed. Viçosa: UFV, 2013. 257p.

SÃO MARTINHO. **Reunião Anual – Produtores de cana-de-açúcar.** Manejo agrônômico de variedades 2023. Usina São Martinho, Pradópolis, SP, 2023.

SCHENBERG, A. C. G. **Biotecnologia e desenvolvimento sustentável.** São Paulo, Estudos Avançados, [s.l.], v. 24, n. 70, p.07-17, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142010000300002&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142010000300002&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 22 de maio de 2024.

SILVA, J.P.N.; SILVA, M.N.; **Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar.** Rede e-Tec Brasil, 106p, 2012. Disponível em: <[https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06\\_nocoos\\_cultura\\_cana\\_acucar.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_nocoos_cultura_cana_acucar.pdf)>. Acesso em: 05 de junho de 2024.

SILVA, M. de A.; CARLIN, S. D.; CAMPANA, M. P.; LANDELL, M. G. A.; PERECIN, D.; VASCONCELOS, A.C.M. **Brotação da cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação.** STAB: Açúcar Álcool e Subprodutos, v.22, p.28-31, 2003.

TOPPA, E. V. B.; JADOSKI, C. J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Fisiologia do desenvolvimento do estádio vegetativo da cana-de-açúcar (Saccharumofficinaruml.).** Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v.3, n. 2, 2010.

TRANI, P. E.; FELTRIN, D. M.; POTT, C.A.; SCHWINGEL, M. **Avaliação de substratos para produção de mudas de alface.** Hort Bras., 25: 256-260, 2007. União da indústria de cana-de-açúcar (ÚNICA). Dados econômicos do setor sucroenergético. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>>. Acesso em: 03 de junho de 2024.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **APEX e UNICA investem R\$ 16,5 milhões para promover etanol brasileiro.** Jornal Cana, 2008. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/mercado/apex-e-unica-investem-r-165-mi-para-divulgar-etanol/>>. Acesso em: 22 de maio de 2024.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **Sugar: World Markets and Trade.** November, 2023. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/sugar-world-markets-and-trade-11212023>>. Acesso em: 5 de maio de 2024.

VASCONCELOS, M. C. C. A. **Salinização do solo em área irrigadas: aspectos físicos e químicos.** Agropecuária Científica no Semiárido. Campina Grande, v. 10, p. 20-25, 2014.

VIAN, C. E. F. **Embrapa – Cana: Séries históricas.** Brasília, DF, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/socioeconomia/estatisticas/series-historicas#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%2C%20atualmente%2C%20o%20maior%20exportador%20mundial%20de%20a%C3%A7%C3%BAcar>>. Acesso em: 22 de maio de 2024.

VIAN, C. E. F.; SILVA, R. P. da; BARICELO, L. G.; PISSINATO, B. **Evolução da Produção e Mecanização da Cana: Evolução da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo: Desafios e Perspectivas.** In: BELARDO, Guilherme de Castro; CASSIA, Marcelo Tufaille; SILVA, Rouverson Pereira da. *Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar.* Jaboticabal-SP: SBEA, 2015. p.73-88.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G.; CAMPANA, M. P. **Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotção IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar – Mudanças pré-brotadas (MPB).** Documento IAC, Campinas: Instituto Agrônômico, n.113, p.22, 2014.

WATANABE, K.; TAKARAGAWA, H.; UENO, M.; KAWAMITSU, Y. **Changes in agronomic and physiological traits of sugarcane grown with saline irrigation water.** *Agronomy*, [s.l.], v. 10, n. 5, p. 722, 2020.

ZIETEMANN, C.; ROBERTO, S.R. **Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes substratos.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, p. 137-142, 2007.