

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE  
AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Autor: Manoel Henrique Reis de Oliveira  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

CERES - GO  
Julho– 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE  
AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Autor: Manoel Henrique Reis de Oliveira  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração: Irrigação.

Ceres - GO  
Julho – 201

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Reis de Oliveira, Manoel Henrique  
ROL48p Produção de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar  
sob irrigação localizada / Manoel Henrique Reis de  
Oliveira; orientadora Antonio Evami Cavalcante  
Sousa. -- Ceres, 2019.  
72 p.

Dissertação ( em Irrigação no Cerrado) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Ceres, 2019.

1. Sacharum officinarum L. 2. cana irrigada. 3.  
irrigação localizada,. 4. mudas sadias. 5. MPB. I.  
Evami Cavalcante Sousa, Antonio, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

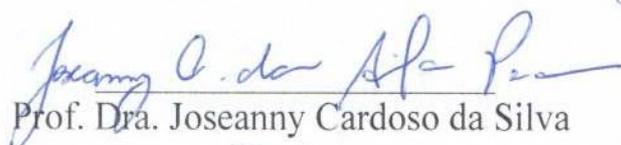
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ BROTADAS DE  
CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

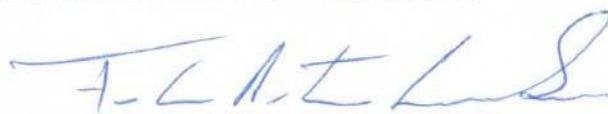
Autor: Manoel Henrique Reis de Oliveira  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração  
Irrigação

APROVADA em 26 de Julho de 2019.



Prof. Dra. Joseanny Cardoso da Silva  
Pereira  
*Avaliador externo*  
Faculdade Evangélica de Goianésia  
FACEG



Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares  
*Avaliador interno*  
IF Goiano/Campus Rio Verde

  
Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa  
(Orientador)  
IF Goiano - Campus Ceres

Ao Espírito Santo,  
Aos meus filhos Manuela e Pedro Manoel,  
À minha rainha, mãe Maria de Jesus,  
A toda a minha família,

**OFEREÇO**

À minha esposa Rafaela Santos de Oliveira, companheira incomparável,  
fiel, amável, dedicada, disposta e guerreira,

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pai, amigo, conselheiro que está acima de tudo e em tudo. Somente pela força, graça e misericórdia foi concluída essa etapa.

À minha amada companheira, que, mesmo em meio a tantas turbulências, sempre me motivou e amparou, agradeço de forma mais que especial.

Aos meus filhos Manuela, a primogênita, e Pedro Manoel, o caçula, agradeço e peço perdão pela ausência em alguns momentos devido a essa etapa. Foi por vocês.

À minha mãe, pelo ombro amigo e incentivos, mesmo longe fisicamente, seu exemplo me levava a avançar sempre.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, por ser instrumento de oportunidades de crescimento e meio de propagação da educação.

À Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, Fapeg, pelo apoio financeiro na execução do trabalho, no processo 03/2018.

Ao Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcanti Sousa Loureiro, pela orientação, paciência, apoio, correções e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares, pela sua disposição e atenção, orientação e ensino contínuo durante todo o curso.

À Profa. Dra. Joseanny Cardoso da Silva pelas valiosas sugestões para a melhoria deste trabalho, pela equipe de trabalho, pelo ensinamento.

À Faculdade Evangélica de Goianésia, pelos recursos, mão de obra, área experimental, na pessoa da respeitável e honrada professora Eliane Divina de Tôledo

Aos professores da Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Ceres.

Aos estimados amigos Kênia Lorrany, Evaldo Santos, Rafael Matias e Eloísa Ávila, Edna Almada e Vanessa Nunes, pelas parcerias do início ao fim.

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o sucesso deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Manoel Henrique Reis de Oliveira, filho de Ademar Reis de Oliveira e Maria de Jesus Oliveira, nasceu em Porangatu - GO, aos 03 de abril de 1993. Casado em 21 de novembro de 2014 com Rafaela Santos de Oliveira e pai de dois filhos: Manuela Oliveira Santos e Pedro Manoel Oliveira Santos.

Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal Goiano –*Campus Ceres* concluído em 2010.

Engenheiro Agrônomo pela Faceg-Faculdade Evangélica de Goianésia, concluído em 2016.

Pós-graduado pela Uninter-Polo de Goianésia em MBA-Administração em Agronegócio e Biotecnologia, concluído em 2018.

Experiência profissional: de 2011-2013, trabalhou na Usina Jalles Machado, e de 2014-2017, no CTC-Centro de Tecnologia Canavieira. professor e coordenador de cursos técnicos em agricultura e agropecuária de 2016 até atualmente.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMO-----	xv
ABSTRACT-----	16
<b>1 INTRODUÇÃO-----</b>	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS-----</b>	<b>19</b>
2.1 Objetivo geral-----	19
2.2 Objetivos específicos-----	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-----</b>	<b>20</b>
3.1 Aspectos gerais da cultura da cana-de-açúcar-----	20
3.2 Principais características morfológicas da planta-----	20
3.3 Importância Econômica-----	21
3.4 Irrigação na cultura da cana-de-açúcar-----	22
3.5 Melhoramento genético da cana-de-açúcar-----	23
3.6 Sistemas de cultivo “propagação”-----	24
3.7 Balanço hormonal em plantas cultivadas-----	25
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA-----</b>	<b>37</b>

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>37</b>
<b>Protocolo</b>	<b>39</b>
<b>Estratégia de pesquisa e critérios de elegibilidade</b>	<b>39</b>
<b>Processo de revisão</b>	<b>39</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>39</b>
<b>Pesquisa bibliográfica e estudos incluídos</b>	<b>39</b>
<b>1.1 Seleção</b>	<b>40</b>
<b>1.2 Identificação</b>	<b>40</b>
<b>1.3 Inclusão</b>	<b>40</b>
<b>1.4 Elegibilidade</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO 3 - IDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR E LOCAIS DE GEMAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA</b>	<b>49</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>50</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>52</b>
<b>Localização e caracterização da área dos viveiros</b>	<b>52</b>
<b>Instalação dos experimentos</b>	<b>52</b>
<b>Manejo de Irrigação: Em ambiente protegido</b>	<b>53</b>
<b>Delineamento experimental: Partes do colmo</b>	<b>54</b>
<b>Delineamento experimental: Experimento idades do material propagativo</b>	<b>54</b>

<b>Dados analisados</b> -----	<b>54</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> -----	<b>55</b>
<b>Experimento i produção de mpb em diferentes porções do colmo sob frequências de irrigação</b> -----	<b>55</b>
<b>1.2 Experimento ii produção de mpb em diferentes idades de viveiros e frequências de irrigação</b> -----	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	<b>69</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

### Página

### CAPÍTULO III

<b>Tabela 1.</b> Descrição dos Estudos e Principais Resultados em Cana Irrigada por Irrigação Localizada.....	41
<b>Tabela 2.</b> Resumo do quadro de análise e variância de Frequência de irrigação e diferentes Partes do colmo (Pc) sobre as variáveis, índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice de velocidade de brotação (IVB).....	57
<b>Tabela 3-</b> Resumo do quadro de análise e variância de Frequência de irrigação (Fq) diferentes Partes do colmo (Pc) do colmo sobre a variável: Altura de planta(AP).....	58
<b>Tabela 4-</b> Resumo do quadro de análise e variância para Frequência de irrigação (Fq) e diferentes Partes do colmo (Pc) para as variáveis: Índice de área foliar (IAF), gemas desenvolvidas (GD).....	59
<b>Tabela 5-</b> Resumo do quadro de anova de Frequência (Fq) e Partes do colmo (Pc) para as variáveis: Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa fresca raiz (MFR), Massa seca raiz (MSR), Volume de raiz (VR) e Relação ou razão da parte aérea sistema radicular.....	59
<b>Tabela 6-</b> Análise estatística para o fator isolado Frequência de irrigação em MPB: GD (gemas desenvolvidas) dias após plantio (DAP) , MSPA (massa seca parte aérea), MFR (massa fresca raiz), MSR (massa seca raiz), VR (volume de raiz) e AP (altura da planta). .....	60
<b>Tabela 7-</b> Análise estatística diferentes partes do colmo. DI(diâmetro), NF(número de folhas), IVB ( índice de velocidade de brotação), IQD (índice de qualidade de Dickson), GD(gemas desenvolvidas), DAP(dias após o plantio).....	62
<b>Tabela 8-</b> Desdobramento dos dados da variável de área foliar (AF) na produção de MPB provenientes de diferentes porções do colmo.....	62
<b>Tabela 9-</b> Resumo do quadro de análise e variância para experimento de produção de MPB de diferentes idades de viveiros para as variáveis, índice de qualidade de Dickson (IQD).....	63

<b>Tabela 10</b> -Resumo do quadro de análise e variância de Frequência de irrigação (Fq) e Idades de Viveiros sobre as variáveis: Altura de planta(AP), Diâmetro (DI), Altura do Colmo (AC) e Área Foliar (AF).....	64
<b>Tabela 11</b> -Resumo do quadro de anova Frequência (Fq) e Idades de Viveiros para as variáveis: Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa fresca raiz (MFR), Massa seca raiz (MSR), Volume de raiz (VR) e Relação ou razão da parte aérea sistema radicular.....	64
<b>Tabela 12</b> -Resumo do quadro de análise e variância para Frequência de irrigação (Fq) e diferentes Idades de viveiros (I) para a variável: Gemas desenvolvidas (GD).....	65
<b>Tabela 13</b> -Análise estatística para produção de MPB, provenientes de diferentes idades de viveiros ID (idade), para avaliações de medição em dias após o plantio (DAP) , para a variável em evidencia GD, gemas desenvolvidas.....	66
<b>Tabela 14</b> -Análise para características de qualidade e morfologia de MPB, provenientes de diferentes idades de viveiros. ID (idade), AF (área foliar), DI(diâmetro), IVB( índice de velocidade de brotação), IQD(índice de qualidade de Dickson), AP(altura da planta), DAP (dias após plantio).....	67
<b>Tabela 15</b> -Desdobramento das idades dentro de cada frequência, e da frequência entre as idades para variável Altura de planta com 8 DAP-Dias após o plantio e AC (altura do colmo).....	67
<b>Tabela 16</b> -Análise estatística para diferentes idades de viveiros irrigados, em MPB: ID (idade) DAP(dias após plantio), MSPA (massa seca parte aérea), MFR (massa fresca raiz), MSR (massa seca raiz), VR (volume de raiz).....	68
<b>Tabela 17</b> -Análise estatística para Frequência de irrigação (FQ) em MPB para a variável VR (volume de raiz).....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Hormônios e atuação.....	26
<b>Figura 2.</b> Cana-de-açúcar e balanço hormonal.....	28
<b>Figura 3.</b> PRISMA diagrama. Análise qualitativa e quantitativa	45
<b>Figura 4.</b> Precipitação anual 2017/2018.....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
P	Fósforo	cmolc kg <sup>-1</sup>
Na <sup>+</sup>	Sódio	cmolc kg <sup>-1</sup>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono	
TAPA	Teor de Água na Parte Aérea	%
TAC	Teor de Água no Caule	%
TAF	Teor de Água na Folha	%
FSPA	Fitomassa Seca da Parte Aérea	G
FSC	Fitomassa Seca do Caule	G
FSF	Fitomassa Seca de Folha	G
FFPA	Fitomassa Fresca da Parte Aérea	G
FFC	Fitomassa Fresca do Caule	G
FFF	Fitomassa Fresca de Folha	G
TCAAP	Taxa de Crescimento Absoluto de Altura de Planta	Mm
TCADC	Taxa de Crescimento Absoluto de Diâmetro do Caule	Mm
AP	Altura de Planta	Cm
DAT	Dias Após Transplântio	
MO	Matéria Orgânica	%
pH	Potencial Hidrogeniônico	
RH	Reposição Hídrica	%
R	Reposição	
PE	Período de Estresse	
CE	Com Estresse	
SE	Sem Estresse	
DC	Diâmetro de Caule	Mm
NF	Número de folhas	cm <sup>2</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amônia	
cm <sup>2</sup>	Centímetro Quadrado	
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Centimol Carga por Quilograma	
K <sup>+</sup>	Potássio	
KCl	Cloreto de Potássio	G
G	Gramas	
Ep Ab	Epiderme Abaxial	
Ep Ad	Epiderme Adaxial	
Me	Mesófilo	
µm	Micrômetro	
CV	Coeficiente de Variação	
Ns	Não Significativo	
Kg	Quilograma	
L	Litros	
M	Metros	
mm	Milímetros	
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado	
%	Porcentagem	
R\$	Unidade em Reais	
cm	Centímetros	

## RESUMO

MANOEL, OLIVEIRA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, julho 2019. **Produção de mudas pré-brotadas de cana-de açúcar sob irrigação localizada.** Orientador: Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa.

A cana-de-açúcar é uma cultura em expansão no Brasil. Segundo dados estatísticos, a área de produção equivale a 34% da área mundial com cana-de-açúcars. A área destinada à produção de mudas no setor sucroalcooleiro compreendeu 48 mil hectares na safra 2018/2019. A cultura da cana-de-açúcar detém a maior área irrigada do país. Foram instalados dois experimentos com o objetivo de avaliar a produtividade da cultura da cana-de-açúcar sob irrigação localizada e os aspectos agronômicos resultantes da produção sob irrigação localizada na produção de mudas pré-brotadas. Pesquisadores independentes analisaram os bancos de dados Science Direct, Scopus, para artigos de janeiro de 1990 a maio de 2018. Utilizando método das diretrizes do Prisma (Itens de Relatórios Preferenciais para Revisões Sistemática e Meta-análise s). Dos trabalhos analisados, encontramos efeitos benéficos do uso de irrigação localizada na produtividade de cana de açúcar, na eficiência do uso de água, economia de água e na eficiência na utilização de insumos. O cultivo da cana-de-açúcar a partir de mudas tem permitido redução do volume gasto de colmos, pois proporciona elevada taxa de multiplicação. Os materiais propagativos de diferentes idades e posições das gemas no colmo foram instalados em ambiente protegido e avaliados na fase inicial por 21 dias, sendo as avaliações feitas com intervalos de três dias. A variedade utilizada foi a CTC 4. Os experimentos I e II foram feitos em DBC, com parcelas subdivididas 3x2 e 4 repetições (posições das gemas no colmo: apicais, basais e medianas) e frequência de irrigação (1x e 2x ao dia). Para o experimento II DBC, usou-se fatorial 3x2 com 4 repetições, em parcelas subdivididas, com frequência de irrigação (1x e 2x ao dia), compreendendo três idades - 14 meses, 10 meses e 6 meses. Os dados foram analisados pelo software SISVAR 5.6. As idades dos viveiros influenciam nas características gerais e qualidade das mudas, sendo os materiais propagativos de 6 meses superiores aos demais. A posição das gemas no colmo ocasiona efeitos nas características morfológicas e índices de qualidade das mudas, as gemas apicais apresentaram valores superiores. As frequências de irrigação ocasionam efeito no desenvolvimento das gemas.

**Palavras-chave:** *Sacharum officinarum* L., cana irrigada, irrigação localizada, mudas sadias, MPB.

## ABSTRACT

MANOEL.OLIVEIRA. Goiano Federal Institute – Campus Ceres – GO, July 2019. Production of pre-sprouted sugarcane seedlings under irrigation located. Advisor: PhD Antonio Evami Cavalcante Sousa.

Sugar cane crop is in expansion in Brazil. According to statistical data, the Brazilian crop areas are equivalent to 34% of the world area. The area for seedling production in the sugar and alcohol sector in Brazil comprised 48 thousand ha (480,000,000 m<sup>2</sup>) in the 2018/2019 harvest. The sugarcane crop holds the largest irrigated area in the country. Two experiments were carried out to evaluate the sugarcane yield under localized irrigation and the resulting agronomic aspects that affect the pre-budded seedling production. Independent researchers analyzed the Scopus<sup>®</sup> and ScienceDirect<sup>®</sup> databases using the Preferred Report Items for Systematic Reviews and Meta-analyzes (Prisma) guidelines method for the articles from January 1990 to May 2018. In the analyzed papers, beneficial effects of the use of localized irrigation on sugarcane yield, water use effectiveness, water saving, and effectiveness in the use of inputs were found. Cultivating sugarcane from seedlings has allowed decrease in volume of spent stems, as it provides high multiplication rate. The propagation materials from different ages and positions of buds in the stem have been arranged under a protected environment and evaluated at three-day intervals in the initial stage for twenty-one days. The variety used was CTC4 (Regional Classification of Varieties). Experiments I and II were carried out in randomized block design (RBD), split-plots, 3 x 2 factorial scheme, four replicates (bud positions in the stem were apical, basal, and median), and irrigation frequency (once and twice a day). For the experiment II, in RBD, 3 x 2 factorial scheme, four replicates, split-plots, and irrigation frequency (once and twice a day) were used at aging seedlings 14 months, 10 months, and 6 months. Data were analyzed using SISVAR 5.6 software. Nursery ages affect on the seedling overall characteristics and its quality. The 6 months-old propagation materials is higher than the others. The bud position in the stem causes effects on the seedling morphological characteristics and quality index, and the apical buds showed higher values. Irrigation frequencies have effect on the bud development.

**Keywords:** *Sacharum officinarum* L., healthy seedlings, irrigated cane, localized irrigation, pre-budded seedling system (PSS)

# 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar no Brasil tem posição de destaque, pois, além de ser uma cultura que ocupa uma grande extensão territorial, também apresenta expressividade econômica junto ao agronegócio brasileiro. Segundo dados da FAO (2018), o Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia e China, tendo importância na balança comercial e grande participação na economia.

O país se destaca pela produção e exportação de açúcar e etanol, sendo o maior exportador de açúcar, responsável por mais de 50% do volume total global comercializado (MAPA, 2018). Além da importância econômica na produção e exportação, o etanol também tem destaque no território brasileiro dentro da matriz energética nacional, uma vez que representa a segunda principal fonte de energia no país, sendo a principal fonte de energia renovável (RODRIGUES, 2011).

A revisão sistemática é um recurso importante da prática, sendo baseada em evidências, consistindo numa forma de síntese dos resultados de pesquisas relacionados com um problema específico. A revisão sistemática difere da revisão tradicional, uma vez que busca superar possíveis vieses em todas as etapas, seguindo um método rigoroso de busca e seleção de pesquisas, avaliação da relevância e validade das pesquisas encontradas, coleta, síntese e interpretação dos dados oriundos das pesquisas (CILISKA et al., 2001).

Ela tem como princípios gerais a exaustão na busca dos estudos analisados, a seleção justificada dos estudos por critérios de inclusão e exclusão explícitos e a avaliação da qualidade metodológica (LIMA et al., 2000). A revisão sistemática é um entre os diversos tipos de delineamento de pesquisa, sendo importante fonte de evidências para tomada de decisão na prática de emprego de novas tecnologias no cenário do agronegócio. A irrigação localizada na cultura da cana-de-açúcar é necessária para que o emprego da tecnologia seja validado.

A produção de cana-de-açúcar, na safra 2018/19, foi 635,51 milhões de toneladas, ante os 633,26 milhões da safra 2017/18. Na safra 2018/2019, a média de produtividade foi, de aproximadamente, 73,4 t ha<sup>-1</sup>. Em Goiás, a estimativa de produção está em 70,95 milhões de toneladas, em uma área de 917,1 mil hectares. As lavouras vêm se recuperando do forte estresse hídrico que impactou o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade dos canaviais na safra 2018/19 (CONAB, 2018).

Dias (2011) e Guimarães (2011) expõem que a seca é um fator limitante para a produção da cana-de-açúcar no mundo, sendo que algumas regiões dependem de sistemas de

irrigação para viabilizar sua produção. Nestas regiões, além de trabalhar o sistema de irrigação visando a minimizar os impactos, outra opção seria a seleção de genótipos de cana-de-açúcar tolerantes ao déficit hídrico, influenciando diretamente na economia em razão da diminuição da área irrigada. A identificação da capacidade produtiva de diferentes cultivares é geralmente avaliada pelo crescimento e por algumas variáveis morfológicas como altura, perfilhamento, área foliar e produção (ALMEIDA et al., 2008; ARANTES, 2012).

Batista (2013) expõe que, em determinadas regiões do centro-oeste brasileiro, caracterizadas pelo bioma Cerrado, é comum ocorrerem irregularidades de chuvas em associação com altas temperaturas, em alguns períodos do ano. Esta irregularidade pode resultar em déficits hídricos (abril-maio até setembro-outubro), sendo considerado um problema para o desenvolvimento do canavial, causando queda de produtividade.

A cultura da cana-de-açúcar, dependendo das condições climáticas, necessita de 1.500 mm a 2.500 mm (OMETTO, 1980; GONZAGA, 2012). Em função de as precipitações anuais oscilarem em diversas regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil, há uma tendência de buscar produtividades associadas ao baixo volume de água destinado à cultura.

Segundo Elia (2016), as perdas de produção podem ser elevadas se o setor não tiver um eficiente manejo varietal e cuidados adequados em relação à sanidade das mudas utilizadas para a multiplicação de viveiros. Sendo assim, nos últimos anos, o emprego da irrigação no cultivo da cana-de-açúcar, associado a outras tecnologias de plantio como formação de viveiros com mudas pré-brotadas, tem contribuído para o aumento de produtividade, longevidade dos canaviais e redução do custo por tonelada de cana produzida.

Tal tecnologia busca a produção rápida de mudas com alto potencial produtivo, associando elevado padrão de sanidade e rastreabilidade genética ao elevado vigor e uniformidade de plantio, oriundas de variedades nobres, principalmente quando associado à irrigação, contribuindo, dessa forma, para um desenvolvimento sustentável do setor.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Investigar os efeitos da irrigação localizada na cultura na cana-de-açúcar nas três últimas décadas em âmbito global. Avaliar a influência na qualidade das mudas pré-brotadas, em diferentes idades de viveiros e locais de extração do material propagativo, quando submetido a parcelamento da lâmina de irrigação pelo sistema de irrigação localizada.

### 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos contemplados neste trabalho são: 1) Identificar os efeitos da irrigação localizada na produtividade de cana-de-açúcar; 2) Validar os países produtores de cana-de-açúcar mundialmente que utilizam o sistema de irrigação; 3) Mensurar os benefícios da eficiência de uso e economia da água na irrigação localizada em cana-de-açúcar; 4). Quantificar a porcentagem de gemas desenvolvidas; 5) Analisar as características morfológicas; 6) Determinar a idade de viveiro com melhor desempenho; 7) Determinar índices de velocidade de brotação; e 8) Determinar o índice de qualidade de mudas, o IQD (Índice de Qualidade de Dickson).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Aspectos gerais da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*.) está entre as atividades agrícolas de maior importância no Brasil, constituindo matéria-prima essencial para produção de açúcar e energias renováveis. Além disso, a cana-de-açúcar também é fonte de biomassa e etanol usado como combustível (WACLAWOSKY et al., 2010).

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae, gênero *Saccharum*, espécie *Saccharum officinarum*.

#### 3.2 Principais características morfológicas da planta

O híbrido de cana-de-açúcar cultivado no Brasil é constituído das espécies: *Saccharum officinarum*, *Saccharum robustum*, *Saccharum edule*, *Saccharum sinensis*, *Saccharum spontaneum* e *Saccharum barberi*. A espécie *Saccharum spontaneum* é utilizada como restituidora de genes de vigor, perfilhamento, capacidade de rebrota e resistência. (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008). Apesar de ter mais suscetibilidade a doenças, *Saccharum officinarum* é a espécie utilizada no melhoramento genético cana-de-açúcar no Brasil, já que seus níveis de acúmulo de sacarose nos colmos é alta.

O acúmulo de sacarose nos colmos ocorre durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar na fase de maturação. Esta fase pode ser definida como o momento em que a planta reduz significativamente seu crescimento vegetativo e passa a acumular maior quantidade de sacarose nos colmos. Este acúmulo acontece durante seu processo de desenvolvimento, mais precisamente na fase de maturação. Na etapa de maturação, a planta diminui seu crescimento vegetativo e, conseqüentemente, ocorre o acúmulo de sacarose. Assim, variedades com melhores mecanismos de acúmulo de sacarose resultam em maior produtividade (WATT et al., 2014).

A brotação de toletes ocorre em temperaturas de solo entre 27°C e 33°C. As temperaturas que prejudicam a emergência e a brotação da cana-de-açúcar são as inferiores a 20°C e superiores a 35°C. A brotação das mudas ocorre de 20 a 30 Dias Após Plantio (DAP), sendo influenciada por fatores como profundidade de plantio, temperatura, posição da gema ao longo do colmo e umidade no solo. Durante esse período, a planta se desenvolve utilizando as reservas de energia (açúcares) e nutrientes existentes no colmo

(CASAGRANDE, 1991; AUDE, 1993). Os perfilhos primários são colmos advindos de gemas subterrâneas dos rizomas, a partir dos primários, surgem os perfilhos secundários e, assim, sucessivamente.

O perfilhamento é responsável por formar as touceiras, fator importantíssimo na produtividade da cana-de-açúcar (CASAGRANDE, 1991; SILVA et al., 2010). Os nós e a alongação dos espaços entrenós se formam no colmo, posteriormente se originaram as folhas. No desenvolvimento da parte aérea, acontece alongamento celular com aumento de massa seca da parte aérea e raiz da planta (AUDE, 1993). Cerca de 60% do sistema radicular da cana-de-açúcar se localiza na camada mais superficial do solo, nos 20 a 30 cm de profundidade, outras raízes podem chegar a ter 85% na profundidade de 50 cm, podendo variar de acordo com as cultivares. (OHASHI, 2014).

A interação entre os fatores fotoperíodo (12,5 h de luz em pelo menos dez dias ininterruptos é favorável), umidade (a seca inibe ou reduz sua ocorrência), temperatura do ar (entre 18°C e 32°C induz), radiação solar e fertilidade do solo podem manter, aumentar ou prevenir a transformação do ápice da cana-de-açúcar de crescimento vegetativo para reprodutivo (ARALDI et al., 2010; CTC, 2015)

### **3.3 Importância Econômica**

A importância da cana-de-açúcar está na amplitude de seus produtos. Além da fabricação de açúcar refinado e álcool, ela pode ser empregada como matéria-prima em produtos agroindustriais, alimentação de animais, produtos artesanais como rapadura, melaço, mascavo, entre outros. E seu bagaço pode ser queimado e utilizado na geração de energia (COUTO, 2013).

Pelo fato de esta cultura ter se mostrado de grande importância, pesquisas vêm sendo desenvolvidas no seu melhoramento genético, para sua adaptação e resistência a condições diversas, que, muitas vezes, prejudicam seu desenvolvimento. Assim, estudos também buscam métodos de propagação que diminuam o volume utilizado, com melhor qualidade, livre de doenças (ANTUNES et al., 2014).

A produção mundial de cana-de-açúcar é de, aproximadamente, 1,8 bilhões de toneladas, sendo cultivada em 25 milhões de hectares (FAOSTAT, 2010). Os principais países produtores atualmente são Brasil, Índia e China (NEVES, 2010). A produção brasileira equivale a 32,4% da produção mundial, chegando a 1,3 bilhões de toneladas. Na sequência, aparecem a Índia, com 20,6% de participação, e a China, com 7,4%.

A produção de açúcar e álcool vem sendo impulsionada pela elevada utilização de biocombustíveis pelo Brasil e pelo fato de outros países importarem o etanol brasileiro, tornando o Brasil um país de destaque mundial no cenário agrícola. De 2001 a 2009, sua participação brasileira na produção canavieira mundial saltou de 4,7% a 7,3% (MAPA, 2011).

O Estado de Goiás é o segundo maior produtor brasileiro, com uma produção de 52 milhões de toneladas de açúcar, ficando atrás apenas do Estado de São Paulo (BRASILAGRO, 2013).

### **3.4 Irrigação na cultura da cana-de-açúcar**

A demanda por etanol é visivelmente notável no Brasil e no mundo. A cultura da cana-de-açúcar vem se destacando cada vez mais na agricultura brasileira e mundial, o que desperta diversas pesquisas que sejam capazes de superar as dificuldades e gerar sustentabilidade do sistema de produção. A irrigação é uma técnica que pode contribuir com esses resultados, mas é preciso ser sensato ao utilizar a água, que é um bem natural muito importante e que pode ser escassa (SANTOS, 2010).

A água é um fator significativo que influencia na produtividade da cultura, e nem sempre a chuva supre a necessidade hídrica da planta, daí a importância de uma irrigação, que, quando bem planejada, juntamente com outras práticas de manejo, pode dar um retorno financeiro positivo. Existem quatro principais formas de irrigação na cana-de-açúcar: superfície, localizada, aspersão e subsuperfície. Para escolher o sistema mais adequado, devem ser analisadas as condições específicas consideradas e fazer uma análise técnica e econômica criteriosa (DARLI, 2006).

O método de irrigação localizada aplica diretamente a água na raiz, sendo um dos mais eficientes (DALRI; CRUZ, 2002). A irrigação por aspersão assemelha-se à chuva, pois a água é aspergida por cima do solo, sendo fracionada em gotas sob pressão através de orifícios ou bocais. Normalmente, o método é composto por um conjunto de equipamentos, incluindo motobomba, tubulações e aspersores (BERNARDO et al., 2006). De acordo com Gava et al. (2008), o gotejamento subsuperficial faz a cana-de-açúcar se adaptar a esse método de água diretamente na raiz, sendo sua vazão menor do que a vazão do método por microaspersão, havendo menor desperdício de água.

Diversos trabalhos compararam áreas não irrigadas com áreas irrigadas, tendo esta última mostrado grandes acréscimos em produtividade de colmos e de teor de açúcar (COELHO et al., 2002; BARBOSA, 2005; DUARTE, 2006). A temperatura mínima para a cana-de-açúcar está em torno de 20 °C, porém a temperatura ótima é de 32 °C, pois nestas

condições a cultura apresenta crescimento máximo. A cana-de-açúcar é influenciada pelas variações climáticas durante todo o ano, devido a seu longo período de cultivo. A planta precisa de condições adequadas que permitam o máximo crescimento na fase vegetativa, favorecendo o acúmulo de sacarose na época da colheita, para que consiga atingir alta produtividade. (BARBIERI et al., 1979).

Os estágios fenológicos da cana-de-açúcar são: brotação e emergência, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação dos colmos. Sua necessidade hídrica vai variar de acordo com o estágio em que a planta se encontra (AUDE, 1993). Segundo Doorenbos & Kassam (2000), a necessidade hídrica da cana-de-açúcar é de 1500 mm a 2500 mm por ciclo vegetativo e cada período fenológico tem uma recomendação para o manejo da irrigação, de acordo com a concentração de água no solo.

O fator afetado pelo estresse hídrico é a fotossíntese, que reduz a síntese de carboidratos e a expansão foliar, porém, quando ocorre o fornecimento de água para a planta, ela retoma imediatamente seu crescimento em ritmo constante (ALEXANDER, 1973).

Depois que os rebolos são cobertos com solo, se houver água disponível para a planta, o processo de ativação enzimática e a produção de hormônios que controlam a divisão celular e o seu crescimento são iniciados, tanto na gema quanto na raiz (LANDELL et al., 2012). Após ocorrer o transplante das mudas para o campo, é importante que seja feita irrigação da área para garantir o desenvolvimento das mudas. A muda necessita de 2 – 4 L de água. (CANAONLINE, 2015).

### **3.5 Melhoramento genético da cana-de-açúcar**

Podem ser chamados de variedades os híbridos que apresentam características desejáveis para uma certa região, que serão obtidas por um criterioso e cuidadoso trabalho de seleção (MARTINS, 2004).

A escolha das variedades adaptadas às condições locais se torna fundamental para o sucesso da lavoura. Uma das principais características a serem atendidas nessas variedades são os quesitos de produtividade, rusticidade, resistência a pragas e doenças, além de características industriais como alto teor de sacarose e médio teor de fibras (STUPIELLO, 1987).

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a Coopercucar e o programa anteriormente conduzido pelo Planalsucar (IAA), que atualmente é executado pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), são os três principais programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar no Brasil. Tanto em outros países como no Brasil,

as variedades têm sido testadas continuamente com o objetivo de aumentar produtividade, obter maior resistência a pragas e doenças e melhor adaptação às variações de clima, tipos de solos, técnicas de corte ou manejo. A cana-de-açúcar possibilita a produção de açúcar e de álcool, sendo importante fonte de energia renovável, relevante para a sustentabilidade ambiental (GALVÃO et al., 2005)

As variedades mais representativas em uso no Brasil são as chamadas RBs, seguidas das SPs e, em menor escala, das CTCs, IACs e POs. As RBs são de domínio da Ridesa (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro) e as variedades “SPs” atualmente são de domínio do CTC (Centro de Tecnologia Canavieira), antiga Coopersucar (MASCHIO, 2011).

As variedades RB72454, SP81-3250, SP91-1049, SP83-2847, IAC87-3396, RB867515 e as mais novas variedades lançadas pelo Programa Cana do IAC-Instituto Agrônomo de Campinas, IACSP93-3046, IACSP94-2101, IACSP94-2094, IACSP94-4004, sendo esta última apresentando produtividade média de 134,65 t.ha<sup>-1</sup>, têm alcançado as maiores produtividades quando plantadas em ambientes favoráveis (LANDELL et al., 2006).

O uso de variedades sem os devidos cuidados fitossanitários e sem os necessários testes de produtividade se multiplicou de modo um tanto desordenado, principalmente em regiões consideradas novas. Assim, cresceram os estímulos e os incentivos para estudos que visem ao conhecimento das cultivares existentes e de novas variedades que melhor se adaptem às condições de acidez, baixa fertilidade e de déficit hídrico do Cerrado/Caatinga, a fim de melhorar a produtividade da cultura (CESNIK & MIOCQUE, 2004).

### **3.6 Sistemas de cultivo “propagação”**

Por meio das sementes, a cana-de-açúcar consegue se propagar de forma sexuada e através das gemas laterais na forma assexuada. O florescimento representa a possibilidade da reprodução sexuada, desejável em programas de melhoramento genético. Para a execução dos cruzamentos, deve ser escolhido um local que apresente fatores que favoreçam o aparecimento de pendões florais dos progenitores a serem utilizados (MATSUOKA et al., 2005).

Tradicionalmente, para os cultivos comerciais, o florescimento é evitado com o plantio de variedades que não florescem ou que não o fazem com facilidade. Vegetativamente ocorre a multiplicação dos canaviais, que é feita por meio de toletes de duas a três gemas, com, aproximadamente, 25 centímetros, sendo esses toletes extraídos de colmos produzidos em viveiros. O plantio envolve quatro etapas principais: em locais distintos das áreas de plantio são feitos a coleta dos colmos, transporte, seccionamento (picagem) e sua

distribuição nos sulcos e, por último, feitas a adubação e a cobertura das mudas (BRAUNBECK; MAGALHÃES, 2010).

O plantio mecanizado vem substituindo o plantio manual. Segundo Landell et al. (2012), o MPB vem se tornando uma alternativa ao método convencional. Esse sistema se baseia na utilização de toletes de uma gema, os quais, para que ocorram a brotação e o crescimento das mudas, são plantados em substrato. Permanecem 45 dias em ambiente protegido, em seguida, passam por duas fases de aclimação, a primeira em tela de sombreamento (sombrite) e a segunda a céu aberto e então somente podem ser levadas para o campo.

Essas gemas são cuidadosamente escolhidas, as danificadas e com presença de patógenos são eliminadas, garantindo a redução do volume de colmos e o melhor controle na qualidade de vigor, redundando em canaviais de excelente padrão clonal e, portanto, com maior homogeneidade (XAVIER et al., 2014).

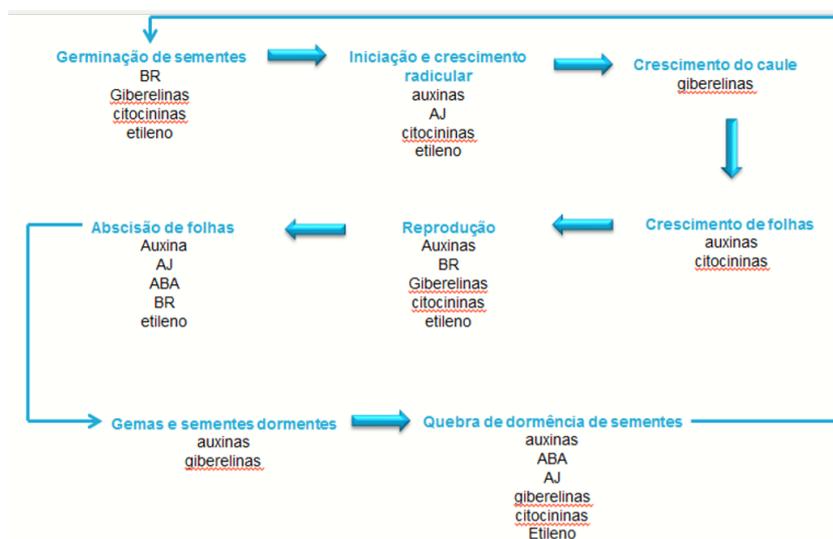
Através dos meristemas, temos a micropropagação, que se torna outra opção viável para obter material sadio, visto que, por apresentar células indiferenciadas, há poucas possibilidades de presença de patógenos (ALCANTARA et al., 2014). Essa técnica mantém os propágulos (células, tecidos ou órgãos) sob condições assépticas, com controle de densidade de fluxo de fótons, fotoperíodo e temperatura, gerando, assim, plantas idênticas à planta mãe (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1972; GEORGE, 2008).

### **3.7 Balanço hormonal em plantas cultivadas**

Os hormônios vegetais são substâncias orgânicas sintetizadas pela própria planta em algum tecido e são transportados para que atuem em outro. Eles podem causar indução, inibição ou modificação do crescimento nos tecidos vegetais em baixas concentrações. São classificados em auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e brassinoesteroides. (NETO, 2015)

Hormônios de plantas agem no controle de diversas fases do seu desenvolvimento, incluindo dormência e germinação de sementes. Os inibidores endógenos têm controle durante a embriogênese e a maturação das sementes, principalmente no controle da germinação precoce (BLACK, 1980). Essas substâncias podem ser localizadas em diversas partes da planta, podendo ocorrer no endosperma ou no embrião, ou em ambas as partes, e ainda no tegumento ou no pericarpo do fruto. Porém, nem sempre o local de ação do

hormônio é o local onde esse hormônio foi sintetizado (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).



**Figura 1.** Hormônios e atuação

O ácido abscísico é considerado um regulador de crescimento de plantas, podendo estar envolvido no controle de diversos processos fisiológicos, como abertura e fechamento de estômatos, inibição da germinação de embriões imaturos, síntese de proteínas de estoque de sementes, tolerância ao déficit de água e ao estresse hídrico (SATO et al., 2001).

Pode também influenciar outros aspectos do desenvolvimento de uma planta, por agir antagonicamente com outros hormônios vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004). Um dos efeitos do ABA é a inibição ou o retardamento da germinação de diversas espécies vegetais (VIEIRA et al., 2010).

O ácido jasmônico exerce uma série de efeitos nas plantas, promovendo ou inibindo processos fisiológicos, tais como cessação do crescimento longitudinal, comprimento e duração do crescimento da raiz, formação de clorofila, formação de botões florais, amadurecimento de frutos, quebra de dormência, germinação de sementes, senescência de folhas, abscisão foliar, síntese de etileno, enrolamento de gavinhas, formação de raízes e um efeito importante na defesa das plantas, quando ocorre injúria dos órgãos (CASTRO et al., 2005; FLOSS, 2008). Há evidências de que esse hormônio vegetal promove formação de gemas laterais em conjunto com citocinina e IAA, entretanto ainda não está consolidado que o ácido salicílico promova esse fenômeno (VIEIRA et al., 2010).

As auxinas constituem uma classe de reguladores de crescimento que podem aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas mesmo sob condições ambientais adversas em concentrações adequadas para cada espécie, com aumento no comprimento de pelos radiculares e formação de raízes adventícias (PORFÍRIO et al., 2016).

O ácido indol-acético, ácido indolbutírico e ácido naftalenoacético são as principais fontes de auxina utilizadas no enraizamento de plantas (GEHLOT et al., 2014). Atualmente, estudos com auxinas testam seu potencial enraizador *in vitro* e *ex vitro*, assim como sua funcionalidade na multiplicação e regeneração de plantas (ALCANTARA et al., 2014). O uso de auxinas leva a uma maior produção de raízes, sendo o ácido indolbutírico (AIB) um regulador de crescimento da classe das auxinas, que se destaca em condições *ex vitro* (MUSTAFA; KHAN, 2016). O crescimento, o desenvolvimento e a sobrevivência de plantas estão relacionados a seu potencial de enraizamento, sendo as raízes essenciais para a fixação da planta no solo e principal fonte de água e nutrientes (PACURAR et al., 2014).

Este hormônio tem a capacidade de atuar na expansão e no alongamento celular, melhorando a divisão celular em cultura de tecido, principalmente no enraizamento. O controle do desenvolvimento de raízes é influenciado por reguladores de crescimento, sendo a auxina o único regulador que aumenta a formação de primórdios radiculares (TAIZ; ZEIGER, 1991)

A auxina está ligada ao fototropismo, ou seja, movimento de uma parte específica da planta em resposta a um gradiente de luz. A teoria de Cholodny-Went pontua que a luminosidade incidida unilateralmente faz a migração da auxina para a parte sombreada, sendo assim, a concentração desse hormônio é aumentada, promovendo um crescimento desta região (CASTRO et al., 2005, VIEIRA et al., 2010).

A teoria de Cholodny-Went sobre geotropismo afirma que o movimento das hastes, a partir da gravidade, produz acúmulo desse hormônio no lado inferior, causando uma curvatura para cima, conhecida como geotropismo negativo. As raízes são mais sensíveis à auxina, ocorrendo acúmulo desse fitormônio no seu interior em resposta à gravidade, cessando o crescimento daquela região, porém a região superior continua tendo crescimento normal, causando curvatura para baixo, conhecida como geotropismo positivo (CASTRO et al., 2005; FLOSS, 2008; VIEIRA et al., 2010). A auxina é transportada por transportadores específicos denominados células PIN.

Esse hormônio vegetal é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, regula a divisão e o alongamento celular, o desenvolvimento reprodutivo, a germinação de sementes, a floração, a senescência, a maturação e a abscisão, interferindo na concentração de

outros hormônios (EPHRITIKHINE et al., 1999; KERBAUY, 2004). São considerados inibidores do crescimento e desenvolvimento radicular (CASTRO et al., 2005; VIEIRA et al., 2010). Esse hormônio estimula o crescimento pela expansão mais do que pelo o alongamento (STOYNOVA et al., 2004).

Segundo Davies (2004), as citocininas atuam na divisão e diferenciação celular, promovendo brotações laterais, trazendo melhor desenvolvimento para as plantas. Conseqüentemente, esse efeito atua na expansão das folhas em função do seu alongamento celular, sendo associado ao crescimento do sistema radicular das plantas.

O etileno estimula a germinação e supera a dormência em diversas espécies (ESASHI, 1991, ABELES et al., 1992). Em baixas doses, esse hormônio pode promover a germinação e o crescimento de gemas, estacas, raízes e bulbos, mas, em altas concentrações, pode inibir a germinação (CASTRO et al., 2005; VIEIRA et al., 2010)

Esse hormônio pode inibir o crescimento resultante do alongamento e da divisão celular. Nas raízes e nos caules, o crescimento cessa rapidamente, sendo reversível. Nas folhas, o etileno bloqueia sua expansão por inibir sua divisão celular (FLOSS, 2008, KERBAUY, 2008).

Taiz & Zeiger (2004) esclarecem que as giberelinas, quando sintetizadas na parte aérea da planta, são transportadas através do floema para todo o resto da planta. Nas plantas, as giberelinas promovem importantes modificações fisiológicas, como floração, germinação de sementes, expansão foliar, expressão sexual, alongamento e divisão celular (CASTRO et al., 2005). As giberelinas exercem papel fundamental na germinação das sementes, estando envolvidas na quebra da dormência, agindo como substitutas de dias longos, temperaturas baixas e da luz vermelha (FLOSS, 2008). Muitas plantas são mutantes geneticamente, não sintetizando esse hormônio, tendo como característica principal entrenós curtos. Quando as giberelinas são aplicadas nessas plantas, ocorre alongamento dos entrenós, de modo similar às plantas normais (CASTRO et al., 2005; FLOSS, 2008).

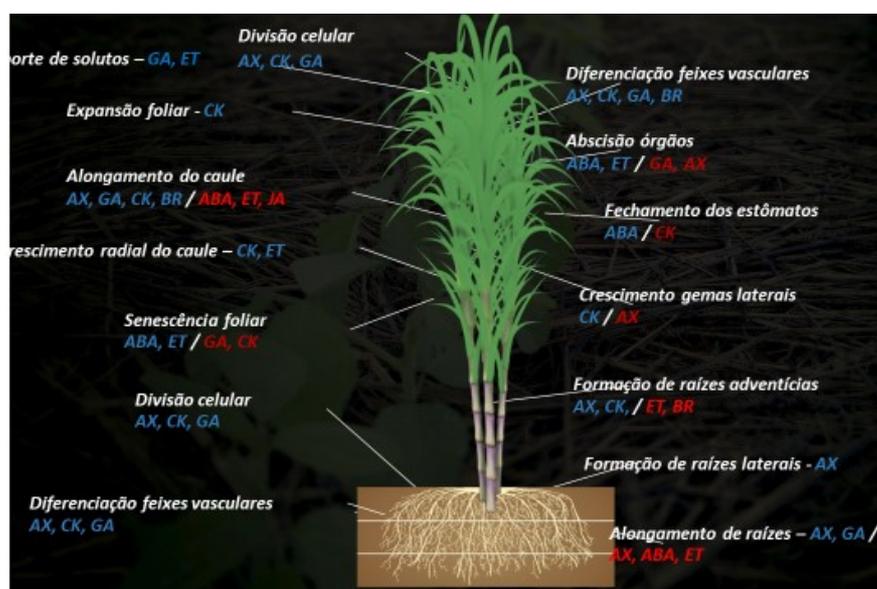


Figura 2. Cana-de-açúcar e balanço hormonal

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W. & SALTVEIT, JR, M.E. Ethylene and plant biology. 2nd ed., Academic Press, San Diego, 1992. Açúcar. Embrapa Roraima, p.1 – 15. 2010).

ALCANTARA, G. B.; MACHADO, M. P.; RIBEIRO, D. S.; WIPPEL, H. H.; FILHO, J. C. B.; OLIVEIRA, R. A; DAROS, E. Multiplicação, alongamento e enraizamento de brotações in vitro de clones de cana-de-açúcar submetidos a diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina e ácido giberélico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Tocantins, v. 5, N,1: p.20-25, Fev. 2014.

ALEXANDER, A. G. Sugarcane physiology: a comprehensive study of the *Saccharum* source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.

ANTUNES, W. R.; SILVA, S. D. dos A. e; TATTO, F. R.; CAMPOS, A. D. S. de.; EICHOLZ, M. D. Avaliação de brotação e posição de plantio de minitoletes na 9ª produção de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no sistema de mudas pré-brotadas, em Pelotas-RS, safra 2012/13. Anais... Simpósio Estadual de Agroenergia e a 5ª Reunião Técnica de Agroenergia. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2014.

ARALDI, R; SILVA, F.M.L.S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. 2010. Florescimento da cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, v.40. p.694-702.

ARANTES, M. T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248. 1993.

BARBIERI, V.; BACCHI, O. O. S.; VILLA NOVA, N. A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1., 1979, Mossoró. Anais... Mossoró:[s.n], 1979. p.192-197.

. et al. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 1979, Mossoró. Anais... Mossoró:[s.n], 1979. p.192-197.

BARBOSA, A. B. Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas - MG. 2005. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2005.

BATISTA, L. M. T. Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos. 2013

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. Viçosa: UFV, 2006. p. 625.

BLACK, M. The role of endogenous hormones in germination and dormancy. Israel Journal of Botany, Jerusalem, v.29, n.1-4, p.181-192, 1980/81.

BRASILAGRO. Goiás tem maior produção de cana de toda a história. Disponível em: [www.brasilagro.com.br/COMPLETAR](http://www.brasilagro.com.br/COMPLETAR) . Acesso em: 01 fev.2013.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES P. S. G. Avaliação tecnológica da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Org.). **Bioetanol de Cana-de-Açúcar, P&D para Produtividade e Sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, p. 451-464, 2010.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 588p.

CASAGRANDE, A.A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal. FUNEP, 1991. 157 p.

CASTRO, P. R.; KLUGE, R. A.; PERES, E. P. Manual de Fisiologia Vegetal: Teoria e Prática. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. Melhoria da Cana-de-Açúcar. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 307 p.

CILISKA D, CULLUM N, MARKS S. Evaluation of systematic reviews of treatment or prevention interventions. EVIDENCEBASED NURS 2001 OCTOBER; 4(4):100-4.

COELHO, M. B. et al. Manejo da irrigação em cana soca no cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 8., 2002 Recife-PE, Anais...Recife: STAB, 2002, p.591-598.

CONAB | ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR | v. 5 - Safra 2018/19, n.2 - Segundo levantamento, agosto de 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acomp. safra bras. cana, v. 3 - Safra 2016/17, n. 2 - Segundo levantamento, agosto de 2016.

COSTA, T. S. et al. Crescimento e Produtividade de Quatro Variedades de Cana-de-Açúcar no Quarto Ciclo de Cultivo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 56–63, 2011.

COUTO, S. A Importância da cana-de-açúcar no Brasil. Grupo de Mecatrônica da USP, São Paulo, 2013.

CTC (Centro de Tecnologia Canavieira). 2015. Florescimento. Boletim Técnico nº07, Julho 2015. 12p.

DALRI, A. B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Livroceres, 2006. p. 157-170.

DALRI, Alexandre Barcellos.; CRUZ, Raimundo Leite. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Irriga, Botucatu, v. 7, n.1, 2002. 29-34 p.

DAVIES, P.J. Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action. 3.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 750p

DIAS, C, M, O. **Indicadores fisiológicos, fitotécnicos e agroindustriais de variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob duas condições hídricas**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2011.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p.

DUARTE, A. M. A. Avaliação do desempenho agrônômico de seis variedades de cana-de-açúcar, no primeiro corte, em condições de cultivo irrigado, em Jaíba-MG. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2007.

EPHRITIKHINE, G.; FELINER, M.; VANNINI, C.; LAPOUS, D.; BARBIER-BRYGOO H. The sax1 dwarf mutant of *Arabidopsis thaliana* shows altered sensitivity of growth responses to abscisic acid, auxin, gibberellins and ethylene and is partially rescued by exogenous brassinosteroid. *Plant Journal*, n.18, p.303-314, 1999.

ESASHI, Y. Ethylene and seed germination, p.133-157. In: Mattoo, A.K. & Suttle, J.C. (Eds.) *The plant hormone ethylene*. Boca Raton, CRC Press, 1991. p.133-157.

FAO. OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2018-2027 © OECD/FAO 2018. Disponível em [http://www.fao.org/3/i9166e/i9166e\\_Chapter5\\_Sugar.pdf](http://www.fao.org/3/i9166e/i9166e_Chapter5_Sugar.pdf). Acessado em 27/05/2019

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê. 4. ed. Passo Fundo: Upf, 2008. 733 p.

GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; TISOT, D. A. Discrimination of sugarcane varieties in southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 94, n. 4, p. 523-534, 2005.

GEHLOT, A., GUPTA, R. K., TRIPATHI, A., ARYA, I. D., ARYA, S. Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: effect of auxin and rooting media on adventitious root induction in mini-cuttings. *Advances in Forestry Science*, v.1, n. 1, p. 1-9, 2014.

GEORGE, E. F. The Components of Plant Tissue Media II. In: GEORGE, E. F.; HALL, M. A.; KLERK, G. **Plant Propagation by Tissue Culture**. Netherlands, Springer. V.1,p.115-174, 2008

GONZAGA, G. B. M. Avaliação do crescimento inicial da cana-de-açúcar, variedade RB867515, sob o efeito de bactérias endofíticas. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, HAISSIG, B.E. Meristematic activity during adventitious root primordium development influences of endogenous auxin and applied gibberellic acid. *Plant Physiology*, ethesda, 49: 886-92, 1972.

GUIMARÃES, A. C. R. **Caracterização de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) submetidas a déficit hídrico**. 2011. 66 f. Tese (Mestrado em Ciências: Irrigação e Drenagem)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade do Estado de São Paulo, Piracicaba, 2011.

KERBAUY, G. B., 2004. Fisiologia Vegetal. **Fisiologia Vegetal**, p. 470, 2004.

LANDELL, M. G. A.; XAVIER, M. A. I.; ANJOS, I. A.; VASCONCELLOS, A. C. M.; PINTO, L. R.; CRESTE, S. Manejo varietal em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. (Org.). *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 57-65.

LANDELL, M.G; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N.; MENDONÇA, J.R.; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F.; BRANCALIÃO, S.R.;

PETRI, R.H.; MIGUEL P.E.M. **Sistema de multiplicação de de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico de Campinas, 2012. 17 p. (Documentos IAC, 109).

LIMA MS DE, SOARES BGO, BACALTCHUK J. Psiquiatria baseada em evidências. Rev Bras Psiquiatr 2000 setembro; 22(3):142- 6.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. Intercâmbio Comercial do Agronegócio: principais mercados de destino. Brasília: Mapa/ACS, 2011. 459 p.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Cana-de-açúcar. 2018.

MARTINS, N. G. S. Os fosfatos na cana-de-açúcar. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MASCHIO, R. Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar. 2011. 87 f. Tese (Mestrado em Ciências: Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade do Estado de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Ed. da UFV, 2005. p. 205-251.

MUSTAFA, G.; KHAN, M. S. Differential Role of Indolbutyric Acid in Sugarcane Root Development. Sugar Tech, v. 18, n. 1, p. 55-60, 2016.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial. São Paulo: Atlas, 2010. 288 p.

OHASHI, A.Y.P. 2014. Crescimento e distribuição do sistema radicular de cultivares de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejamento subsuperficial. Dissertação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agronômico. Campinas. 54p.

OMETTO, J. C. Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ, 1980. 19 p.

ONLINE, Cana. **Plantio mecanizado de MPB e irrigação das mudas**. 2015. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/plantio-mecanizado-de-mpb-e-irrigacao-das-mudas.html>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

PACURAR, D. I., PERRONE, I., BELLINI, C. Auxin is a central player in the hormone cross - talks that control adventitious rooting. *Physiologia plantarum*, v. 151, n. 1, p. 83-96, 2014.

PORFÍRIO, S., SILVA, M. D. G., PEIXE, A., CABRITA, M. J., AZADI, P. Current analytical methods for plant auxin quantification—A review. *Analytica chimica acta*, v. 902, p. 8-21, 2016

RODRIGUES, J.A.R. Do engenho à biorrefinaria: a usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. *Química Nova*, São Paulo, v.34, n.7, p.1242-1254, 2011.

SANTOS, D. Distribuição do sistema radicular e produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) fertirrigada por gotejamento subsuperficial. 2010. 95 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2010.

SATO, A. Y; MARIA, J; SEDIYAMA, T; BORÉM, A; CECON, P. R; JUNQUEIRA, C. S. **Acta Scientiarum** Maringá, v. 23, n. 5, p. 1235-1237, 2001

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 882 p.

STUPIELLO, J.P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização . v.2. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 786p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology, Redwood City California: 1991. cap.16, p.398-424.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J.S. Manual de fisiologia vegetal. São Luis: Edefma, 2010. 230 p.

WATT, D.A., MCCORMICK, A.J. & CRAMER, M.D. (2014). Source and Sink Physiology. In P.H. Moore & F.C. Botha, F.C. (Eds.), Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology. (p.483-520). Oxford: Willey Blackwell.

## CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

### RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das culturas que vêm se expandindo cada vez mais no Brasil, aumentando suas áreas plantadas dia após dia e, conseqüentemente, sua produção de açúcar e etanol. Esta revisão tem como objetivo avaliar a produtividade e os aspectos agrônômicos resultantes da produção sob irrigação localizada. Pesquisadores independentes analisaram os bancos de dados Science Direct e Scopus, sem restrição de idioma, para artigos publicados entre janeiro de 1990 e maio de 2018. Para esta revisão, incluímos artigos com as seguintes características: (a) cana-de-açúcar e/ou *Saccharum officinarum*, canavial, cana, (b) cana irrigada e/ou manejo hídrico da cultura da cana, disponibilidade hídrica para irrigação da cana-de-açúcar, cultura com maior área irrigada, incremento de produtividade, coeficiente de necessidade hídrica da cultura, (c) irrigação localizada, cana irrigada por gotejo e gotejamento superficial em cana-de-açúcar. Dos trabalhos analisados, 100% mostraram efeitos benéficos do uso de irrigação localizada na produtividade de cana-de-açúcar, na eficiência e na economia do uso da água. Outros artigos relataram a influência do custo de implantação inicial mais elevado inicialmente que outros sistemas de irrigação como aspersão e superfície, porém o melhor custo benefício foi o da irrigação localizada, que apresentou resultados favoráveis. Com base em estudos, concluiu-se que a irrigação localizada foi superior em todos os atributos analisados no presente estudo, como no aumento da produtividade de colmos, na eficiência do uso da água, economia dos recursos hídricos e na rentabilidade do custo benefício, notando-se ainda que o sistema de irrigação localizada foi superior em produtividade a todos os outros sistemas.

**Palavras-chave:** Cultivo irrigado, cana irrigada, gotejamento, irrigação, água, *Saccharum officinarum*

### ABSTRACT

Sugarcane have been expanding more and more in Brazil, with increased planted area day after day, and, consequently, generating sugar and ethanol production. This review paper aims to evaluate the yield and the agronomic aspects resulting from the sugarcane production under localized irrigation. Independent researchers analyzed the Scopus® and ScienceDirect® databases without language restriction for articles published from January 1990 to May 2018. For this review paper, some articles were taken into account with the following characteristics: (a) sugarcane and/or *saccharum officinarum*, sugarcane plant, cane; (b) sugarcane irrigation and/or water management, water availability for sugarcane crop irrigation, crop in larger irrigated area, yield increase, crop water requirement coefficient; and (c) localized irrigation, drip irrigation in cane, and surface drip irrigation in sugarcane. In 100% of the studies analyzed, it was found that the use of localized irrigation had beneficial effects on sugarcane yield, effectiveness, and water-saving. The influence of higher implementation cost than other irrigation systems such as sprinkling and surface has been reported in some studies, but the best cost benefit with favorable results was found in the localized irrigation. Comparing other studies done in this field, it is concluded that localized irrigation was superior in all attributes analyzed in this study, such as the increase of stems yield, water use effectiveness, saving-water resources, economic viability; and also it was found that the localized irrigation system generated higher in yield than all other systems.

**Keywords:** *Saccharum officinarum*, drip, irrigated cane, irrigated cultivation, irrigation, water

### INTRODUÇÃO

O Brasil continuará sendo o principal produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar, produzindo 34% da cana-de-açúcar mundial até 2027, que será usada para 20% da produção mundial de açúcar, e 88% do etanol global à base de cana-de-açúcar, contra 22% e 90%, respectivamente, durante o período base (OECD-FAO, 2018). A produção brasileira de cana-de-açúcar, na safra 2018/19, é estimada 635,51 milhões de toneladas ante os 633,26 milhões da safra 2017/18. Na safra 2018/2019, a média de produtividade estimada foi de, aproximadamente, 73,4 toneladas por hectare.

Batista (2013) expõe que, em determinadas regiões do centro-oeste brasileiro, caracterizado pelo bioma Cerrado, é comum ocorrerem irregularidades de chuvas em associação com altas temperaturas em alguns períodos do ano. Esta irregularidade pode resultar em déficits hídricos (abril-maio até setembro-outubro), sendo considerado um problema para o desenvolvimento do canavial, causando queda de produtividade.

As empresas de pesquisa responsáveis pelo desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar estão fazendo cruzamentos direcionados, ou seja, cruzamentos regionalizados conforme a região produtora (Com a utilização desses materiais regionalizados, obteremos informações relevantes direcionadas para nossa região de produção, centro norte do Estado de Goiás, potencializando produtividade e reduzindo custos de produção.

A agricultura irrigada desempenha papel fundamental na segurança e sustentabilidade alimentar mundial. A cana-de-açúcar, sendo uma cultura de ciclo prolongado (360-540 dias) e elevada exigência de água do plantio até a colheita (100-200 cm de água), merece grande atenção no sentido de serem adotadas tecnologias eficientes de gerenciamento de água em todo o mundo (SHANNON, 1992).

A água é o insumo mais importante na agricultura e tem feito uma contribuição significativa, fornecendo estabilidade da produção de grãos de alimentos. Devido a falhas de precipitação e rebaixamento de nível do lençol freático, a demanda de água aumenta dia a dia. Por causa do aumento da escassez de água, é de suma importância uma gestão adequada da irrigação, sendo a adoção de sistemas eficientes essencial para alcançar a máxima eficiência do uso da água de irrigação.

O uso de sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial (SDI) pode proporcionar uma melhoria na eficiência no uso da água. Estes sistemas aplicam a água de irrigação diretamente no solo e ao pé da planta em vez de na superfície (AYARS et al., 1999).

Segundo relatado por Shrivastava et al. (2011), a cultura da cana é muito exigente em água no decorrer do seu ciclo. Estudos com lisímetros revelaram que uma planta de cana, do estágio de plântula até a colheita, requer 88-118 kg de água / kg de cana e 884-1157 kg água / kg de açúcar produzido, respectivamente, no ciclo de cana-planta e cana-soca.

Entre as tecnologias necessárias para o incremento produtivo na cultura da cana, a irrigação está sendo grandemente difundida e vem sendo responsável por grandes acréscimos na produtividade. A combinação de variedades e irrigação deve ser avaliada sobre a possibilidade de promover aumento da produtividade, com definição de sistemas de irrigação que melhor se adaptam ao déficit hídrico e ao uso racional dos recursos hídricos.

A irrigação localizada vem crescendo cada vez mais na agricultura irrigada, e isso se deve ao fato de trazer grande economia de água, além de ter uma boa eficiência de aplicação (RAVINA et al., 1992). Os sistemas de irrigação localizada são capazes de aplicar água apenas no sistema radicular das culturas, em quantidades pequenas, porém mantendo a umidade do solo sempre ao ponto da capacidade de campo. De acordo com os principais sistemas da irrigação localizada são o de microaspersão e o de gotejamento.

Sob a circunstância da alta demanda de água, a irrigação por gotejamento na cultura da cana-de-açúcar tem se tornado uma opção estratégica, por economizar uma quantidade substancial de água de irrigação (13,5 a 56,3% em cana-de-açúcar) quando comparado ao método de irrigação por sulco (ALAM e KUMAR, 2001).

Confirmando estudos feitos por Shrivastava et al. (2011), a cana-de-açúcar é uma importante cultura de alto rendimento, que não só produz 78% do açúcar em todo o mundo, mas também contribui para demandas de energia por cogeração e álcool como combustível, produzindo um grande número de recursos úteis de alto valor agregado, além de milhões de agricultores e trabalhadores estarem envolvidos em sua cadeia produtiva. Entende-se então a necessidade de estudos de métodos de irrigação mais eficientes que contribuam para o aumento de produtividade.

Neste contexto, com o aumento progressivo da utilização do sistema de irrigação localizada, são necessários estudos técnicos e com validação científica para determinado uso. Neste artigo de revisão sistemática, temos como objetivo avaliar a produtividade da cana-de-açúcar sob irrigação localizada, em pesquisas realizadas em âmbito global.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

## Protocolo

Esta revisão sistemática foi feita segundo as diretrizes do PRISMA Itens de Relatórios Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises para identificação, triagem, elegibilidade e inclusão de artigos

### Estratégia de pesquisa e critérios de elegibilidade

Em maio de 2018, dois pesquisadores independentes pesquisaram os bancos de dados Science Direct e Scopus, sem idioma de restrição, para artigos publicados entre janeiro de 1990 e maio de 2018, limitando-se apenas a artigos originais.

Incluímos artigos com as seguintes características: (a) cana-de-açúcar e/ou *Saccharum officinarum*, canavial, cana; (b) cana irrigada e/ou manejo hídrico, cultura da cana, disponibilidade hídrica para irrigação da cana-de-açúcar, cultura com maior área irrigada, incremento de produtividade, coeficiente de necessidade hídrico da cultura; e (c) irrigação localizada, cana irrigada por gotejo, gotejamento superficial em cana-de-açúcar. Neste contexto, a irrigação localizada na cultura da cana foi definida como “um manejo capaz de alavancar os resultados de produtividade da cultura e/ou resposta produtiva da cultura da cana em resposta à irrigação localizada.

Estudos que abordaram irrigação por sulcos, aspersão convencional, aspersão com autopropelido, irrigação superficial ou manejo do lençol freático não foram incluídos na presente pesquisa. Os critérios de exclusão foram: (a) outras culturas irrigadas; (b) sistemas de irrigação; (c) estudos com dados incompletos, livros ou artigos de revisão; (d) rotação ou consorcio de culturas; e (e) culturas não agrícolas.

A estratégia de busca dos artigos e as palavras chave utilizadas estão apresentadas no Quadro 1.

Estratégia de pesquisa: ((“sugar cane”) AND (“irrigation”) AND (“localized OR drip OR micro sprinkler”)).

### Processo de revisão

Depois de executar a estratégia de busca, Figura 1, artigos em duplicata foram removidos. Dois revisores, MHRO e RMS, na sequência, selecionaram de forma independente os títulos e resumos de todos os artigos identificados na pesquisa bibliográfica para inclusão na revisão sistemática.

Desacordos sobre a inclusão do manuscrito foram avaliados por análise de concordância (percentual de concordância) e resolvidos por um terceiro revisor (RSO). Os restantes dos artigos foram lidos na íntegra e avaliados para sua elegibilidade, com base no critério de inclusão e exclusão. Finalmente, os artigos elegíveis foram incluídos na presente revisão sistemática. Além disso, as listas de referência de artigos incluídos foram pesquisadas para identificar estudos perdidos por pesquisas de banco de dados.

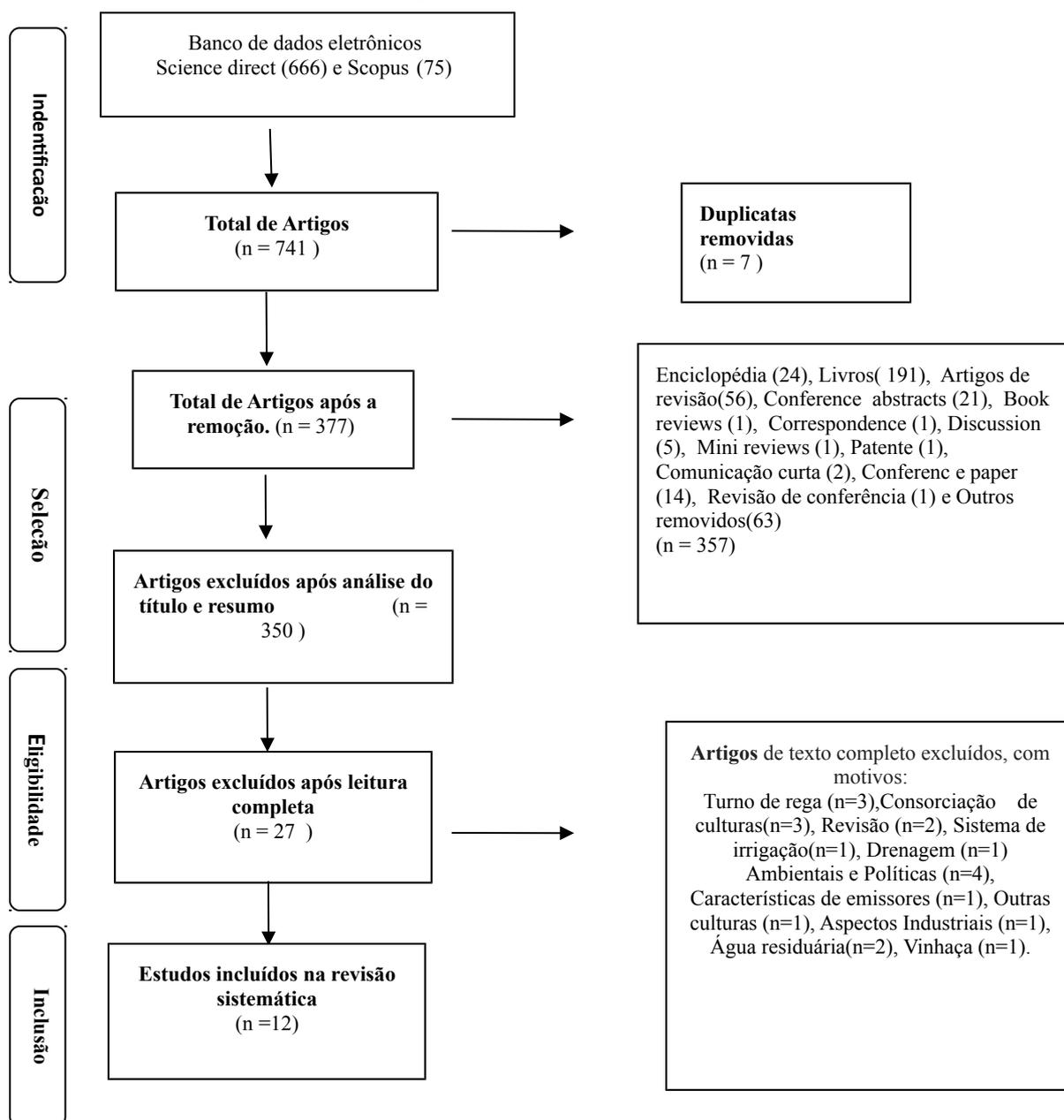
Em relação à extração de dados, avaliação de qualidade e síntese dos artigos selecionados, foram extraídos os seguintes dados: autores, ano de publicação, produtividade, eficiência, consumo, local irrigado, resposta fisiológica, níveis de irrigação, qualidade industrial, equipamentos utilizados, tecnologia e métodos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Pesquisa bibliográfica e estudos incluídos

O diagrama PRISMA ilustra o processo de seleção dos estudos (Figura 1). Iniciamos a pesquisa com 741 artigos, 337 artigos completos e sete duplicatas. Após leitura dos títulos e resumos, 350 foram excluídos, pois abordavam assuntos não correspondentes ao objetivo proposto. Após a seleção inicial, os 27 artigos restantes foram lidos na íntegra e mais 15 foram excluídos por não apresentarem os critérios de elegibilidades. Posteriormente, somente 12 artigos foram incluídos na revisão sistemática.

**Figura 1.** PRISMA diagrama. Análise qualitativa e quantitativa



Os estudos seleccionados foram conduzidos em 7 países distintos, entre eles os três maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo: Brasil, Índia e China. Os resultados analisados foram todos positivos, trazendo benefícios agrônômicos, industriais e econômicos para a cultura. As variedades de cana-de-açúcar foram diferentes em cada estudo, trabalhou-se com as variedades NI-4, SAIPAN 17, RB92579, RB 72454, RB867515, RB855536, SP80-3280, MEX 69-290, S-17, PI 96-0843 e Co 86-032, todas regionalizadas para cada país em que foi feita a pesquisa.

As épocas de cada um dos estudos são variáveis, sendo 3 da década de 90 e o restante dos anos 2000, todos foram avaliados em campos experimentais. Em todos os estudos, os tratamentos foram diversificados, sendo trabalhados com diferentes formas de aplicações, diferentes parâmetros de testemunha e diferentes unidades de medidas, além de todos pertencerem a características de solo relacionadas a clima, relevo e localizações distintas entre si (Tabela 1).

**Tabela 1. Descrição dos Estudos e Principais Resultados em Cana Irrigada por Irrigação Localizada**

<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>País</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variedades</b>	<b>Tipo de irrigação</b>	<b>Principais resultados</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Testemunha</b>
An assessment of drip irrigation of sugar cane on poorly structured soils in Swaziland	1990	Suazilândia	Avaliar rendimento e desempenho Agrônômico operacional	Ni-4	Gotejamento Superficial	7,5%> TCH (Tonelada de cana/hectare gotejo X Superficial Inundado.	2 SISTEMAS Gotejo e Superficial por inundação 3 tipos de Fertirrigação 6 repetições	Irrigação Superficial por inundação.
Importance of irrigation regime, dripline placement and row spacing in the drip irrigation of sugar cane	1990	República da Maurícia	Avaliar desempenho e financeiro da irrigação aérea e superficial	Saipan 17	Gotejamento	Nível de 50% ETC > 4 toneladas/hectare X 100% ETC e 10 toneladas/hectares X 150%ETC. Sequeiro produziu 55Ton < irrigado em um espaçamento simples e 37 t/hectare< irrigado espaçamento duplo.	2 espaçamentos 3 níveis de irrigação- 150-100 e 50% ETC 2 Sistemas de Gotejo superficial e sobre a copa 3 repetições	2 tratamentos sem irrigação sendo 1 para cada espaçamento
The control of drip irrigation of sugarcane using 'index' tensiometers: some comparisons with control	1990	República da Maurícia	Efeito da tensão de umidade no solo e produtividade de cana	S-17	Gotejamento	Gotejo enterrado produziu 130,7 t/ha em terceiro ano e o manejo via solo foi mais eficiente no uso da água X Via Clima.	2 Tipo de Gotejo sendo enterrado e superficial. 2 níveis de irrigação 50 e 100% Via Clima ETC e 2 Profundidade de Tensiômetros Via Solo 20 e 30 cm .	Método Via Clima Testemunha
Economic depth of drip irrigation on sugarcane	2015	Brasil	Produtividade agrícola e industrial de cana irrigada	Rb92579	Gotejamento	T7 x Test T0 = 70 TCH>1ºANO 32 TCH>2ºANO 42 TCH>3ºANO	7 Níveis de irrigação (0-25-50-75-100-125-150% ETC)	Sequeiro ETC=0

Isoquantas de produtividade da cana-de-açúcar em função de níveis de irrigação e adubação nitrogenada.	2013	Brasil	Determinar produtividade de cana em relação a lâminas e doses de N	Rb92579	Gotejamento	Viabilidade econômica para produção com 112 kg de N e 390 mm irrigação complementar.	7 Níveis de irrigação (0-25-50-75-100-125-150% ETC) e 5 Doses de N (0-50-100-150-200 KG/HA	Sequeiro ETC=0
Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com n e k via gotejamento subsuperficial	2008	Brasil	Estudar efeito da fertirrigação e irrigação de gotejo em cana soca	Rb 72454	Gotejamento	43,5 TCH 2º corte e 67,2 TCH 3º corte > TEST	4 NÍVEIS DE ADUBAÇÃO DE N e K. 2 ciclos de cultivo. Irrigação 20 mm.	Sequeiro
Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento	2011	Brasil	Estudar o efeito da irrigação por gotejamento, em cultivares de cana-de-açúcar, em dois ciclos de produção (cana planta e cana soca)	RB867515; RB855536 e SP80-3280,	Gotejamento	Gotejo-TCH 24%>Sequeiro; Gotejo-TAH 23%>Sequeiro	3 variedades e dois manejos de irrigação, Gotejamento subsuperfical e sequeiro	Sequeiro
Soil moisture tension effect on sugar cane growth and yield	2016	México	Avaliar efeito tensão e umidade no crescimento e produção de cana	Mex 69-290	Gotejamento	T3 179 % > Testemunha T2 246% > Testemunha T1 252%> Testemunha em tonelada de cana/hectare TCH (53,37 Test, T1-134,72, T2 128,33 e T3 95,75)	Manejo via solo com 3 tensões de manejo: T1 15 KPA t2 45 kpa e t3 75 kpa	Testemunha sequeiro
Low cost drip irrigation: Impact on sugarcane yield, water and	2016	Índia	Avaliar o desempenho de diferentes métodos de	PI 96-0843, Co 86-032	Gotejamento e Sulcos	Gotejamento convencional produção de 120,4 T há <sup>-1</sup> , Gotejamento de baixo custo produção de 118,6	Gotejo convencional, com espaçamento simples e duplo, inundação/sulco com	Método de Indundação/sulco

energy saving in semiarid tropical agro ecosystem in India			irrigação em cana-de-açúcar			t/ha <sup>-1</sup> e inundaç�o ou irriga�o por sulco produ�o de 94,4 t/ h� <sup>-1</sup>	espa�amento simples e duplo e gotejo de baixo custo espa�amento simples, em duas variedades de cana-de-a�ucar	
Management of drip irrigated sugarcane in western India	2008	�ndia	Avaliar a produtividade da cultura, e sua efici�ncia de utiliza�o, uso de �gua de irriga�o para dois anos safra	CO 7219	Gotejamento e Sulcos	Gotejamento produ�o 19,7% > que o irriga�o por sulco	Gotejo convencional, com espa�amento duplo, com 3 turnos de rega versus m�todo de irriga�o convencional por sulco	M�todo de Indunda�o/sulco
Performance of surface and Subsurface drip fertigation yield and Water efficieny of sugarcane	2016	Tail�ndia	Avaliar os efeitos da irriga�o por gotejamento maximizar a produtividade da cana e a efici�ncia do uso da �gua	-	Gotejamento	Gotejamento superficial 30,73% > Gotejamento subsuperfical economia de �gua.  E Produ�o de cana por hectare na fertirriga�o de 193,94 Toneladas>175,14 Toneladas fertirriga�o gotejo superficial>98,38 Toneladas, irriga�o gotejo superficial.	Gotejo superficial e gotejo subsuperficial com diferentes n�veis de fertirriga�o.	Gotejo superficial 100% evapotranspira�o
Effects of Sub-soil Fertigation Sugarcane Field Conditions	2012	China	Verificar o efeito da irriga�o por gotejamento subsuperficial e fertirriga�o, o rendimento e qualidade da cana.	ROC 28	Gotejamento	Altura de planta 36,3 cm Gotejo>Sequeiro.Di�metro 3,35mm<Sequeiro.Toneladas de cana Fertirriga�o gotejo 31,9%>Gotejo+aduba�o convencional 22,8%>Gotejo >Sequeiro	Gotejo subsuperficial+fertirriga�o, sequeiro, Gotejo subsuperficial, aduba�o convencional, e Gotejo subsuperficial	Sequeiro

Nossa revisão sistemática está avaliando a produtividade da cana-de-açúcar sob utilização do sistema de irrigação localizada, sendo que nesse cenário o parâmetro utilizado para avaliar o incremento de produtividade da cana-de-açúcar foi a importância da irrigação, com ênfase na utilização do sistema de irrigação localizada.

As principais forças motrizes por trás da adoção de irrigação por gotejamento pelos agricultores são a escassez de água e a lucratividade (MADHAVACHANDRAN E SURENDRAN, 2016).

Em todos os estudos, foram constatados a importância e o crescimento de produtividade por hectare com a utilização dos sistemas de irrigação do tipo localizado, principalmente com o método de gotejamento, um dos mais utilizados quando se fala em irrigação localizada na cultura da cana-de-açúcar.

Os rendimentos econômicos em milímetros de água utilizados foram maiores no sistema de gotejo superficial ou convencional, mostrando um lucro médio de 1,61 dólar por milímetro de água utilizada, segundo descrito por Surendran (2016). Este resultado mostra que a lucratividade desse sistema é compensatória em comparação com outros métodos de irrigação utilizados na cultura da cana-de-açúcar, em razão do baixo consumo de água e energia. A lucratividade mostrada pode sofrer alteração de acordo com as tarifas de cada país.

Estudos conduzidos no nordeste brasileiro constataram que, sob diferentes lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial, o rendimento de colmos de cana-de-açúcar obteve crescimento linear, quando comparado com as reposições de 40%, 60% e 80% sendo o as produtividades de 106,24 t/ha<sup>-1</sup>, 135,42 e de 143,75 t/ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mostrando que vários fatores podem influenciar os rendimentos, porém a reposição hídrica por meio de sistemas mais eficientes e com menores porcentagens de perdas por evaporação contribui grandemente para a evolução das taxas de produtividade da cultura da cana-de-açúcar, segundo Oliveira, Braga e Santos (2014).

Estudos desenvolvidos por Olivier e Singels (2003) na África do Sul com diferentes variedades, espaçamento entre linhas, conseguiram elaborar comparativo de variedades mais sensíveis ao déficit hídrico e também aquelas mais responsivas. Nesses estudos, um dos fatores levados em consideração foi a utilização de sistemas de irrigação com alta eficiência, predominando o sistema de gotejamento. A produção em fileiras com espaçamento duplo atingiu até 196 t/ha<sup>-1</sup>, com rendimento por 100 mm de água atingindo até 14,7 t/100mm. Isso quando fornecida 100% da evapotranspiração, no espaçamento de linhas duplas de 1,8m.

Ferreira Junior et al. (2014), em pesquisas realizadas no nordeste brasileiro, não verificaram alteração de produtividade, rendimento em açúcar ou mesmo em taxas de crescimento vegetal, quando compararam os tipos de espaçamento entre linhas da cana-de-açúcar, simples ou duplos, irrigados pelo sistema de gotejamento. Assim, esses resultados não confirmam aqueles encontrados por Olivier e Singels (2003), quando se trata das diferenças entre espaçamentos, porém em relação à produtividade da cultura da cana irrigada, conseguiram obter 47,9 t/ha<sup>-1</sup> de cana acima da média do Estado de Alagoas na safra 2012/2013. O que podemos levar em consideração é que os rendimentos obtidos pela irrigação da cultura pelo sistema de gotejamento têm atingido altas produtividades quando comparados com as médias nacionais e estaduais, porém em relação ao sistema e ao espaçamento entre linhas, estudos mais aprofundados deverão ser feitos, levando em consideração as características e particularidades de cada área em estudo.

Em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2014), foi avaliada a produtividade de variedades de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento durante dois ciclos de produção. Neste trabalho, os autores avaliaram características como produtividade de açúcar, cujos resultados mostraram que as variedades IAC91-1099, IACSP96-3060, RB855536, RB867515 e SP85-1115 apresentaram um potencial produtivo elevado utilizando a irrigação localizada por gotejamento.

As diferenças encontradas em diversos estudos sobre a eficiência, a economia de água e o aumento produtivo na cultura da cana-de-açúcar, quando comparados os sistemas de irrigação por gotejamento versus convencionais, principalmente o utilizado inicialmente, por sulco ou inundação, mostram que a irrigação por gotejamento exigia 940 mm de água por hectare contra 2.150 mm no método de inundação convencional de irrigação. O rendimento de cana observado sob o método de gotejamento era de 170 toneladas por hectare contra 128 toneladas hectare utilizando o método convencional. Isso resultou em uma economia líquida de 65% no uso de água e também melhorou o rendimento de produtividade TCH em 33%, segundo Narayanamoorthy (2004) e Anon (2008).

Alguns estudos comparativos sobre irrigação pelo sistema de gotejo superficial e gotejo subsuperficial também fizeram comparação na fertirrigação. Estudos conduzidos por Mahesh et al. (2016) na Índia mostraram que, para a cultura da cana-de-açúcar, o método de microaspersão com o sistema de gotejamento, além de ser um sistema que tem mostrado aumento na eficiência no uso da água, aumentou os rendimentos de produção agrícola e também melhorou a eficiência da fertilidade, com a aplicação de 100% da necessidade da

cultura via fertirrigação. Confirmando os estudos desenvolvidos pelo sistema de microaspersão na cultura da cana-de-açúcar em todo o mundo, os resultados foram de 98,38 toneladas por hectare para gotejamento superficial sem fertirrigação, para gotejamento superficial com 100% de fertilidade via fertirrigação, de 175,14 toneladas por hectare e para gotejamento subsuperficial com 100% fertilidade via fertirrigação, de 193,94 toneladas por hectare.

Sánchez et al. (2015) estudaram a produtividade de açúcares totais recuperáveis e de colmos da cultura da cana-de-açúcar submetida a reposições hídricas diferentes (100, 75, 50, 25 e 0%), com e sem aplicação de nitrogênio na água utilizada na irrigação por gotejamento superficial em cana soca e cana planta. Houve incremento na produtividade de colmos e ATR com rendimentos correspondentes a 15,68 e 4,32% para a cana planta e de 31,28 e 1,04% para a cana soca, quando comparados com a reposição hídrica.

Em outro trabalho, Uribe et al. (2013), avaliando a utilização de água e de nitrogênio no manejo de cana-de-açúcar irrigada e em condições de sequeiro, avaliando o potencial produtivo de açúcar e de colmos utilizando diferentes doses do fertilizante nitrogênio com o uso de irrigação por gotejamento superficial, observaram que a cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial apresentou produtividade máxima de 22 t ha<sup>-1</sup> de açúcar quando na dose de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Silva et al. (2015), procurando melhorar a eficiência do uso de irrigação nas socas de cana-de-açúcar, avaliaram sete lâminas de irrigação por gotejamento (0, 25, 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência) em três ciclos de produção da cultura. Os resultados mostraram uma produção quando se utilizou 150% da ETo com média de 48 toneladas por hectare a mais do que a cana cultivada sob condições de sequeiro, observou-se também que a lâmina econômica de irrigação no intervalo de 0 a 150% da ETO está ligada ao incremento do preço do ATR, observando assim a eficiência do uso de irrigação por gotejamento na cana-de-açúcar.

Estudando a tecnologia de irrigação localizada pelo método gotejamento em cultivares de cana-de-açúcar, Gava et al. (2011) avaliaram o efeito de três cultivares de cana-de-açúcar, RB855536, RB867515 e SP80-3280, em dois ciclos de produção, cana soca e cana planta. Os autores utilizaram dois sistemas de manejo de irrigação - irrigação por gotejamento subterrâneo e sistema de sequeiro. Observaram incremento de mais de 23% na produção de cana-de-açúcar e mais de 24% na produtividade dos colmos. Dalri e Cruz (2002), colaborando com os estudos realizados com irrigação por gotejamento, concluíram em seus experimentos que, independentemente da evapotranspiração acumulada da cultura ser de 10mm, 20mm ou 30 mm, a cana-de-açúcar teve incremento produtivo de 45% de massa fresca em relação ao tratamento de sequeiro, ou seja, não irrigado.

Já Ferreira Junior et al. (2014), estudando a eficiência de crescimento da variedade de cana-de-açúcar RB98710 irrigada pelo sistema de irrigação por gotejamento, utilizando dois tipos de espaçamento, observaram rendimento na produtividade de colmos de 100,9 t ha<sup>-1</sup> com produção de 17,8 t ha<sup>-1</sup> de açúcar.

Resultados semelhantes foram observados por Andrade Junior et al. (2017), que avaliaram a produtividade das variedades RB962962, RB 931011, RB931530, RB98710, RB92579, RB867515, RB863129, SP791011, RB72454 e VAT90212 de cana-de-açúcar sob diferentes formas de manejo de irrigação, irrigação plena, sob deficiência hídrica, e gotejamento subsuperficial. Os resultados mostraram que as variedades de cana-de-açúcar RB962962 e RB867515 apresentaram 162,3 t ha<sup>-1</sup> e 158,5 t ha<sup>-1</sup> de produtividade de colmos, respectivamente, em todos os sistemas de manejo, inclusive no sistema de gotejamento subsuperficial.

Trabalhos desenvolvidos com irrigação por gotejamento na China, com intuito principal de avaliar a economia de água rendimento na cultura da cana-de-açúcar, confirmam os estudos revisados no presente trabalho. A irrigação com economia de água inclui irrigação por gotejamento. Experimentos mostraram que a fertirrigação melhorou a produtividade da cana entre 19,2 e 56,4%, atingindo produtividade entre 150 e 195 t ha<sup>-1</sup>, melhorou a eficiência do uso de fertilizantes em 90% e economizou água entre 30 e 60% (LI 2010; XU et al., 2010, 2011; CHEN et al., 2012).

Estudos de 24 variedades de cana-de-açúcar no sudeste brasileiro revelam aumento de produtividade de todas as variedades estudadas, variando de 116,5 t ha<sup>-1</sup>, em variedades rústicas, como a cana Caiana, até 216,6 t ha<sup>-1</sup> em variedades mais cultivadas comercialmente, como a RB867515. Assim podemos entender que, em razão da redução da disponibilidade hídrica e energética do país, a busca por aumento produtivo com sustentabilidade exige um alto nível tecnológico e um manejo sustentável da água, confirmando, assim, todos os estudos já mencionados em diversas regiões do Brasil e do mundo, principalmente nos três países que lideram a produção de cana-de-açúcar, ou seja, o uso contínuo da irrigação e principalmente de sistemas com menores gastos energéticos e eficiência do uso da água, como a irrigação por gotejamento, superficial ou subsuperficial (MASCIO, 2011).

## CONCLUSÃO

Verificou-se com os trabalhos avaliados o crescimento da irrigação localizada na cultura da cana-de-açúcar. Visto que, de acordo com os trabalhos avaliados, foi possível observar a eficiência e também o incremento de produtividade quando utilizado este tipo de sistema de irrigação. Observou-se também que, quando se fala em irrigação localizada em cana-de-açúcar, os principais métodos são o do tipo de gotejamento. Porém um dos fatores que podem dificultar a implantação desse tipo de sistema de irrigação é o alto custo de implantação, que pode ser ainda um dos empecilhos que tornarão um pouco mais difícil seu crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM A, KUMAR A. 2001. Micro irrigation system – past, present and future. In: Singh HP, Kaushish SP, Kumar A, Murthyand TS, Samuel JC, editors. Micro-irrigation, p. 1–17. Publication no. 282. Central Board of Irrigation and Power.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. D.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; SILVA, P. H. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 169-174, 2017.
- ANON., Agricultural Data Data Book, ICAR, Nova Deli, 2008.
- BATISTA, L. M. T. Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos. 201
- CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B. DE; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. DE. Fertirrigação de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. (Circular Técnica, 32). p.1–13.
- CHEN, G.F., Q.Z. TANG, Y.R. LI, Y.Y. HUANG, B. LIU, L. XU, AND H.R. HUANG. 2012. Effects of sub-soil drip fertigation on sugarcane in field conditions. *Sugar Tech* 14(4): 418–421.
- CONAB. Cana-de- açúcar. Safra 2017/18 - - Terceiro levantamento. **Acompanhamento Da Safra Brasileira**, v. 4, n. 3, p. 77, 2017.
- DALRI, A. B.; & CRUZ, R. L. Productivity of sugarcane fertigation with nk by subsurface drip. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.28, n.3, p.516-524, jul./set. 2008.
- DALRI, A. B.; & CRUZ, R. L. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimeto da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **IRRIGA**, Botucatu, v. 7,n.1,2002.
- DOCTSWORTH, G.H., NIXON, D.J. and SWEET, C.P.M. An assessment of drip irrigation of sugar cane on poorly structured soils in Swaziland. **Water Manage.** 17: 325-335. 1990
- FERREIRA JUNIOR, R.A.; SOUZA, J.L.; ESCOBEDO, J.F, TEODORO, I.; LURA, G.B.; ARAÚJO NETO, R.A. Sugarcane w ith drPi irrigation in two row spacing. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.** 18:798-804, 2014.
- GAVA, G.J.C.; SILVA, M.A.; SILVA, R.C.; JERONIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S.; KÖLLN, O.T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.250–255, 2011.
- HODNETT, M.G., BELL, J.P., AH KOON, P.D., SOOPRAMANIEN, G.C., AND BATCHELOR, C.H. The control of drip irrigation of sugarcane using 'index' tensiometers: Some comparisons with control by the water budget method. *Agric. Water Manage.*, 17: 189-207.1990.
- LI, Y.R. 2010. Modern sugarcane science. Beijing: China Agriculture Press.
- MADHAVACHANDRAN, K., SURENDRAN, U., 2016. Study on factors influencing adoption of drip irrigation by farmers in humid tropical Kerala. *Int. J. Pl. Prod.* 10 (3), 347–364.
- MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: Uma introducao ao procedimento práctico. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, v. 168, n. 1, p. 31, 2012.

- MASHIO, R. Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar. 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-19092011-103249/>
- PINTO, L. Melhoramento genético e manejo varietal em cana-de-açúcar: histórico, variabilidade, seleção, obtenção de cultivares, conceitos de manejo varietal e principais cultivares. 1995.
- MAHESH, R.; ASOKA RAJA, N.; ARCHANA, H. A. PERFORMANCE OF SURFACE AND SUBSURFACE DRIP FERTIGATION ON YIELD AND WATER USE EFFICIENCY OF SUGARCANE. 2nd World Irrigation Forum 6-8 November 2016, Chiang Mai, Thailand.
- RAVINA, I. et al. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v. 13, n. 3, p. 129–139, 1992.
- SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; SILVA, N. F. DA; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; RIBEIRO, P. H. P. Produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes reposições hídricas e nitrogênio em dois ciclos. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, 2015.
- SHANNON, L. 1992. Planning and management of irrigation systems in the developing countries. **Agriculture Water Manager**. 22:81–104.
- SHRIVASTAVA. A, K.; SHRIVASTAVA. A, K.; SOLOMON. S. **Current science**, vol. 101, no. 6, 25 september 2011
- SILVA, S; NETO, J.D; TEODORO,I; SILVA, S.S; NASCIMENTO, R; e BARBOSA, G.V.S. Economic depth of drip irrigation on sugarcane. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 37-46, 2015.
- SILVA, M.D.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A.F.D.; GAVA, G.J.C, KOLLN, O.T. Potencial de produtividade da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 18 , 241-249, 2014.
- SINGANDHUPE, R. B.; BANKAR, M. C.; ANAND, P.S.B.; PATIL, N.G. **Archives of Agronomy and Soil Science** Vol. 54, No. 6, December 2008, 629–649
- SURENDRAN, U.; JAYAKUMAR, M.; MARIMUTHUB, S. Low cost drip irrigation: Impact on sugarcane yield, water and energy saving in semiarid tropical agro ecosystem in India, Sci Total Environ (2016). **Science of the Total Environment**. STOTEN-20526; No of Pages 11.2016.
- TEODORO, I; NETO, J.D; SOUZA, J.L; LYRA, G.B; BRITO, K.S; SÁ, L.A; SANTOS, M.A.L e SARMENTO, P.L.V.S Yield isoquants for sugar cane as a function of irrigation and nitrogen fertilization.. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 387-401, julho-setembro, 2013.
- URIBE, RAM; GAVA, GJ de C .; SAAD, JCC; KÖLLN, OT A cana-de-açúcar produzida irrigação por gotejamento e fertilização nitrogenada. **Engenharia Agrícola** , Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1124-1133, 2013.
- XU, L., H.R. HUANG, L.T. YANG, AND Y.R. LI. 2010. Combined application of NPK on yield and quality of sugarcane applied through SSDI. **Sugar Tech** 12(2): 104–107.
- XU, L., H.R. HUANG, Y.Y. HUANG, G.F. CHEN, L.T. YANG, AND Y.R. LI. 2011. Spatial distribution of sugarcane root and soil available nutrients with subsurface drip irrigation in sugarcane field. **Guangdong Agricultural Sciences** 1: 78–80.

### **CAPÍTULO 3 - IDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR E LOCAIS DE GEMAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

(Normas de acordo com a revista Suggar Tech)

#### **RESUMO**

A produção de cana-de-açúcar no Brasil, estimada para a safra 2019/20, é de 615,98 milhões de toneladas, sendo Goiás, o segundo estado com maior produção. Segundo estimativas, as áreas destinadas para mudas no setor sucroalcooleiro são representativas, tendo sido de 48 mil hectares na safra 2018/2019. A cana-de-açúcar é a cultura de maior área irrigada do país. Estudos relatam que a frequência e a lâmina de irrigação devem variar com os períodos de crescimento da cana. O cultivo da cana-de-açúcar a partir de mudas tem permitido a redução do volume gasto de colmos, por proporcionar alta taxa de multiplicação. Assim, o presente estudo objetiva esclarecer alguns dos pontos de interferência do desenvolvimento da cana-de-açúcar, buscando avaliar as características de qualidade de mudas pré-brotadas a partir de duas frequências de irrigação, verificando a idade de viveiro com melhores desempenhos para a produção da muda e a interferência das partes do colmo de onde são extraídas as gemas para produção. O pré-ensaio, foram plantadas no Instituto Federal Goiano-Campus Ceres-Goiás 16 variedades. Na segunda etapa, os experimentos foram instalados em ambiente protegido, na cidade de Goianésia, no dia 19 de fevereiro de 2019, e avaliados na fase inicial por 21 dias, sendo as avaliações feitas com intervalos de três dias e a validação no dia 19 de março de 2019. Os dados a seguir são do experimento original. A variedade determinada foi a CTC 4. O delineamento experimental para o experimento I,

DBC, foi em parcelas subdivididas 3x2, com 4 repetições, tendo como fontes de variação o local de retirada do material propagativo (gemas basais, apicais e medianas) e a frequência de irrigação (1x e 2x). O experimento II DBC foi em parcelas subdivididas 3x2, com 4 repetições, frequência de irrigação (1x e 2x), sendo três idades - 14 meses, 10 meses e 6 meses. Todos os dados foram analisados pelo software SISVAR. As frequências de irrigação desempenharam influência nas avaliações iniciais da germinação. Idade do material propagativo de 6 meses é superior em 19,98% às gemas de 10 meses e 12,88% às de 14 meses. Quanto à posição das gemas no colmo, as apicais foram superiores em 28,34% às medianas e em 64,17% às basais. Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), as mudas de viveiros mais jovens e das partes apicais do colmo foram superiores às demais.

**Palavras-chaves:** Mudanças saudáveis, viveiros de cana, *Saccharum officinarum*, cana irrigada, minirrebolo

#### ABSTRACT

Sugarcane yield is estimated in 615.98 million tons in Brazil for 2019/2020 crop, and Goiás is the second state in this country with the highest yield. According to estimates, the areas intended for seedlings in the sugar and alcohol sector are representative, comprising 48 thousand ha (480,000,000 m<sup>2</sup>) in the 2018/2019 harvest. Sugarcane crop holds the largest irrigated area in the country. Studies report that the frequency and irrigation blade should vary along with the sugarcane growing seasons. The sugarcane cultivation from seedlings has allowed the decrease in stem spent volume, because it provides high multiplication rate. Thus, this study aims to clarify some interference points in the sugarcane development, evaluate the quality of pre-budded seedlings at two irrigation frequencies, verify the nursery age that allow the best performance for sugarcane seedling yield, as well as, verify the interference of the stem parts from which the buds are extracted for production. The pre-test consisted of sixteen varieties planted at the Federal Goiano Institute, Ceres Campus, Goiás State, Brazil. In the second stage, the experiments were carried out under a protected environment, in the Goianésia City, Goiás State, on February 19, 2019. They were evaluated in the initial phase at three-day intervals for twenty-one days, and validated on March 19, 2019. The following data are from the original experiment. The variety determined was CTC4 (Regional Classification of Varieties). For experiment I, randomized block design (RBD) was used in split-plots, 3 x 2 factorial scheme, four replicates, and variation sources were at the site of the propagation material withdrawal (basal, apical, and median buds), and the irrigation frequency (once and twice a day). For the experiment II, RBD was used in split-plots, 3 x 2 factorial scheme, four replicates, and irrigation frequency (once and twice a day) at aging seedlings 14 months, 10 months, and 6 months. All data were analyzed using SISVAR 5.6 software. Irrigation frequencies had affected the germination initial evaluation. Aging 6-months propagation material is 19.98% higher than 10 months-old buds, and 12.88% higher than 14 months-old buds. Regarding the bud position in the stem, the apical parts were higher in 28.34% than the median parts and 64.17% than the basal parts. As for the Dickson quality index (DQI), the seedlings of younger nurseries and apical parts of the stem were higher than the others.

**Keywords:** *Saccharum officinarum*, healthy seedlings, irrigated cane, sugarcane minirrebolos, sugarcane nurseries

## INTRODUÇÃO

Mundialmente, a cana-de-açúcar ocupa cerca de 24 milhões de hectares, sendo o Brasil o maior produtor, seguido pela Índia, China, Tailândia, México e Paquistão. A cana-de-açúcar tem grande relevância para o agronegócio brasileiro e mundial (FAOSTAT, 2010 e ROJAS LEVI, 2009). Com relação às áreas destinadas à produção de cana-de-açúcar, há uma projeção de aumento de 1,6 milhões de hectares para os próximos 10 anos, e o Estado de Goiás será o maior responsável pela área de expansão, com um incremento de 37,8% (BRASIL, 2018).

A produção de cana-de-açúcar no Brasil, estimada para a safra 2019/20, é de 615,98 milhões de toneladas, para uma área colhida de 8,38 milhões de hectares. Em Goiás, a área total ocupada pela cultura é de 1,146 milhão de hectares e área de colheita, de 949,2 mil hectares, com produtividade estimada de 76,92 t ha<sup>-1</sup>, sendo o segundo estado com maior produção, superado apenas por São Paulo, e o terceiro estado com maior produtividade para tal safra, superado apenas pela Bahia e Tocantins (CONAB, 2019).

Segundo estimativas do último boletim CONAB (2019), as áreas destinadas para mudas no setor sucroalcooleiro são representativas, tendo sido de 48 mil hectares na safra 2018/2019 e de 33,7 mil hectares previstos para a safra 2019/2020, o que, segundo a média de produtividade de Goiás, é uma produção de, aproximadamente, 2,5 milhões de toneladas, isso porque nos dias de hoje os viveiros de cana-de-açúcar são formados da maneira convencional, utilizando parte do colmo (propagação vegetativa), com o tamanho de 30-50 cm, que, no plantio manual, requer cerca de 8 a 14 t ha<sup>-1</sup>, com cerca de 12 a 21 gemas/metro, no entanto, no plantio mecanizado, são utilizados altos volumes de material, variando de 8 a 20 t ha<sup>-1</sup>, com 24 a 60 gemas/metro, reduzindo o quantidade de matéria-prima destinada à indústria, aumentando a propagação de doenças transmitidas pelos toletes na propagação (RIPOLI E RIPOLI, 2004; COLETI, 1987; LANDELL et al, 2012)

O cultivo da cana-de-açúcar a partir de mudas (LANDELL et al., 2012) tem permitido a redução do volume gasto de colmos, pois proporciona uma alta taxa de multiplicação, deixando de ser utilizados cerca de até 20 t ha<sup>-1</sup>, utilizando apenas 2 toneladas para plantar um hectare. Ou seja, a taxa de multiplicação que era cerca de 1:4 (um hectare origina quatro hectares), mudou para 1:20 no sistema MPB. Além disso, aumenta a sanidade das mudas e a uniformidade do plantio, com a escolha de gemas não deterioradas e livres de patógenos.

A qualidade das mudas influencia na percentagem de sobrevivência, na velocidade de crescimento e na produção final. Além disso, mudas de melhor qualidade têm maior potencial de crescimento, o que ressalta a importância da qualidade das mudas na formação das lavouras (SANGUINO 2006).

A dependência das reservas nutricionais do rebolo varia de acordo com o desenvolvimento das partes aérea e radicular e, por aproximadamente 60 dias, as reservas dos rebolos são fundamentais para a evolução do processo de brotação. Outros fatores também interferem na brotação e podem ser classificados em ambientais, genéticos, fisiológicos e fitotécnicos. Na verdade, esses fatores são inter-relacionados e podem atuar complementarmente. Entre eles, podem ser citados temperatura, umidade, aeração e textura dos solos (PRADO, 2006; CASAGRANDE, 1991; SING e SRIVASTAVA, 1973; WHITMAN et al., 1963).

Havendo condições favoráveis, a gema se torna ativa e ocorre o crescimento e desenvolvimento em razão da presença de reservas nutricionais, ativação de enzimas e reguladores de crescimento (DILLEWININJ, 1952). A principal condição favorável é a adequada disponibilidade de água. Após o momento em que o rebolo é

coberto com solo, se houver disponibilidade de água, são iniciadas a ativação das enzimas e a produção de hormônios que controlam a divisão e o crescimento celular, tanto da gema como também dos pontos dos primórdios das raízes na zona radicular.

A irrigação pode ser definida como a aplicação artificial de água no solo, de acordo com sua capacidade de retenção e infiltração, a fim de garantir o suprimento hídrico da planta durante todo seu ciclo vegetativo, propiciando melhor desenvolvimento e maior produção (VIEIRA, 1986).

A necessidade hídrica da cana-de-açúcar varia conforme os diferentes estádios fenológicos da cultura. Segundo Ometto (1980), dependendo do clima, o volume de água de que a cultura necessita varia de 1.500 e 2.500 mm. Das muitas técnicas desenvolvidas na produção de alimentos, nenhuma é tão antiga e mais importante que a irrigação. A ideia básica da irrigação é suprir a necessidade hídrica das plantas na quantidade certa e no momento adequado, para obter máxima produção e a melhor qualidade do produto (TELLES, 1986).

De acordo com Scardua (1985), a frequência e a lâmina de irrigação devem variar com os períodos de crescimento da cana. Durante o período de estabelecimento, incluindo a emergência e o estabelecimento das plântulas, é preferível fazer aplicações de irrigação leves e frequentes. Assim o sistema de irrigação localizada feito por micro-aspersores consegue atender a demanda hídrica e as recomendações da necessidade da cultura no seu estágio inicial, fornecendo pouco volume em frequências alternativas no seguinte estágio.

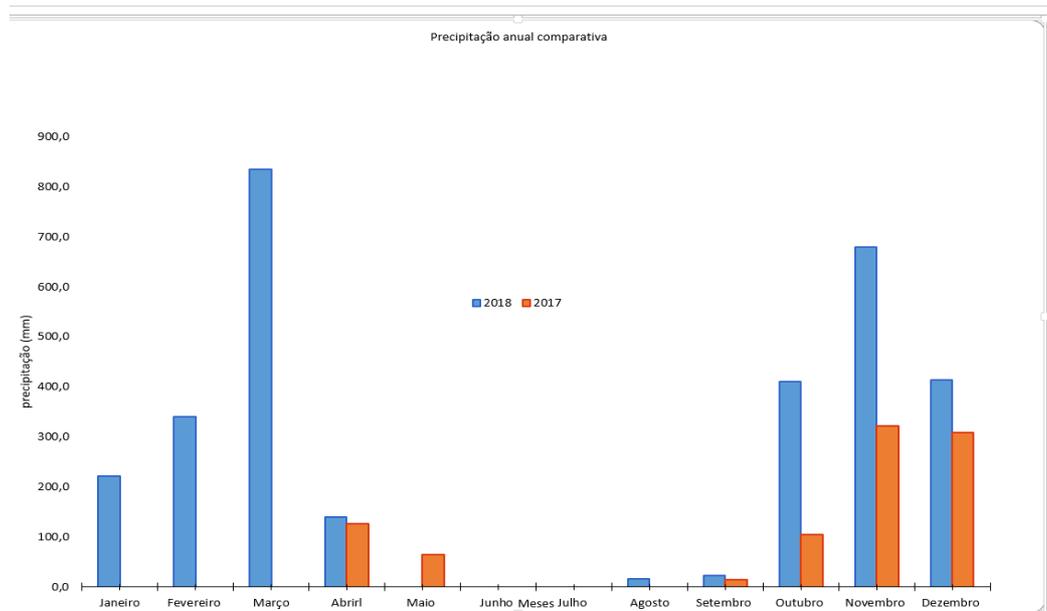
Segundo Elia (2016), as perdas de produção podem ser agravadas por não haver um eficiente manejo varietal e cuidados adequados em relação à sanidade de mudas utilizadas para a multiplicação de viveiros. Sendo assim, nos últimos anos, o emprego da irrigação no cultivo da cana-de-açúcar, associada a outras tecnologias de plantio, como formação de viveiros com mudas pré-brotadas, tem contribuído para o aumento de produtividade, longevidade dos canaviais e redução do custo por tonelada de cana produzida.

O presente estudo objetiva avaliar a influência nas características na qualidade das mudas pré-brotadas, em diferentes idades de material propagativo de cana-de-açúcar, e local de extração do material propagativo, quando submetidas a parcelamento da lâmina de irrigação por sistema de irrigação localizada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e caracterização da área dos viveiros**

Na primeira etapa, correspondendo à produção de viveiro base, viveiros foram plantados na área experimental do Instituto Federal Goiano-Campus Ceres- GO, localizada na Microrregião de Ceres e na Mesorregião do Vale São Patrício, mesorregião do Centro-Norte Goiano, nas coordenadas latitude Sul 15°21'00.67", longitude Oeste 49°35'56.98", altitude de 580m, com relevo suave ondulado, latossolo vermelho escuro, de textura média. O clima do local, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo AW (quente e semiúmido, com estação bem definida), sendo o período seco de maio a setembro e o chuvoso de outubro a abril, com temperatura média anual de 25,4°C, com médias mínimas e máximas de 19,3 e 31,5°C respectivamente, com precipitação média anual de 1700 mm (Figura 2).



**Figura 4.** Precipitação anual 2017/2018

### **Instalação dos experimentos**

O experimento, que consistiu na produção e avaliação do desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB), foi conduzido na Fazenda Escola da Faculdade Evangélica de Goianésia (Faceg), localizada na cidade de Goianésia, estado de Goiás, com as seguintes coordenadas geográficas: 15°19'22"S e 49°08'20" W. O clima é do tipo Aw (segundo a classificação de Köppen-Geiger), caracterizado como tropical, com época seca de abril-maio a setembro-outubro e a época de chuva de outubro-novembro a março-abril, com duas estações bem definidas. Precipitação pluvial média de 1502 mm anuais e 24,4° C de temperatura média. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, com cobertura de lona transparente, cercado por telado, com o piso coberto por brita.

Os experimentos foram instalados em ambiente protegido, na cidade de Goianésia, no dia 19 de fevereiro de 2019, e a avaliação foi feita no dia 19 de março de 2019. Os dados a seguir são do experimento original. O experimento foi conduzido em condições controladas de casa de vegetação no campus experimental da faculdade de agronomia, FACEG, em Goianésia, Goiás. A variedade plantada no experimento foi a CTC 4, em razão da sua padronização, disponibilidade de material propagativo e da sua expressão econômica no setor sucroenergético. A dimensão do ambiente protegido foi 216 m<sup>2</sup>, com cobertura de lona transparente própria para estufas, com telas protetoras nas laterais e piso com cobertura de brita.

Os critérios para a escolha da variedade a ser utilizada foram: crescimento em área plantada, participação no manejo varietal regional e nacional, incidência de pragas e doenças, quantidade de mudas disponíveis, bibliografias disponíveis, impacto produtivo e resposta de uniformidade aos manejos de irrigação.

Para os experimentos de mudas pré-brotadas, experimento 1, os materiais propagativos eram provenientes das zonas apicais, basais e medianas, e o experimento 2 usou três diferentes idades dos materiais propagativos: 6 meses, 10 e 14 meses de idade. Foram utilizados caixas plásticas com 28 centímetros de largura, 39 centímetros de comprimento e 10 centímetros de altura, conforme a recomendação de Landell et al. (2012). Foi utilizado o substrato comercial Tropstrato, composto por casca de pinus, vermiculita e nutrientes de liberação lenta, sendo com a formulação de 14-16-18 NPK, com as fontes nitrato de potássio, turfa e superfosfato simples.

### **Manejo de Irrigação: Em ambiente protegido**

Foi utilizado o sistema da irrigação localizada por microaspersão, utilizando microaspersores com nebulizadores marca Irritec, bocal de cor verde, com raio de aplicação 1,15 metros e vazão de catálogo de 58 litros hora<sup>-1</sup>. A irrigação foi feita diariamente, segundo estudo prévio da necessidade da cultura e da evapotranspiração. Para manter o substrato em capacidade de campo, eram feitas avaliações de temperatura e umidade com termo-higrômetro, em duas frequências, turno fixo (1x ao dia) e com frequência (2x o dia). A evapotranspiração foi avaliada pelo manejo via clima, com minitanque classe A, instalado no interior da casa de vegetação.

A eficiência do sistema foi calculada em 80% pela equação  $Q = \frac{V/1000}{T/60}$ , em que Q é a vazão em L h<sup>-1</sup>, V é vazão coleta nos emissores em ml e T é o tempo de coleta em minutos.

CUD que é o coeficiente de uniformidade de distribuição foi realizado pela equação, obtivemos um resultado de 85,72% de uniformidade, e para aumentar o percentual a posição dos experimentos foram ajustados assim que diferenciamos a frequências.

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{\bar{q}}$$

CUD = uniformidade de distribuição (%);

q25% = média dos 25% menores valores de vazão observados (L h<sup>-1</sup>);

q = média geral dos emissores coletados (SALOMÃO 2012).

### **Delineamento experimental: Partes do colmo**

Delineamento em blocos casualizados DBC em fatorial 3x2 e parcelas subdivididas, no qual as fontes de variação será o local de retirada do material propagativo (gemas basais, apicais e medianas) e frequência de irrigação (1x e 2x ao dia), sendo as parcelas as frequências e as subparcelas o local de origem dos minis rebolos, cada unidade subparcela será composta por 15 unidades experimentais, e a parcela de 45 unidades experimentais totais.

### **Delineamento experimental: Experimento idades do material propagativo**

Delineamento em Blocos Casualizados DBC em fatorial 3x2 com 4 repetições e unidade experimental composta de 20 unidades experimentais sendo cada parcela composta de 60 unidades experimentais no total parcelas subdivididas frequência de irrigação (1x e 2x ao dia) sendo três idades 14 meses, 10 meses e 6 meses DAP. Sendo as parcelas as frequências e as subparcelas as idades dos minis rebolos.

Todos os dados serão analisados pelo teste de normalidade de Shapiro Wilk, submetidos a análise de variância e as medias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Pelo software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

### Dados analisados

A avaliação do diâmetro do colmo será determinada com o auxílio de paquímetro na altura mediana do colmo (entre o 1° e 2° terços) (OLIVEIRA et al., 2014). Para altura de plantas as medidas serão feitas medindo a distância da superfície do solo até a última região auricular visível da folha +1 (COSTA et al., 2011). O número de folhas verdes será obtido por meio da contagem visual (folhas com lígula visível e com mais de 50% da área verde) (MACHADO et al., 2009).

A área foliar por planta (AF) será determinada medindo o comprimento e a largura na porção mediana da folha +3, e contando-se o número de folhas verdes, aplicando-se a fórmula:

$$AF = C.L.0,75. (N+2) \text{ em que:}$$

C é o comprimento da folha; L é a largura da folha; 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura; e N é o número de folhas verdes (HERMANN; CAMARA, 1999).

área foliar por perfilho (AF) - a partir da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1), e pelas medições nas folhas + 3, sendo obtidos o comprimento e a largura da folha na porção mediana, estimando a área foliar conforme a equação 1: (1) em que C é o comprimento da folha +3; L é a largura da folha +3; 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura; e N é o número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde.

#### TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO

Obteve-se, a partir da matéria fresca do colmo, a taxa de crescimento relativo da cultura (TCR) baseado em Ramesh (2000), através da equação:  $TCR = (\ln P2 - \ln P1) (t t^{-1} ha^{-1}) / (T2 - T1)$ . Onde P1 e P2 representam o peso da matéria fresca do colmo, em toneladas por hectare ( $t ha^{-1}$ ) de duas amostras sucessivas em intervalos de tempo T1 e T2.

Para a caracterização da qualidade para produção de mudas será realizado avaliações periódicas (não destrutivas), tais como: mortalidade; altura da plântula; área foliar; número de folha, porcentagem de germinação, diâmetro, altura colmo e velocidade de desenvolvimento das gemas. Além de avaliações aos 21 DAP, sendo essas (destrutivas), tais como: avaliação, volume da raiz; massa seca da raiz; massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea; massa fresca parte aérea.

O índice de qualidade de Dickson (IQD), (DICKSON et al., 1960) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR), por meio da fórmula (Dickson et al., 1960):  $IQD = PMST(g) / H (cm) / DC(mm) + PMSPA (g) / PMSR (g)$ .

Índice de velocidade de brotação (IVB) A brotação foi avaliada diariamente, e, com os valores contabilizados, foi calculado o índice de velocidade de germinação de Maguire (1962), aqui denominado de índice de velocidade de brotação (IVB), (VIEIRA & CARVALHO, 1994). Conforme a seguinte equação:  $IVB = (B1/N1 + B2/N2 + B3/N3 + \dots + Bn/Nn)$ , em que Bn é o número de brotações computadas nas “n” contagens e Nn é o número de dias do plantio das gemas até as “n” contagens.

Relação massa seca parte aérea e massa seca de raiz, e a razão entre a massa de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (RPASR) foi calculada pela divisão entre esses componentes da planta (LUCCHESI, 1984).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Experimento i produção de mpb em diferentes porções do colmo sob frequências de irrigação

Paras as variáveis Tabela 1, diâmetro de colmo (DI), altura do colmo (AC), área foliar (AF) e número de folhas (NF), não houve diferença significativa na fonte de variação das diferentes frequências de irrigação, porém houve diferença significativa para ( $p < 0,05$ ) no fator partes do colmo, e com significância nos desdobramentos entre os fatores frequência x parte do colmo apenas na variável AF.

**Tabela 1.** Resumo do quadro de análise de variância de Frequência de irrigação (Fq) e Partes do colmo (Pc) sobre as variáveis diâmetro do colmo (DI), altura do colmo (AC), área foliar(AF), e número de folhas(NF)

		Quadrado			
		Médio			
Fonte de Variação	GL	DI <sup>1</sup>	AC <sup>1</sup>	AF <sup>1</sup>	NF <sup>1</sup>
Frequência (Fq)	1	0,16ns	0,11ns	1,84ns	0,05ns
Bloco	3	1,34**	2,32*	28,64*	1,73*
Resíduo a	3	0,04	0,16	2,01	0,13
Partes do colmo	2	2,91**	11,69**	275,98**	6,61**
Interação Fq x Pc	2	0,14ns	0,73ns	21,01*	0,17ns
Resíduo b	84	0,30	0,40	5,47	0,28
CV (a)%		12,98	17,12	24,5	23,75
CV (b)%		35,77	27,01	40,36	34,60

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X.

Para as variáveis Tabela 2, índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice de velocidade de brotação (IVB), observa-se que houve diferença significativa para efeito de partes do colmo, não obtendo significância para o efeito isolado da frequência de irrigação e tampouco na interpelação dos efeitos correlacionados para as variáveis IQD e IVB.

**Tabela 2.** Resumo do quadro de análise e variância de Frequência de irrigação e diferentes Partes do colmo (Pc) sobre as variáveis, índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice de velocidade de brotação (IVB)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		IQD	IVB
Frequência (Fq)	1	0,04ns	0,003ns
Bloco	3	2,24*	0,01ns
Resíduo a	3	0,20	0,006
Partes do colmo	2	46,15**	0,46**
Interação Fq x Pc	2	0,91ns	0,006ns
Resíduo b	12	7,40	0,009
CV (a) %		11,14	17,57
CV (b)%		19,49	21,24

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X.

Nas avaliações Tabela 3, periódicas com métricas para, altura de planta, observou que há diferença significativa sendo ( $p < 0,05$ ) no efeito da frequência sobre os dados avaliados aos 11 DAP. Portanto para o efeito isolado do fator partes do colmo em todos os dias avaliados ocorreu significância dos dados demonstrando que os valores de ( $p < 0,05$ ), iniciando do 8DAP e seguindo até a última variável avaliada 20 DAP. Podendo também observar que a interação de tais efeitos conjuntos não apresentou significância sobre a altura da planta, e para todos os dias avaliados sendo de 8 a 20 DAP com intervalos fixos de 3 dias para a avaliação de tal variável.

**Tabela 3**-Resumo do quadro de análise e variância de Frequência de irrigação (Fq) diferentes Partes do colmo (Pc) do colmo sobre a variável: Altura de planta(AP).

Quadrado Médio						
Fonte de Variação	GL	AP(8) <sup>1</sup>	AP(11) <sup>1</sup>	AP(14) <sup>1</sup>	AP(17) <sup>1</sup>	AP(20) <sup>1</sup>
Frequência	1	0,57ns	2,76**	3,05ns	0,86ns	0,90ns
Bloco	3	7,75*	2,82**	9,84ns	17,50**	6,83ns
Resíduo a	3	0,33	0,02	1,58	0,55	0,97
Partes do colmo	2	21,60**	61,95**	81,78**	89,59**	86,60**
Interação Fq x Pc	2	0,42ns	0,35ns	0,79ns	1,36ns	2,02ns
Resíduo b	84	0,21	0,60	0,65	0,95	1,58
CV (a)%		44,78	6,65	42,59	20,61	22,99
CV (b)%		35,66	34,39	27,30	27,08	29,34

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X. Os valores entre parênteses nas variáveis AP são os dias após plantio no qual ocorreu as avaliações.

O efeito do fator isolado da frequência de irrigação, Tabela 4, gerou efeito significativo com ( $p < 0,05$ ), para a variável número de gemas desenvolvidas nos dias 8 e 11 DAP, não conseguindo o mesmo efeito sobre a variável IAF. Observando o fator partes do colmo, obteve significância para as duas variáveis apresentadas tanto para IAF quanto para GD sendo a última mencionada e avaliada com diferença significativa com ( $p < 0,05$ ) em todos os dias de avaliação de 8 a 20 DAP. Porém no cruzamento dos efeitos das fontes de variação não exerceu efeito significativo em nenhuma das variáveis em análises.

**Tabela 4**-Resumo do quadro de análise e variância para Frequência de irrigação (Fq) e diferentes Partes do colmo (Pc) para as variáveis: Índice de área foliar (IAF), gemas desenvolvidas (GD).

Fonte de Variação	GL	IAF	Quadrado Médio					
			%GD <sup>1</sup> (5)	%GD(8)	%GD(11)	%GD(14)	%GD(17)	%GD(20)
Frequência	1	357669,73 <sup>ns</sup>	3,48 <sup>ns</sup>	668,51*	535,18*	224,07 <sup>ns</sup>	46,29 <sup>ns</sup>	66,66 <sup>ns</sup>
Bloco	3	2643148,3 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	125,30 <sup>ns</sup>	387,03*	179,62 <sup>ns</sup>	243,82 <sup>ns</sup>	261,72 <sup>ns</sup>
Resíduo a	3	563715,99	1,63	21,60	16,66	51,23	66,04	11,11
Partes do colmo	2	30316045,8*	36,92**	8457,40**	10046,29**	9346,29**	8466,66**	8272,22**
Interação FqxPc	2	711830,40 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	112,96 <sup>ns</sup>	90,74 <sup>ns</sup>	124,07 <sup>ns</sup>	118,51 <sup>ns</sup>	116,66 <sup>ns</sup>
Resíduo b	12	6608884,76	2,46	156,79	246,29	300,61	223,45	162,34
CV (a)		20,86	32,77	11,08	7,86	12,69	13,74	17,57
CV (b)		71,41	40,25	29,85	30,21	30,75	25,27	21,24

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.. Os valores entre parênteses nas variáveis AP são os dias após plantio no qual ocorreu as avaliações.

Para as variáveis comparadas Tabela 5, na fonte de variação da frequência de irrigação ocorreu diferença significativa em MSPA e MSR. Para a fonte de variação das diferentes idades as variáveis MFPA, MSPA e RPASR, porém não houve interação entre as fontes de variação frequência de irrigação x partes do colmo.

**Tabela 5**-Resumo do quadro de anova de Frequência (Fq) e Partes do colmo (Pc) para as variáveis: Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa fresca raiz (MFR), Massa seca raiz (MSR), Volume de raiz (VR) e Relação ou razão da parte aérea sistema radicular

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		MFPA	MSPA	MFR	MSR	VR	RPASR
Frequência	1	65,00NS	2,63*	219,02**	1,80**	5,15ns	1,49ns
Bloco	3	32,69NS	0,91ns	48,56**	0,52*	14,31ns	0,31ns
Resíduo a	3	7,14	0,16	0,67	0,03	20,78	0,32
Partes do colmo	2	1062,04**	37,57**	100,91ns	0,27ns	112,62ns	18,44**
Interação Fq x Pc	2	26,59NS	1,01ns	27,85ns	0,18ns	86,48ns	0,33ns
Resíduo b	14	16,56	0,52	33,17	0,14	31,31	0,22
CV (a)		16,06	13,99	4,26	15,36	27,25	25,72
CV (b)		24,46	25,15	29,87	31,11	33,45	21,45

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X. Os valores entre parênteses nas variáveis AP são os dias após plantio no qual ocorreu as avaliações.

Nas variáveis demonstradas na Tabela 6, as variáveis de GD aos 8DAP e 11DAP, houveram diferença significativas entre a frequência 1 que corresponde a uma única lâmina no dia, quando compara com a frequência 2 que é a mesma lâmina, porém com dois períodos de irrigação sendo esses com intervalos de 12 horas. Podendo observar que a frequência 1 obteve uma maior porcentagem de gemas desenvolvidas, com média

aproximada de 10% superior a frequência 2. Levando em consideração os fatores diversos que influenciam os desenvolvimentos das gemas, observamos que um dos fatores que pode ter contribuído para essa perda percentual de gemas desenvolvidas, seria devido o intervalo de 12 horas ocorrendo irrigação em horários com temperaturas mais baixas, reduzindo assim o metabolismo da planta e ocorrendo a perda percentual no número de gemas desenvolvidas. O que ainda pode ressaltar essa hipótese é pelo fato das outras avaliações realizadas aos 14, 17 e 20 DAP não ocorrer diferenças significativas entre as frequências de irrigação utilizadas, pois a média de temperatura foi alterada no decorrer da pesquisa.

Segundo Cebim (2007), a taxa de emergência, aumenta com a elevação da temperatura evidenciando seu efeito. O etileno estimula a germinação e supera a dormência em diversas espécies. (ESASHI, 1991, ABELES et al., 1992). Em baixas doses esse hormônio pode promover a germinação e o crescimento de gemas, estacas, raízes e bulbos, entretanto em concentrações altas pode inibir a germinação (CASTRO et al., 2005, VIEIRA et al., 2010).

Para as variáveis MSPA, MFR, MSR e VR, todas elas foram superiores na frequência 1 quando comparadas a frequência 2 o que toda a relação de massa é diretamente associada a porcentagem de gemas desenvolvidas, sendo assim o fator isolado da frequência quando afeta o percentual de desenvolvimento das gemas todas as variáveis de massa, das mudas são comprometidas justificando a diferença estatística entre as frequências utilizadas na pesquisa.

Aos 11DAP na variável altura de planta (AP), analisamos diferença estatística entre as frequências, sendo que a frequência 1 manteve maiores valores de métrica quando comparada a frequência 2, assim devido à redução de taxas respiratória e temperaturas, podemos encontrar um menor desenvolvimento inicial das gemas.

**Tabela 6**-Análise estatística para o fator isolado Frequência de irrigação em MPB: GD (gemas desenvolvidas) dias após plantio (DAP) , MSPA (massa seca parte aérea), MFR (massa fresca raiz), MSR (massa seca raiz), VR (volume de raiz) e AP (altura da planta).

Variáveis	Frequência 1	Frequência 2
%GD(8DAP)	47,22 a	36,66 b
%GD(11DAP)	56,66 a	47,22 b
MSPA	3,18 a	2,54 b
MFR	21,96 a	16,14 b
MSR	1,45 a	0,92 b
VR	17,14 a	16,25 a
AP 11 DAP	7,82 a	6,27 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O fator isolado de partes dos colmos na Tabela 7, sendo o local de extração das gemas, em basais, medianas e apicais ou respectivamente pé, meio e ponta, observou se diferença estatística em diversas variáveis. O efeito das partes do colmo no DI e NF mostrou que as gemas apicais e medianas não diferiram entre si, porém diferiram estatisticamente das gemas basais as quais apresentaram um diâmetro inferior. Em todos os períodos de avaliação para a variável de porcentagem de gemas desenvolvidas ocorreu similaridade independente do período de avaliação para cada local de retirada das gemas para a produção das mudas, sendo que as apicais apresentaram superioridade nos percentuais de gemas desenvolvidas seguidas pelas medianas e com a menor porcentagem na pesquisa realizada as gemas basais. O que se pode explicar devido a concentração do tipo de

açúcar e as idades fisiológicas e cronológicas dos matérías de propagação que podem ser antagônicos. Conforme analisado por (CRISTOFOLETTI, 2012), os dados da atual pesquisa corroboram com sua pesquisa, sobre as gemas apicais serem as de maiores percentuais de desenvolvimento.

Conforme descrito por (CASAGRANDE e VASCONSELOS 2008) a posição das gemas no colmo influência na idade cronológica e fisiológica das mesmas, e isso gera um percentual de desenvolvimento de gemas diferentes quando comparadas gemas basais e apicais. E isso pode ser confirmado nesse presente estudo conforme demonstrado na tabela acima. O que ainda pode ser completado pelas concentrações de receptores hormonais que exige uma pesquisa posterior a essa, porém a concentração de açúcares e sais minerais também interferem nesse processo.

Devido as gemas apicais apresentarem uma concentração de nitrogênio, glicose e água, sua velocidade de desenvolvimento é superior as demais, pois quanto mais idade fisiológica possa ter de acordo com o período de origem da gema, os açúcares encontrados são mais complexos e a sua quebra para a disposição de energia para o metabolismo da planta se torna por sua vez mais lento, assim já corrobora com os dados da variável IVB que disponibiliza os dados comparativos as partes de origem demonstrando os resultados iguais ao GD, mostrando assim que as gemas apicais são desenvolvidas com velocidade superior as demais.

Experimento realizado por Araujo (2016) conclui que a posição da gema no colmo influencia o número de brotações, sendo que as gemas da parte superior ou apicais, tiveram números superiores as médias e basais, isso manteve até os 40 DAP, tais resultados são semelhantes aos encontrados nessa pesquisa, com o número de brotações contados até o 20 DAP.

SILVA et al. (2017), concluiu em sua pesquisa que posição da gema no colmo interfere na porcentagem de brotação da cana-de-açúcar. Porém os dados da pesquisa em relação a brotação da gema são inversamente proporcionais aos de Cristofoletti (2012) e com os dados da pesquisa explorada nesse trabalho, no qual verificamos em todas as avaliações a superioridade no percentual do número de gemas desenvolvidas e sendo as apicais superiores as medianas e as basais. O desenvolvimento inicial das mudas é influenciado por fatores como temperatura, umidade, variedade, e posição da gema no colmo. O colmo da cana-de-açúcar possui seções denominadas mini-tolete com gemas individualizadas, e segundo Segato et al. (2006), dentro do mesmo genótipo a capacidade de brotação varia de acordo com a idade da planta e a posição da gema no colmo. Essa posição da gema no colmo de acordo com Casagrande e Vasconcelos (2008) significa que os toletes basais são os mais velhos e os apicais mais novos; que apresentam diferentes respostas quanto a mobilização de reservas, como teores de água, glicose e nitrogênio (CAMARGO, 1968).

Para variável sobre a qualidade de mudas foi utilizado IQD, o qual sofreu efeito positivo por partes do colmo, demonstrando que a gema apical obteve maiores valores com diferença significativa seguidos das gemas medianas e basais. A relação utilizada pelo índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR), por meio da fórmula (Dickson et al., 1960).

**Tabela 7**-Análise estatística diferentes partes do colmo. DI(diâmetro), NF(número de folhas), IVB ( índice de velocidade de brotação), IQD (índice de qualidade de Dickson), GD(gemas desenvolvidas), DAP(dias após o plantio)

Partes	DI	NF	IVB	IQD	%GD(5	%GD(8	%GD(11	%GD(14	%GD(17	%GD(20
--------	----	----	-----	-----	-------	-------	--------	--------	--------	--------

	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)	DAP)
Pé	2,15 b	1,78 b	0,2 c	1,56 c	5,83 b	10,00 c	15,83 c	21,66 c	25,83 c	26,66 c
Meio	3,09 a	3,28 a	0,46 b	4,16 b	16,66 b	40,83 b	53,33 b	57,49 b	60,83 b	62,49 b
Ponta	3,15 a	3,31 a	0,68 a	6,36 a	38,33 a	75,00 a	86,66 a	89,99 a	90,83 a	90,83 a

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pelo efeito da interação entre os fatores frequência da irrigação e partes do colmo, os dados da tabela 8, para a variável AF mostrou diferença significativa para tal desdobramento. Sendo que ocorreu diferença entre as partes do colmo dentro de cada frequência, ocorrendo diferença entre as frequências apenas nas gemas extraídas da região mediana do colmo. Porém nas frequências pesquisadas no presente estudo, o padrão de crescimento da área foliar, sendo que as gemas apicais nas duas frequências são maiores quando relacionadas as mudas oriundas das gemas medianas e basais. O estudo da área foliar em cultivares de cana-de-açúcar permite correlacioná-la com o seu potencial produtivo, seja em massa seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento. A folha é a estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Hermann & Camara 1999). Benincasa (1988) relata que as folhas são os órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas, resultante da atividade fotossintética.

**Tabela 8-** Desdobramento dos dados da variável de área foliar (AF) na produção de MPB provenientes de diferentes porções do colmo.

Partes	Frequência 1	Frequência 2
Pé	9,36 Ba	16,70 Ca
Meio	59,85 Aa	36,01 Bb
Ponta	67,13 Aa	84,51 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas, e letras maiúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.1 Experimento ii produção de mpb em diferentes idades de viveiros e frequências de irrigação

Para a variável, índice de qualidade de Dickson (IQD) observa-se na Tabela 9, que houve diferença significativa para efeito de idades de viveiros o efeito isolado da frequência de irrigação não houve diferença significativa e na interpelação dos efeitos correlacionados para a variável IQD.

**Tabela 9-**Resumo do quadro de análise e variância para experimento de produção de MPB de diferentes idades de viveiros para as variáveis, índice de qualidade de Dickson (IQD)

	Quadrado Médio	
Fonte de Variação	GL	IQD <sup>1</sup>
Frequência (Fq)	1	0,0008ns

Bloco	3	0,0004ns
Resíduo a	3	0,0005
Idades de viveiros	2	0,0057**
Interação Fq x Iv	2	0,0067*
Resíduo b	12	0,0001
CV (a)%		28,57
CV (b)%		16,10

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X.

Nas avaliações periódicas com métricas para AP (altura de planta), observou na Tabela 10 que há diferença significativa sendo ( $p < 0,05$ ) no efeito do fator de idades de viveiros, aos 8, 14 e 20DAP. Portanto para o efeito isolado do fator frequência em todos os dias avaliados não ocorreu significância dos dados demonstrando que os valores de ( $p < 0,05$ ).

Com observações realizadas na tabela acima, constatou que as variáveis em DI, AC e AF sofreu diferentes efeitos quando submetidos aos fatores isolados, sendo significativo o desdobramento da interação apenas para a variável AC. O DI obteve valor de efeito significativo para a estatística somente sob o fator de idades de viveiros, se tratando da variável AC os valores de ( $p < 0,05$ ) foram significativos tanto nos efeitos dos fatores isolados como na interação, e já a variável AF obteve valores significativos sob análise das estatísticas só quando sob o efeito do fator isolado de frequência de irrigação.

**Tabela 10**-Resumo do quadro de análise e variância de Frequência de irrigação (Fq) e Idades de Viveiros sobre as variáveis: Altura de planta(AP), Diâmetro (DI), Altura do Colmo (AC) e Área Foliar (AF)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		AP(8) <sup>1</sup>	AP(11) <sup>1</sup>	AP(14)	AP(17)	AP(20)	DI <sup>1</sup>	AC	AF <sup>1</sup>
Frequência	1	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	6,98 <sup>ns</sup>	93,02 <sup>ns</sup>	13,50 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	19,53*	29,28*
Bloco	3	12,43**	1,07 <sup>ns</sup>	585,97**	495,51*	414,50*	0,32 <sup>ns</sup>	16,93 <sup>ns</sup>	16,30 <sup>ns</sup>
Resíduo a	3	0,12	0,82	6,6	23,21	27,88	0,10	1,82	2,45
Idades	2	3,25**	1,59 <sup>ns</sup>	75,39*	58,48 <sup>ns</sup>	122,13**	0,61*	6,94*	5,71 <sup>ns</sup>
Interação	2	0,01**	0,06 <sup>ns</sup>	27,41 <sup>ns</sup>	15,25 <sup>ns</sup>	11,84 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	8,78*	10,80 <sup>ns</sup>
FxI									
Resíduo b	84	0,14	0,67	18,67	37,47	22,07	0,15	2,11	7,25
CV (a)		21,58	31,55	16,15	23,68	18,80	20,32	18,95	22,57
CV (b)		23,30	28,50	27,15	30,08	16,73	23,92	20,39	38,77

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X.

As variáveis sob o efeito do fator de, (F) na Tabela 11, só ocorreram significância para o volume de raiz (VR, não havendo significância para as outras variáveis, MFPA, MSPA, MFR, MSR e RPASR. As variáveis sob o efeito do fator isolado de idades dos viveiros, provocou efeitos em todas as variáveis com exceção apenas da RPASR. E o efeito conjunto dos fatores (F x I) não ocorreu diferença significativa nas variáveis analisadas.

**Tabela 11**-Resumo do quadro de anova Frequência (Fq) e Idades de Viveiros para as variáveis: Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa fresca raiz (MFR), Massa seca raiz (MSR), Volume de raiz (VR) e Relação ou razão da parte aérea sistema radicular

		Quadrado Médio					
Fonte de	G	MFPA	MSPA	MFR	MSR	VR	RPASR
Variação	L						
Frequência	1	2,83ns	0,03ns	0,02ns	0,12ns	37,50*	0,12ns
Bloco	3	25,39ns	0,55ns	22,97ns	0,24ns	58,33**	0,09ns
Resíduo a	3	21,04	0,87	7,13	0,03	1,38	0,55
Idades	2	391,40**	17,21**	285,31**	0,43**	544,79**	0,19ns
Interação F x I	2	23,52ns	0,78ns	33,42ns	0,01ns	9,37ns	0,04ns
Resíduo b	1	30,26	0,66	16,17	0,008	38,19	0,43
	2						
CV (a)		18,56	1,48	10,78	15,61	5,44	27,27
CV (b)		22,26	18,78	16,22	7,26	28,52	24,11

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a variável GD, demonstrada na Tabela 12, que o percentual de gemas desenvolvidas, não ocorreu diferença significativa para o fator isolado de Frequência de irrigação (Fq) e para a interação entre os fatores, Frequência de irrigação e x Idades de viveiro. Porém fica evidenciado o efeito do fator idade de viveiro sobre essa variável sendo)  $p < 0,05$ ) para todas avaliações a partir do 8DAP, apenas não ocorreu efeito significativo desse fator na primeira avaliação, mesmo após a transformação dos dados.

**Tabela 12**-Resumo do quadro de análise e variância para Frequência de irrigação (Fq) e diferentes Idades de viveiros (I) para a variável: Gemas desenvolvidas (GD).

		Quadrado Médio					
Fonte de	G	GD <sup>1</sup> (5	%GD(8DA	GD(11DA	GD(14DA	GD(17DA	GD(20DA
Variação	L	DAP)	P)	P)	P)	P)	P)
Frequência	1	1,70ns	51,04ns	16,66ns	4,08ns	1,00ns	1,00ns
Bloco	3	5,42ns	345,48ns	163,88ns	122,11ns	78,61ns	59,33ns
Resíduo a	3	1,26	53,81	30,55	81,86	45,27	109,22
Idades	2	7,07ns	696,87*	1116,66*	1332,93**	786,37*	824,93*
Interação F x I	2	5,38ns	51,04ns	54,16ns	32,14ns	129,00ns	63,56ns
Resíduo b	1	1,86	130,90	165,97	116,40	135,88	152,86
	2						
CV (a)		29,38	16,08	8,96	13,92	10,06	14,89
CV (b)		35,74	25,08	20,89	16,60	17,43	17,61

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>1</sup> Dados transformados em Raiz de X.

Conforme observamos, na Tabela 13, a primeira avaliação de contagem de gemas desenvolvidas aos 5DAP não houve diferença significativa entre as idades de viveiros, porém nas avaliações de contagem posterior dos 8 aos 20 DAP, as gemas oriundas dos viveiros de 6 meses diferiu estatisticamente, nas avaliações 8DAP, a idade de 6 meses diferente do de 14 meses, nos períodos de avaliações dos dias 11, 14 e 17 DAP as diferenças estatísticas foram tanto para 10 quanto para 14 meses, e ao 20DAP o viveiro de 6 meses continuou mostrando valores superiores. Ou seja as gemas de origem de viveiros mais novos contribuem para um maior percentual de desenvolvimentos, menor mortalidade, conseqüentemente menores perdas de insumos e economia de mão de obra. Podemos justificar tal fato a diversos fatores, porém alguns eliminamos pela padronização do ambiente.

Sendo ambiente protegido, uniformidade na irrigação, variedade (CTC 4) igual para todos os tratamentos, com a garantia realizada por roguing eliminando mistura varietal, a origem do material para plantio dos viveiros, foi de viveiro de mudas da Usina Jalles Machado no município de Goianésia, e ainda a comprovação das variedades plantadas, pela avaliação de identificação varietal por profissional disponibilizado pela Usina fornecedora das mudas iniciais, tipo de substrato utilizado em quantidade padrão no fundo da caixa, quanto a cobertura luminosidade. Câmara (1993) ressaltou sobre os diversos fatores inerentes a planta, seja pelo manejo ou pelo ambiente, que interferem no percentual de desenvolvimentos das gemas, sendo eles: Sanidade, estado nutricional, período entre os cortes das mudas e plantio, profundidade de plantio, cobertura das mudas com terra ou substrato.

Para Câmara (1993), as características genéticas relacionadas a brotação, varia de acordo com a idade da muda, diferença de idade da gema, grau de umidade do tolete, concentração de açúcares e nutrientes minerais. Verificamos assim em nossa pesquisa que a idade foi um fator que influenciou efeito sobre o percentual de gemas desenvolvidas ou como relata em outras literaturas, número de brotações, na qual corrobora com diversos trabalhos no qual gemas com menor idade tem maior desenvolvimento, pois a concentração de açúcares e nutrientes minerais serem processados pelo metabolismo vegetal com maior rapidez, pois umidade foi padrão, a idade da gema foi média e o fator distinto e sem controle foi a questão nutricional das gemas plantadas, e também o que não é mencionado em trabalhos atuais sobre a produção de mini-toletes, mini rebolos ou MPB, são a diferença e quantidade de receptores hormonais que podem sofrer alterações de acordo com a posição, idade do viveiro e vários outros fatores que afetam esse bioreguladores.

**Tabela 13**-Análise estatística para produção de MPB, provenientes de diferentes idades de viveiros ID (idade), para avaliações de medição em dias após o plantio (DAP), para a variável em evidencia GD, gemas desenvolvidas.

ID	(5DAP)	(8DAP)	(11DAP)	(14DAP)	(17DAP)	(20DAP)
6	20,00 a	56,25 a	75,00 a	79,36 a	79,36 a	81,23 a
10	23,75 a	41,87 ab	52,5 b	54,37 b	59,37 b	61,25 b
14	8,75 a	38,75 b	57,5 b	61,25 b	63,12 b	68,12 ab

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As características de AF área foliar demonstrado na Tabela 14, não diferiu entre as mudas originadas de gemas de diferentes idades de viveiro. O diâmetro do colmo, por mais que na etapa inicial não condiz com os termos de produtividade, representam características de massa e vigor das mudas. Podemos observar que tanto para DI, IVB, IQD e AP, as gemas do viveiro de 6 meses foram superiores ao de 14 meses, demonstrando que

mudas produzidas por gemas de viveiros mais novos possuem características que acelera o processo de IVB, e consequentemente maiores valores de características morfológicas das mudas avaliadas.

Santi et al. (2016), utilizou o IQD em seus experimentos com variedades de cana-de-açúcar e diferentes substratos, comprovando que esse índice também pode ser utilizado para avaliar a qualidade da muda de cana, conforme descrito por Fonseca (2000), que diz que devido o cálculo considerar robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, quanto maior o índice maior a qualidade da muda formada. Sendo assim podemos verificar e analisar que as mudas obtidas de viveiros mais jovens com cerca de 6 meses após plantio e irrigado a 100% da sua evapotranspiração, consegue atingir valores mais altos dos viveiros com idades superiores a 6 meses, como o presente estudo viveiros de 10 e 14 meses.

**Tabela 14-**Análise para características de qualidade e morfologia de MPB, provenientes de diferentes idades de viveiros. ID (idade), AF (área foliar), DI(diâmetro), IVB( índice de velocidade de brotação), IQD(índice de qualidade de Dickson), AP(altura da planta), DAP (dias após plantio)

ID	AF	DI	IVB	IQD	AP(8DA P)	AP(14DAP)	AP(20DAP)
6	68,01 a	3,28 a	0,81 a	6,20 a	0,42 c	16,62 ab	29,43 a
10	50,59 a	2,84 ab	0,61 b	4,79ab	2,77 b	16,96 a	28,96 a
14	48,97 a	2,34 b	0,68 ab	3,89 b	4,59 a	14,15 b	25,84 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A brotação de toletes ocorre em temperaturas de solo entre 27°C e 33°C. As temperaturas que prejudicam a emergência e brotação da cana-de-açúcar são as inferiores a 20°C e superiores a 35°C. As brotações ocorrem de 20 a 30 Dias Após Plantio (DAP), sendo influenciada por fatores como; profundidade de plantio, temperatura, posição da gema ao longo do colmo e umidade no solo. Durante esse período, a planta se desenvolve utilizando as reservas de energia (açúcares) e nutrientes existentes (CASAGRANDE, 1991; AUDE, 1993).

No início das avaliações podemos observar na Tabela 15, que para a variável altura de planta ao 8DAP, e também altura do colmo, que pela interação conjunta entre os fatores sobre a variável, sendo a diferença entre plantas superior nas mudas de 14 meses sendo inferior as outras idades aplicadas a essa pesquisa. Pois posteriormente as idades não diferiram entre suas avaliações e frequência de irrigação.

**Tabela 15-**Desdobramento das idades dentro de cada frequência, e da frequência entre as idades para variável Altura de planta com 8 DAP-Dias após o plantio e AC (altura do colmo)

8 DAP		
IDADES	FREQUENCIA 1	FREQUENCIA 2
6	3,71 Aa	2,75 Ba
10	4,79 Aa	4,13 Aa
14	1,90 Bb	2,52 Ba
AC (Altura do colmo )		
6	7,53 Aa	7,65 Aba

10	6,11 Bb	8,2 Aa
14	6,4 Ba	6,90 Ba

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas, e letras maiúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As características morfológicas relacionadas a biomassa das mudas produzidas em cada uma das idades, demonstra na Tabela 16, que as mudas oriundas de viveiros com idade inferior possuem uma produção de biomassa maior que os outros, o que está diretamente relacionado com o maior percentual de GD e IVB demonstrados nas tabelas anteriores, sendo assim todas variáveis da tabela sendo MFPA, MSPA, MFR e MSR, o de idade de 6 meses foi superior aos de 10 e 14 meses. As características morfológicas demonstram um vigor de mudas superior para as mudas produzidas de viveiros com idade de 6 meses.

**Tabela 16**-Análise estatística para diferentes idades de viveiros irrigados, em MPB: ID (idade) DAP(dias após plantio), MSPA (massa seca parte aérea), MFR (massa fresca raiz), MSR (massa seca raiz), VR (volume de raiz).

ID	MFPA	MSPA	MFR	MSR	VR
6	32,36 a	5,98 a	31,06 a	2,03 a	13,33 b
10	23,11 b	3,88b	24,12 b	1,50 b	16,66 ab
14	18,64 b	3,15 b	19,17 b	1,11 c	20,62 a

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o efeito das frequências de irrigação sobre o volume radicular ou volume de raiz, demonstrando na Tabela 17, a diferença estatística quando analisados isolados, no entanto podemos observar que o maior VR foi encontrado com a maior idade da muda, o que não pode ser diretamente correlacionado com a massa fresca ou seca da raiz que foram inversamente proporcionais. Já a diferença encontrada nas frequências demonstra que a frequência 2 obteve maior volume radicular quando comparada a frequência 1, o que podemos verificar pelo fato de que na frequência 2 com intervalos de irrigação ocorrendo a cada 12 horas, os locais de acondicionamento das gemas ficavam com um maior período de substrato úmido, ou seja maior facilidade de crescimento radicular, com menores comprimentos de raiz. Sendo assim corrobora com os dados expressados por CASAGRANDE e VASCONSELOS, 2010; CASAGRANDE 1991).

As idades dos viveiros influenciam nas características gerais e qualidade das mudas, sendo as gemas de viveiros mais jovens (6 meses) superiores aos demais.

A posição das gemas no colmo ocasiona efeitos positivos nas características morfológicas e índices de qualidade das mudas, sendo que as gemas apicais desempenham dados superiores comparadas as gemas das porções medianas e basais do colmo.

As frequências de irrigação desempenharam influência nas avaliações iniciais da germinação, demonstrando que o efeito ambiente é crucial para o desenvolvimento das gemas. Nas variáveis no experimento de diferentes idades em: AC, AF e VR, ainda obteve interação entre as idades e a frequência na avaliação de 8 DAP para AP. E para o experimento de diferentes partes do colmo, as frequências obtiveram efeitos sobre os percentuais de GD iniciais aos 8 e 11 DAP, na AP iniciais, porém nas características morfológicas de biomassa tanto de parte aérea quanto raiz efetuou efeitos sobre eles sendo que a frequência única foi superior ao parcelamento.

Gemas desenvolvidas: Idades GD as gemas de viveiros de 6 meses superior em 19,98% as gemas de 10 meses e 12,88% as de 14 meses.

Gemas desenvolvidas partes do colmo: Gemas apicais superiores em 28,34% as medianas e 64,17% as basais. IQD, representa a distribuição equilibrada da biomassa das mudas, na qual as mudas de viveiros mais jovens e das partes apicais do colmo foram superiores as demais.

**Tabela 17-**Análise estatística para Frequência de irrigação (FQ) em MPB para a variável VR (volume de raiz).

FQ	VR
Frequência 1	20,41 b
Frequência 2	22,91 a

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W. & SALTVEIT, JR, M.E. Ethylene and plant biology. 2nd ed., Academic Press, San Diego, 1992. Açúcar. Embrapa Roraima, p.1 – 15. 2010).

ARAÚJO, S. H. C. Mini-toletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e deficit hídrico. Piracicaba 2016- Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz

AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. Ciência Rural, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248. 1993.

BENINCASA, M.M.P. 1988. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Funep, Jaboticabal. 42 p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2018. 112 p

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In. CÂMARA, G. M. S; OLIVEIRA, E. A. M. Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba. FEALQ, 1993. Cap.3. p.31-64.

CAMARGO, P.N. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1968. 38p.

CASAGRANDE, A. A. Tópicos de fisiologia e morfologia de cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASAGRANDE, A. A.; VASCONCELOS, A. C. M. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (E.d.) Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010.p.57-78.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico. 2008. p. 57-98.

CASTRO, P. R.; KLUGE, R. A.; PERES, E. P. Manual de Fisiologia Vegetal: Teoria e Prática. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

CEBIM, V. L. S. Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em dois sistemas de plantio. 2007. 90p. Dissertação ( Mestrado em máquinas agrícolas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São PAULO, Piracicaba, 2007.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR | v. 6 - Safra 2019/20, n.1 - Primeiro levantamento, maio de 2019.

COSTA, C. T. S. FERREIRA, V. M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D. T. DA. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56-63, jul.-set., 2011.

CRISTOFOLETTI JR.S.C. **Fisiologia da emergência e perfilhamento em mini-toletes de variedades de cana-de-açúcar**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DILLEWIJN, V.C. Botany of sugarcane. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 371p.

ELIA, PEDRO. Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação. Piracicaba, 2016. 88 p. : il. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

ESASHI, Y. Ethylene and seed germination, p.133-157. In: Mattoo, A.K. & Suttle, J.C. (Eds.) The plant hormone ethylene. Boca Raton, CRC Press, 1991. p.133-157.

FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de Trema micranta (L.) Blume, Cedrela fissilis Veli e Aspidosperma polyneuron Mull Arg. Produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 f. Tese Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

HERMANN, E. R.; CAMARA, G. M. S. Um Método Simples para Estimar a Área Foliar da Cana-de-Açúcar. **Revista Stab**, v. 17, n. 5, p. 32–34, 1999.

LANDELL, M.G; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N.; MENDONÇA, J.R.; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F.; BRANCALIÃO, S.R.; PETRI, R.H.; MIGUEL P.E.M. **Sistema de multiplicação de de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 17 p. (Documentos IAC, 109).

LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.41, p.181-201, 1984. DOI: 10.1590/S0071-12761984000100011.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. de A. Respostas biométrica e fisiológica ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1575 – 1582, 2009.

OLIVEIRA, F. M. DE; AGUILAR, POLIANA. BATISTA. DE; TEIXEIRA, M. F. F; ASPIAZÚ, I; MONÇÃO, F. P; ANTUNES, A. P. DA. S. Características agrotecnológicas de cana-de-açúcar em diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1587-1606, maio/jun. 2014

OMETTO, J. C. Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ, 1980. 19 p.

PRADO, H. Saiba mais sobre a textura do solo. Disponível em <http://www.pedologiafacil.com.br/textura.php> Acesso em 26/9/2006.

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.185, p.83-89, 2000.

ROJAS LEVI, E. Análise s do mercado e estimação das demandas de cana-de-açúcar, açúcar e etanol brasileiro. Dissertação, UFRJ-Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2009.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Edição autores, 2004. 302p.

SANGUINO, A.; MORAES, V.A.; CASAGRANDE, M.V. **Curso de formação e condução de viveiros de mudas de cana-de-açúcar**. 2006. 43p.

SANTI, P. H. P ; SCAVAZZA, A. L; BELLONI, A. L; SOARES, M. R; CASAGRANDE, J. C; SARTÓRIO, S. D; ROCHA, K. S. S; LAVORENTI, J. A. L; SANTANA, C. A; FERREIRA, J. A; ZINA, A. C. S. **Avaliação morfológica e nutricional de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar cultivadas em diferentes substratos**. Anais 10º Congresso STAB 2016.

SALOMÃO, L. C. Calibração de tanques evaporímetros de baixo custo sob diferentes diâmetros em ambiente protegido. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2012.

SCARDUA, R. Clima e a irrigação na produção agroindustrial da cana-de-açúcar. 1985. 122p Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E. NÓBREGA, J.C.M. (Org.)

**Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SILVA, M. T. MATOS, E. S. SIMON, E. D. T. KOHLER, T. W. MARTINAZZO, R. SILVA, S. D. A. **INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DA GEMA NO COLMO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.** Simpósio de propagação de plantas e produção de mudas, inovações em busca de qualidade.2017.

SINGH, S.; SRIVASTAVA, K. K. Effects of soil - water potential on germination of sugar cane setts. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v.44, n.3, p.184-187, 1973.

TELLES, D.D. Métodos de irrigação. In: PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. Curso de elaboração de projetos de irrigação. Brasília: 1986. Cap.3, 93p.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VIEIRA, D. B. Projeto de irrigação por aspersão. Curso de elaboração de projetos de irrigação. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Brasília n.10, p.1-162, 1986.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J.S. Manual de fisiologia vegetal. São Luis: Edefma, 2010. 230 p.

WHITMAN, PC; BULL, TA; GLASZIOU KT. The physiology of sugarcane; effects of temperature, light and water on set germination and early growth (*Saccharum spp.*). *Australian Journal Biological Science*, v.15, n.2, 415-428, 1963.