

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**JOSÉ CARLOS DOS SANTOS JÚNIOR**

**USO DE HIDRORETENTOR EM MUDAS PRÉ BROTADAS DE CANA DE AÇÚCAR**

**RIO LARGO – AL**

**2023**

**JOSÉ CARLOS DOS SANTOS JÚNIOR**

**USO DE HIDRORETENTOR EM MUDAS PRÉ BROTADAS DE CANA DE AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lígia Sampaio Reis

**RIO LARGO – AL**

**2023**

**Catalogação na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S237u Santos Júnior, José Carlos dos  
Uso de hidroretentores em mudas pré brotadas de cana-de-açúcar.  
/ José Carlos dos Santos Júnior – 2023.  
30f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dra. Lígia Sampaio Reis

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Irrigação. 3. Produção de mudas. I. Título

CDU: 633.61

## FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: JOSÉ CARLOS DOS SANTOS JÚNIOR

### USO DE HIDRORETENTOR EM MUDAS PRÉ BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do curso de Agronomia do Centro do Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL e aprovada em 7 de dezembro de 2023.

Aprovado em: 07/12/2023

#### Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente

 LÍGIA SAMPAIO REIS  
Data: 20/12/2023 10:18:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profª Dra. Lígia Sampaio Reis – UFAL (Orientadora)

Documento assinado digitalmente

 REINALDO DE ALENCAR PAES  
Data: 21/12/2023 21:32:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof Dr. Reinaldo de Alencar Paes – UFAL (Examinador)

Documento assinado digitalmente

 RILBSON HENRIQUE SILVA DOS SANTOS  
Data: 20/12/2023 07:56:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Eng.Agrônomo Me. Rilbson Henrique Silva dos Santos (Examinador)

A Deus, por ter planos tão lindos na minha vida e me permitir realizar meu sonho, que sempre foi ser engenheiro agrônomo.

A toda minha família, mas em especial a senhora Maria José dos Santos, minha mãe, mulher guerreira que criou, cuidou e educou 5 filhos, ela sempre foi minha fonte de inspiração para não desistir e continuar lutando por meus objetivos.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me guiar em todos os momentos e por me manter firme no meu propósito ao longo de toda a minha trajetória no curso.

Aos meus familiares, que estiveram sempre ao meu lado, auxiliando e incentivando de todas as maneiras possíveis.

Aos meus amigos, Rilbson, Hugo e Valdeí, que me apoiaram desde o início até o fim do curso. Rilbson tornou-se minha referência e fonte de inspiração acadêmica.

Aos meus conterrâneos e compadres Eldes e Marcio, bem como ao meu amigo Thales, que sempre procuraram maneiras de me ajudar e me incentivar durante toda a jornada acadêmica.

À Ligia Sampaio Reis, minha professora, orientadora e amiga, quero expressar minha profunda gratidão. Ela desempenhou um papel fundamental na minha formação, nunca medindo esforços para me orientar e oferecer conselhos que levarei comigo para além das portas da universidade.

A toda a equipe do laboratório pelo suporte e disponibilidade em ajudar nas tarefas do dia a dia.

## RESUMO

O sistema de plantio com mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oferece vantagens sobre o plantio convencional, incluindo maior perfilhamento, redução do material de plantio e maior uniformidade. Além disso, diante da escassez de água, está sendo estudado o uso de hidroretentores, que são polímeros que expandem significativamente para reter água e melhorar a eficiência no uso de água. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de um hidroretentor e diferentes lâminas de irrigação na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação na área experimental do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, na cidade de Rio Largo, AL. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial misto 4 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu em estresse hídrico (50%, 75%, 100%, 125% da capacidade de campo). O segundo fator foi composto por duas doses do hidroretentor (0,25 g e 0,50 g por planta). As avaliações ocorreram aos 10, 20 e 30 dias após o transplantio (DAT) até os 30 dias DAT. As variáveis analisadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, massa fresca da parte aérea , massa seca da parte aérea e tamanho da raiz. Aos 10 e 20 DAT, o maior número de folhas foi encontrado no nível de 75% da CC, com maior dose do hidroretentor. O tamanho da raiz na dose de 0,25 g/planta foi superior 30,45% na comparação da dose de 0,5 g/planta. Aos 30 DAT houve aumento nos componentes AP e NF até o nível de 100% e 75% da CC, respectivamente, decrescendo após esses níveis. A utilização do hidroretentor no solo promoveu um notável crescimento das mudas de cana-de-açúcar, destacando-se como uma alternativa promissora no cultivo de MPB.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp*, umidade do solo, condicionador.

## ABSTRACT

The planting system with pre-sprouted sugarcane seedlings offers advantages over conventional planting, including greater tillering, reduction of planting material and greater uniformity. Furthermore, given the scarcity of water, the use of hydroretentants is being studied, which are polymers that expand significantly to retain water and improve efficiency in water use. Thus, this work aimed to evaluate the use of a hydroretainer and different irrigation blades in the production of pre-sprouted sugarcane seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse in the experimental area of the Agricultural Engineering and Sciences Campus of the Federal University of Alagoas, in the city of Rio Largo, AL. The design adopted was completely randomized, in a 4 x 2 mixed factorial arrangement, with four replications. The first factor consisted of water stress (50%, 75%, 100%, 125% of field capacity). The second factor was composed of two doses of the hydroretentant (0.25 g and 0.50 g per plant). Assessments occurred at 10, 20 and 30 days after transplantation (DAT) until 30 days DAT. The variables analyzed were: plant height, stem diameter, number of leaves, fresh mass of the aerial part, dry mass of the aerial part and root size. At 10 and 20 DAT, the greatest number of leaves was found at the 75% CC level, with the highest dose of water retainer. The root size at a dose of 0.25 g/plant was 30.45% higher compared to a dose of 0.5 g/plant. At 30 DAT there was an increase in the AP and NF components up to the level of 100% and 75% of CC, respectively, decreasing after these levels. The use of hydroretainer in the soil promoted a notable growth of sugarcane seedlings, standing out as a promising alternative in the cultivation of MPB.

**Keywords:** *Saccharum spp*, soil moisture, conditioner.

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1.** Número de folhas das plantas de cana-de-açúcar 10 dias após o transplantio, em função dos diferentes níveis de estresse hídrico e doses do hidroretentor. .... 19
- Figura 2.** Número de folhas das plantas de cana-de-açúcar 20 dias após o transplantio, em função dos diferentes níveis de estresse hídrico e doses do hidroretentor. .... 22
- Figura 3.** Altura de plantas (A) e número de folhas (B) das plantas de cana-de-açúcar aos 30 dias o transplantio, em função dos diferentes níveis de estresse hídrico..... 25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resumo das análises de variância e coeficientes de variação para os componentes de produção: Número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule da cana de açúcar cultivado sob diferentes níveis de estresse hídrico e aplicação de hidrorretentor aos 10 dias após a análise de variância .....	18
<b>Tabela 2.</b> Média da altura de planta da cultura da cana-de-açúcar, submetida a aplicação de hidroretentor e níveis de estresse hídrico aos 10 dias após o transplantio. ....	19
<b>Tabela 3.</b> Resumo das análises de variância e coeficientes de variação para os componentes de produção: Número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule da cana de açúcar cultivado sob diferentes níveis de estresse hídrico e doses de aplicação de hidrorretentor aos 20 dias após o transplantio. ....	20
<b>Tabela 4.</b> Média da altura de planta na cultura da cana-de-açúcar, submetida a aplicação de hidroretentor e níveis de estresse hídrico aos 20 dias após o transplantio. ....	21
<b>Tabela 5.</b> Resumo das análises de variância e coeficientes de variação para os componentes de produção: Número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule, tamanho da raiz, massa verde e massa seca da cana de açúcar cultivado sob diferentes níveis de estresse hídrico e doses de aplicação de hidrorretentor aos 30 dias após o transplantio. ....	23
<b>Tabela 6.</b> Média do tamanho de raiz na cultura da cana-de-açúcar, submetida a aplicação de hidroretentor e níveis de estresse hídrico aos 30 dias após o transplantio. ....	24

## **Sumário**

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1 A cultura da cana de açúcar.....	12
2.2 Importância econômica .....	12
2.3 Estresse hídrico na cana-de-açúcar .....	13
2.4 Hidroretentor .....	14
2.5 Mudas pré-brotadas (MPB).....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Localização do experimento.....	16
3.2 Delineamento estatístico .....	16
3.3 Obtenção da capacidade de campo.....	16
3.4 Material genético e sistema de cultivo .....	16
3.5 Variáveis analisadas .....	17
3.6 Análise estatística.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5 CONCLUSÕES .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (FEITOSA et al, 2023). Com uma área total plantada de 8.288,9 milhões de hectares na safra 2022/23, o país produziu 610,1 milhões de toneladas de cana de açúcar , um aumento de 6% comparando com a safra anterior (CONAB, 2023).

A cana-de-açúcar é uma cultura que pode ser usada para obter diversos produtos como por exemplo o: açúcar e etanol que são os mais importantes e consumidos mundialmente, o etanol da cana-de-açúcar tem um rendimento bem superior quando comparado com o etanol retirado do milho, outro produto derivado da cana-de-açúcar, o bagaço de cana, permite a produção de energia limpa comparando com outras fontes de energia (OLIVEIRA, D.; URASHIMA, 2018).

O plantio é tido como uma das principais operações para ter um canavial bem sucedido, visto que essa etapa interfere diretamente no rendimento da cultura (BARROS, F. F.; MILAN, M. 2010). Essa operação é a que mais necessita de conhecimento a respeito das relações entre o solo, a planta e a atmosfera (BEAUCLAIR, E. G. F.; SCARPARI, M. S. 2006).

Com a finalidade de se adequar as leis ambientais , reduzir os custos e ter uma melhor qualidade, o processo de produção vem adotando tecnologias que iniciou-se com a colheita mecanizada e agora também conta com o plantio mecanizado, usando nesse plantio mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB), este modelo de plantio traz consigo diversas vantagens como redução do material propagativo, uniformidade do canavial e mudas de melhor qualidade trazendo uma diminuição de pragas e doenças .

Na procura por melhores rendimentos para suprir as necessidades crescentes a indústria canavieira vem investindo na produção de tecnologias e modos de plantio (NETO, L.A.A. et al. 2020).

Técnicas de plantio como MPB devem ser aperfeiçoadas, para que o setor de produção de cana-de-açúcar tenha um melhor desenvolvimento e torne-se mais ágil para que possa substituir o sistema atual utilizando os colmos das plantas.

Ao longo do período de crescimento, as mudas passaram pela fase de aclimatação, na qual variáveis ambientais podem ser controladas para obter mudas mais resistentes e vigorosas. Entre essas variáveis, a radiação solar tem influência direta no desenvolvimento das mudas (GAZOLA et al. 2017).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de hidroretentor e diferentes usos de substratos na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da cana-de-açúcar

Estima-se que a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) pertence à família *poaceae*, começou a ser consumida em torno de 6000 anos a.C, na região da Ásia , a princípio de uma forma natural, a cana era mastigada e seu caldo sorvido. (PROJETO AGORA, 2014). Introduzida no Brasil ainda no período colonial a cana-de-açúcar tornou-se uma das principais culturas com destaque na atividade econômica brasileira e desenvolvida a partir de vários híbridos de várias espécies do gênero *Saccharum*, desenvolvendo-se melhor em regiões de clima tropical e subtropical (FIGUEIREDO, 2008).

A cana-de-açúcar cresce em formato de touceira, apresentando uma parte aérea composta por colmos, folhas e inflorescências, enquanto a parte subterrânea é constituída por raízes e rizoma. A inflorescência da cana-de-açúcar é uma panícula aberta, conhecida como bandeira ou flecha (MOZAMBANI et al., 2006). Pertencente ao grupo das monocotiledôneas são bem adaptadas a luminosidade, altas temperaturas e escassez hídrica. Sua reprodução se dá naturalmente de forma sexuada, no entanto, quando essa reprodução é para fins comerciais a propagação da planta é feita de forma assexuada, por meio de toletes, utilizando a propagação vegetativa através de perfilhos. O caule da cana-de-açúcar é formado por nós, entrenós e gemas, sendo assim considerado comercialmente a parte mais importante da planta, é no caule também que são acumuladas as reservas de açúcar que posteriormente será extraído pela indústria, esses caules apresentam o formato cilíndrico (DEFENSOR, 2023). Tida como uma cultura semiperene a cana-de-açúcar possibilita ser cortada várias vezes sem necessidade de um novo plantio (PINTO et al., 2016; JESUS et al., 2019).

### 2.2 Importância econômica

Segundo dados da organização das Nações Unidas (ONU), para agricultura e alimentação o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar ,seguido pela Índia e depois China (FAO, 2021).

No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar é de estrema importância no contexto econômico, pois trata-se da principal matéria prima para produção de importantes produtos como etanol, açúcar e também muito usado para produção de forragem para alimentação animal (GUIMARÃES et al. 2016) Devido à extensão territorial do Brasil, à diversidade climática e

de solos encontrada em seu território, a cultura da cana-de-açúcar se expande, tornando-se a base econômica em várias regiões do país (IAC – 2013).

De acordo com o primeiro levantamento da CONAB a área plantada aumentou 1,5% em relação à safra anterior totalizando 8.410,3 mil ha. No Brasil, a maior produção fica na região sudeste, com destaque para o estado de São Paulo que contribui com 312.879,5 mil toneladas na safra de 2022/23, destaque também na mesma região para o estado de Minas Gerais que fica como terceiro maior produtor do país com uma produção de 70.537,9 mil toneladas na safra 2022/23, o segundo lugar é do Estado de Goiás, localizado na região centro-oeste , com 71.035,4 mil toneladas.

Na região Nordeste o destaque está no estado de Alagoas, que apesar da limitação territorial encabeça o ranking de maior produção da região com uma produção de 19.841,1 mil toneladas, vale ressaltar também que a safra 2022/23 foi prejudicada pelo alto regime pluviométrico, que retardou a colheita levando ao não processamento de toda a cana neste ciclo. (CONAB, 2023).

### **2.3 Estresse hídrico na cana-de-açúcar**

No processo da fotossíntese, a água desempenha um papel essencial para liberar prótons e elétrons na fase fotoquímica, além de contribuir para a regulação da abertura e fechamento estomático. Essa participação crucial da água viabiliza tanto a absorção de CO<sub>2</sub> quanto a mobilização de foto-assimilados pela planta (CHAVARRIA; SANTOS, 2012). A água é fonte de oxigênio molecular existente na atmosfera, produzido na fotossíntese, da mesma forma que fornece o hidrogênio necessário para a formação de carboidratos por meio da redução do CO<sub>2</sub> (PIMENTEL, 2004).

A água desempenha outra importante função ao manter a turgescência celular, que é crucial para sustentar a morfologia de plantas herbáceas, facilitando o movimento das folhas e flores. Além disso, contribui para o alongamento celular, as trocas gasosas nas folhas e o transporte no floema. No entanto, quando as células sofrem desidratação, há uma diminuição no turgor, levando ao fechamento estomático e, consequentemente, à redução da fotossíntese e respiração (Pimentel 2004). Outra função importante está associada ao deslocamento e absorção de nutrientes essenciais pelas plantas, através do processo reconhecido como fluxo de massa (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A Com base em seus estudos sobre o período crítico de deficiência hídrica na cultura da cana-de-açúcar, ROSENFELD (1989) concluiu que o início do estágio de máximo desenvolvimento da cana-planta é o período mais sensível ao déficit hídrico. No entanto,

DOORENBOS; KASSAM (1979) afirmam que o primeiro estágio é o mais suscetível às deficiências hídricas.

Inman-Bamber (2004) destaca que a escassez de água tem um impacto negativo no crescimento da parte aérea, especialmente na produção de folhas, acelerando o envelhecimento das folhas e da planta como um todo. Isso pode resultar em uma redução na captação de radiação, na eficiência no uso da água e na fotossíntese, além de aumentar a quantidade de radiação transmitida para o solo. Além das mudanças fisiológicas causadas pelo déficit hídrico, as plantas de cana-de-açúcar também tendem a apresentar uma significativa redução em sua produção de biomassa (MACHADO et al., 2009), o que resulta na inibição do brotamento. Compreender adequadamente como a planta reage aos efeitos do estresse hídrico é de extrema importância para selecionar a variedade mais adequada e implementar a melhor estratégia de manejo.

#### **2.4 Hidroretentor**

O hidroretentor ou hidrogel são grânulos que ao entrar em contato com água podem aumentar sua massa em até 400 vezes, esses produtos podem ser usados de duas formas, pode ser usado na sua forma seca diretamente no solo ou na forma hidratada, adicionando água ao produto e depois colocando-o no solo.

Esses grânulos em pó quando misturados a água, formam uma massa de gel transparente onde as raízes irão se desenvolver, essas raízes irão atravessar essa massa aumentando, assim , o número de pelos radiculares, levando raiz a ter uma maior superfície de contato, e fazendo com que o produto libere água conforme a necessidade da planta , levando , assim, a uma economia de água , devido a diminuição da irrigação e aumentando o intervalo entre irrigações e melhorando o desenvolvimento da cultura (LOPES et al., 2010)

Vale ressaltar que uma das limitações do uso desses polímeros é o custo, ainda alto, no entanto com o uso de doses pequenas obtém-se bons resultados , com diversas melhorias como uma melhor absorção de nutrientes e água no substrato, levando a uma redução de custos , trazendo alternativas para produção de mudas (HAFLE et al., 2008).

#### **2.5 Mudas pré-brotadas (MPB)**

Desde a chegada das primeiras mudas de cana-de-açúcar ao Brasil em 1532, a metodologia de plantio, que envolvia um alto consumo de colmos, manteve-se praticamente inalterada até o surgimento das Mudas Pré-Brotadas (MPB). Com o objetivo de reduzir problemas e desperdícios associados ao plantio convencional, o Instituto Agronômico de

Campinas (IAC) desenvolveu o sistema de MPB, uma abordagem inovadora para a propagação da cana. A principal diferença em relação ao sistema de plantio convencional é a utilização de mudas prontas para o plantio, previamente brotadas, em vez dos colmos semente tradicionalmente empregados (LANDELL et al., 2012; XAVIER et al., 2014).

O uso de (MPB) na implantação de canaviais é atualmente uma das tecnologias mais inovadoras e traz consigo diversos benefícios para a cultura da cana-de-açúcar (NETO et al., 2021).

Esse sistema possibilita alcançar níveis elevados de produtividade, associados a um alto padrão de saúde das plantas, vigor e uniformidade, além de reduzir o consumo de matéria-prima em até 90% em comparação com o sistema convencional. No sistema convencional de plantio de um hectare de cana-de-açúcar, aproximadamente 20 toneladas de colmos semente são necessárias. Por outro lado, com o sistema de tecnologia de (MPB), a quantidade de mudas utilizada é drasticamente reduzida, podendo ser utilizadas apenas 2 toneladas de mudas por hectare (GOMES et al., 2018).

Essa diferença significativa no volume não utilizado dos colmos semente, em teoria, poderia ser direcionada para outros processos dentro da agroindústria, como a implantação de viveiros, replantio, renovação de áreas comerciais e expansão de canaviais, favorecendo os lucros do setor sucroenergético (IAC, 2013).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, na cidade de Rio Largo, AL. Com coordenadas geográficas 9° 27' 55" de latitude Sul e 35° 49' 46" de longitude Oeste, e altitude média de 127m.

#### **3.2 Delineamento estatístico**

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial misto 4 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator constou de estresse hídrico (50%, 75%, 100%, 125% da capacidade de campo - CC). O segundo fator foi composto de duas doses do hidroretentor UPDT da empresa UPL (H1: 0,25 e H2: 0,50 g por planta ).

#### **3.3 Obtenção da capacidade de campo**

No início do experimento, cada tratamento foi elevado à capacidade de campo; para isso, os vasos foram saturados com água, envolvidos individualmente com plástico filme, de forma a forçar a perda de água apenas por drenagem (GERVÁSIO, 2000). Os volumes de água utilizados para reposição de cada vaso foram obtidos a partir da quantidade de água evapotranspirada diariamente em cada tratamento.

#### **3.4 Material genético e sistema de cultivo**

Para a execução do experimento utilizou-se variedade RB08791. Ela tem como principais características: alta produtividade agrícola, colheita de novembro a fevereiro, alta taxa de perfilhamento, ótima brotação da soca, bom fechamento de entrelinha, maturação média/tardia, PUI (período de utilização industrial) longo, alto teor de sacarose e baixo teor de fibra (OLIVEIRA; BARBOSA; DAROS, 2021).

Utilizou-se nós do caule da planta para obtenção das mudas, e foram semeadas em 4 bandejas, com capacidade para 40 minirrebolos em cada, totalizando 160 plantas. As bandejas tiveram a finalidade de obter uma melhor brotação das gemas e enraizamento. Após a brotação das gemas e crescimento inicial (20 dias após o plantio – DAP), escolheu-se as 64 plantas mais desenvolvidas para serem transplantadas em vasos com capacidade de 0,5 L. Cada tratamento com o hidroretentor foi preparado de acordo com suas respectivas concentrações. As lâminas e os turnos de irrigação foram definidos de acordo com o desenvolvimento das plantas.

### **3.5 Variáveis analisadas**

Os dados coletados foram referentes à altura de planta – AP (cm), diâmetro do colmo – DC (mm) e número de folhas – NF, realizados no 10º, 20º e 30º dia após o transplantio (DAT), na terceira avaliação também foram coletados dados referentes massa fresca da parte aérea – MFPA (g), massa seca da parte aérea – MSPA (g) e comprimento de raiz - CR (cm).

Para a variável número de folhas, foram consideradas apenas as folhas verdes e totalmente abertas (desenvolvidas) de cada planta. Para variável altura foi medida da base da planta até o último colarinho. Para a variável diâmetro do caule as medições foram feitas com auxílio de um paquímetro, fazendo essa medição no colmo da planta a 1 cm da base da superfície do solo. Para a obtenção da massa fresca da parte aérea – MFPA (g) e massa seca da parte aérea – MSPA (g) as mudas foram cortadas aos 30 DAT, separados, identificadas e levadas ao laboratório para pesagem do material vegetal, com auxílio de uma balança de precisão digital de 0,01g. Após pesagem as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e postas em uma estufa por aproximadamente 48 horas, à uma temperatura de 70 °C. após o tempo, pesou-se novamente as amostras para obtenção da massa seca de cada amostra.

### **3.6 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análises de variância pelo teste F, e as medias comparadas pelo teste de tukey a 0,05. Os resultados obtidos em função dos níveis de estresse hídrico, foram submetidos à análise de regressão. As análises foram realizadas utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.6 (2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de variância, verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores hidroretentor e os níveis de estresse hídrico, sendo observada significância no nível de 5% para as variáveis altura de planta e número de folhas, demonstrando assim, que a resposta da cultura ao estresse hídrico é variável de acordo com a dose do hidroretentor, enquanto que no diâmetro do caule não houve interação entre os fatores e nção houve diferença significativa nos fatores isolados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo das análises de variância e coeficientes de variação para os componentes de produção: Número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule da cana de açúcar cultivado sob diferentes níveis de estresse hídrico e aplicação de hidrorretentor aos 10 dias .

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	QM		
		AP	DC	NF
Hidroretentor (I)	1	1,125 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	1,125 <sup>ns</sup>
Estresse hídrico (II)	3	18,208 <sup>--</sup>	0,009 <sup>--</sup>	1,667 <sup>--</sup>
Interação (I x II)	3	93,375*	0,008 <sup>ns</sup>	1,125*
Regressão linear	1	12,100 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,300 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	28,125 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	13,500 <sup>**</sup>
Resíduo	24	17,743	0,007	0,333
Total	31			
<b>CV (%)</b>		<b>20,25</b>	<b>18,65</b>	<b>15,93</b>

CV: Coeficiente de Variação; GL: Grau de liberdade, QM: Quadrado médio; -- Os tratamentos são quantitativos, o Teste F não se aplica; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Na Tabela 2 estão representados os valores médios na altura de planta de cana-de-açúcar aos 10 DAT submetida ao estresse hídrico em função de duas doses do hidroretentor. Observou-se que quando a planta da cana-de-açúcar não sofreu estresse, a dose H1 (0,25 g do hidroretentor por planta) apresentou maior altura em comparação com H2 (0,50 g do hidroretentor por planta). No entanto, quando a planta sofreu déficit hídrico (50% da CC), o H2 obteve média

maior da altura em comparação com H1. O resultado pode ter ocorrido devido ao fato de que em condições normais de fornecimento de água, a quantidade maior do hidroretentor aplicada ao solo, reteve mais água nos poros do solo, diminuindo a oxigenação das raízes, em contrapartida, em condição de déficit hídrico a maior dose, proporcionou maior retenção aumentando a disponibilidade de água para a planta.

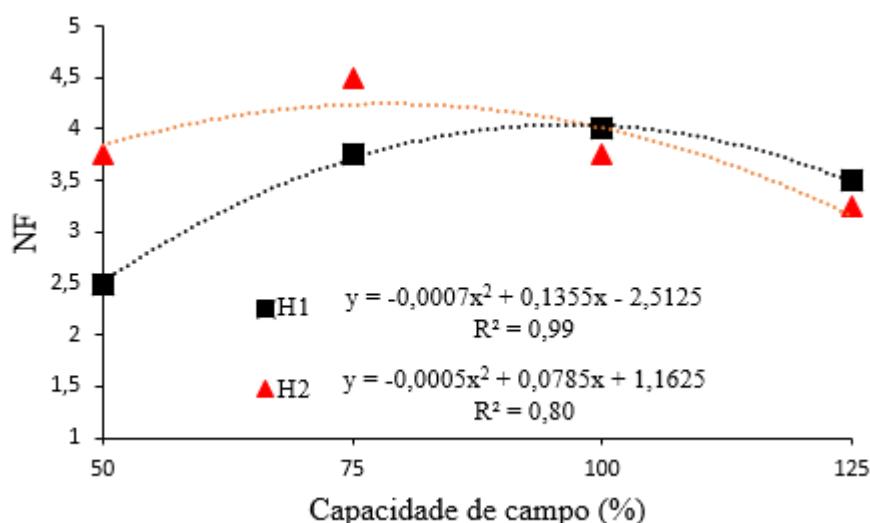
**Tabela 2.** Média da altura de planta da cultura da cana-de-açúcar, submetida a aplicação de hidroretentor e níveis de estresse hídrico aos 10 dias após a emergência.

	50%	75%	100%	125%
<b>H1</b>	18,00 b	24,25 a	28,00 a	26,25 a
<b>H2</b>	25,75 a	26,75 a	20,50 b	22,00 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se na Figura 1, que ambas as doses do hidroretentor se ajustaram o modelo polinomial do 2º grau. As plantas cultivadas no H2, obtiveram médias superiores do NF até 75% da CC (4,5 folhas por planta), decrescendo a partir deste nível, o  $R^2$  foi de 0,80. O cultivo na dose H1, teve seu valor máximo quando a planta não sofreu estresse (4 folhas por planta), o  $R^2$  foi de 0,99.

**Figura 1.** Número de folhas das plantas de cana-de-açúcar 10 dias após o transplantio, em função dos diferentes níveis de estresse hídrico e doses do hidroretentor.



Segundo Inman-Bamber (2004), é possível utilizar a quantidade de folhas verdes como um sinal do impacto causado pela escassez de água na cana-de-açúcar. Para Smit; Singels (2006), a maturação precoce das folhas em resposta à falta de água ocorre após a redução na formação de novas folhas. A preservação das folhas verdes remanescentes pode ser um sinal de resistência à seca, uma vez que a senescênciia foliar e a diminuição na formação de folhas são reações ao estresse causado pela escassez de água, que dependem das características genéticas (SMIT; SINGELS, 2006). Mostrando assim que a variável número de folhas a lâmina ideal de água é extremamente importante para a sanidade e longevidade da planta.

A partir da análise de variância, verifica-se efeito significativo do fator isolado hidrorentetor, sendo observada significância a nível de 5% na variável altura de planta. Verificou-se, que a interação entre o fator hidrorentetor e estresse hídrico apresentou significância a nível de 5% para variável número de folhas, já para as demais variáveis essa interação não foi significativa (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância e coeficientes de variação para os componentes de produção: Número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule da cana de açúcar cultivado sob diferentes níveis de estresse hídrico e doses de aplicação de hidrorretentor aos 20 dias após o transplantio.

<b>CAUSA DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>		
		<b>AP</b>	<b>DC</b>	<b>NF</b>
Hidrorententor (I)	1	185,281*	0,000 <sup>ns</sup>	1,125 <sup>ns</sup>
Estresse hídrico (II)	3	45,531 <sup>--</sup>	0,004 <sup>--</sup>	1,666 <sup>--</sup>
Interação (I x II)	3	69,281 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	1,125 <sup>*</sup>
Régressão linear	1	7,656 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,100 <sup>ns</sup>
Régressão quadrática	1	116,281 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	4,500 <sup>**</sup>
Resíduo	24	43,447	0,007	0,333
Total	31			
<b>CV (%)</b>		<b>24,67</b>	<b>18,72</b>	<b>15,93</b>

CV: Coeficiente de Variação; GL: Grau de liberdade, QM: Quadrado médio; -- Os tratamentos são quantitativos, o Teste F não se aplica; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Segundo Nicchio et al. (2020) a avaliação das características biométricas, como altura e diâmetro, é crucial, pois esses parâmetros estão diretamente ligados ao potencial de acumulação de sacarose em plantas de cana-de-açúcar durante a fase inicial do crescimento das mudas. Cada genótipo da cana-de-açúcar carrega consigo uma série de características morfológicas distintas em seus colmos e gemas, e essas características são as principais responsáveis pela grande diversidade de comportamento observada nas mudas de cana-de-açúcar.

No presente trabalho foi analisado que aos 20 DAT, foi constatado que não houve uma diferença substancial na altura das plantas entre os diferentes tratamentos que foram analisados

Aos 20 DAT, observou-se que a altura de plantas da cana-de-açúcar teve média maior na dose H1, 16,55% superior a H2 (Tabela 4).

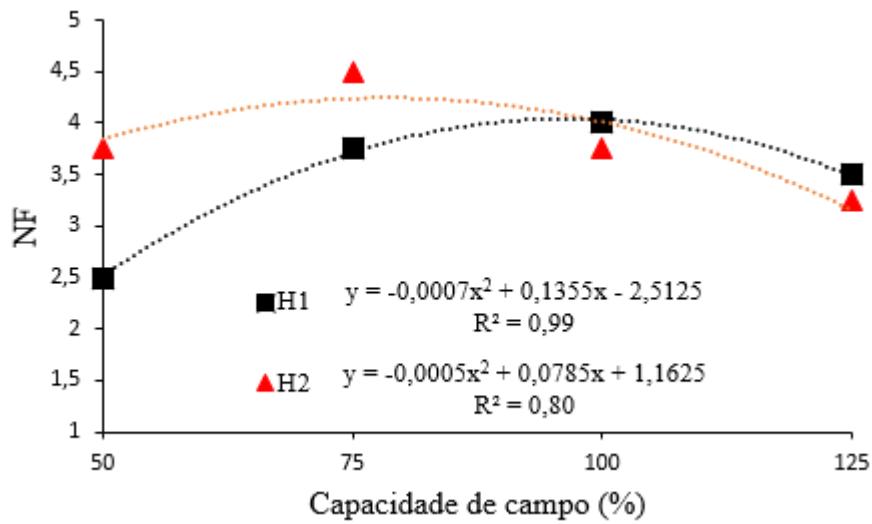
**Tabela 4.** Média da altura de planta na cultura da cana-de-açúcar, submetida a aplicação de hidroretentor e níveis de estresse hídrico aos 20 dias após o transplantio.

<b>AP</b>	
<b>H1</b>	29,13 a
<b>H2</b>	24,31 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 2 estão representados os valores de NF na cultura da cana-de-açúcar 20 dias DAT, é possível verificar que até 75% da CC, a dose H2 obteve maiores valores associados ao número de folhas. Entretanto, a partir do nível de 100%, a dose H1 obteve médias superiores. Ambas as doses melhor se ajustaram ao modelo polinomial grau 2, apresentando  $R^2$  de 0,99 e 0,80 para H1 e H2, respectivamente.

**Figura 2.** Número de folhas das plantas de cana-de-açúcar 20 dias após o transplantio, em função dos diferentes níveis de estresse hídrico e doses do hidroretentor.



Todas as variáveis apresentaram efeito não significativo aos 30 DAT, indicando que os níveis de um fator não interferem nos níveis do outro. Analisando os efeitos isolados, observa-se, que as variáveis altura de planta (AP) e número de folhas (NF) apresentaram efeito significativo no nível de 5% de probabilidade para o fator isolado estresse hídrico, ajustando-se a regressão quadrática, e as demais variáveis não apresentaram efeito significativo no nível de 5% de probabilidade para ambas as regressões. Observa-se ainda que o fator isolado hidrorretentor apresentou efeito significativo no nível de 1% de probabilidade apenas na variável tamanho de raiz (TR) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância e coeficientes de variação para os componentes de produção: Número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule, tamanho da raiz, massa verde e massa seca da cana de açúcar cultivado sob diferentes níveis de estresse hídrico e doses de aplicação de hidrorretentor aos 30 dias após o transplantio.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL		QM				
		AP	DC	NF	MF	MS	TR
Doses (I)	1	69,031 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	3,666 <sup>ns</sup>	3,106 <sup>ns</sup>	0,120 <sup>ns</sup>	223,132**
Estresse (II)	3	108,614 <sup>--</sup>	0,008 <sup>--</sup>	1,250 <sup>--</sup>	1,426 <sup>--</sup>	0,050 <sup>--</sup>	21,445 <sup>--</sup>
Interação (I x II)	3	136,031 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,750 <sup>ns</sup>	1,377 <sup>ns</sup>	0,288 <sup>ns</sup>	11,841 <sup>ns</sup>
Régressão linear	1	16,256 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,225 <sup>ns</sup>	0,788 <sup>ns</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	5,076 <sup>ns</sup>
Régressão quadrática	1	306,281 <sup>*</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	3,125 <sup>*</sup>	3,425 <sup>ns</sup>	0,113 <sup>ns</sup>	43,945 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	55,489	0,009	0,666	1,912	0,134	13,143
Total	31						
CV (%)		<b>21,97</b>	<b>19,14</b>	<b>20,41</b>	<b>37,48</b>	<b>50,05</b>	<b>24,66</b>

CV: Coeficiente de Variação; GL: Grau de liberdade, QM: Quadrado médio; -- Os tratamentos são quantitativos, o Teste F não se aplica; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Aos 30 DAT da cultura da cana-de-açúcar, observou-se que a dose H1 obteve média superior do comprimento do sistema radicular em comparação com a dose H2, apresentando um acréscimo de 30,45% (Tabela 6).

**Tabela 6.** Média do tamanho de raiz na cultura da cana-de-açúcar, submetida a aplicação de hidroretentor e níveis de estresse hídrico aos 30 dias após o transplantio.

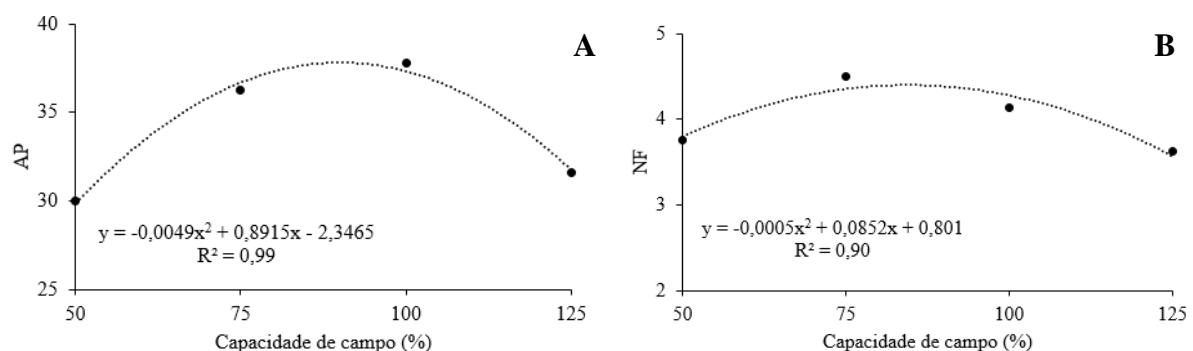
<b>TR</b>	
<b>H1</b>	17,34 a
<b>H2</b>	12,06 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados da variável TR (tamanho de raiz) podem ser explicados pelo que é conhecido como "efeito bonsai", visto que, no presente experimento com o aumento da dose de hidroretentor aumentou-se a retenção hídrica, fazendo com que as raízes não se desenvolvessem para buscar nutrientes. Conforme descrito por Creste (2016), esse efeito sugere que o desenvolvimento do sistema radicular das plantas é limitado quando elas são cultivadas em locais com altos níveis de nutrientes e matéria orgânica, como é comum em adubações realizadas em covas. Nesse cenário, as plantas podem não sentir a necessidade de expandir seu sistema radicular para buscar nutrientes, uma vez que esses nutrientes estão prontamente disponíveis às raízes. No entanto, o autor também observa que o crescimento normal das raízes pode ocorrer mesmo nessas circunstâncias, desde que haja disponibilidade adequada de água nas camadas superficiais do solo.

Na Figura 3, verifica-se que houve aumento nos componentes AP e NF até o nível de 100% e 75% da CC, respectivamente, após esses níveis as médias diminuíram, apresentando um comportamento quadrático. O  $R^2$  foi de 0,99 para AP e 0,90 para NF. A maior média de AP foi de 37,75 cm, quando as plantas foram submetidas a um solo com 100% da CC (Figura 3A). Com relação ao NF a maior média foi de 4,5, quando as plantas foram cultivadas em solo com 75% da CC (Figura 3B).

**Figura 3.** Altura de plantas (A) e Número de folhas (B) das plantas de cana-de-açúcar aos 30 dias após o transplantio, em função dos diferentes níveis de estresse hídrico.



Fonte: Autor (2023)

De acordo com Silva et al. (2008), as variações na altura das plantas podem ser interpretadas como um indicador da capacidade de a cana-de-açúcar resistir ou ser suscetível à escassez de água. Isso fortalece a evidência de que a variedade RB08791 demonstra uma certa tolerância ao déficit hídrico, quando se considera a altura das plantas. Essa conclusão encontra respaldo nos resultados obtidos no presente estudo, conforme ilustrado na Figura 3A.

## 5 CONCLUSÕES

A dose de 0,25 g por planta do hidroretentor proporcionou um maior crescimento do sistema radicular das mudas pré-brotadas da cana-de-açúcar.

Aos 30 DAT, houve um aumento significativo no número de folhas quando a planta foi irrigada com 75% da capacidade de campo. Já em relação à altura das plantas, a maior altura foi alcançada quando as plantas receberam uma irrigação equivalente a 100% da capacidade de campo.

A incorporação do hidroretentor ao solo propiciou um aumento significativo nos indicadores de crescimento das mudas de cana-de-açúcar, apresentando-se como uma promissora alternativa no cultivo de MPB.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BEAUCLAIR, E. G. F.; Scarpari, M. S. Noções fitotécnicas. In: Ripoli, T.C. C.; Ripoli, M. L. C.; Casagrandi, D. V.; Ide, B. Y. (org.). **Plantio de cana-de-açúcar:** Estado da arte. Piracicaba: Livroceres, Cáp.4, p 80-91, Piracicaba, 2006.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P. (2012). **Plant water relations:** absorption, transport and control mechanisms. In: Advances in selected plant physiology aspects (eds. by Montanaro G & Dichio B), pp. 105-132. Rijeka: Intech.

**CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTCIMENTO.** Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, DF, v. 10, n. 4 , Brasília, 2023.

CRESTE, J. E. **Nutrição de Plantas**, 1 p., Notas de aula, Presidente Prudente, 2016.

DEFENSOR, W. S. **Produtividade e qualidade da cana de açúcar em função de bioestimulante, micronutrientes e hidroretentor.** 2023. 9 f. Trabalho de conclusão de curso ( Graduação em Agronomia ) - Universidade Federal de Uberlândia (Instituto de Ciências Agrárias), Uberlandia, 2023.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. (FAO irrigation and drainage, paper 33)

**FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT.**  
Disponível em:  
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>> Acesso em: 19/07/2023.

FEITOSA, I. R. S.; MUNIN, N. C. G.; GOULART, B. V.; MONTAGNER, C. C. **Ocorrência de pesticidas em solos argilosos e arenosos após aplicação em pastagens e cana-de-açúcar.** **Química Nova**, v. 46, n. 5, p 414-424, Campinas, 2023.

FIGUEIREDO, P. **Cana-de-açúcar:** Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agronômico no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. Instituto Agronômico, p.31-44, Campinas, 2008.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.4, n.1, p.125-128, Campina Grande, PB, 2000.

GOMES, C. **Cana-de-açúcar**: Sistema muda conceito de plantio. *A Lavoura*, v. 696, n. 1, p. 38-39, 2013.

GAZOLA, T.; CIPOLA FILHO, M. L.; FRANCO JÚNIOR, N. C. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. **Científica**, v.45, p.300-306, Piracicaba, 2017.

GUIMARÃES,G.; LANA, R. P.; REI, R. S.; VELOSO, C. M.; SOUSA, M. R. M. ; RODRIGUES, R. C.; CAMPOS, S. A. Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango – **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.17, n.4, p 618, Salvador, 2016.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. C. M; RAMOS, J. D.; RAMOS, O. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaqueia utilizando polímero hidroretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**; v. 3, n. 3, p. 232-236, 2008.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Brasil terá coleção mundial da cana**: IAC desenvolve sistema inédito que muda o conceito de plantar cana. Ribeirão Preto, São Paulo, Edição 4, 3p, 2013. Disponível em :  
[https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes/infocana\\_4](https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes/infocana_4). Acesso em 15/07/2023.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v.89, p.107-122, 2004.

JESUS, H. I.; MEDEIROS, M. L. S.; LOPES, M. F. Q.; OLIVEIRA, B. S.; SILVA, G. M.; MIELEZRSKI,F. Development and gas Exchange of pre-sprouted sugarcane seedlings in three diferente growing substrate media. **Journal of Experimental Agriculture International**, Hooghly, v. 32, n. 4, p. 1-7, 2019.

LANDELL, M. G. A. (Ed). **Cana-de-açúcar**., Instituto Agronômico, p. 31-44, Campinas, 2008.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**, 16 p.,Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2012.

LOPES, J. L.W.; SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; ANGELICO, T. S. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 217-224, Santa Maria , 2010.

MACHADO, R.S.; RIBEIRO,R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A.; Respostas biométricas e fisiológicas ao deficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas.. **Pesq. agropec. bras.**, v.44, n.12, p.1575-1582, Brasília, 2009.

MELO, B. L. **Redução do impacto ambiental com géis hidrorretentores e cultivo de meristemas, em mudas de cana-de-açúcar.** 2017. 58 p. dissertação de mestrado, Universidade do oeste paulista, Presidente prudente, São Paulo, 2017.

MOZAMBANI, A.E. et al. **História e morfologia da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S.V. et al. Atualização em produção de cana-de-açúcar, Cadernos Planalsucar, p.11-18., Piracicaba, 2006.

NETO, J.S.; ROCHA, E. M. F.; CASTRO, R. B. R. Desenvolvimento Sustentável de Mudas Pré-Brotadas (MPB) de Cana-de-Açúcar Utilizando Ácido Indolbutirico de Sementes de *Phaseolus vulgaris* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p.122081-122090, Curitiba, 2021.

NETO, L.A.A.; GUISELINE, C.; MENEZES, D.; JUNIOR, J. J. F. C.; PANDORFI, H. Growth of pre-sprouted sugarcane seedlings submitted to supplementary lighting. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.3, p.194-199, Campina Grande, 2020.

NICCHIO, B.; CARDOZO, C. C.; VIEIRA, M. A. M. Efeitos de substratos na qualidade de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. pernamb.**,p.1-6, Recife, 2020.

OLIVEIRA, R. A; BARBOSA. G. V. S.; DAROS, E.,**50 anos de variedade RB de cana-de-açúcar:** 30 anos de RIDESA, p. 199, UFPR, RIDESA, Curitiba, 2021.

OLIVEIRA, D.; URASHIMA, A.S. **Detecção de Leifsonia xyli subsp. xyli em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.** Summa Phytopathologica, v. 44, n. 3, p. 223-228, Botucatu,2018.

PIMENTEL, C. **Funções da água.** In: A relação da planta com a água (ed. by Pimentel C), p. 48- 57. Edur, Seropédica, Rio de Janeiro, 2004.

PINTO, L. E. V. et al. Produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em função de diferentes substratos. **Colloquium Agrariae**, v. 12, p. 93-99, Presidente Prudente, 2016.

PROJETO AGORA. **Projeto agora**, municípios brasileiros. Disponível em: <<http://www.projetoagora.com.br/municipios-canavieiros/>>. Acesso em: 05 set. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre, (2009).