

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Mini-toletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação  
nitrogenada e déficit hídrico**

**Sabrina Helena da Cruz Araujo**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em  
Ciências. Área de concentração: Fisiologia e Bioquímica  
de Plantas

**Piracicaba  
2016**

**Sabrina Helena da Cruz Araujo**  
**Bacharel em Bioquímica**

**Mini-toletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e déficit hídrico**

Orientador:  
Prof. Dr. PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e Bioquímica de Plantas

**Piracicaba**  
**2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Araujo, Sabrina Helena da Cruz

Mini-toletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e déficit hídrico / Sabrina Helena da Cruz Araujo. - - Piracicaba, 2016.  
83 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Propágulos 2. Reguladores vegetais 3. Ureia 4. Tiametoxam 5. Fitoquímicos  
I. Título

CDD 633.61  
A663m

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

Aos meus pais, Geraldo e Helena,  
pelo amor e pelo apoio em cada etapa  
da minha vida acadêmica.

Dedico.



## AGRADECIMENTOS

A Deus por seu infinito amor e pela inspiração a cada novo amanhecer.

Aos meus pais, Geraldo e Helena, por me apoiarem em cada escolha, pelos conselhos e orações.

Ao meu orientador Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro pela orientação, pela compreensão e apoio nos momentos difíceis e pela dedicação ao grupo de pesquisa.

Aos amigos do grupo de pesquisa, Felipe, Julian, Lucas, Valdinei, Diego, Bruno, Carol e Marina, pelos momentos de alegria e trabalho compartilhados.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, pela contribuição para o meu crescimento profissional.

À, Solizete, secretária do programa, pelo carinho e excelência no auxílio durante o Doutorado.

Ao programa de Pós-Graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas e à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, por conceder a oportunidade de realização do Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pesquisa.



Porque Deus amou o mundo tanto, que deu o seu único Filho, para que todo aquele que nele crer não morra, mas tenha a vida eterna. João 3:16





## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Aspectos Gerais E Histórico.....	15
1.2 Descrição Da Planta.....	16
1.3 Fenologia Da Cana-De-Açúcar .....	17
1.4 Justificativa Do Trabalho.....	18
Referências .....	19
2 VIGOR DE PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DA GEMA NO COLMO E DO NÚMERO DE GEMAS NO TOLETE DE PLANTIO.....	21
Resumo .....	21
Abstract.....	21
2.1 Introdução .....	22
2.2 Material E Métodos .....	24
2.3 Resultados E Discussão .....	25
2.4 Conclusões.....	32
Referências .....	33
3 EFEITOS DE BIORREGULADORES NAS GEMAS BASAIS E APICAIS DE MINI-TOLETES DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	35
Resumo .....	35
Abstract.....	35
3.1 Introdução .....	36
3.2 Material E Métodos .....	38
3.3 Resultados E Discussão .....	38
3.4 Conclusões.....	44
Referências .....	44
4 AÇÃO DE UREIA E TIAMETOXAM NO DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR ORIGINÁRIA DE MINI-TOLETES.....	47
Resumo .....	47
Abstract.....	47
4.1 Introdução.....	48
4.2 Material E Métodos .....	51

4.3 Resultados E Discussão .....	51
4.4 Conclusões .....	57
Referências .....	57
<b>5 EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR ORIGINÁRIAS DE MINI-TOLETES TRATADOS COM AGROQUÍMICOS .....</b>	
Resumo.....	61
Abstract .....	61
5.1 Introdução .....	62
5.2 Material E Métodos.....	64
5.3 Resultados E Discussão .....	65
5.4 Conclusões .....	68
Referências .....	69
ANEXO.....	73

## RESUMO

### **Mini-toletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e déficit hídrico**

A cana-de-açúcar é uma espécie amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais. Sua propagação é realizada através do plantio de porções caulinares contendo uma média de três gemas. Tal prática requer grande quantidade de material vegetal, o que reduz o ganho dos produtores. Adicionalmente, a utilização de grande quantidade de material vegetal para o plantio dificulta algumas práticas em relação ao manejo da cultura, como transporte e armazenamento. A utilização de mini-toletes, contendo uma única gema, representa uma alternativa ao plantio convencional. Existem limitações impostas à utilização de mini-toletes, relacionadas à baixa disponibilidade de reservas de nutrientes e de água, devido ao reduzido tamanho dos toletes. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o vigor e o desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar provenientes de mini-toletes. No primeiro experimento, comparou-se plantas provenientes de diferentes tipos de propágulos e gemas. Foram avaliados o número de brotações, a porcentagem de brotações, a altura das plantas e as massas de folhas e raízes. No segundo experimento, avaliou-se o efeito da aplicação de biorreguladores em mini-toletes provenientes de gemas apicais e basais. Foram realizadas as determinações do número de brotações, da altura das plantas, da área foliar e das massas secas de folhas e colmos. No terceiro experimento, avaliou-se a aplicação de ureia como fonte de adubação nitrogenada e tiametoxam, um inseticida sistêmico com ação bioativadora, no desenvolvimento de plantas originárias de mini-toletes. Realizaram-se as seguintes determinações: número de brotações, altura das plantas, área foliar e massas secas de colmos, folhas e raízes. No quarto experimento, plantas de cana-de-açúcar originárias de mini-toletes tratados com agroquímicos foram submetidas ao déficit hídrico. Foram avaliadas a altura das plantas, a área foliar e as massas de raiz, folha e caule. Foi possível concluir que plantas provenientes de gemas superiores e de toletes contendo três e duas gemas apresentaram um melhor desenvolvimento. De maneira geral, os resultados indicaram que a cana-de-açúcar não responde de maneira evidente ao uso de reguladores vegetais em mini-toletes. A utilização de ureia aumenta o desenvolvimento de plantas originárias de mini-toletes. Em conjunto com diferentes doses de ureia, a utilização de tiametoxam incrementa aspectos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Adicionalmente, foi possível concluir que a aplicação de agroquímicos em mini-toletes alivia os efeitos negativos do déficit hídrico no desenvolvimento radicular. A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, foi possível concluir que a utilização de ureia, tiametoxam e agroquímicos melhora o desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar originárias de mini-toletes.

Palavras-chave: Propágulos; Reguladores vegetais; Ureia; Tiametoxam; Fitoquímicos



## ABSTRACT

### **Small stalks of sugarcane: buds, plant growth regulators, nitrogen fertilization and water stress**

The sugarcane is a widely cultivated species in tropical and subtropical regions. Its propagation is done by planting stem portions containing an average of three buds. Such practice requires large amounts of plant material, which reduces the gain of the producers. Additionally, the use of large amounts of plant material for planting difficult practices regarding crop management, such as transportation and storage. The use of small stalks having a single bud is an alternative to conventional planting. There are limitations to the use of small stalks, related to low availability of nutrients and water reserves due to the small size of the stalks. This study aimed to assess the vigor and the development of sugarcane plants originated from small stalks. In the first experiment, plants were compared from different types of propagules and buds. We evaluated the number of sprouts, the percentage of sprouts, the plant height and the weight of leaves and roots. In the second experiment, we evaluated the effect of the bioregulators application in small stalks from apical and basal buds. They were carried out determinations of the number of sprouts, plant height, leaf area and dry weight of leaves and stems. In the third experiment, we evaluated the use of urea as a source of nitrogen fertilization and thiamethoxam, a systemic insecticide with bioactivator action in the development of plants from small stalks. The following evaluations were performed: number of sproutings, plant height, leaf area and dry mass of stems, leaves and roots. In the fourth experiment, sugarcane plants from small stalks treated with agrochemicals were subjected to water deficit. The plant height, the leaf area and the root, leaf and stem weights were evaluated. It was concluded that plants from upper buds and stalks containing three and two buds had a better development. Overall, the results indicated that sugarcane does not respond overtly to the use of plant growth regulators in small stalks. The use of urea increases the development of plants from small stalks. Together with different doses of urea, the use of thiamethoxam increments aspects of the development of sugarcane. In addition, it was concluded that the application of agrochemicals in small stalks alleviates the negative effects of water stress on root development. From the results obtained in this study, it was concluded that the use of urea, thiamethoxam and agrochemicals improves the development of sugarcane plants originated from small stalks.

Keywords: Propagules; Bioregulators; Urea; Thiamethoxam; Phytochemicals



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Aspectos Gerais E Histórico

A cana-de-açúcar é uma planta perene pertencente à família Poaceae, de ampla ocorrência em regiões de climas tropicais e subtropicais. As variedades cultivadas atualmente se apresentam como híbridos de várias espécies do gênero *Saccharum* (CLAYTON; DANIELS, 1975).

As origens das espécies são controversas, sendo que regiões pertencentes ao Sudeste Asiático, como Nova Guiné e Índia, têm sido citadas (ROACH; DANIELS, 1987). A cana-de-açúcar teria sido primeiramente introduzida na América em 1493 na região que corresponde à República Dominicana, durante uma viagem de Cristovão Colombo. Em 1509, com o início da colonização espanhola, novas plantas foram trazidas à América (STEVENSON, 1965).

Ainda na primeira metade do século XVI, a cana-de-açúcar seria difundida por toda a América, sendo que as primeiras plantas teriam sido introduzidas no Brasil em 1502 (CORRÊA, 1926). As características climáticas eram favoráveis e os solos férteis, o que permitiu a consolidação da agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil.

A cana Creola foi introduzida pelos primeiros colonizadores e prevaleceu durante três séculos (DEERR, 1949). Posteriormente, a cana Caiana, a qual foi introduzida em Pernambuco pelos holandeses, viria a substituir a Creola, ganhando grande destaque até meados de 1880 (CORRÊA, 1935).

Devido à expansão de diversas doenças que assolavam os canaviais, novas variedades ganhavam espaço, até o surgimento da possibilidade da hibridação da cana-de-açúcar para a obtenção de novas variedades. As primeiras hibridações iniciaram-se em 1889, em Java, com grande expansão da tecnologia para os centros produtores ao redor do mundo. Este fato deu início aos estudos de melhoramento da cana-de-açúcar (BREMER, 1923; DEERR, 1949).

No Brasil, as variedades IAC foram lançadas no século XX com sucesso no estado de São Paulo. Paralelamente, as variedades CB foram produzidas na Estação Experimental de Campos - RJ (AGUIRRE JUNIOR, 1940; SEGALLA, 1978, SEGALLA; ALVAREZ, 1956). A partir dos anos 80, as variedades RB e SP começaram a ser criadas pelos programas de melhoramento genético da Copersucar e do Planalsucar.



## 1.2 Descrição Da Planta

A cana-de-açúcar é uma planta que perfilha, sendo que cada perfilho comporta-se como uma planta independente, tendo órgãos próprios. O perfilhamento é influenciado por fatores como luz, temperatura e umidade do solo, bem como pelas práticas de manejo, tais como a época do plantio, espaçamento e profundidade de plantio (ALEXANDER, 1973).

A porção acima do solo, a qual sustenta as folhas e a inflorescência, constitui o colmo. Os colmos são compostos por nós e entrenós. A partir do nó, se insere a bainha da folha. Na região do nó, há a gema e vários primórdios radiculares. Na região adjacente, o anel de crescimento permite o alongamento do entrenó (MARTIN, 1961).

As folhas da cana-de-açúcar são divididas em duas partes: a parte superior, ou lâmina foliar, e a parte inferior que corresponde à bainha que envolve o colmo. A lâmina pode alcançar 1,5 m de comprimento e apresenta corpos silicosos e eventualmente pelos. Os estômatos concentram-se em maior quantidade na face abaxial (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010).

O florescimento da cana-de-açúcar ocorre em condições específicas de fotoperíodo, temperatura e umidade. A inflorescência, que se apresenta como panícula, é hermafrodita contendo um óvulo. Os pistilos dão o aspecto plumoso à inflorescência. O androceu possui três estames, sustentando uma antera cada um. O grão de pólen é pequeno e possui uma meia vida curta, cerca de 12 minutos (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010).

Existem três tipos funcionais de raízes: aquelas que crescem a partir do sistema radicular dos toletes, que são denominadas raízes superficiais; as raízes que emergem das brotações jovens, que são denominadas raízes de sustentação e as raízes cordão, aglomerações de raízes verticais mais profundas (EVANS, 1935). A distinção entre raízes superficiais e de sustentação, entretanto, pode ser difícil e as raízes cordão podem ocorrer raramente (BLACKBURN, 1984).

Em geral, a cana-planta possui um sistema radicular menos profundo em relação à cana-soca. Entretanto, o sistema radicular da cana-soca é menos eficiente, uma vez que apresenta uma grande proporção de raízes velhas e lignificadas (VASCONCELOS; DINARDO-MIRANDA, 2006).

### 1.3 Fenologia Da Cana-De-Açúcar

A gema e os primórdios radiculares se encontram em um estado latente. Quando ocorrem condições favoráveis, principalmente uma adequada disponibilidade hídrica, eles passam para um estado ativo, apresentando crescimento e desenvolvimento. Isso ocorre pela ação de enzimas e hormônios vegetais, que levam a mudanças nas reservas nutritivas do tolete (DILLEWIJN, 1952).

A brotação, portanto, inicia-se com intensa atividade de divisão celular na gema e nos primórdios radiculares, com utilização das reservas energéticas do tolete. Tais reservas são fundamentais para a brotação até aproximadamente 60 dias após o plantio. Com o desenvolvimento do sistema radicular, esta dependência se reduz gradativamente (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

O processo de brotação é influenciado por fatores ambientais. A temperatura exerce grande influência, uma vez que a velocidade das reações bioquímicas e a atividade enzimática sofrem alterações em função da temperatura. Segundo Christoffoleti (1986), a brotação é muito lenta abaixo de 21°C. Acima desse valor, a velocidade de brotação aumenta progressivamente, atingindo um ótimo entre 27°C e 33°C.

Outro fator que exerce grande influência no processo de brotação é a deficiência hídrica, a qual pode prejudicar a brotação, dependendo da duração e intensidade do déficit. A disponibilidade hídrica adequada é necessária para a ocorrência dos processos bioquímicos que ocorrem durante a brotação. Em caso de deficiência hídrica temporária e moderada, como ocorre em veranicos curtos, as reservas do tolete garantem a sobrevivência das gemas e das brotações (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

Após a brotação, novos rebentos ou perfilhos são formados. Os perfilhos formados diretamente do tolete são chamados de perfilhos primários. As gemas dos perfilhos primários desenvolvem novos perfilhos, ditos secundários. Os perfilhos secundários originam os perfilhos terciários e assim por diante.

O processo de perfilhamento é influenciado pela variedade, luminosidade, temperatura, disponibilidade de água e de nutrientes. A baixa luminosidade pode reduzir o perfilhamento, ao passo que, a elevação da temperatura até 30°C pode aumentar o processo (DILLEWIJN, 1952). O perfilhamento da soqueira é muito influenciado pelas práticas de colheita mecanizada, que podem levar, por exemplo, à compactação do solo e à formação de uma barreira mecânica pela camada de palhada (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

Durante o processo de crescimento, a cana-de-açúcar apresenta um elevado acúmulo de massa. Por apresentar uma fotossíntese do tipo  $C_4$ , ela mostra altas taxas de crescimento e eficiência do uso da água. A ausência da operação da via de fotorrespiração garante maiores rendimentos energéticos. Além disso, para atingir a máxima capacidade fotossintética, plantas  $C_4$  necessitam de um conteúdo de nitrogênio foliar inferior em relação às plantas  $C_3$  (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

Para que ocorra o florescimento, o meristema apical deve ser modificado para produzir a inflorescência. O estímulo para esta transição ocorre principalmente em resposta ao fotoperíodo. Segundo Mangelsdorf (1956), a cana-de-açúcar requer dias curtos para haver a transição para o meristema floral. Outros trabalhos, entretanto, sugerem que a cana-de-açúcar pode ser classificada como uma planta de comportamento intermediário (CLEMENTS; AWADA, 1965, CLEMENTS, 1968).

#### **1.4 Justificativa Do Trabalho**

A propagação convencional da cana-de-açúcar é realizada por meio de toletes contendo duas ou três gemas. Esta prática exige grande quantidade de material vegetal e traz alguns problemas relacionados ao manejo da cultura, tais como transporte e armazenamento do material. O presente trabalho propõe a utilização de mini-toletes contendo apenas uma gema para propagação da cana-de-açúcar, com o objetivo de superar as limitações decorrentes das práticas convencionais de propagação.

Para tal abordagem, comparou-se a influência do tamanho dos toletes e da posição das gemas nos colmos no desenvolvimento da cana-de-açúcar. Além disso, avaliou-se a eficiência da utilização de biorreguladores para aumentar a brotação e melhorar o vigor das plantas, levando, assim, à uma maior uniformidade da brotação e vigor dos perfilhos.

A propagação através de mini-toletes apresenta limitações impostas principalmente devido à redução da disponibilidade de nutrientes e água, decorrentes do reduzido tamanho dos toletes. O presente trabalho propôs a utilização de ureia como fonte a adubação nitrogenada e do bioativador tiametoxam com o objetivo de melhorar o vigor de plantas propagadas por meio de mini-toletes. A utilização de agroquímicos também foi abordada, sugerindo uma possível ação na melhoria do vigor de plantas originárias de mini-toletes e submetidas ao déficit hídrico.

## REFERÊNCIAS

AGUIRRE JUNIOR, J.M. **Relatório da Seção de Cana-de-Açúcar e da Estação Experimental de Piracicaba para o ano de 1940**. Campinas: Instituto Agrônômico, s.d. (Não publicado).

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

BLACKBURN, F. **Sugar-cane**. England: Longman House, 1984. 414p.

BREMER, G.A. A cytological investigation of some species and species hybrids within the genus *Saccharum*. **Genetica**, Dordrecht, v. 5, n. 3, p. 273-326, 1923.

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, 2010. p. 57-78.

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos fisiológicos da brotação, perfilhamento e florescimento da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. 80p (mimeografado).

CLAYTON, W.D.; DANIELS, C.A. Geographical, historical and cultural aspect of the origin of the Indian and Chinese sugarcane *S. barberi* and *S. sinensis*. **ISSCT Sugarcane Breed. Newslater**, Mackknade. v. 36, p. 4-23, 1975.

CLEMENTS, H.F. Lengthening versus shortning dark periods and blossoming in sugarcane as affected by temperature. **Plant Physiology**, Minneapolis. v. 43, p. 57-60, 1968.

CLEMENTS. H.F.; AWADA, M. Experiments on the artificial induction of flowering in sugarcane. In: CONGRESS OF ISSCT, 12., Porto Rico, 1965. **Proceedings...** p. 795-812.

CORRÊA, M.A. **Sinopse histórica do açúcar em São Paulo**. Rio de Janeiro; IAA, 1935. p. 153-163.

CORRÊA, P.M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro; Imprensa Nacional, 1926. v.1, cap 13.

DEERR, N. **A history of sugar**. London: Chapman and Hall, 1949, v. 2, 636p.

DILLEWIJN, C.N. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371p.

EVANS, H. The root system of the sugarcane. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, Oxford, v. 3, p. 351-362, 1935.

MANGELSDORF, A.J. Sugarcane breeding: in retrospect and introspect. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 9., 1956. New Delhi. **Proceedings....** New Delhi, 1956. p. 560-575.

- MARTIN, J.P. the anatomy of sugar cane plant. In: MARTIN, J.P.; ABBOT, E.V.; HUGHES, C.G. (Ed.). **Sugar-cane diseases of the world**. Amsterdam: Elsevier, 1961. p. 1-52.
- ROACH, B.T.; DANIELS, J. A review of the origin and improvement of sugarcane. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, 1987. Piracicaba: Copersucar, 1987. p. 1-31.
- SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. p. 47-56.
- SEGALLA, A.L. Variedade de cana-de-açúcar. In: \_\_\_\_\_ **50 anos da estação experimental de Piracicaba**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1978. p. 19-34.
- SEGALLA, A.L.; ALVAREZ, R. Ensaios de variedades de cana-de-açúcar; I. Série de ensaios realizados no período de 1951 a 1954. **Bragantia**, Campinas. v. 15, p. 373-392, 1956.1956
- STEVENSON, G.C. **Genetics and breeding of sugar cane**. London: Longmans, 1965. 284p.
- VASCONCELOS; A.C.M.; DINARDO-MIRANDA, L.L. **Dinâmica do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar e implicações no controle de nematoides**. Americana: Adonis, 2006. 56p.

## 2 VIGOR DE PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DA GEMA NO COLMO E DO NÚMERO DE GEMAS NO TOLETE DE PLANTIO

### Resumo

O plantio comercial da cana-de-açúcar é realizado através da propagação vegetativa à partir de segmentos de colmos contendo em média 3 gemas, o que requer elevada quantidade de material vegetal e dificulta diversas práticas de manejo da cultura. Diante dessas limitações, o presente trabalho objetivou avaliar a influência do tamanho dos toletes, além das posições das gemas no colmo, no desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar da variedade IR-570. Para avaliar a viabilidade e o vigor de gemas oriundas de diferentes posições no colmo, foram utilizados toletes de cana-de-açúcar da variedade IR-570. Foram tomados toletes de 4 cm do terço superior, do terço médio e do terço basal. Aos 10, 20, 30 e 40 dias após o plantio (DAP), foram avaliados a altura das plantas, o número de perfilhos, as massas frescas e secas da parte aérea e do sistema radicular. Para avaliar a viabilidade e o vigor de diferentes propágulos, foram tomados toletes contendo três, duas e uma gema (4 cm), além de gemas isoladas. Aos 10, 20, 30, 40 e 60 DAP, foram avaliados a altura, o número de perfilhos, as massas frescas e secas da parte aérea e do sistema radicular. Todos os colmos utilizados tinham entre 10 e 12 meses de idade. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, realizando-se a análise de variância dos dados (Teste F) e teste de comparação de médias (Tukey 5%). Foi possível observar que gemas superiores e medianas apresentaram maior número de brotações. Plantas provenientes de gemas superiores também apresentaram maior altura e massa foliar. Em relação aos diferentes tipos de toletes, verificou-se que toletes contando três gemas apresentaram maior número de brotações. A porcentagem de brotações, porém, não foi afetada. As alturas, massas radiculares e massas foliares foram superiores em plantas originárias de toletes contendo três e duas gemas. Os resultados sugerem que gemas superiores apresentam uma maior eficiência de brotação e originam plantas mais vigorosas. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de a gema superior possuir maior atividade metabólica em relação às demais, garantindo assim um suprimento maior de nutrientes durante o processo de desenvolvimento da brotação. Plantas mais vigorosas também são observadas ao se utilizar toletes contendo três e duas gemas, sendo que toletes de três gemas ainda possuem a característica vantajosa de apresentar maior eficiência na brotação. Tais resultados se devem possivelmente às limitações das reservas nutricionais e a rápida redução na umidade de toletes contendo apenas uma gema e de gemas isoladas, prejudicando assim o processo de brotação e o desenvolvimento inicial do perfilho.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Propágulos; Plântulas

### Abstract

The commercial planting of sugarcane is performed by vegetative propagation from stem segments containing an average of 3 buds, which requires high amount of plant material and hinders various crop management practices. Given these limitations, this study aimed to evaluate the influence of the size of the small stalks and the positions of buds in the stem, in the development of sugarcane plants. To assess the viability and vigor of buds from different positions in the stem were used small stalks of sugarcane IR-570 variety. Small stalks of 4 cm from the upper, middle and basal portions were taken. We evaluated the plant height, number of tillers, the fresh and dry weight of shoot and root system, at 10, 20, 30 and 40 days after planting (DAP). To assess the viability and vigor of different propagules, cuttings were taken

containing three, two and one buds (4 cm), and isolated buds. We evaluated the height, number of tillers, the fresh and dry weight of shoot and root system, at 10, 20, 30, 40 and 60 DAP. All stems used were between 10 and 12 months of age. The experimental design was completely randomized, performing the data to variance analysis (F test) and mean comparison test (Tukey 5%). It was observed that middle and upper buds had a higher number of sprouts. Plants from upper gems also had higher height and leaf mass. Regarding the different types of small stalks, it was found that stalks counting three buds had higher number of sprouts. The percentage of sprouting, however, was not affected. Heights, root mass and leaf mass were higher in plants from small stalks containing three and two buds. The results suggest that upper buds have a higher sprouting efficiency and produce more vigorous plants. These results can be attributed to the fact that the upper buds have higher metabolic activity in relation to the other, thus ensuring a greater supply of nutrients during the sprouts development process. More vigorous plants are also observed when using small stalks containing three and two buds, and stalks of three buds still have the advantageous feature to introduce more efficient sprouting. Such results are due possibly to the limitations of nutritional reserves and rapid reduction in moisture in the small stalks containing one and isolated buds, thus undermining the sprouting process and the early tiller development.

Keywords: *Saccharum* spp; Propagules; Seedlings

## 2.1 Introdução

A cana-de-açúcar é uma planta de reprodução sexuada que ao ser cultivada comercialmente, é multiplicada assexuadamente por propagação vegetativa. As práticas de plantio são afetadas pelo fato da cana-de-açúcar ser uma planta que apresenta perfilhamento. Cada perfilho se comporta como uma planta independente e autônoma uma vez que possui órgãos próprios como raiz, folhas e frutos (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010).

Para realizar a propagação, o colmo é seccionado em seções denominadas toletes. Em geral, o tolete contém de dois a quatro nós (entre 30 e 50 cm). O corte leva a quebra da dominância apical que é exercida pela gema do ápice. Por meio do transporte basípeto de auxina, esta restringe a brotação das gemas laterais, mantendo-as em dormência. Após o plantio, sob condições favoráveis, iniciam-se atividades nos primórdios radiculares e no poro da gema.

A principal condição favorável para a brotação é a disponibilidade hídrica. Após a cobertura do tolete, havendo disponibilidade hídrica, ocorre a ativação de enzimas, a produção de hormônios que controlam a divisão celular e o crescimento é iniciado (LANDELL et al.,

2012). Ocorre assim, o desenvolvimento das raízes do tolete e a emergência de uma pequena brotação na superfície do solo.

A brotação das gemas do tolete ocorre de 2 a 3 semanas após o plantio e esta etapa requer atenção, pois a qualidade das plantas obtidas futuramente dependerá dessa fase (AUDE, 1993). Diversos cuidados podem ser tomados para garantir o bom estabelecimento da fase de brotação, dentre eles: sanidade e estado nutricional das plantas, período entre o corte e o plantio, necessário para promover a brotação, profundidade do plantio, cobertura dos toletes e tratamento térmico (CÂMARA, 1993). Tanto a falta de umidade do solo quanto o excesso de água, causado pela irrigação e drenagem irregulares, podem prejudicar a brotação dos toletes (CASAGRANDE, 1991).

A brotação emergida é chamada de colmo primário. A gema apical assume o crescimento em altura, resultando em uma sucessão de nós e entrenós com curto espaço entre si. Na base do colmo primário, ocorre o desenvolvimento de novas raízes, as quais, juntamente com as raízes do tolete, formarão o sistema radicular da futura touceira de cana-de-açúcar (SILVA; SILVA, 2012). As raízes do tolete são maiores, com grande capacidade de absorver água e nutrientes do solo e a brotação apresenta-se com uma espessura de 5 a 8 mm ao nível da superfície do solo (CÂMARA, 1993).

Além do aumento da capacidade de absorção de nutrientes do solo, devido ao desenvolvimento do sistema radicular, a brotação já adquire coloração verde e, portanto, possui capacidade fotossintética. Além disso, a dominância da gema apical vegetativa permite a formação das primeiras folhas, o que aumenta ainda mais a capacidade fotossintética (RIPOLI et al., 2006). Apesar disso, a brotação ainda é dependente da reserva nutricional do tolete e nesta etapa ocorre o consumo ainda maior de tal reserva. A emergência, de fato, é um processo diretamente afetado pela reserva nutricional dos toletes e quanto maior a reserva, mais rápido ocorrerá o processo, e mais vigorosas serão as brotações (SIMÕES NETO, 1986).

Durante aproximadamente 60 dias, as reservas dos toletes são essenciais para a evolução da brotação, sendo que a dependência das reservas do tolete diminui gradualmente com o desenvolvimento das raízes e da parte aérea da planta em crescimento (LANDELL et al., 2012).

Os principais problemas relacionados ao sistema convencional de propagação vegetativa estão ligados à desinfecção das gemas, oxidação do material vegetal e a baixa quantidade de plantas obtidas por gema (VAZQUÉZ-MOLINA et al., 2005), o que requer uma grande quantidade de colmos para garantir um alto estande e conseqüente produtividade. Além disso, essa grande massa de material para o plantio acarreta problemas de transporte e



armazenamento, causando a rápida deterioração dos colmos, o que reduz a viabilidade das gemas e posteriormente a emergência (JAIN et al., 2010).

Uma alternativa para melhorar a qualidade dos colmos seria a redução do material vegetal, por meio da utilização de pequenos segmentos de colmos contendo apenas uma gema (mini-toletes de cerca de 5 cm de comprimento) ou ainda fragmentos da região do colmo que contém a gema isolada.

A possibilidade da utilização de gemas únicas na propagação da cana-de-açúcar parte da premissa de que um pequeno volume de tecido e um único primórdio radicular aderido à gema são suficientes para garantir a emergência da cana-de-açúcar (DILLEWIJN, 1952).

O uso de mini-toletes tem sido tradicionalmente empregado no controle do ratiqismo-da-soqueira, uma doença causada pela bactéria *Leifsonia xyli subsp. Xyli.*, que causa subdesenvolvimento da touceira e sintomas internos como, vasos descoloridos, vírgulas, pontos e traços na base dos nós, que podem ser confundidos com outras doenças (TOKESHI, 2005). O controle da doença através do tratamento térmico foi descrito por Steindl (1961) e consistia na exposição dos toletes ao calor úmido de 50,5°C. Apesar de eficiente, este tratamento resulta em baixo índice de emergência das gemas (CRUZ FILHO, 1968), relacionado ao retardamento da brotação, o que propicia a invasão por microrganismos do solo nos toletes, acarretando prejuízo na formação e desenvolvimento das raízes e da brotação.

Diante da possibilidade de utilização de formas alternativas de propágulos, o presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar propagadas por meio de diferentes tipos de toletes, e utilizando-se gemas provenientes de diferentes posições no colmo. A redução do material vegetal utilizado na propagação da cana-de-açúcar resultará em melhorias em relação ao manejo da cultura, além de garantir melhor qualidade do material vegetal e menores custos de produção.

## 2.2 Material e métodos

Para avaliar a viabilidade e o vigor de gemas oriundas de diferentes posições no colmo, foram utilizados toletes de cana-de-açúcar da variedade IR-570. Foram tomados toletes de 4 cm do terço superior, do terço médio e do terço basal. Foram utilizados colmos de idade entre 10 e 12 meses. Os colmos foram plantados em caixas plásticas contendo areia, substrato e vermiculita (1:1:1), num total de 6 repetições por tratamento, totalizando 18 parcelas contendo 10 toletes cada. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, realizando-se a análise de variância (teste F) e teste de comparação de médias (Tukey 5%).

Aos 10, 20, 30 e 40 DAP, foram avaliados os parâmetros: altura, número de perfilhos, massas frescas e secas da parte aérea e do sistema radicular.

Para avaliar a viabilidade e o vigor de diferentes propágulos, foram utilizados toletes de cana-de-açúcar da variedade IR-570. Foram tomados toletes contendo três, duas e uma gema (4 cm), além de gemas isoladas. Foram utilizados colmos de idade entre 10 e 12 meses. Os colmos foram plantados em caixas plásticas contendo areia, substrato e vermiculita (1:1:1), num total de 6 repetições por tratamento, totalizando 24 parcelas contendo 10 toletes cada. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, realizando-se a análise de variância (teste F) e teste de comparação de médias (Tukey 5%). Aos 10, 20, 30, 40 e 60 DAP, foram avaliados os parâmetros: altura, número de perfilhos, massas frescas e secas da parte aérea e do sistema radicular.

### **2.3 Resultados e discussão**

O presente trabalho teve o objetivo de compreender a influência do tipo de gema e do tamanho de toletes, utilizados na propagação da cana-de-açúcar, no desenvolvimento das plantas. Para tal abordagem, foram realizados dois experimentos. Em um primeiro experimento, gemas de três diferentes posições no colmo foram utilizadas: posição apical, posição mediana e posição basal. Em um segundo experimento, foram utilizados quatro diferentes tipos de propágulos: toletes contendo três gemas, toletes contendo uma gema, mini-toletes (toletes contendo apenas uma gema) e gemas isoladas. A descrição das médias obtidas para cada parâmetro avaliado e a análise de variância encontram-se em anexo.

A posição da gema no colmo influencia o desenvolvimento das plantas. Neste experimento foram avaliados: o número de brotações até 40 DAP, a altura das plantas até 40 DAP, as massas frescas e secas de raízes e folhas tomadas ao final do experimento.

A posição da gema no colmo influenciou o número de brotações. Foi possível observar que gemas superiores apresentaram geralmente maior número de brotações em relação às gemas basais aos 10, 20 e 40 DAP (Figura 2.1).

Segundo Camargo (1976), a emergência de gemas de mini-toletes ocorreu melhor na porção apical do colmo, descendo até a base. Resultado semelhante foi observado por Cristofolletti Junior (2012) e por Araújo (2015). Simões Neto (1986) concluiu que gemas mais jovens apresentam maior velocidade de emergência. De fato, a posição vertical da gema no tolete irá influenciar o desenvolvimento da brotação. Isso ocorre devido às diferenças nas idades das gemas, sendo que as do ápice são mais jovens e, portanto apresentam maior brotação em relação às gemas basais (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2008).

Os teores de água, glicose e nitrogênio são maiores nas gemas apicais, ao passo que os teores de sacarose e sais minerais aumentam em direção à base do colmo (CAMARGO, 1976). Além disso, entrenós mais jovens apresentam maiores quantidades de açúcares redutores (GLASZIOU, 1960) e a rápida brotação das gemas apicais pode estar associada ao conteúdo mais elevado de glicose (SIMÕES NETO, 1986), uma vez que gemas basais necessitam converter a sacarose em glicose para iniciar o processo de brotação. Além disso, há um gradiente decrescente de auxina do ápice para a base ao longo do colmo e neste caso, gemas apicais apresentam maior conteúdo desse hormônio, o que possibilita maior enraizamento durante o processo de brotação (SEGATO et al., 2006).

Mello et al. (1995) verificaram que o consumo das reservas nutricionais do tolete ocorre de maneira diferenciada entre gemas de posições apicais e posições medianas e basais. Ocorre uma antecipação do consumo das reservas, evidenciada pela rápida liberação de aminoácidos livres, a qual reflete a intensa atividade metabólica em tecidos mais jovens em comparação com tecidos mais velhos.

A altura das plantas também é afetada em função do tipo de gema utilizada. Verificou-se que plantas provenientes de gemas superiores apresentaram maior altura em relação às plantas provenientes de gemas medianas e basais, em todas as épocas de avaliação (Figura 2.2). Cristofolletti Junior (2012) também observou um resultado semelhante em relação à altura das plantas até os 35 DAP. Entretanto, aos 42 DAP, as alturas das plantas originárias de gemas basais se igualaram às alturas das plantas originárias de gemas aplicais.

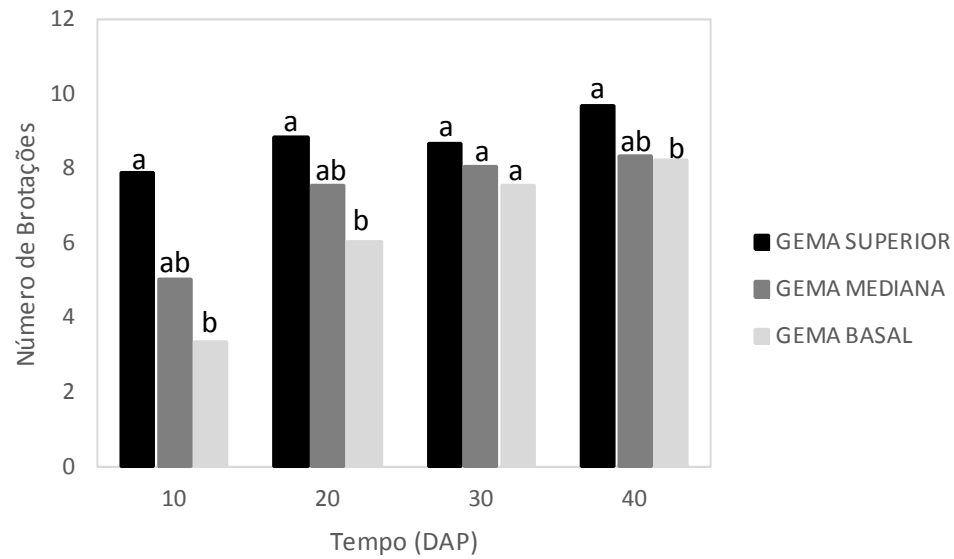


Figura 2.1 - Efeito do tipo de gema na brotação: Foram avaliados o número de brotações em 10, 20, 30 e 40 dias após o plantio (DAP). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si dentro de cada tempo avaliado. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

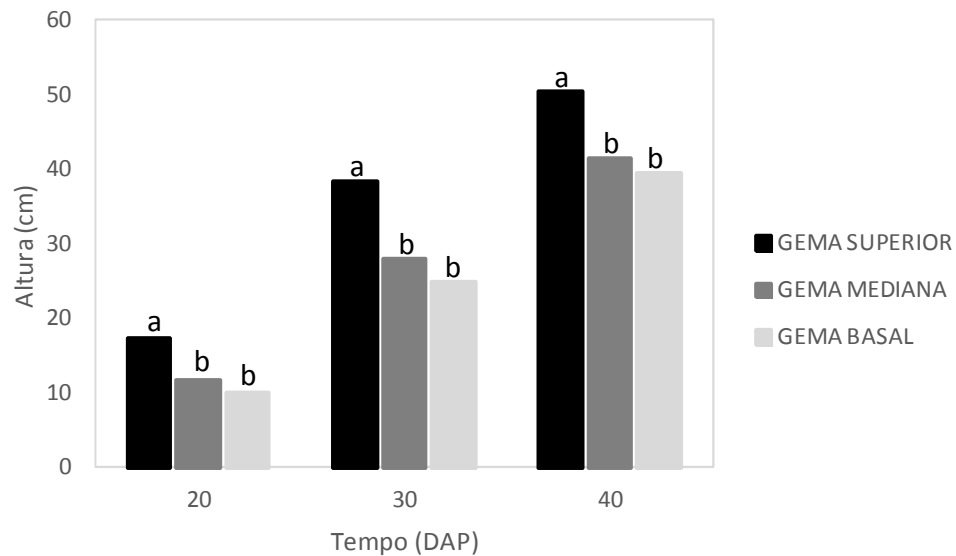


Figura 2.2 - Efeito do tipo de gema na altura de plantas de cana-de-açúcar: As avaliações foram realizadas em 20, 30 e 40 dias após o plantio (DAP). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si dentro de cada tempo avaliado. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ao determinar as massas, foi possível observar que a massa fresca foliar foi maior em plantas provenientes de gemas superiores em relação às gemas medianas (Figura 2.3a), ao passo que não houve diferença entre as massas frescas radiculares. Este resultado também foi observado após a determinação das massas secas (Figura 2.3b), em que se verificou que a

massa seca foliar foi superior em plantas provenientes de gemas superiores em relação às gemas medianas.

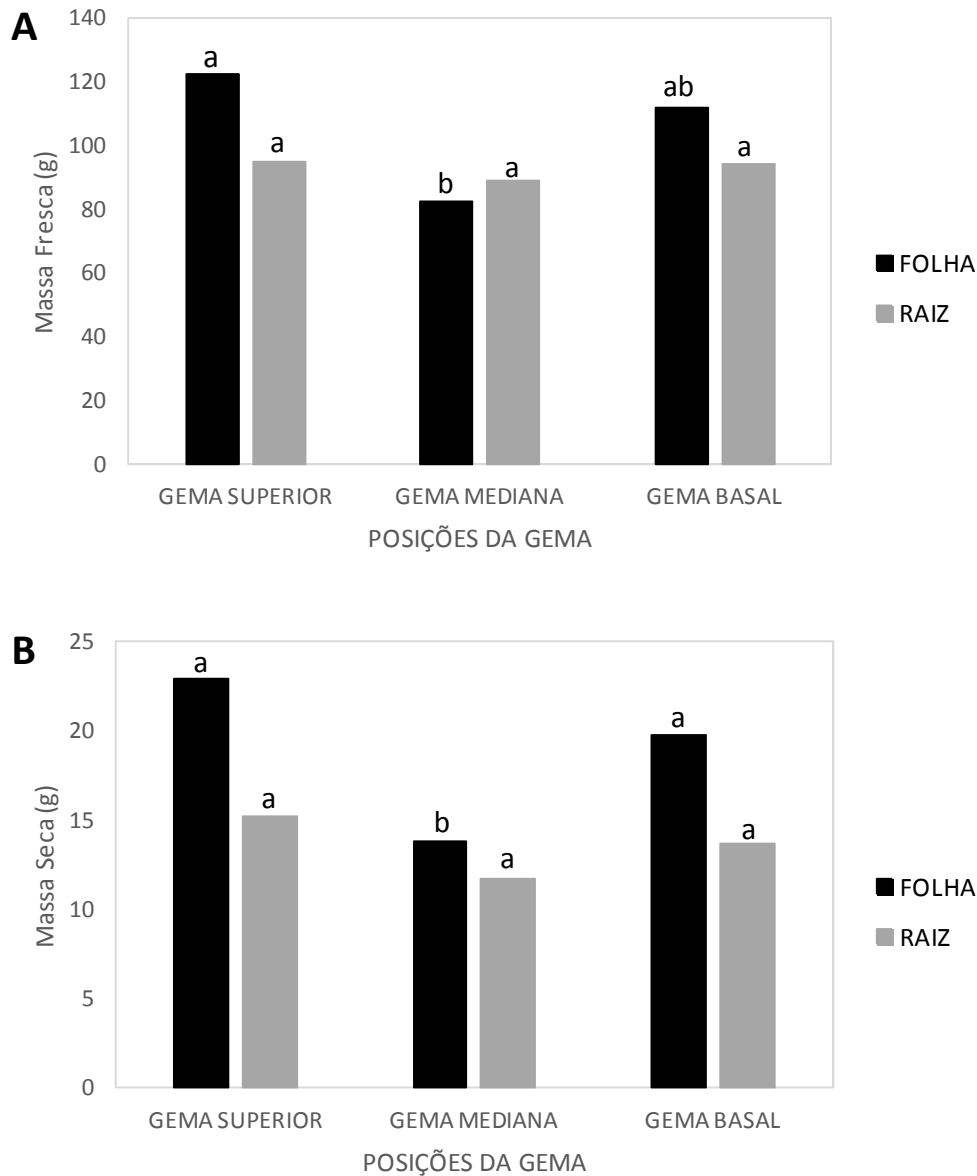


Figura 2.3 - Massas foliares e radiculares em plantas de cana-de-açúcar em função do tipo de gema: Ao final do experimento foram avaliadas (a) as massas frescas e (b) secas em folhas e raízes. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si dentro de cada órgão. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Conforme mencionado anteriormente, Cristofolletti Junior (2012) observou que aos 42 DAP não houve diferença entre as alturas das plantas originárias de gemas apicais e basais, ao passo que, as alturas foram inferiores em plantas originárias de gemas medianas. Tal comportamento pode estar relacionado à redução das massas da parte aérea apenas em plantas originárias de gemas medianas, conforme exibido na Figura 2.3. O autor também não

observou diferenças significativas em relação ao desenvolvimento radicular, ao determinar o comprimento e o número de raízes, o que é coerente com o fato de as massas radiculares exibidas na Figura 2.3 não apresentarem diferenças significativas.

O tipo de propágulo influencia no desenvolvimento das plantas. Neste experimento, realizaram-se as seguintes avaliações: o número de brotações e a porcentagem de brotações até 60 DAP, a altura das plantas até 60 DAP, as massas frescas e secas de raízes e folhas tomadas ao final do experimento.

O número de brotações foi influenciado pelo tipo de propágulo de maneira significativa. Toletes contendo três gemas apresentaram número de brotações superior aos demais propágulos (Figura 2.4a), aos 20, 30, 40 e 60 DAP. Em tais momentos de avaliação o número de brotações comportou-se da seguinte maneira: toletes de três gemas > toletes de duas gemas > mini-toletes e gemas isoladas.

A porcentagem de brotações, por outro lado, não foi influenciada de maneira significativa em função do tipo de propágulo utilizado. Apenas inicialmente, aos 10 DAP, foi possível observar que toletes contendo gemas isoladas apresentaram uma porcentagem de brotações superior à dos toletes de três gemas, porém, até os 60 DAP os valores não diferiam mais entre os diferentes tipos de propágulos (Figura 2.4b). Os valores máximos de brotações observados foram em torno de 80%.

Na fase de desenvolvimento inicial, a brotação depende das reservas nutricionais do tolete. As reservas encontram-se nas células parenquimáticas do mesmo e as novas áreas de crescimento funcionam como drenos fisiológicos, dando continuidade no seu crescimento e desenvolvimento (CÂMARA, 1993). Mello et al. (1995) utilizaram toletes contendo 2 gemas e gemas isoladas, e verificaram que o consumo das reservas dos toletes é maior quanto maior o número de gemas, ou seja, de drenos atuantes, e em regiões mais próximas aos drenos. Portanto, a brotação será mais eficiente quanto maior a quantidade de reservas disponíveis no tolete.

De acordo com Dillewijn (1952), quanto maior o entrenó presente no segmento contendo a gema, melhor a emergência e o desenvolvimento da brotação. Simões Neto (1986) também verificou que há influência da quantidade de reserva energética do mini-tolete no desenvolvimento inicial da planta.

Segundo Jain et al. (2010), a utilização de fragmentos do colmo contendo gemas isoladas apresentam baixos índices de brotação e redução na altura inicial das plantas. Além disso, devido às limitações em relação às reservas energéticas dos fragmentos de tolete, ocorre baixa sobrevivência das gemas em condições de campo.

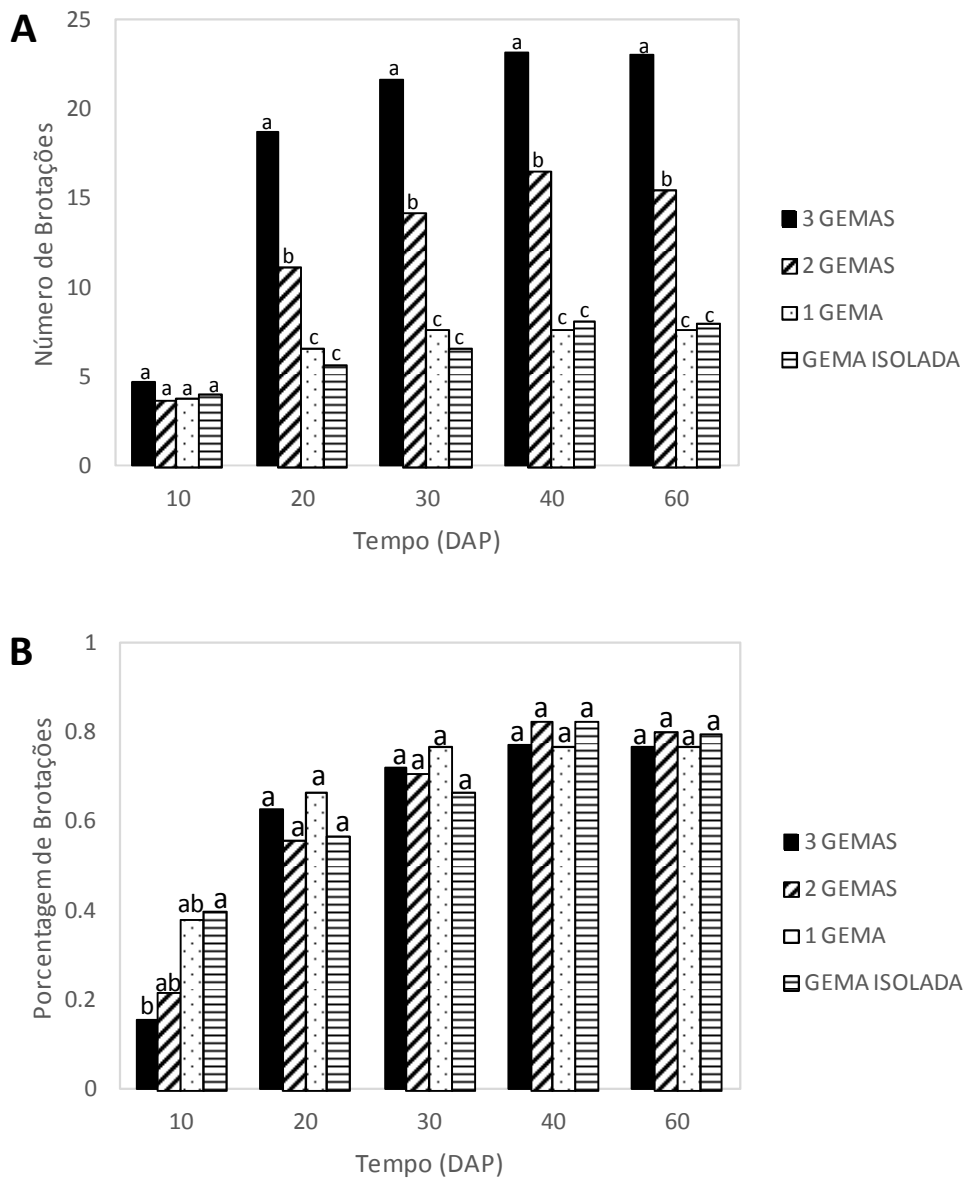


Figura 2.4 - Efeito do tipo de propágulo na brotação: Foram avaliados o número de brotações (a) e a porcentagem de brotações (b). As avaliações foram realizadas em 10, 20, 30, 40 e 60 dias após o plantio (DAP). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si dentro de cada tempo avaliado. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A altura das plantas foi significativamente afetada em função do tipo de propágulo apenas aos 40 DAP, em que se verificou uma altura superior em plantas provenientes de toletes de três e duas gemas em relação às plantas provenientes de gemas isoladas (Figura 2.5).

De acordo com Mello et al. (1995), o consumo de reservas do tolete apresenta duas fases distintas. Até os 21 dias após o plantio, o consumo é mais lento. Após esse período, entre os 28 e os 42 dias após o plantio, o consumo das reservas é mais acelerado. A primeira

fase estaria ligada à formação do aparato necessário para o início da utilização das reservas, ao passo que, a na segunda ocorre a utilização das reservas em ritmos acelerados. Este fato está coerente com os resultados obtidos para alturas observadas na Figura 2.5. O tempo de avaliação aos 40 DAP corresponde à fase de intenso consumo de reservas dos toletes, dessa forma, o crescimento de plantas originárias de gemas isoladas é comprometido, devido às limitações na reserva energética.

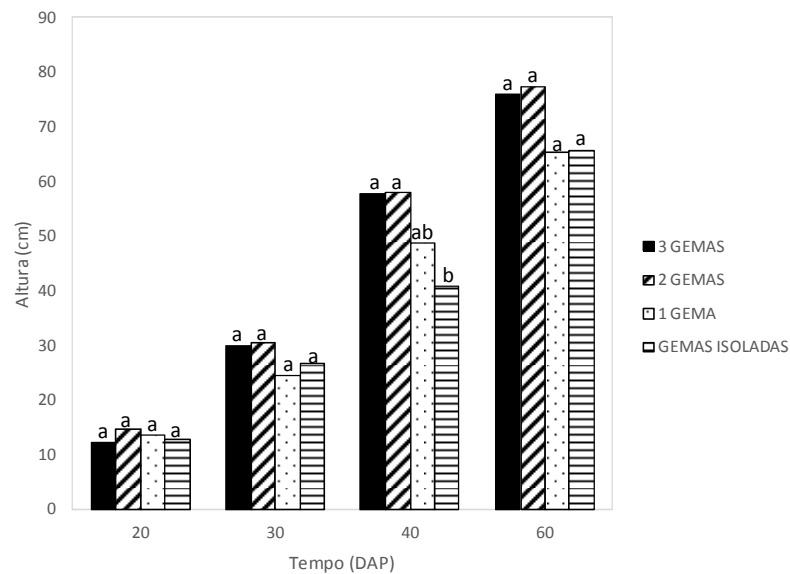


Figura 2.5 - Efeito do tipo de propágulo na altura de plantas de cana-de-açúcar: As avaliações foram realizadas em 20, 30, 40 e 60 dias após o plantio (DAP). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si dentro de cada tempo avaliado. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em relação às massas frescas, foi possível observar que a massa fresca foliar foi superior em plantas provenientes de toletes contendo três e duas gemas, comparativamente com gemas isoladas. A massa fresca radicular foi maior nas plantas originárias de toletes de três e duas gemas em relação àquelas obtidas de uma gema e de gemas isoladas (Figura 2.6a). Esses fatos se devem a maior reserva nos propágulos de três e de duas gemas. Resultado semelhante foi observado em relação às massas secas (Figura 2.6b). É possível concluir, portanto, que as limitações impostas pelas deficiências das reservas energéticas na brotação e no crescimento se refletiram em um menor acúmulo de biomassa nas plantas originárias de mini-toletes e gemas isoladas.



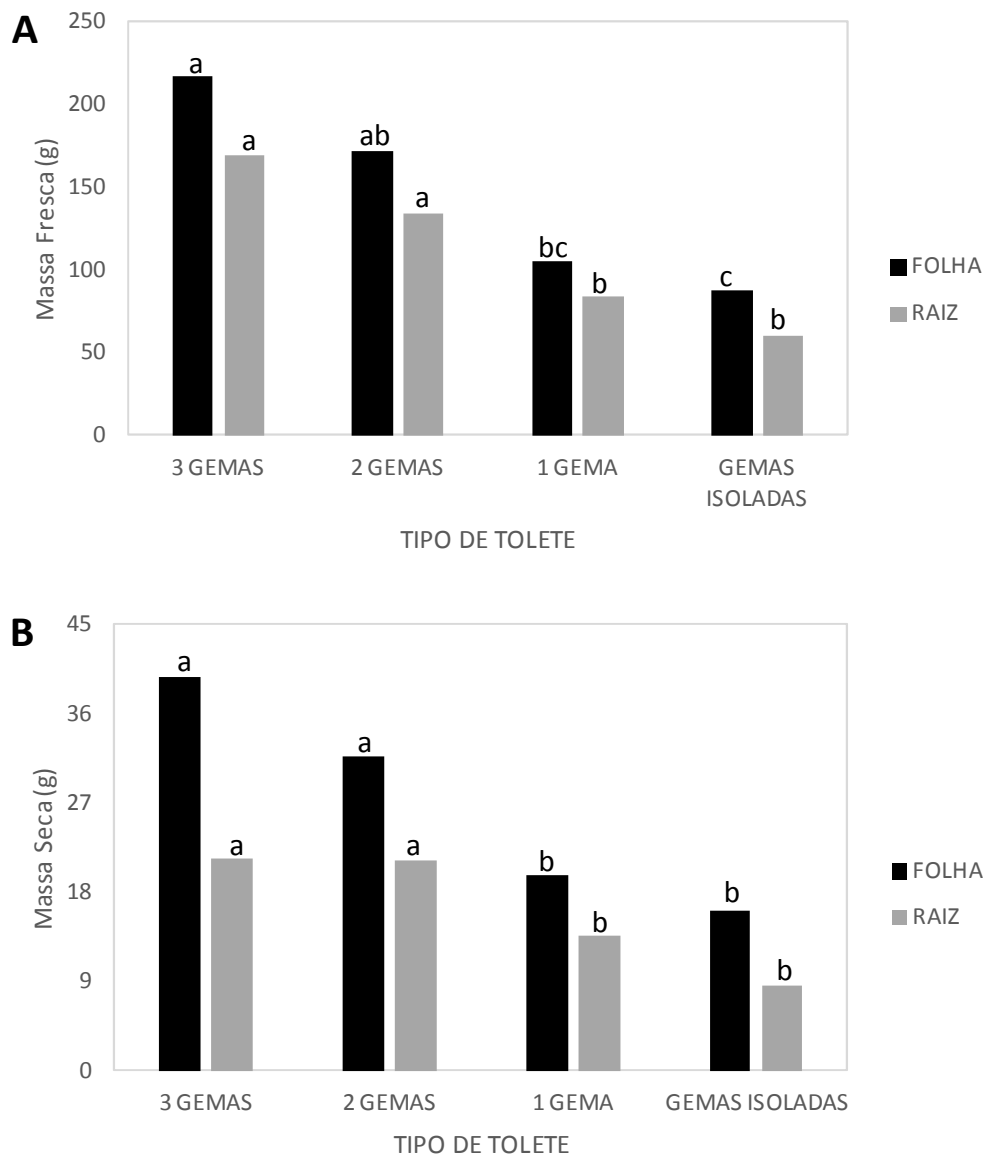


Figura 2.6 - Massas foliares e radiculares em plantas de cana-de-açúcar em função do tipo de propágulo: Ao final do experimento foram avaliadas (a) as massas frescas e (b) secas em folhas e raízes. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si dentro de cada órgão. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

## 2.4 Conclusões

Plantas provenientes de gemas superiores apresentam um melhor desenvolvimento em relação àquelas originárias de gemas medianas e basais. Uma maior eficiência de brotação inicial se refletiu ainda em maior vigor das plantas, as quais apresentaram maior altura e acúmulo de massa em folhas e raízes.

Plantas provenientes de toletes contendo três e duas gemas apresentam um melhor desenvolvimento em relação às plantas propagadas por meio de mini-toletes e de gemas isoladas. Plantas propagadas por meio de toletes de três gemas apresentam maior brotação, o

que sugere que este tipo de propágulo é o mais eficiente para a obtenção de plantas mais vigorosas além de promover um maior estande de plantas.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R.B. **Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2015. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- 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.
- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba; FEALQ, 1993. p. 31-64.
- CAMARGO, P.N. **Fisiologia da cana-açúcar**. Piracicaba, ESALQ, 1968. 38p.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de fisiologia e morfologia da 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.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 57-98.
- CRISTOFOLETTI JUNIOR, S.C. **Fisiologia da emergência e perfilhamento em mini-toletes de variedades de cana-de-açúcar**. 2012. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- CRUZ FILHO, I. O efeito do tratamento da água quente 50,55°C, por duas horas) na germinação e número de colmos produzidos com diferentes variedades de cana. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 22-23, 1968.
- DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 371p.
- GLASZIOU, K.T. Accumulation and transformation of sugars in sugarcane stalks. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 35, p. 895-901, 1960.
- JAIN, R.; SOLOMON, S.; SHRIVASTAVA, A.K.; CHANDRA, A. Sugarcane bud chips: A promising seed material. **Sugar Tech**, New Delhi. v. 12, n. 1, p. 67-69, 2010.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com o uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2012. 16p. (IAC. Documentos, 109).
- MELO, G.A; ALVES, J.D.; OLIVEIRA, L.E.M. Propagação da cana-de-açúcar - alterações dos componentes de reservas do tolete durante a brotação. **STAB-Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 10-15, 1995.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. Noções fitotécnicas. In: **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. p. 80-88.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. **Anatomia e botânica**. In: Cana-de-açúcar - DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882p.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da 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: Ed. dos Autores, 2006.p. 19-36.

SILVA, J.P.N; SILVA, M.R.N. Propagação comercial da cana-de-açúcar e fatores que afetam o ciclo. In: \_\_\_\_\_. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 105p.

SIMÕES NETO, D.E. **Efeito da quantidade de reserva energética do tolete e da compactação do solo no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1986. 94p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

STEINDL, D.R.L. Rattou stunting disease. In: MARTIN, J.P.; ABBOTT, E.U.; SUGHERS, C.G. (Ed.). **Sugar cane diseases of the world**, 1961, v. 1, p. 433-459.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**: Doenças das plantas cultivadas. 4.ed. São Paulo: Editora Ceres, 2005. v. 2. p. 185-196.

VÁZQUEZ-MOLINA, D.E.; SANTOS, A.L.; GUZMÁN, K.A.L.; MUÑIZ, O.S.; MÉNDEZ, M.V.; ROSALES, R.R.; LLAVEN, M.A.O.; DENDOOVEN, L.; GUTIÉRREZ-MICELI, F.A.; 2005. Sugar cane buds as an efficient explant for plantlet regeneration. **Biologia Plantarum**, Prague, v. 49, p. 481-485, 2005.

### 3 EFEITOS DE BIORREGULADORES NAS GEMAS BASAIS E APICAIS DE MINI-TOLETES DE CANA-DE-AÇÚCAR

#### Resumo

Durante a propagação vegetativa da cana-de-açúcar, o colmo é seccionado em toletes que podem variar em tamanho e quantidade de gemas. A posição apical da gema influencia o desenvolvimento da brotação e isso irá se refletir no vigor das plantas. Gemas apicais apresentam maior eficiência na brotação, o que está relacionado principalmente a maior atividade metabólica e maior concentração de auxina. No presente trabalho, foi proposto que a utilização de biorreguladores pode aumentar a brotação e melhorar o vigor de plantas originárias de gemas basais, levando, assim, à uma maior uniformidade da brotação e vigor dos perfilhos. Mini-toletes obtidos a partir da variedade SP 81-3250 foram coletados nas posições apicais e basais dos colmos. Os mini-toletes foram imersos em água durante 1 minuto imediatamente após o corte e posteriormente imersos por 6 minutos nas seguintes soluções de biorreguladores: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup>, Citex 100 mg L<sup>-1</sup>, ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup>, ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup>, cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup>, Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> e cianamida hidrogenada 30%. Aos 15 e aos 29 dias após o plantio (DAP) foram determinadas as alturas das plantas e o número de brotações. Aos 30 DAP, foram coletadas amostras de colmos e de folhas para a determinação da massa seca de cada órgão e área foliar. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e ao final foi realizada a análise de variância dos dados e teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Não houve diferenças significativas no número de brotações de gemas apicais e basais não tratadas. O tratamento com Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> reduziu o número de brotações de gemas basais aos 29 DAP. Plantas originárias de gemas apicais exibiram uma altura superior àquelas originárias de gemas basais apenas aos 15 DAP e em relação aos tratamentos com biorreguladores, não houve diferença significativa em relação ao controle, tanto em gemas apicais quanto basais. O tratamento com Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> reduziu a área foliar em gemas apicais. Em relação às massas secas de colmos e folhas não se verificaram alterações em relação ao controle. Em geral, é possível concluir que a cana-de-açúcar não respondeu de maneira significativa ao uso de biorreguladores.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Propágulos; Brotações; Reguladores vegetais

#### Abstract

During the vegetative propagation of sugarcane, the stem is sectioned into small stalks that can vary in size and amount of buds. The apical bud position influences the development of sprouting and this will be reflected in the vigor of the plants. Upper buds are more efficient in sprouting, which is mainly related to higher metabolic activity and higher auxin concentration. In this study, it was proposed that the use of bioregulators can increase the sprouting and improve the vigor of plants originating from basal buds, leading thus to a greater uniformity of sprouting and vigor of tillers. Small stalks obtained from the variety SP 81-3250 were collected from the top and base of the stalk positions. The small stalks were immersed in water for 1 minute immediately after the cut and then immersed for 6 minutes in the following bioregulator solutions: kinetin 100 mg L<sup>-1</sup>, Citex 100 mg L<sup>-1</sup>, naphthalene acetic acid 50 mg L<sup>-1</sup>, indolylacetic acid 50 mg L<sup>-1</sup>, kinetin 100 mg L<sup>-1</sup> + naphthalene acetic acid 50 mg L<sup>-1</sup>, Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + indolylacetic acid 50 mg L<sup>-1</sup> and hydrogenated cyanamide 30%.

We determined the heights of plants and the number of sprouting at 15 and 29 days after planting (DAP). At 30 DAP, stems and leaf samples were collected to determine the dry mass of each organ and leaf area. The experimental design was completely randomized and performing the data to variance analysis (F test) and Tukey test at 5% significance were performed. There were no significant differences in the number of sprouting of control apical and control basal buds. Treatment with Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + indolylacetic acid 50 mg L<sup>-1</sup> reduced the number of sprouting basal buds after 29 DAP. Plants from apical buds were higher than those originating from basal buds, only at 15 DAP and compared to treatments with plant bioregulators, there was no significant difference from the control in both apical and basal buds. Treatment with Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + indolylacetic acid 50 mg L<sup>-1</sup> reduced leaf area in apical buds. For dried mass of stems and leaves, there were no changes compared to the control. In general, it was concluded that the sugarcane did not respond significantly to the use of bioregulators.

Keywords: *Saccharum* spp; Propagules; Sprouts; Plant growth regulators

### 3.1 Introdução

Durante a propagação vegetativa da cana-de-açúcar, o colmo é seccionado em toletes que podem variar em tamanho e quantidade de gemas. O corte permite a quebra da dominância apical exercida pela gema do ápice que, por meio do transporte basípeto de auxina, restringe a brotação das gemas laterais, mantendo-as em dormência. Conforme demonstrado por Mello et al. (1995), a posição apical da gema irá influenciar o desenvolvimento da brotação. Gemas apicais e basais apresentaram respostas diferenciadas em relação à mobilização de reservas do tolete. Os teores de aminoácidos dos toletes exibem um aumento inicial até 7 dias após a brotação, decrescendo posteriormente. Esse aumento é mais prolongado em toletes provenientes das posições mediana e basal no colmo. A antecipação do pico de aminoácidos nos toletes apicais reflete a intensa atividade metabólica em tecidos mais jovens em comparação com tecidos mais velhos.

Isso ocorre devido às diferenças nas idades das gemas, sendo que as do ápice são mais jovens e, portanto apresentam maior brotação em relação às gemas basais (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2008). Os teores de água, glicose e nitrogênio são maiores nas gemas apicais, ao passo que os teores de sacarose e sais minerais aumentam em direção à base do colmo (CAMARGO, 1976). Além disso, entrenós mais jovens apresentam maiores quantidades de açúcares redutores (GLASZIOU, 1960) e a rápida brotação das gemas apicais pode estar associada ao conteúdo mais elevado de glicose (SIMÕES NETO, 1986), uma vez que gemas basais necessitam converter a sacarose em glicose para iniciar o processo de brotação.

As diferenças na eficiência de brotação em relação à posição da gema no colmo também ocorrem devido à existência de um gradiente decrescente de auxina do ápice para a base ao longo do colmo e neste caso, gemas apicais apresentam maior conteúdo desse hormônio, o que possibilita maior enraizamento durante o processo de brotação (SEGATO et al., 2006).

O uso de reguladores vegetais se tornou uma prática rotineira para aumentar o potencial produtivo da cultura de cana-de-açúcar. Eles podem ser aplicados diretamente nas plantas e promovem alterações nos processos vitais e estruturais, possibilitando incrementos no teor de sacarose, precocidade de maturação e aumento na produtividade das culturas (MARTINS; CASTRO, 1999; CAPUTO et al., 2008).

A aplicação de ethephon em toletes no sulco de plantio se mostrou eficiente no aumento da emergência e na quantidade de açúcar na colheita (BAGLIONE et al., 1996) e no incremento da produtividade final (PAGGIARO et al., 1995). A aplicação de ethephon diretamente em toletes também aumentou o perfilhamento, massa seca e fresca da parte aérea e raízes (NAUFEL et al., 2008). Mendes (2010) também observou aumentos significativos na germinação e emissão de perfilhos em cana-de-açúcar com a aplicação de ethephon.

A aplicação de giberelina em toletes no sulco aumentou gradativamente a altura das plantas (CASTRO et al., 1984) e sua pulverização em plantas de cana-de-açúcar no início de condições inverniais promoveu o aumento no crescimento da região apical e incremento na biomassa do colmo (CASTRO et al., 1982).

A combinação de dois ou mais reguladores vegetais, ou ainda, a combinação de biorreguladores e outros compostos de natureza química diferente, tais como aminoácidos e vitaminas, também tem sido amplamente utilizada e caracterizam os bioestimulantes (CASTRO et al., 2009). O Stimulate é uma mistura de 50 mg L<sup>-1</sup> de giberelina, 50 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico e 90 mg L<sup>-1</sup> de cinetina. Silva et al. (2010), avaliaram a ação do Stimulate em conjunto com fertilizantes foliares em genótipos de cana-de-açúcar. Houve aumento da produtividade de colmos e do teor de açúcar em cana-soca, indicando a possibilidade do aumento da longevidade dos canaviais. Por outro lado Mendes (2010) observou um retardamento na brotação pela ação do Stimulate até os 45 dias após o plantio, possivelmente por efeito da giberelina presente no bioestimulante.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de reguladores vegetais, isoladamente ou em conjunto, na brotação e vigor de plantas de cana-de-açúcar. A possibilidade de incrementar a emergência de gemas basais do colmo poderá levar a uma maior uniformidade da brotação e aumento no vigor dos perfilhos.

### 3.2 Material e métodos

Os mini-toletes foram obtidos a partir da variedade SP 81-3250. Foram coletados mini-toletes nas posições apicais e basais dos colmos. Os mini-toletes foram imersos em água durante 1 minuto imediatamente após o corte. Os tratamentos com os reguladores vegetais foram realizados através da imersão nas soluções de tratamento por 6 minutos e em seguida os mini-toletes foram plantados em caixas contendo areia. Os tratamentos utilizados foram: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup>, Citex 100 mg L<sup>-1</sup>, ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup>, ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup>, cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup>, Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> e cianamida hidrogenada 30%.

Aos 15 e aos 29 DAP foram determinadas as alturas das plantas (cm) e o número de brotações. Aos 30 DAP foram coletadas amostras de colmos e de folhas para a determinação da massa seca (g) de cada órgão. Após a separação do material, as porções foram secas em estufa a 60°C por 72h e pesadas em seguida. Amostras de folha também foram coletadas para a determinação da área foliar (cm<sup>2</sup>) medida através do equipamento LI-3100 (LI-COR Biosciences, Lincoln, USA).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 15 tratamentos e 4 repetições, totalizando 60 parcelas. Cada caixa continha 9 mini-toletes. Ao final foi realizada a análise de variância dos dados (teste F) e teste de comparação de médias (Tukey 5%).

### 3.3 Resultados e discussão

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de biorreguladores no desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar propagadas por meio de mini-toletes. Para tal abordagem, foram utilizadas gemas provenientes das porções apicais e basais dos colmos. Foram avaliados o número de brotações e a altura das plantas aos 15 e 29 DAP. Aos 30 DAP avaliou-se a área foliar e as massas secas de folhas e colmos. A descrição das médias obtidas para cada parâmetro avaliado e a análise de variância encontram-se em anexo.

Em relação ao número de brotações, verificou-se que aos 15 DAP, não houve diferença significativa entre os tratamentos em gemas basais e apicais em relação ao controle (Figura 3.1a). Aos 29 DAP o tratamento com Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> mostrou reduzir a brotação de gemas basais em relação ao controle, efeito que não foi observado em gemas apicais (Figura 3.1b).

Comparando-se os controles relativos às gemas apicais e basais, não foram observadas diferenças em relação ao número de brotações. Este fato ocorreu de maneira contrária ao que seria esperado, uma vez que a brotação de gemas apicais é normalmente mais eficiente em

comparação às gemas de posições basais do colmo (MELLO et al.,1995; SEGATO et al., 2006; CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2008). Estes fatos também foram observados recentemente por Araújo (2015). Neste trabalho, o autor ainda verificou que a brotação foi estimulada pela aplicação de ethephon nos propágulos de cana-de-açúcar. A aplicação de cianamida hidrogenada, entretanto, não estimulou a brotação.

De fato, a cana-de-açúcar parece responder de forma eficiente às aplicações de ethephon (BAGLIONE et al., 1996; PAGGIARO et al., 1995; NAUFEL et al., 2008; MENDES, 2010), mas parece ser pouco sensível a outros biorreguladores. Castro et al. (1975) avaliaram os efeitos de diferentes concentrações de giberelinas, ácido indolilacético e cinetina na brotação e enraizamento. Os reguladores de vegetais não afetaram significativamente a porcentagem de brotação.

O tratamento com Accel  $100 \text{ mg L}^{-1}$  + ácido indolilacético  $50 \text{ mg L}^{-1}$  reduziu a brotação de gemas basais; sendo que Accel é um produto comercial composto por 1,3% da citocinina FTPA ( N-fenilmetil-9-tetra-hidro-2H-2 piranil 9H-6 amino purina). Combinações de auxinas e citocininas atuam sinergicamente na regulação da divisão celular, entretanto, atuam de forma antagônica para controlar a formação de gemas e raízes laterais, sugerindo múltiplos mecanismos de interação (CATO, 2006). No cultivo *in vitro*, o crescimento e a produção de metabólitos são afetados pela relação auxina/citocinina, mas a concentração e o tipo de auxina ou citocinina também exercem influência (RAMACHANDRA RAO; RAVISHANKAR, 2002).

O fato de a brotação de gemas apicais não ter sido influenciada pelo tratamento com Accel e ácido indolilacético pode estar relacionado às diferenças nas concentrações endógenas das gemas apicais e basais. Conforme mencionado anteriormente, há um gradiente decrescente de auxina do ápice para a base ao longo do colmo e neste caso, o que por si, já representa vantagem para as gemas apicais, sobretudo no que diz respeito ao processo de brotação (SEGATO et al., 2006).



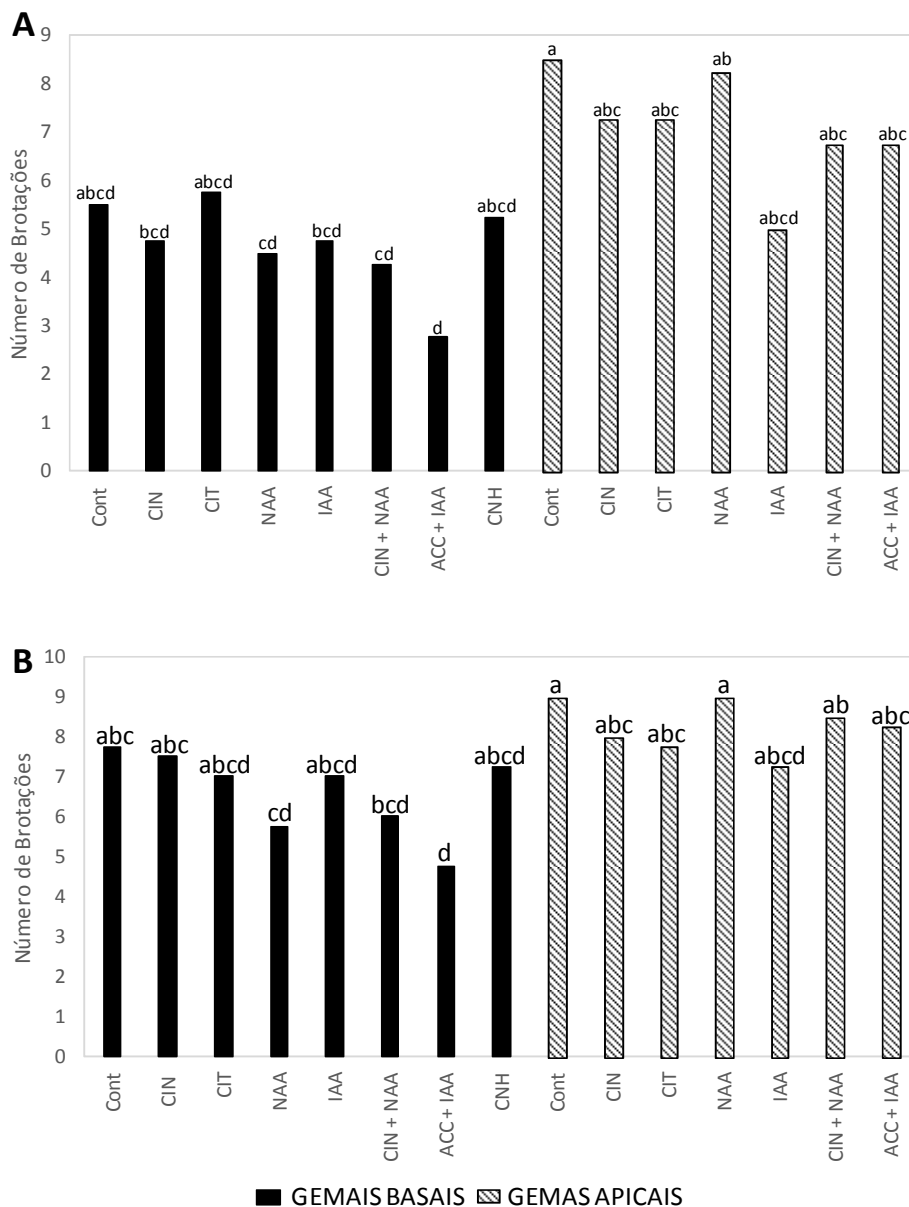


Figura 3.1 - Brotações de plantas de cana-de-açúcar em resposta a biorreguladores. Gemas basais e apicais foram tratadas com os seguintes biorreguladores: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN), Citex 100 mg L<sup>-1</sup> (CIT), ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA), cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN) + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), Accel 100 mg L<sup>-1</sup> (ACC) + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). As brotações foram avaliadas (a) 15 dias e (b) 29 dias após o plantio. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Plantas originárias de gemas apicais exibiram em geral, uma altura superior àquelas originárias de gemas basais aos 15 DAP (Figura 3.2a). Posteriormente, aos 29 DAP, este fato não foi mais observado (Figura 3.2b). Em relação aos tratamentos com biorreguladores, não houve diferença significativa em relação aos controles tanto em gemas apicais quanto basais. A altura também é um parâmetro que parece não ser muito sensível ao tratamento com reguladores vegetais. Castro et al. (1975) não verificaram diferenças significativas nas alturas

de plantas tratadas com diferentes concentrações de giberelinas, ácido indolilacético e cinetina.

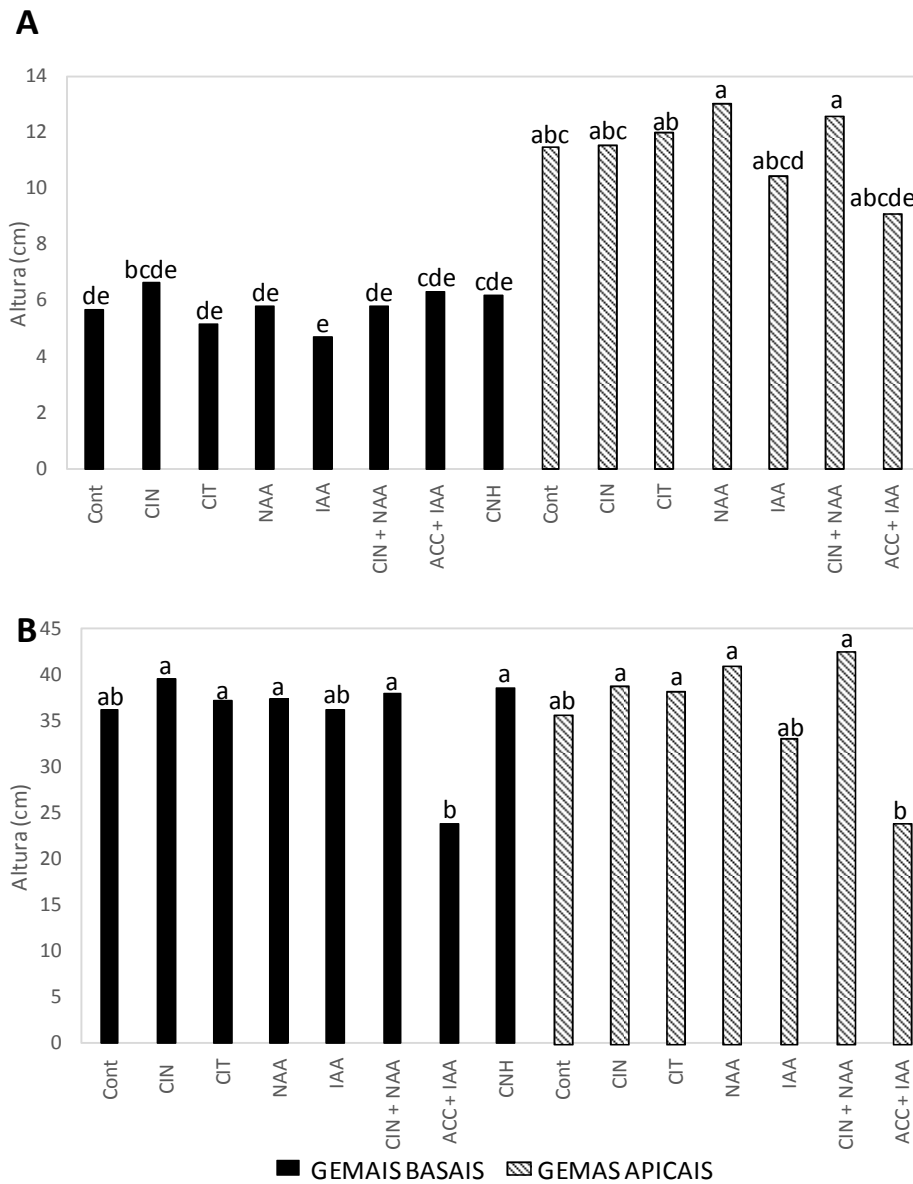


Figura 3.2 - Altura de plantas de cana-de-açúcar em resposta a biorreguladores. Gemas basais e apicais foram tratadas com os seguintes biorreguladores: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN), Citex 100 mg L<sup>-1</sup> (CIT), ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA), cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN) + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), Accel 100 mg L<sup>-1</sup> (ACC) + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). As alturas foram avaliadas (a) 15 dias e (b) 29 dias após o plantio. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Conforme observado na Figura 3.1, não houve diferenças na eficiência de brotação entre gemas apicais e basais. Apesar deste fato, é possível que durante o estabelecimento da brotação, o sistema radicular tenha se desenvolvido de maneira diferenciada entre as diferentes gemas. Conforme mencionado, a concentração endógena de auxina é superior em

gemas apicais, o que estabelece um melhor desenvolvimento do sistema radicular (SEGATO et al., 2006). Este fato garante uma maior eficiência do estabelecimento da brotação, o que pode ter acarretado um melhor desenvolvimento inicial de plantas originárias de gemas apicais, o que foi evidenciado na maior altura verificada aos 15 DAP.

A área foliar tomada aos 30 DAP, em geral, não foi afetada pelos tratamentos e apenas em gemas apicais foi possível verificar que o tratamento com Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> reduziu a área foliar em relação ao controle (Figura 3.3). Em relação à massa seca de folhas, observou-se que cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> superou Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> nas plantas originárias de gemas basais; sendo que ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> superou Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> nas plantas originárias de gemas apicais (Figura 3.4a). Não se verificaram diferenças na massa seca de colmos das plantas originárias de gemas apicais e basais tratadas com biorreguladores (Figura 3.4b).

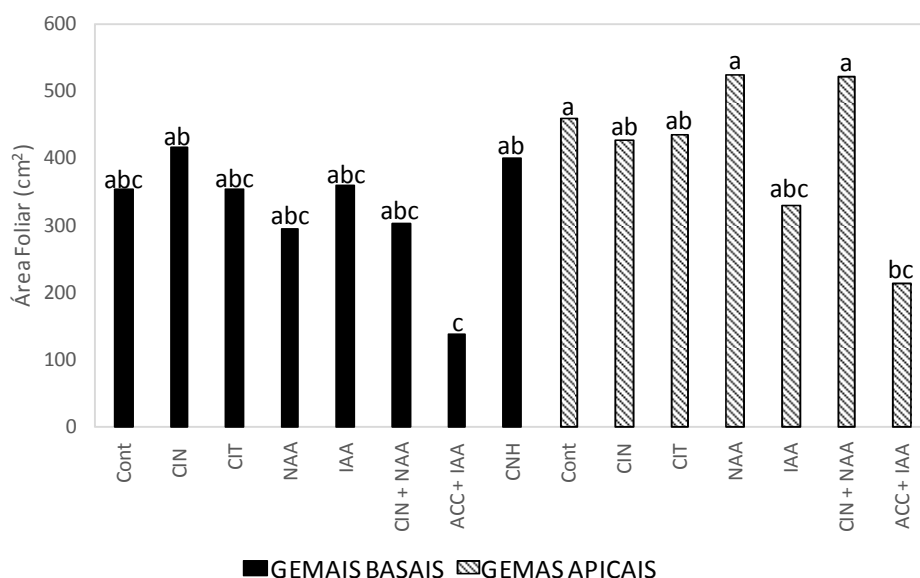


Figura 3.3 - Área foliar de plantas de cana-de-açúcar em resposta a biorreguladores. Gemas basais e apicais foram tratadas com os seguintes biorreguladores: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN), Citex 100 mg L<sup>-1</sup> (CIT), ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA), cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN) + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), Accel 100 mg L<sup>-1</sup> (ACC) + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Nas aplicações de giberelinas, ácido indolilacético e cinetina, Castro et al. (1975) verificaram alterações no limbo foliar apenas em resposta à giberelina. Houve redução do

limbo foliar, porém, em relação à massa seca da parte aérea, ocorreu um aumento em resposta ao tratamento com ácido indolilacético.

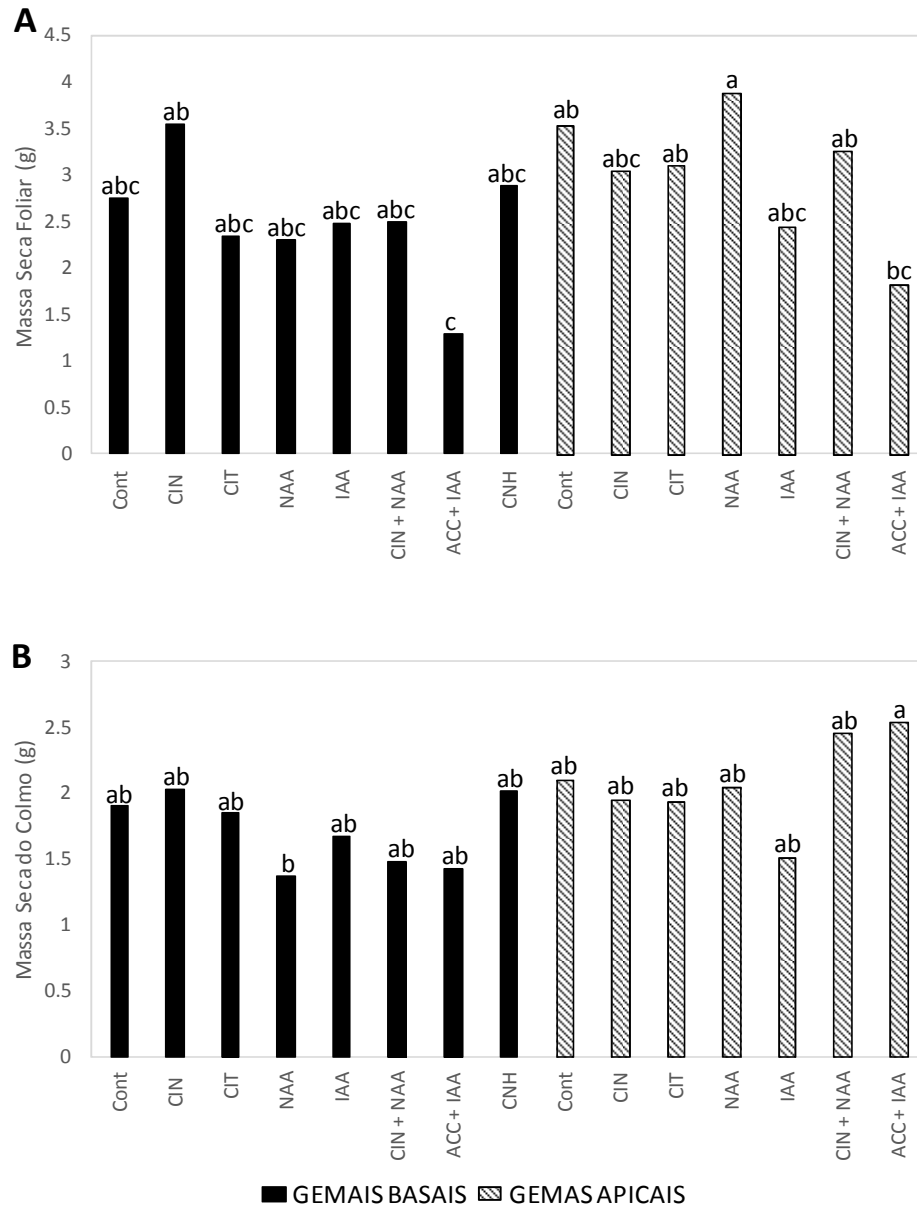


Figura 3.4: - Massas secas de plantas de cana-de-açúcar em resposta a biorreguladores. Gemas basais e apicais foram tratadas com os seguintes biorreguladores: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN), Citex 100 mg L<sup>-1</sup> (CIT), ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA), cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN) + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), Accel 100 mg L<sup>-1</sup> (ACC) + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). Foram medidas (a) a massa seca foliar e (b) a massa seca do colmo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A utilização de diferentes combinações de reguladores vegetais e de combinações com grupos de outra natureza química (bioestimulantes) na cultura da cana-de-açúcar tem o potencial para aumentar a produtividade da cultura. Isso pode ocorrer mesmo sob condições

adversas, como estresses ambientais, pois sua ação ocorre otimizando processos vitais no desenvolvimento da cultura. Entretanto, uma vez que os bioestimulantes são compostos por múltiplos hormônios em baixas concentrações e devido às baixas dosagens recomendadas, a manipulação ou regulação de um processo fisiológico específico torna-se difícil (COSTA; DAROS, MORAES, 2011).

### 3.4 Conclusões

Em conjunto, os resultados indicam que a cana-de-açúcar não responde de maneira evidente aos reguladores vegetais aplicados. A utilização dos reguladores não foi capaz de uniformizar a altura dos perfilhos de gemas basais e apicais aos 15 DAP. A aplicação de Accel 100 mg L<sup>-1</sup> + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> reduziu o número de brotações de gemas basais e a área foliar em plantas originárias de gemas apicais.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R.B. **Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2015. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, 2015.
- BAGLIONE, B.M.; COELHO, A.L.; MONTREZOR, G.; PAGGIARO, C.M.; MOURA, H. O.; CONTIERO, J.C. Efeito da aplicação de Ethrel no sulco de plantio. In: ENCONTRO RHODIA CANA-DE-AÇÚCAR, 7., 1996. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1996. p. 18-24.
- CAMARGO, P.N. **Fisiologia da cana-açúcar**. Piracicaba, ESALQ, 1968. 38p. **Fisiologia de la caña de azúcar**. Trad. de B. Ortiz-Villanueva. México: Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar, 1976. 63p.
- CAPUTO, M.M.; BEAUCLAIR, E.G.F.; SILVA, M.A.; PIEDADE, S.M.S. citar todos Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas. v.67, n.1, p.15-23, 2008.
- 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.C.; SANGUINO, A.; VILELA, E.; AKIBA, F.; SUDO, S.; MASUDA, Y. Ação de reguladores de crescimento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar tratada termicamente. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro. v. 85, n. 5, p. 42-50, 1975.
- CASTRO, P.R.C.; MARTINELLI, C.; DEMÉTRIO, C.G.B. Ação de giberelina no crescimento da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro. v.4, n.1, p. 22-25, 1984.

CASTRO, P.R.C.; DIONISIO, A.; JOÃO, J.; MARTINELLI, C.; DEMÉTRIO, C.G.B. Aumento da produção de cana-de-açúcar com ácido giberélico. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro. v.99, n.1, p. 35-42, 1982.

CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M.; ROSSI, G. **Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: DIBD-ESALQ, 2009. 83p. (Série Produtor Rural).

CATO, S.C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendozeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

COSTA, N.L.; DAROS, E.; MORAES, A. Utilização de bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **PUBVET**, Londrina, v. 5, p. 1-31, 2011.

GLASZIOU, K.T. Accumulation and transformation of sugars in sugarcane stalks. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 35, p. 895-901, 1960.

MARTINS, M.B.G.; CASTRO, P.R.C. Efeito da giberelina e ethefon na anatomia de plantas da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.34, p.1855-1863, 1999.

MELO, G.A.; ALVES, J.D.; OLIVEIRA, L.E.M. Propagação da cana-de-açúcar - alterações dos componentes de reservas do tolete durante a brotação. **STAB-Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 10-15, 1995.

MENDES, L.S. **Efeitos de ethephon e giberelina no desenvolvimento inicial e em alguns parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar**. 2010. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NAUFEL, H.S.; OLIVEIRA, C.C.; ROSSINI, D.; CHIARELLI, C.B.; MUTTON, M.A. Desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar submetida a tratamento químico dos toletes. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB E CONVENÇÃO DA ACTALAC. 5., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008. p. 172-177.

PAGGIARO, C.M.; GERALD FILHO, L.; ALBUQUERQUE, F.C.; BAGLIONE, B.M. Ethrel na germinação e perfilhamento da cana-de-açúcar na Usina da Barra S. A.-Açúcar e Álcool. In: ENCONTRO ETHREL CANA-DE-AÇÚCAR, 4., 1995. **Anais...** Sao Paulo: Rhodia, 1995. p. 10-11.

RAMACHANDRA RAO, S.; RAVISHANKAR, G. A. Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites. **Biotechnology Advances**, New York. v.20, p.101-153, 2002.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da 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: Ed. dos Autores, 2006. cap. 2, p. 19-36.

SILVA, M.A.; CATO, S.C.; COSTA, A.G.F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, Santa Maria. v.24, n.2, p.23-33, 2010.

**SIMÕES NETO, D.E. Efeito da quantidade de reserva energética do tolete e da compactação do solo no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). 1986. 94p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.**

## 4 AÇÃO DE UREIA E TIAMETOXAM NO DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR ORIGINÁRIA DE MINI-TOLETES

### Resumo

A utilização de mini-toletes na propagação da cana-de-açúcar impõe limitações no desenvolvimento das brotações e no vigor das plantas em campo. Isso ocorre devido às limitações nas reservas nutricionais dos toletes e à rápida redução da umidade. Com o objetivo de contornar tais limitações, o presente trabalho propôs a utilização da ureia como fonte de adubação nitrogenada para suprir as demandas nutricionais durante o desenvolvimento da brotação. Além disso, a utilização do tiametoxam, inseticida sistêmico com conhecida ação bioativadora, foi proposta como uma abordagem para melhorar a brotação e o vigor das plantas originárias de mini-toletes. Foram utilizados mini-toletes de 4 cm contendo apenas uma gema da variedade RB 867515 de cana-de-açúcar, os quais foram tratados com tiametoxam anteriormente ao plantio. Após 30 dias após o plantio (DAP), ao emergirem as raízes adventícias, foi realizada a aplicação de ureia, à 5 cm abaixo dos toletes. Foram adicionadas as seguintes concentrações de ureia: 0, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>. Foram realizadas avaliações das alturas das plantas e do número de brotações aos 34 e aos 94 DAP. Aos 131 DAP foram coletadas amostras para as determinações da massa seca de raízes, colmos e folhas, além da área foliar. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, realizando-se a análise de variância (teste F) e teste de comparação de médias (Tukey 5%). Nas plantas controle (-tiametoxam) a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia aumentou o número de brotações. As dosagens de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> aumentaram a altura dos perfilhos aos 94 DAP. As dosagens de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> aumentaram a área foliar e as massas secas de raízes, colmos e folhas. A aplicação de tiametoxam aumentou o número de brotações em plantas que receberam 100 kg ha<sup>-1</sup> e 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, aos 64 e aos 94 DAP, respectivamente. A aplicação de tiametoxam aumentou a altura de perfilhos e a área foliar, aos 64 DAP, em plantas controle (-ureia). A aplicação de tiametoxam também aumentou as massas secas de colmos, folhas e raízes, em plantas que receberam a dosagem de 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia. É possível concluir que o tiametoxam melhora os aspectos do desenvolvimento da cana-de-açúcar, porém os resultados variam em função das dosagens de ureia utilizadas. Em todos os parâmetros avaliados, a dosagem de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia se mostrou a mais eficiente em melhorar a brotação e vigor das plantas originárias de mini-toletes.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Fertilizante nitrogenado; Bioativador

### Abstract

The use of small stalks in the sugarcane propagation imposes limitations on the development of sprouting and vigor of the plants in the field. This is due to limitations in the nutritional reserves of small stalks and rapid reduction in moisture. In order to overcome such limitations, this study proposed the use of urea as a source of nitrogen fertilizer to meet the nutritional demands during the sprout development. Furthermore, the use of thiamethoxam, systemic insecticide with known bioactivator action, was proposed as an approach to improve sprouting and vigor of plants from small stalks. It was used 4 cm small stalks containing only a bud from RB 867515 variety, which were treated with thiamethoxam prior to planting. Thirty days after planting (DAP), when emerged the adventitious roots, the application of urea was performed in 5 cm below the stalks. The following concentrations of urea were added: 0, 100, 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>. The heights of the plants and the number of sproutings at 34 and 94



DAP were evaluated. Samples were collected for the determination of the dry mass of roots, stems and leaves, and leaf area, at 131 DAP. The experimental design was completely randomized, performing the analysis of variance (F test) and mean comparison test (Tukey 5%). In the control plants (-thiametoxam) the application of 200 kg ha<sup>-1</sup> of urea increased the number of sproutings. The dosages of 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup> increased the height of the tillers at 94 DAP. The dosages of 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup> increased the leaf area and dry mass of roots, stems and leaves. The application of thiametoxam increased the number of sproutings in plants which received 100 kg ha<sup>-1</sup> and 400 kg ha<sup>-1</sup> of urea, at 64 and 94 DAP, respectively. The application of thiametoxam increased the height of tillers and leaf area after 64 DAP in control plants (-urea). The application of thiametoxam also increased the dry mass of stems, leaves and roots from plants treated with a dosage of 400 kg ha<sup>-1</sup> of urea. It was concluded that the thiametoxam improves aspects of development of sugarcane, but the results vary depending on the urea dosages used. In all parameters, the dose of 200 kg ha<sup>-1</sup> of urea was the most effective in improving sprouting and vigor of plants from small stalks.

Keywords: *Saccharum* spp; Nitrogen fertilizer; Bioactivator

#### 4.1 Introdução

A utilização de mini-toletes na propagação da cana-de-açúcar pode trazer inúmeros benefícios, principalmente em relação ao manejo da cultura e a economia do material vegetal utilizado na propagação. Esta prática, entretanto, possui limitações, dentre elas, o fato de as reservas nutricionais dos mini-toletes serem limitadas. O teor de nutrientes decai rapidamente durante a emergência, juntamente com a umidade, levando a baixa taxa de sobrevivência do material vegetal em campo (JAIN et al., 2010). Em mini-toletes contendo maiores quantidades de reservas, a brotação ocorre mais rapidamente e é mais vigorosa (SIMÕES NETO, 1986). Uma alternativa para contornar tais limitações seria o fornecimento dos nutrientes necessários para suprir às demandas nutricionais para o desenvolvimento e o estabelecimento da brotação.

Em relação à redistribuição da reserva nitrogenada dos toletes, em toletes contendo apenas 1 gema, ocorre redistribuição de 50% do nitrogênio para novos tecidos da cana-planta (CARNEIRO; TRIVELIN; VICTORIA, 1995). Takahashi (1960) verificou que houve redistribuição de 44% do nitrogênio presente no perfilho primário para os novos perfilhos após 3 meses de plantio. Já em relação à cana-soca, após a primeira rebrota, o nitrogênio presente em raízes e rizomas se redistribui em partes iguais entre a parte aérea e o sistema radicular (TRIVELIN; COLETI; LARA CABEZAS, 1984).

O nitrogênio é o segundo elemento essencial mais absorvido pela cana-de-açúcar, perdendo, em geral, apenas para o potássio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Ele constitui apenas cerca de 1% da matéria seca da cana-de-açúcar, mas exerce papel

fundamental no desenvolvimento da planta, uma vez que está envolvido na constituição de moléculas importantes como proteínas e ácidos nucleicos, além de participar de processos bioquímicos essenciais, como na constituição da molécula de clorofila, fundamental no processo fotossintético (MALAVOLTA; VITTI, OLIVEIRA, 1997; CARNAÚBA, 1990).

Os sintomas visuais da deficiência de nitrogênio se apresentam sob a forma de clorose nas folhas mais velhas que exibem colorações verdes claras ou amareladas. Além disso, ocorre redução na atividade meristemática da parte aérea acarretando redução no perfilhamento, na área foliar e na longevidade das folhas (MALAVOLTA, VITTI; OLIVEIRA, 1997; SILVEIRA, 1985; ORLANDO FILHO; RODELLA, 1996). A redução do teor de nitrogênio nas folhas pode acarretar em declínio na atividade da enzima rubisco (ribulose 1,5 difosfato carboxilase/oxigenase). Neste caso, parte do CO<sub>2</sub> que seria refixado pela enzima no ciclo de Calvin retorna às células do mesófilo foliar e é refixada pela enzima PEPcase (fosfoenolpiruvato carboxilase), o que requer consumo de ATP. Portanto, a deficiência de nitrogênio acarreta perda na produção de esqueletos de carbono, o que reflete na redução da produtividade da cultura (MEINZER; ZHU, 1998). Tais fatores, associados às reduções nas taxas fotossintéticas decorrentes da redução da interceptação da radiação solar e da fixação de CO<sub>2</sub>, levam a uma redução no acúmulo de fitomassa e ao baixo desenvolvimento da cultura. As plantas passam a apresentar colmos mais finos e entrenós mais curtos. Além disso, a qualidade do produto final também é alterada. Ocorre redução no teor de umidade dos colmos, aumento no teor de fibras e redução da concentração de sacarose nos colmos (VITTI et al., 2010).

As respostas ao tratamento com nitrogênio são mais pronunciadas em cana-soca do que as observadas em cana-planta (ALBUQUERQUE; MARINHO, 1983; AZEVEDO, 1981; CANTARELLA; RAIJ, 1985). Apesar disso, não é recomendável a supressão da adubação nitrogenada em cana-planta, pois existem estudos indicando que diversos experimentos conduzidos em campo apresentaram uma resposta significativa ao nitrogênio quando analisados em conjunto (MARINHO; BARBOSA, 1996; ZAMBELLO; AZEREDO, 1983).

Outra alternativa para a otimização da propagação da cana-de-açúcar por meio da utilização de mini-toletes, seria o emprego de bioativadores. Bioativadores são substâncias orgânicas complexas, capazes de atuar na síntese de hormônios vegetais endógenos. Através desse modo de ação, os bioativadores geram alterações no metabolismo, no transporte iônico, por meio de proteínas de membrana, na nutrição mineral e no balanço hormonal (CASTRO et al., 2009).

O tiametoxam, [3-(cloro-1,3-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-1,3,5-oxadiazin-4-ilidene(nitro)amine], é um inseticida sistêmico neonicotinóide amplamente utilizado no controle de pragas iniciais, insetos sugadores e alguns mastigadores (MAIENFISCH et al., 2001) e tem se destacado com potencial ação bioativadora.

A aplicação do tiametoxam traz diversos efeitos benéficos na produtividade, no vigor, e desenvolvimento da soja (TAVARES; CASTRO, 2005). O inseticida parece aumentar a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta. A aplicação de tiametoxam em sementes de soja melhorou a germinação e reduziu os efeitos negativos do déficit hídrico no processo (CATANEO et al., 2010). Stamm et al. (2014) verificaram que o tratamento de sementes de soja com tiametoxam altera a expressão de genes relacionados a defesa e respostas a estresses.

Macedo (2012) verificou que a aplicação do inseticida em sementes de algumas monocotiledôneas foi capaz de alterar o metabolismo e o desenvolvimento das plantas até o final do ciclo, além de conferir maior vigor às plantas tratadas. O tratamento de sementes de milho com tiametoxam parece conferir uma vantagem competitiva para plântulas em relação às plantas invasoras e esta vantagem estava relacionada à melhoria do sistema antioxidante das plântulas de milho (AFIFI et al., 2015). Em trigo, a aplicação de tiametoxam melhorou o desenvolvimento radicular, alterou a distribuição de fotoassimilados, modificou a atividade de enzimas como a nitrato redutase e fenilalanina amônialiase, aumentou o teor de proteínas solúveis, além de melhorar o índice de colheita (MACEDO; CASTRO, 2011).

Em cana-de-açúcar, existem poucos trabalhos relatando os efeitos benéficos da utilização do tiametoxam. Martins et al. (2012) demonstraram que o inseticida aumentou o diâmetro do cilindro vascular e o número de elementos de metaxilema em raízes adventícias. Pereira, Fernandes e Veloso (2010) relataram incrementos na massa seca de raízes de cana-de-açúcar tratadas com tiametoxam. Aumentos na massa de colmo e na produção de açúcar também estiveram relacionados à aplicação do inseticida (DINARDO-MIRANDA; FERREIRA, 2004).

Considerando a importância do nitrogênio em processos fisiológicos importantes no metabolismo da cana-de-açúcar, este trabalho propõe a utilização de ureia aplicada em sub-superfície como fonte de nitrogênio para atender a demanda nutricional durante o desenvolvimento da brotação em plantas propagadas através de mini-toletes. Além disso, o potencial bioativador do tiametoxam poderá ser benéfico em tal processo. Em conjunto, tais práticas possivelmente permitirão a obtenção de plantas mais vigorosas, além do aumento da sobrevivência e da competitividade dos mini-toletes em condições de campo.

## 4.2 Material e métodos

Mini-toletes de 4 cm contendo apenas uma gema foram coletados da variedade RB 867515 e tratados com tiametoxam (Cruiser) na concentração 1200 mL ha<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado no dia seguinte ao tratamento com tiametoxam em recipientes plásticos com substrato de areia. Os mini-toletes foram posicionados a 2,5 cm de profundidade com a gema voltada para cima. Após 30 dias (30 DAP), ao emergirem as raízes adventícias, foi realizada a cobertura com ureia. Os mini-toletes foram transplantados em vasos de 20 kg contendo terra e foi adicionada ureia Petrobrás granulada a 5 cm abaixo dos toletes. Foram adicionadas as seguintes concentrações de ureia: 0, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>. Foram adicionados 3 toletes por vaso, em um total de 10 repetições por tratamento. Ao total foram utilizados 8 tratamentos, contendo 4 dosagens de ureia e utilizando-se toletes tratados e não tratados com tiametoxam, totalizando 80 vasos. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, realizando-se a análise de variância (Teste F) e teste de comparação de médias (Tukey 5%).

Foram realizadas avaliações iniciais da altura das plantas (cm) e contagem do número de brotação 4 dias após a cobertura com ureia (34 DAP). Tais avaliações também foram realizadas 2 meses mais tarde (94 DAP). O experimento foi finalizado no terceiro mês após a cobertura com ureia (131 DAP), quando as raízes, colmos e folhas foram separados e secados em estufa a 60°C por 72h, e posteriormente foram determinadas as respectivas massas secas (g) de cada órgão. A área foliar (cm<sup>2</sup>) também foi medida aos 131 DAP, através do equipamento LI-3100 (LI-COR Biosciences, Lincoln, USA).

## 4.3 Resultados e discussão

Mini-toletes de cana-de-açúcar apresentam baixa sobrevivência em campo, além de uma brotação ineficiente. Em decorrência disso, as plantas originárias de mini-toletes são menos vigorosas em relação àquelas propagadas de maneira convencional. O presente trabalho teve o objetivo de melhorar o vigor de plantas de cana-de-açúcar propagadas por meio de mini-toletes. Para tal abordagem, os mini-toletes foram tratados com tiametoxam antes do plantio. Aos 30 DAP, foram adicionadas as seguintes doses de ureia em sub-superfície: 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>. A descrição das médias obtidas para cada parâmetro avaliado e a análise de variância encontram-se em anexo.

Foram determinados o número de brotações e as alturas dos perfilhos aos 64 e 94 DAP. Adicionalmente, ao final do experimento (131 DAP), foram determinados: área foliar e massas secas de raízes, colmos e folhas.

A aplicação de ureia melhora o desenvolvimento de plantas originárias de mini-toletes. A adubação nitrogenada aumentou a brotação de plantas controle (não tratadas com tiametoxam). Foi possível observar que plantas tratadas com 200 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante tenderam a apresentar maior número de brotações aos 64 DAP, em relação às plantas que não receberam a adubação (Figura 4.1a). As dosagens de 100 e 400 kg ha<sup>-1</sup> não alteraram o número de brotações. Este resultado foi similar quando a avaliação foi realizada aos 94 DAP (Figura 4.1b).

Na avaliação da mobilização de nitrogênio de toletes contendo um nó, verificou-se que até aproximadamente 2 meses, a emissão das raízes de fixação e a brotação do perfilho primário dependeu da reserva orgânica do tolete (CARNEIRO; TRIVELIN; VICTORIA, 1995). A reserva de nitrogênio do tolete foi fundamental como fonte do nutriente à cana-planta nos 50-60 dias após o plantio, o que ressalta a importância da fonte nitrogenada durante o processo de brotação.

A aplicação de tiametoxam melhora o desenvolvimento de plantas originárias de mini-toletes. A aplicação de tiametoxam aumenta o número de brotações apenas em plantas tratadas com ureia. Plantas tratadas com tiametoxam e que receberam 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia apresentaram maior número de brotações aos 64 DAP em relação a plantas que não receberam tiametoxam (Figura 4.1a). A aplicação de tiametoxam aumentou o número de brotações em plantas que receberam 400 kg ha<sup>-1</sup> de uréia aos 94 DAP (Figura 4.1b).

A aplicação de ureia em plantas controle também aumentou a altura dos perfilhos, porém este efeito foi mais tardio. Aos 94 DAP foi possível observar uma altura superior em plantas tratadas com 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante (Figura 4.2).

Prado e Pancelli (2008) verificaram a utilização da adubação nitrogenada em cana-soca. A aplicação de doses variando de 50 a 200 kg ha<sup>-1</sup>, após o corte do canavial, aumentou a altura das plantas e o diâmetro dos colmos da segunda soqueira.

Em cana-planta, Silva et al. (2014) não observaram alterações nos parâmetros de crescimento em função de dosagens de 0 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio aplicadas por meio de gotejamento superficial. A adição de nitrogênio (40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de ureia, por outro lado, aumentou significativamente o crescimento da parte aérea em cana-planta, evidenciada por um aumento no acúmulo de massa da parte aérea (OTTO et al., 2009).

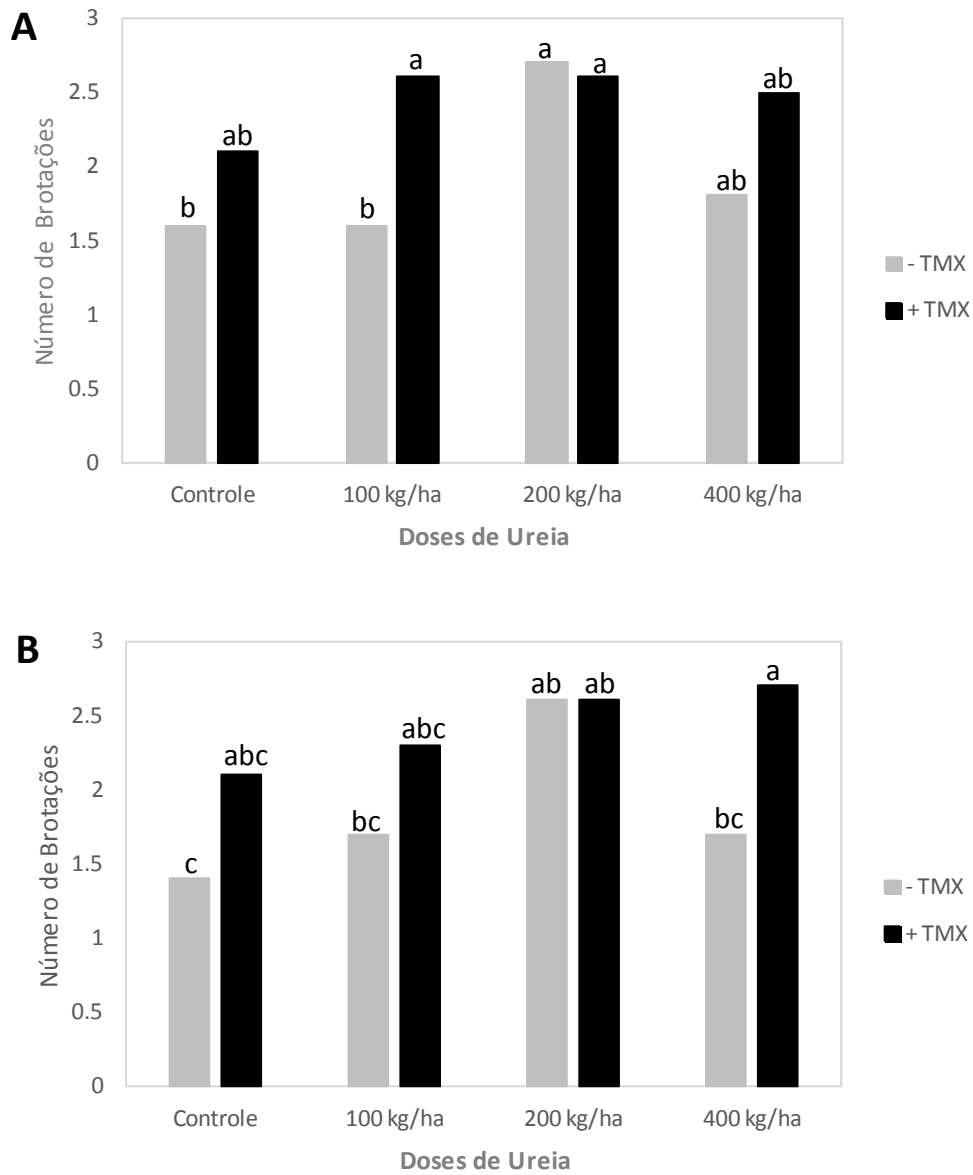


Figura 4.1 - Efeitos das aplicações de tiametoxam e ureia na brotação de cana-de-açúcar: a aplicação de ureia em foi realizada em plantas de 1 mês de idade, foram avaliados os números de brotações aos (A) 64 DAP (B) 94 DAP. Foram comparadas plantas provenientes de mini-toletes sem tiametoxam (-TMX) e com o pré-tratamento com tiametoxam (+TMX). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

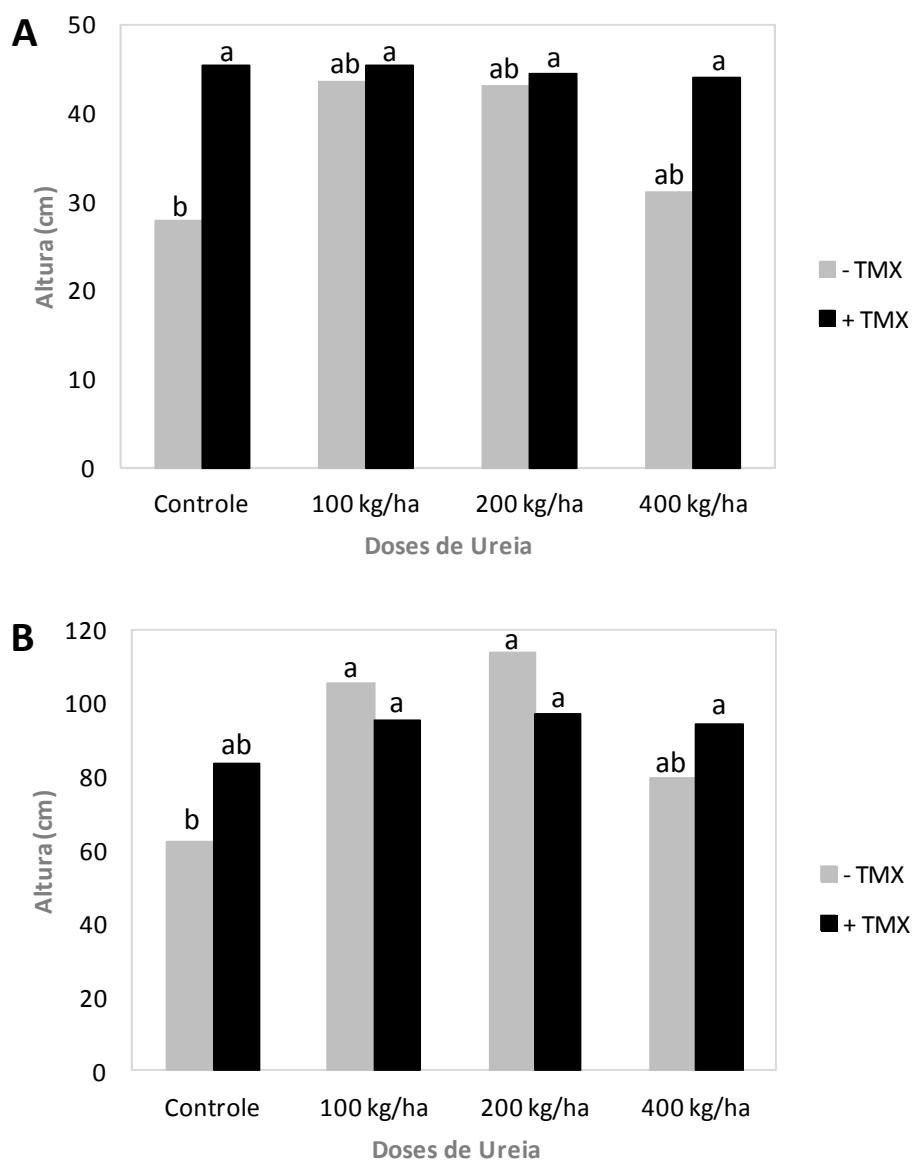


Figura 4.2 - Efeitos das aplicações de tiametoxam e ureia na altura de cana-de-açúcar: a aplicação de ureia em foi realizada em plantas de 1 mês de idade, foram avaliadas as alturas das plantas aos (A) 64 DAP (B) 94 DAP. Foram comparadas plantas provenientes de mini-toletes sem tiametoxam (-TMX) e com o pré-tratamento com tiametoxam (+TMX). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em relação à área foliar, foi possível observar que as dosagens de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> acarretaram um aumento na área foliar comparativamente com as plantas controle (Figura 4.3). A deficiência de nitrogênio acarreta redução na atividade meristemática da parte aérea e consequentemente diminuição no perfilhamento, área foliar e longevidade das folhas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; SILVEIRA, 1985; ORLANDO FILHO; RODELLA, 1996). Ao contrário do que seria esperado, Silva et al. (2014) não verificaram incrementos em parâmetros de crescimento como área foliar, número de perfilhos e número de colmos em resposta à adubação nitrogenada em cana-planta.

A aplicação de tiametoxam aumentou a altura de perfilhos aos 64 DAP em plantas que não receberam adubação com ureia (Figura 4.2a). Resultado similar foi observado nas áreas foliares de plantas não tratadas com ureia e que receberam tiametoxam (Figura 4.3).

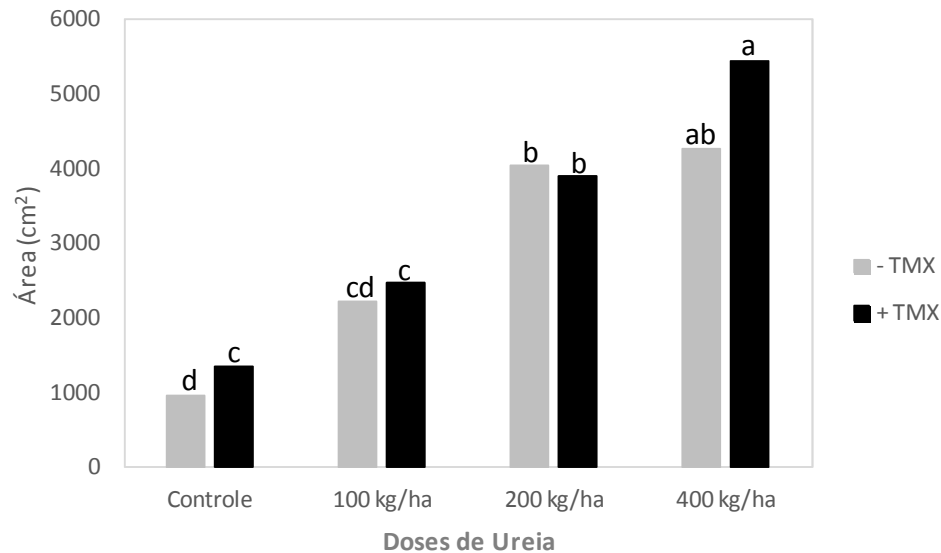


Figura 4.3 - Efeito das aplicações de tiametoxam e ureia na área foliar em cana-de-açúcar: Foi avaliada a área foliar aos 131 DAP. Foram comparadas plantas provenientes de mini-toletes sem tiametoxam (-TMX) e com o pré-tratamento com tiametoxam (+TMX). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

As dosagens de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> também acarretaram aumentos nos valores de massas secas de colmos, folhas e raízes em relação ao controle (Figura 4.4). A aplicação de tiametoxam também aumentou as massas secas de colmos, folhas e raízes, porém apenas em plantas que receberam a dosagem de 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (Figura 4.4). Apesar dos poucos trabalhos a respeito da aplicação de tiametoxam em cana-de-açúcar, aumentos significativos nas massas secas de raízes e colmos já foram descritos anteriormente (PEREIRA; FERNANDES; VELOSO, 2010; DINARDO-MIRANDA; FERREIRA, 2004).



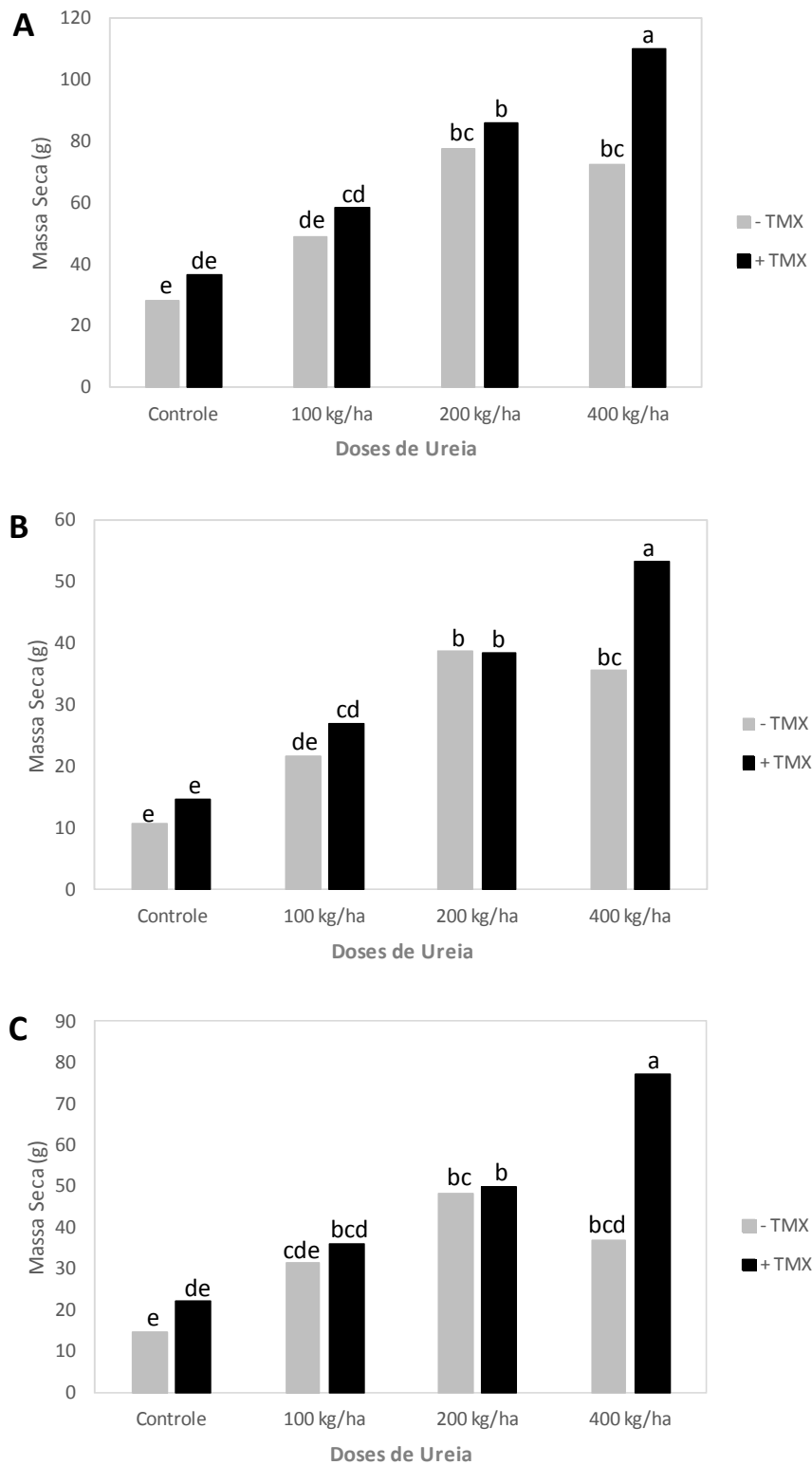


Figura 4.4- Efeito das aplicações de tiametoxam e ureia na massa seca da cana-de-açúcar: Foram avaliados as massas secas de (A) colmos, (B) folhas e (C) raízes aos 131 DAP. Foram comparadas plantas provenientes de mini-toletes sem tiametoxam (-TMX) e com o pré-tratamento com tiametoxam (+TMX). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Franco (2008) verificou que a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de ureia no fundo do sulco de plantio de toletes contendo 2 e 3 gemas, aumentou a massa seca de colmos e a massa da parte aérea total, enquanto a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> aumentou a massa seca de raízes.

Respostas lineares do acúmulo de massa seca do sistema radicular em relação a doses crescentes de nitrogênio foram observadas por Bologna-Campbell (2007), utilizando dosagens de 40 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio no plantio. Trivelin et al. (2002) utilizaram doses de nitrogênio variando de 0 a 90 kg ha<sup>-1</sup>, bem como a incorporação de restos culturais incorporados no solo e também verificaram uma tendência linear de acúmulo de massa seca do sistema radicular. A adição de nitrogênio no plantio contribuiu não apenas para o aumento do sistema radicular, mas também para o aumento de sua reserva nitrogenada.

A dosagem de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia aumentou todos os parâmetros mencionados, sugerindo que este tipo de adubação pode ser recomendado com o objetivo de melhorar o vigor de plantas de cana-de-açúcar propagadas por meio de mini-toletes. Além disso, esta dosagem aumentou o número de brotações, podendo, portanto, ser utilizada para aumentar o estande da cultura de cana-de-açúcar.

#### 4.4 Conclusões

A ureia aumenta o desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar originárias de mini-toletes. A adubação nitrogenada parece suprir de forma eficiente as demandas nutricionais durante o desenvolvimento da brotação.

Em conjunto, os resultados sugerem que o tiametoxam incrementa os aspectos do desenvolvimento da cana-de-açúcar, porém os resultados variam em função das dosagens de ureia utilizadas simultaneamente.

Avaliando todas as dosagens de ureia e a aplicação de tiametoxam, não houve um efeito somatório da aplicação de ambos. Do ponto de vista econômico, portanto, recomenda-se a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, que aplicada isoladamente já garante a melhoria do vigor de plantas de cana-de-açúcar provenientes de mini-toletes.

#### REFERÊNCIAS

AFIFI, N.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighbouring weeds. **Pest Management Science**, Sussex. v. 71, p. 505-514, 2015.

ALBUQUERQUE, G.A.C.; MARINHO, M.L. Adubação na região Norte-Nordeste. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição de adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p. 265-286.

AZEVEDO, H.J. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Araras: Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar, 1981. 108p. Apostila.

BOLOGNA-CAMPBELL, I.R. **Balço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta**. 2007. 110p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.V. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTA, M.B.M. (Ed.). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, , 1985. p. 47-49.

CARNAÚBA, B.A.A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 8, n. 3/4, p. 24-39, 1990.

CARNEIRO, A.E.V.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 52, n. 2, p. 199-209, 1995.

CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M.; ROSSI, G. **Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: DIBD-ESALQ, 2009. 83p. (Série Produtor Rural),

CATANEO, A.C.; FERREIRA, L.C.; CARVALHO, J.C.; ANDRÉO-SOUZA, Y.; CORNIANI, N.; MISCHAN, M.M.; NUNES, J.C. Improved germination of soybean seed treated with thiamethoxam under drought conditions. **Seed Science Technology**, Zurich, v. 38, n. 1, p. 248-251, 2010.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FERREIRA, J.M.G. Efficacy of insecticides to control root froghopper, *Mahanarva fimbriolata* (Satal) (Hemiptera: Cercopidae), in sugarcane. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba. v. 22, n. 3, p. 35-39, 2004.

FRANCO, H.C.J. Eficiência agrônômica da adubação nitrogenada de cana-planta. 2008. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

JAIN, R.; SOLOMON, S.; SHRIVASTAVA, A.K.; CHANDRA, A. Sugarcane bud chips: A promising seed material. **Sugar Tech**, New Delhi. v. 12, n. 1, p. 67-69, 2010.

MACEDO, W.R. **Bioativador em culturas monocotiledôneas: avaliações bioquímicas, fisiológicas e da produção**. 2012. 79p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MACEDO, W.R.; CASTRO, P.R.C. 2011. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 100, p. 299-304, 2011.

MAIENFISCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F.; FISCHER, W.; HOFER, D.; KAYSER, H.; KOBEL, W.; RINDLISBACHER, A.; SENN, R.; STEINEMANN, A.; WIDMER, H. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 10, p. 906-913, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARINHO, M.L.; BARBOSA, G.V.S. Adubação nitrogenada da cana-planta na região Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., 1996. Maceió. **Anais... Maceió: STAB**, 1996. p. 455-460.

MARTINS, R.G.; MARTINS, M.B.G.; SILVA, J.M.; PEREIRA, M.A.; APPEZZATO-DAGLÓRIA, B.; CASTRO, P.R.C. Thiamethoxam on the histological characteristics of sugarcane young roots. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1936-1940, 2012 .

MEINZER, F.; ZHU, J. Nitrogen stress reduces the efficiency of the C4 CO<sub>2</sub> concentrating mechanism, and therefore quantum yield, in *Saccharum* (sugarcane) species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v. 49, p. 1227–1234, 1998.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A.A. Doses e fracionamento de nitrogênio e potássio em solo arenoso sob primeiro cultivo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., 1996. Maceió, **Anais... Maceió: STAB**, 1996. p. 517-520.

OTTO, R.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 44, n. 4, p. 398-405, 2009.

PEREIRA, J.M.; FERNANDES, P.M.; VELOSO, V.R.S. Efeito fisiológico do inseticida thiamethoxam na cultura da cana-de-açúcar. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 1, p. 159-164, 2010.

PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia**, Campinas. v. 67, n. 4, p. 951-959, 2008.

SILVA, N.F.; CUNHA, F.N.; OLIVEIRA, R.C.; MOURA, L.M.F.; MOURA, L.C.; TEIXEIRA, M.B. Crescimento da cana-de-açúcar sob aplicação de nitrogênio via gotejamento superficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza. v. 8, n. 1, p. 1-11, 2014.

SILVEIRA, J.A.G. **Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) cultivada em condições de campo**. 1985. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

SIMÕES NETO, D.E. **Efeito da quantidade de reserva energética do tolete e da compactação do solo no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1986. 94p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

STAMM, M.D.; ENDERS, L.S.; DONZE-REINER, T.J.; BAXENDALE, F.P.; SIEGFRIED, B.D.; HENG-MOSS, T.M. Transcriptional response of soybean to thiamethoxam seed treatment in the presence and absence of drought stress. **BMC Genomics**, San Diego. v. 15, p. 1055, 2014.

TAKAHASHI, D.T. Six years studies on nitrogen utilization by sugar cane plant using <sup>15</sup>N as a tracer. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959. Honolulu,. **Proceedings...** Amsterdam:Elsevier Publishing 1960. p. 377-389.

TAVARES, S; CASTRO, P.R.C. **Avaliação dos efeitos fisiológicos de Cruiser 35 FS após tratamento de sementes de soja.** . Piracicaba:ESALQ, 2005. p. 1-13. ( Relatório Técnico, ESALQ/Syngenta).

TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; SARRIÉS, G.A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 26. n. 3, p. 637-646, 2002.

TRIVELIN, P.C.O.; COLETI, J.T.; LARA CABEZAS,W.A.R. Efeito residual na soqueira de cana-de-açúcar do nitrogênio da uréia aplicada por via foliar na cana planta. In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TÉCNICAS NUCLEARES NA PRODUÇÃO DE PLANTAS AGRÍCOLAS, 1984. Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: CENA, 1984. p.1 19-124.

VITTI, A.C.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN P.C.O.; ROSSETTO, R. Nitrogênio. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p. 239-270,

ZAMBELLO, J.R.; AZEREDO, D.F. Adubação na região Centro-Sul. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1983. p. 289-313.

## 5 EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR ORIGINÁRIAS DE MINI-TOLETES TRATADOS COM AGROQUÍMICOS

### Resumo

A cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível ao estresse hídrico. Apesar do mecanismo concentrador de CO<sub>2</sub> que opera na fotossíntese C<sub>4</sub>, com o aumento da intensidade do estresse, ocorrem reduções nas taxas fotossintéticas, limitando o crescimento da parte aérea. A redução no acúmulo de biomassa acarreta perdas na produtividade da cultura. O objetivo deste trabalho foi de mitigar os efeitos do estresse hídrico em plantas de cana-de-açúcar propagadas através de mini-toletes, com a utilização de bioativadores. Mini-toletes de gema única e 4 cm de comprimento foram obtidos a partir da variedade RB 867515. Antes do plantio, os mini-toletes foram tratados com uma combinação de agroquímicos com a seguinte composição: Cruiser (inseticida/bioativador) na concentração de 1200 mL ha<sup>-1</sup>, Avicta (fungicida) na concentração de 200 mL ha<sup>-1</sup>, PrioriXtra (fungicida) na concentração de 300 mL ha<sup>-1</sup> e Látex 15% v/v. No dia do plantio, todos os vasos foram irrigados até a capacidade de campo. Após esta irrigação inicial, o estresse hídrico foi imposto por meio da suspensão da irrigação, compondo assim, 5 regimes hídricos: irrigação diária, 4 dias sem irrigação, 8 dias sem irrigação, 12 dias sem irrigação e 16 dias sem irrigação. Aos 30 dias após o plantio (DAP), foram realizadas as avaliações das alturas das plantas. O material vegetal foi coletado para a determinação de massas frescas e secas da raiz e parte aérea e para o estabelecimento da área foliar. O delineamento experimental foi em fatorial (2 x 5). Ao final foi realizada a análise de variância dos dados e aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A aplicação de agroquímicos aumentou as massas de raízes, e nos demais parâmetros avaliados não houve diferenças significativas em relação ao controle. Houve redução das alturas, da área foliar e das massas radiculares nas plantas submetidas a 12 e 16 dias de suspensão da irrigação. As massas de colmos e folhas não foram alteradas em todos os regimes hídricos. É possível concluir que a aplicação de agroquímicos é capaz de atuar na melhoria do desenvolvimento do sistema radicular.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Fitoquímicos; Estresse; Produtividade

### Abstract

The sugarcane is considered moderately sensitive to water stress. Although CO<sub>2</sub> concentrator mechanism that operates in C<sub>4</sub> photosynthesis, with increasing stress intensity, reductions occur in photosynthetic rates, limiting the shoot growth. The reduction in biomass accumulation entails losses in crop yield. The objective was to mitigate the effects of water stress in sugarcane plants propagated through small stalks, with the use of bioactivators. Small stalks with a single bud and 4 cm in length were obtained from the variety RB 867515. Prior to planting, the small stalks were treated with a combination of chemicals having the following composition: Cruiser (insecticide/bioactivator) at a concentration of 1200 ml ha<sup>-1</sup>, Avicta (fungicide) 200 mL ha<sup>-1</sup>, PrioriXtra (fungicide) 300 ml h<sup>-1</sup> and Latex 15% v/v. On the day of planting, all pots were watered to field capacity. After this initial irrigation, water stress was imposed by irrigation suspension, making thus 5 water regimes: daily irrigation, 4 days without irrigation, eight days without irrigation, 12 days without irrigation and 16 days without irrigation. At 30 days after planting (DAP), evaluations of the plant heights were carried out. The plant material was collected for the determination of fresh and dry weight of root and shoot and the establishment of leaf area. The experimental design was a factorial design (2 x 5) and was carried out the variance analysis and the Tukey test at 5 % significance

level. The use of agrochemicals increased the weights of roots, and other parameters there were no significant differences from the control. There was a reduction of heights, leaf area and root weights in plants submitted to 12 and 16 days without irrigation. Stems and leaves weights were not changed at all water regimes. It was concluded that the application of agrochemicals is able to act on improving the development of the root system.

Keywords: *Saccharum* spp; Drought stress; Phytochemicals; Productivity

## 5.1 Introdução

As plantas necessitam de grande quantidade de água para suprir a alta demanda evaporativa uma vez que cerca de 97% de toda água captada pelas raízes é perdida pela via transpiratória. Portanto, a limitação hídrica acarreta grandes problemas para o rendimento dos cultivos ao redor do mundo (BLUM, 2011). Mesmo na ausência de estresse, a demanda hídrica é grande para suportar a fixação de carbono e o crescimento. As plantas transpiram de 100 a 1000 moléculas de água por molécula de carbono assimilada (MASEDA; FERNANDEZ, 2006), de forma que deficiências hídricas que prejudicam o suprimento de água para atender a tal demanda irão resultar em estresse e inibição do crescimento (LAKSHMANAN; ROBINSON, 2014).

A cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível ao estresse hídrico (MAAS; HOFFMAN, 1977) e os efeitos do déficit hídrico na cultura variam de acordo com a intensidade e duração do déficit, da fase de desenvolvimento da cultura e da variedade (SOARES et al., 2004). A exposição ao déficit leva a uma redução no crescimento das plantas acarretando perdas na produtividade final. Em períodos de alta demanda evaporativa, ocorrem reduções de 35% na biomassa em decorrência da deficiência hídrica (INMAN-BAMBER, 2004). No estado de São Paulo, maior produtor brasileiro, houve um recuo na produção em 9,7% na safra 2014/2015, devido à redução nos níveis de chuva, que ocorreu abaixo do necessário em 80% das áreas de cultivo. Apenas nas demais regiões ocorreu precipitação superior a 1200 milímetros em 2014, o que corresponde à demanda mínima para que a cana-de-açúcar possa se desenvolver satisfatoriamente (IEA/Apta, 2014).

A cana-de-açúcar é uma planta iso-hídrica, uma vez que mantém o potencial hídrico foliar aproximadamente constante sob diversas condições ambientais (MEINZER; GRANTZ, 1990). Isso ocorre devido ao fato de que a condutância hidráulica radicular e a condutância estomática sofrem alterações de forma paralela durante o crescimento, o que garante a manutenção do estado hídrico foliar (MEINZER; GRANTZ; SMIT, 1991). Tal capacidade de manutenção do potencial hídrico, bem como sua capacidade de manutenção das taxas

fotossintéticas sob estresse hídrico moderado, tornam a cana-de-açúcar uma planta eficiente no uso da água.

A necessidade hídrica da cultura de cana-de-açúcar varia com o estágio de desenvolvimento, sendo que a fase de maturação requer uma quantidade menor de água em relação ao período vegetativo. Durante o desenvolvimento da brotação é necessário que haja um suprimento adequado de umidade. Uma vez que a água tem papel fundamental nos processos bioquímicos que ativam a brotação, a deficiência hídrica pode prejudicar ou impedir a brotação, dependendo da intensidade e duração da deficiência (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010). A brotação das gemas e o desenvolvimento radicular ocorrem de maneira ótima em potenciais hídricos próximos de zero (SINGH; SRIVASTAVA, 1974) e são completamente inibidos a um potencial hídrico de -2,0 MPa (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Em relação ao crescimento do sistema radicular, durante períodos de estiagem, este tende a se desenvolver mais aprofundado em detrimento ao desenvolvimento da parte aérea. Plantas possuindo o sistema radicular mais profundo, em geral, apresentam maior tolerância durante o período de seca (CASAGRANDE, 1991).

Nos períodos de perfilhamento e de rápido crescimento, a planta apresenta um rápido desenvolvimento e um incremento expressivo na área foliar, o que representa uma alta demanda hídrica para suportar o desenvolvimento e as trocas gasosas (PIRES; ARRUDA; SAKAI, 2008). O crescimento dos colmos é altamente sensível à seca. Inman-Bamber e Smith (2005) observaram que a um potencial hídrico de -1,4 MPa não houve crescimento caulinar.

O estágio de maturação responde positivamente ao déficit hídrico, uma vez que este inibe o desenvolvimento vegetativo da planta. Desde que a fotossíntese continue ocorrendo normalmente, verifica-se a produção de sacarose, a qual é transportada e armazenada no vacúolo das células parenquimáticas nos entrenós do colmo (GHELLER, 2001).

A deficiência hídrica é prejudicial ao período da floração. A suspensão da irrigação tem se tornado uma eficiente técnica para retardar a floração com o objetivo de aumentar a produtividade (HUMBERT, 1974). De fato, a imposição da deficiência hídrica durante o período de indução reduz o florescimento (CHRISTOFOLETTI, 1986).

O presente trabalho propõe a utilização de bioativadores com o objetivo de mitigar os efeitos do estresse hídrico em plantas de cana-de-açúcar propagadas através de mini-toletes. Bioativadores são substâncias orgânicas complexas que promovem a síntese de hormônios endógenos. Os bioativadores geram alterações no metabolismo primário e secundário, no



transporte iônico, por meio de proteínas de membrana, na nutrição mineral e no balanço hormonal (CASTRO et al., 2009). Diversos agroquímicos têm se mostrado eficientes em melhorar o desenvolvimento e o vigor de algumas espécies como soja, feijoeiro e algodão (DE GRANDE, 1992; CASTRO et al., 1995; REDDY et al., 1989). Em cana-de-açúcar, existem poucos trabalhos que relatam os efeitos benéficos do inseticida sistêmico tiametoxam [3-(cloro-1,3-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-1,3,5-oxadiazin-4-ilidene(nitro)amine] no desenvolvimento da cultura (MARTINS et al., 2012; PEREIRA; FERNANDES; VELOSO, 2010; DINARDO-MIRANDA; FERREIRA, 2004).

## 5.2 Material E Métodos

Os mini-toletes foram obtidos a partir da variedade RB 867515 e plantados no mesmo dia do corte. Foram utilizadas porções de 4 cm contendo apenas uma gema. Antes do plantio, os mini-toletes foram tratados com uma combinação de agroquímicos com a seguinte composição: Cruiser (inseticida/bioativador) na concentração de 1200 mL ha<sup>-1</sup>, Avicta (fungicida) na concentração de 200 mL ha<sup>-1</sup>, PrioriXtra (fungicida) na concentração de 300 mL ha<sup>-1</sup> e Látex 15% v/v. Os mini-toletes foram plantados em caixas plásticas com substrato de areia.

No dia do plantio, todas as caixas foram irrigadas até a capacidade de campo. Após esta irrigação inicial, o estresse hídrico foi imposto por meio da suspensão da irrigação. Foram utilizados 5 regimes hídricos: irrigação diária, 4 dias sem irrigação, 8 dias sem irrigação, 12 dias sem irrigação e 16 dias sem irrigação.

Aos 30 DAP, foram realizadas as avaliações das alturas das plantas. Realizou-se a coleta do material vegetal para a determinação de massas frescas e secas da raiz e parte aérea (folhas e colmos). Após a separação do material, as porções foram secas em estufa a 60°C por 72h, e posteriormente foram determinadas as respectivas massas (g) de cada órgão. Foram coletadas amostras de folhas para a determinação da área foliar (cm<sup>2</sup>) medida através do equipamento LI-3100 (LI-COR Biosciences, Lincoln, USA).

Foram efetuados 10 tratamentos (5 regimes hídricos e mini-toletes tratados e controle). Cada tratamento continha 4 repetições, perfazendo 40 parcelas, contendo 10 toletes por caixa plástica. O delineamento experimental foi em fatorial (2 x 5). Ao final, foi realizada a análise de variância dos dados e aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

### 5.3 Resultados E Discussão

No presente trabalho avaliou-se a resposta da variedade RB 827515 de cana-de-açúcar ao déficit hídrico. Adicionalmente, foi avaliada a ação dos agroquímicos em aliviar os efeitos negativos do estresse hídrico no vigor das plantas. As plantas foram mantidas sob irrigação diária até a capacidade de campo e o déficit hídrico foi imposto pela suspensão da irrigação por 4, 8, 12 e 16 dias. Aos 30 DAP foram realizadas as seguintes avaliações: altura das plantas, área foliar, massas secas e frescas de raízes, colmos e folhas. A descrição das médias obtidas para cada parâmetro avaliado e a análise de variância encontram-se em anexo.

Não houve diferença significativa entre as alturas das plantas tratadas e não tratadas com agroquímicos (Figura 5.1). Entre os tratamentos de déficit hídrico, houve redução das alturas das plantas submetidas a 12 e 16 dias de suspensão da irrigação. Um resultado semelhante foi verificado em relação à área foliar (Figura 5.2).

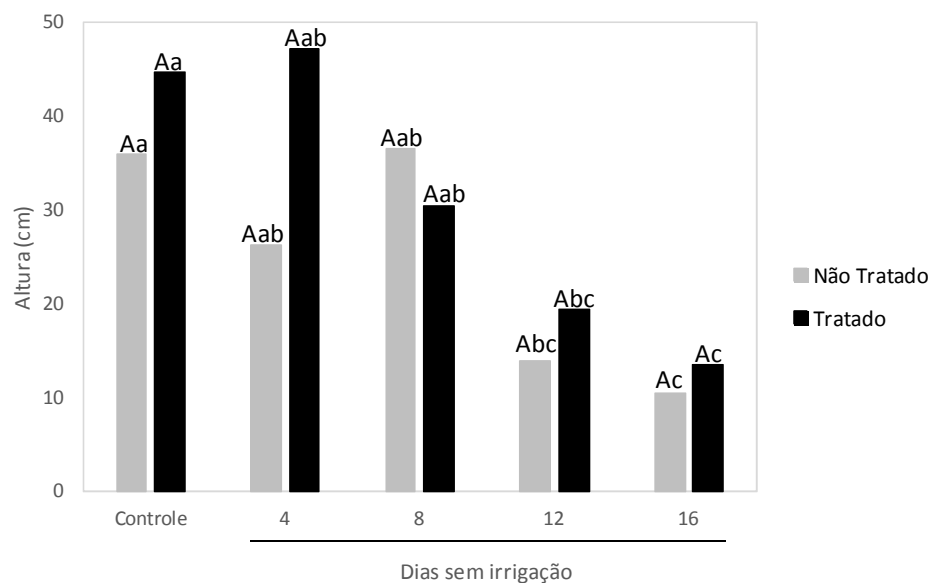


Figura 5.1 - Altura em plantas de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico. Plantas foram submetidas a 5 sistemas de irrigação: irrigação plena e suspensão da irrigação por 4, 8, 12 e 16 dias. Foram utilizadas plantas de 1 mês tratadas e não tratadas com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

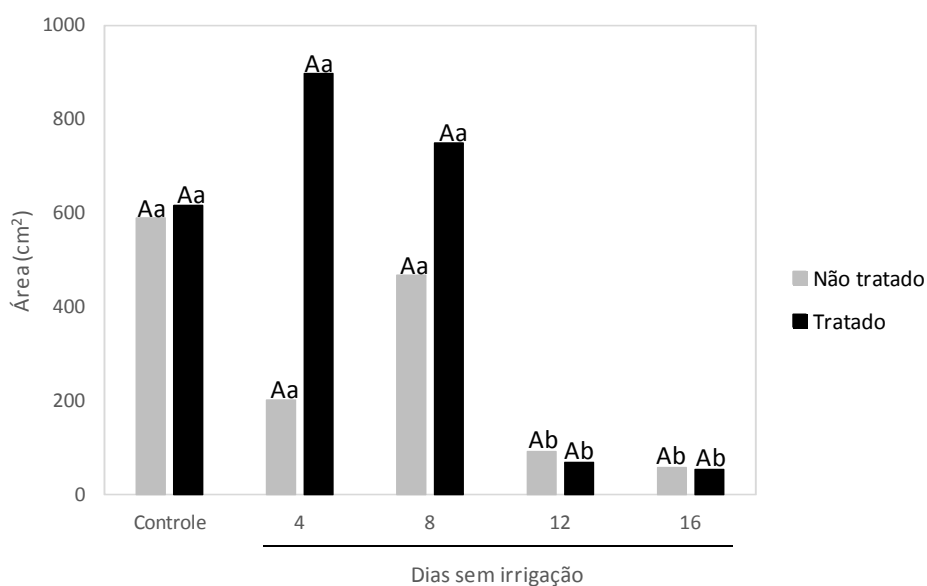


Figura 5.2 - Área foliar em plantas de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico. Plantas foram submetidas a 5 sistemas de irrigação: irrigação plena e suspensão da irrigação por 4, 8, 12 e 16 dias. Foram utilizadas plantas de 1 mês tratadas e não tratadas com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em um experimento conduzido com a suspensão da irrigação em variedades de cana-de-açúcar até a redução das taxas de crescimento das plantas, foi possível observar que o alongamento de folhas foi afetado significativamente pela falta de água, mais até do que o alongamento dos colmos (INMAN-BAMBER et al., 2008). Segundo Smit e Singels (2006), o déficit hídrico em cana-de-açúcar causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas, e o grau dessas alterações é decorrente da intensidade do estresse hídrico e depende do genótipo (SMIT; SINGELS, 2006). A restrição à emergência de folhas novas nas plantas submetidas à suspensão da irrigação de 12 a 16 dias foi uma das causas da redução da área foliar total.

Até o oitavo dia de suspensão da irrigação o déficit hídrico não se mostrou severo a ponto de imprimir restrições detectáveis no crescimento das plantas. Após esse período, o déficit hídrico impôs restrições de crescimento, sugerindo o aumento da severidade do estresse. O rápido fechamento estomático para evitar a redução do potencial hídrico da planta, em condições de déficit hídrico, impõe restrições ao crescimento, devido às reduções nas taxas fotossintéticas. Entretanto, em virtude da fotossíntese  $C_4$ , é possível que nos estádios iniciais do estresse, o fechamento estomático não seja capaz de causar reduções significativas na condutância estomática, não sendo possível, portanto, observar alterações detectáveis nos

valores de fotossíntese (GHANNOUM, 2009). Sob estresse hídrico mais severo, entretanto, é possível observar uma inibição metabólica da fotossíntese, uma vez que, enzimas relacionadas à fotossíntese, além da síntese de amido e sacarose e outros metabólitos relacionados, sofrem alterações (DU et al. 1996, DU; NOSE; WASANO, 1998). Até o oitavo dia de suspensão da irrigação o déficit hídrico não se mostrou severo a ponto de imprimir restrições detectáveis no crescimento das plantas.

Em relação ao tratamento com agroquímicos, seria esperada uma melhoria no crescimento das plantas. Em soja, a aplicação do tiametoxam parece aumentar a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta (TAVARES; CASTRO, 2005). Em sementes de soja, o inseticida reduziu os efeitos negativos do déficit hídrico no processo de germinação (CATANEO et al., 2010). Em cana-de-açúcar, o inseticida promoveu o aumento do diâmetro do cilindro vascular e no número de elementos de metaxilema em raízes adventícias (MARTINS et al., 2012), o que seria esperado promover o aumento da condutividade hidráulica e portanto, maior tolerância à seca. Entretanto, Pereira, Fernandes e Veloso (2010) não verificaram aumento nas taxas de crescimento das plantas de cana-de-açúcar tratadas com tiametoxam.

As massas secas e frescas de raízes foram maiores em plantas tratadas com agroquímicos (Tabelas 5.1 e 5.2). Plantas submetidas à 4 e 8 dias de suspensão da irrigação mantiveram a massa seca de raiz, ao passo que plantas submetidas a 12 e 16 dias de suspensão da irrigação exibiram redução em relação ao controle.

Em trigo, a aplicação de tiametoxam esteve relacionada à melhorias no desenvolvimento radicular (MACEDO; CASTRO, 2011). Em cana-de-açúcar, Pereira, Fernandes e Veloso (2010) observaram incrementos na massa seca de raízes. A pulverização foliar de tiametoxam em cana-soca melhorou o desenvolvimento radicular, promovendo maior crescimento, aumento da espessura do córtex, aumento no cilindro vascular e no número de metaxilemas (PEREIRA, 2010).

Em relação às massas secas de folhas e colmos, não houve diferença significativa entre o tratamento com agroquímicos e o controle e entre os tratamentos de déficit hídrico. As massas frescas de folhas e colmos não apresentaram diferenças referentes ao tratamento com agroquímicos e apenas o tempo mais prolongado de seca foi capaz de reduzir as massas frescas em relação ao controle.

Tabela 5.1 - Massa seca em plantas de cana-de-açúcar submetidos ao déficit hídrico

	<b>Massa Seca</b>					
	Raiz		Folha		Caule	
	NT	T	NT	T	NT	T
<b>Controle</b>	1,68 Ba	2,60 Aa	3,49 Aa	3,85 Aa	2,47 Aa	3,76 Aa
<b>4 dias</b>	1,20 Bab	2,28 Aab	1,17 Aa	5,45 Aa	1,07 Aa	4,17 Aa
<b>8 dias</b>	1,26 Bab	1,60 Aab	2,76 Aa	4,38 Aa	2,28 Aa	2,99 Aa
<b>12 dias</b>	0,87 Bbc	1,26 Abc	0,55 Aa	0,41 Aa	1,02Aa	0,39 Aa
<b>16 dias</b>	0,77 Bc	0,72 Ac	0,33 Aa	0,30 Aa	0,28 Aa	0,19 Aa

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5.2 - Massa fresca em plantas de cana-de-açúcar submetidos ao déficit hídrico

	<b>Massa Fresca</b>					
	Raiz		Folha		Caule	
	NT	T	NT	T	NT	T
<b>Controle</b>	20,00 Ba	31,70 Aa	18,31 Aa	18,58 Aa	14,65 Aa	27,40 Aa
<b>4 dias</b>	15,55 Bab	22,94 Aab	5,67 Aa	28,91 Aa	7,59 Aa	32,61 Aa
<b>8 dias</b>	15,39 Bab	27,37 Aab	13,96 Aa	23,16 Aa	17,87 Aa	27,51 Aa
<b>12 dias</b>	8,32 Bbc	13,88 Abc	2,51 Aab	2,18 Aab	4,06 Aab	2,70 Aab
<b>16 dias</b>	7,36 Bc	7,54 Ac	1,98 Ab	1,64 Ab	2,42 Ab	1,64 Ab

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### 5.4 Conclusões

A suspensão da irrigação por 4 e 8 dias não causa alterações significantes na altura das plantas, área foliar e massa de raízes e parte aérea. Apenas após 12 e 16 dias o estresse hídrico teve efeitos negativos no desenvolvimento das plantas.

Os resultados indicaram ainda, que o tratamento de mini-toletes com agroquímicos parece ser eficiente apenas em aliviar os efeitos negativos do déficit hídrico no desenvolvimento radicular, sem alterar os demais parâmetros avaliados. Considerando que a capacidade de explorar o solo pode ser aumentada com a aplicação de agroquímicos, este

pode ser um fator importante para o desenvolvimento da cultura a longo prazo, em condições de seca.

## Referências

- BLUM, A. **Plant breeding for water-limited environments**. New York:Springer, 2011.255p.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de fisiologia e morfologia da 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.
- CASTRO, P.R.C.; SOARES, F.C.; ZAMBON, S.; MARTINS, A.N. Efeito do aldicarb no desenvolvimento do feijoeiro cultivar Carioca. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, p. 63-68, 1995.
- CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M.; ROSSI, G. **Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: DIBD-ESALQ, 2009. 83p. (Série Produtor Rural)
- CATANEO, A.C.; FERREIRA, L.C.; CARVALHO, J.C.; ANDRÉO-SOUZA, Y.; CORNIANI, N.; MISCHAN, M.M.; NUNES, J.C. Improved germination of soybean seed treated with thiamethoxam under drought conditions. **Seed Science Technology**, Zurich, v. 38, n. 1, p. 248-251, 2010.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos fisiológicos de brotação, perfilhamento e florescimento da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. 80p. (mimeografado).
- DeGRANDE, P.E. **Influência de aldicarb e carbofuran na soja (*Glycine max* L.)(Merrill)**. 1992. 137p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, 1992.
- DINARDO-MIRANDA, L.L; FERREIRA, J.M.G. Efficacy oh inseticides to control root froghopper, *Mahanarva fimbriolata* (Satal)(Hemiptera: Cercopidae), in sugarcane. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 3, p. 35-39, 2004.
- DU, Y.C.; KAWAMITSU, Y.; NOSE, A.; HIYANE, S.; MURAYAMA, S.; MURAYA, S.; WASANO, K.; UCHIDA, Y. Effects of water stress on carbon exchange rate and activities of photosynthetic enzyme in leaves of sugarcane (*Saccharum* sp.). **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 23, p. 719-726, 1996.
- DU, Y.C.; NOSE, A.; WASANO, K. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C-4 pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 25, p. 253-260, 1998.

GHANNOUM, O. C<sub>4</sub> photosynthesis and water stress. **Annals of Botany**, London. v. 103, n. 4, p. 635–644, 2009.

GHELLER, A.C.A. Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades RB72454 e RB835486 na região de Araras, SP. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UFSCAR, 4., 2001, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2001. 1 CD-ROM.

HUMBERT, R.P. **El cultivo de la caña de azúcar**. Trad. Alfonso Gonzalez Gallardo. México: Compañía Editorial Continental, 1974. 719p.

INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SPILLMAN, M.F.; HEWITT, M.L.; JACKSON, T. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria. v. 59, p. 13-26, 2008.

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

IANMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, p.185-202, 2005.

LAKSHMANAN, P.; ROBINSON, N. Stress Physiology: Abiotic Stresses. In: MOORE, P.H.; BOTHA (Ed.). **Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology**. New Delhi: Wiley-Blackwell, 2014. p. 411-434.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, ASCE, Reston, v.103, n. 2, p.115-134, 1977.

MACEDO, W.R.; CASTRO, P.R.C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 100, p. 299-304, 2011.

MARTINS, R.G.; MARTINS, M.B.G; SILVA, J.M.; PEREIRA, M.A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CASTRO, P.R.C. Thiamethoxam on the histological characteristics of sugarcane young roots. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 42, n. 11, p. 1936-1940, 2012 .

MASEDA, P.H.; FERNANDEZ, R.J. Stay wet or else: three ways in which plants can adjust hydraulically to their environment. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v. 57, p. 3963-3977, 2006.

MEINZER, F.C.; GRANTZ, D.A.; SMIT, B. Root signals mediate coordination of stomatal and hydraulic conductance in growing sugarcane. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne. v. 18, p. 329–338, 1991.

MEINZER, F.C; GRANTZ, D.A. Stomatal and hydraulic conductance in growing sugarcane: stomatal adjustment to water transport capacity. **Plant, Cell & Environment**, Oxford. v. 13, p. 383-388, 1990.

PEREIRA, J.M.; FERNANDES, P.M.; VELOSO, V.R.S. Efeito fisiológico do inseticida thiamethoxam na cultura da cana-de-açúcar. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 1, p. 159-164, 2010.

PEREIRA, M.A. **Tiametoxam em plantas de cana-de-açúcar, feijoeiro, soja, laranja e cafeeiro: parâmetros de desenvolvimento e aspectos bioquímicos**. 2010. 124p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PIRES, R.C.M.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 631-670.

REDDY, K.R.; REDDY, V.R.; BAKER, D.N.; McKINION, J.M. Effects of aldicarb on photosynthesis, root growth and flowering of cotton. In: PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICAN ANNUAL MEETING, 16., 1989, Arlington. **Proceedings ...** Arlington: Plant Growth Regulation Society of America, 1989. p. 168-169.

SINGH, S.; SRIVASTAVA, K.K. Effects of soil-water potential on germination of sugarcane setts. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 44, n. 3, p. 184-187, 1974.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.

SOARES, R.A.B; OLIVEIRA, P.F.M.; CARDOSO, H.R.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A; ROSENFELD, J. Efeito da irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em início de safra. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 4, p. 38-41, 2004.

TAVARES, S; CASTRO, P.R.C. **Avaliação dos efeitos fisiológicos de Cruiser 35 FS após tratamento de sementes de soja.**.. Piracicaba:ESALQ, 2005. p. 1-13.( Relatório Técnico, ESALQ/Syngenta).





**ANEXO**



Tabela 2.1 - Análise de variância para o número de brotações em função do tipo de gema

<b>Tipo de Gema</b>	<b>10 DAP</b>	<b>20 DAP</b>	<b>30 DAP</b>	<b>40 DAP</b>
Superior	7,83 a	8,83 a	8,67 a	9,67 a
Mediana	5,00 ab	7,50 ab	8,00 a	8,33 ab
Basal	3,33 b	6,00 b	7,50 a	8,17 b
<b>C.V.</b>	37,78	19,10	17,21	10,88
<b>Valor F</b>	7,49 **	5,96 **	1,07 NS	4,51 *

\* Significância (P<0,05); \*\* Significância (P<0,01); NS não-significante; n = 6. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DAP = dias após o plantio.

Tabela 2.2 - Análise de variância para as alturas em função do tipo de gema

<b>Tipo de Gema</b>	<b>20 DAP</b>	<b>30 DAP</b>	<b>40 DAP</b>
Superior	17,25 a	38,21 a	50,22 a
Mediana	11,80 b	27,88 b	41,29 b
Basal	9,92 b	24,91 b	39,34 b
<b>C.V.</b>	26,17	16,28	13,05
<b>Valor F</b>	7,53 **	11,99 **	6,23*

\* Significância (P<0,05); \*\* Significância (P<0,01); NS não-significante; n = 6. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DAP = dias após o plantio.

Tabela 2.3 - Análise de variância para as massas foliares e radiculares em função do tipo de gema

<b>Tipo de Gema</b>	<b>MFF</b>	<b>MFR</b>	<b>MSF</b>	<b>MSR</b>
Superior	122,04 a	94,80 a	22,86 a	15,24 a
Mediana	82,50 b	88,95 a	13,77 b	11,70 a
Basal	112,04 ab	94,46 a	19,80 a	13,69 a
<b>C.V.</b>	19,96	20,85	20,04	31,03
<b>Valor F</b>	5,71 *	0,17 NS	9,03**	1,07 NS

\* Significância (P<0,05); \*\* Significância (P<0,01); NS não-significante; n = 6. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. MFF = massa fresca da folha; MFR = massa fresca da raiz; MSF = massa seca da folha; MSR = massa seca da raiz.

Tabela 2.4 - Análise de variância para o número de brotações em função do tipo de propágulo

<b>Tipo de Propágulo</b>	<b>10 DAP</b>	<b>20 DAP</b>	<b>30 DAP</b>	<b>40 DAP</b>	<b>60 DAP</b>
3 gemas	4,67 a	18,67 a	21,67 a	23,17 a	23,00 a
2 gemas	3,67 a	11,17 b	14,17 b	16,50 b	15,50 b
1 gema	3,83 a	6,67 c	7,67 c	7,67 c	7,67 c
Gema isolada	4,00 a	5,67 c	6,67 c	8,17 c	8,00 c
<b>C.V.</b>	41,22	13,55	13,44	11,45	13,09
<b>Valor F</b>	0,42 NS	103,04**	101,48**	130,18**	100,92**

\*\* Significância ( $P < 0,01$ ); NS não-significante;  $n = 6$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DAP = dias após o plantio.

Tabela 2.5 - Análise de variância para a porcentagem de brotações em função do tipo de propágulo

<b>Tipo de Propágulo</b>	<b>10 DAP</b>	<b>20 DAP</b>	<b>30 DAP</b>	<b>40 DAP</b>	<b>60 DAP</b>
3 gemas	0,16 b	0,63 a	0,72 a	0,77 a	0,77 a
2 gemas	0,22 ab	0,56 a	0,71 a	0,83 a	0,80 a
1 gema	0,38 ab	0,67 a	0,77 a	0,77 a	0,77 a
Gema isolada	0,40 a	0,57 a	0,67 a	0,82 a	0,80 a
<b>C.V.</b>	50,590	19,16	17,16	15,03	15,59
<b>Valor F</b>	4,16 *	1,17 NS	0,67 NS	0,44 NS	0,15 NS

\* Significância ( $P < 0,05$ ); NS não-significante;  $n = 6$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DAP = dias após o plantio.

Tabela 2.6 - Análise de variância para a altura em função do tipo de propágulo

<b>Tipo de Propágulo</b>	<b>20 DAP</b>	<b>30 DAP</b>	<b>40 DAP</b>	<b>60 DAP</b>
3 gemas	12,21 a	29,88 a	57,57 a	76,07 a
2 gemas	14,64 a	30,61 a	58,05 a	77,38 a
1 gema	13,65 a	24,58 a	48,72 ab	65,37 a
Gema isolada	12,81 a	26,63 a	40,84 b	65,62 a
<b>C.V.</b>	17,56	13,53	14,54	15,84
<b>Valor F</b>	1,22 NS	3,35 *	7,23**	2,00 NS

\* Significância ( $P < 0,05$ ); \*\* Significância ( $P < 0,01$ ); NS não-significante;  $n = 6$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DAP = dias após o plantio.

Tabela 2.7 - Análise de variância para as massas foliares e radiculares em função do tipo de propágulo

<b>Tipo de Propágulo</b>	<b>MFF</b>	<b>MFR</b>	<b>MSF</b>	<b>MSR</b>
3 gemas	216,20	168,41	39,72	21,37
2 gemas	170,92	133,95	31,71	21,17
1 gema	105,36	84,11	19,61	13,67
Gema isolada	87,94	59,65	16,13	8,49
<b>C.V.</b>	29,71	25,82	25,63	23,87
<b>Valor F</b>	11,37**	17,32**	15,13**	15,73**

\*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 6$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. MFF = massa fresca da folha; MFR = massa fresca da raiz; MSF = massa seca da folha; MSR = massa seca da raiz.

Tabela 3.1 - Análise de variância para o número de brotações em função do tratamento com biorreguladores

<b>Tipo de Gema</b>	<b>Tratamento</b>	<b>15 DAP</b>	<b>29 DAP</b>
Basal	Controle	5,50 abcd	7,75 abc
Basal	CIN	4,75 bcd	7,5 abc
Basal	CIT	5,75 abcd	7,00 abcd
Basal	NAA	4,50 cd	5,75 cd
Basal	IAA	4,75 bcd	7,00 abcd
Basal	CIN + NAA	4,25 cd	6,00 bcd
Basal	ACC + IAA	2,75 d	4,75 d
Basal	CNH	5,25 abcd	7,25 abcd
Apical	Controle	8,50 a	9,00 a
Apical	CIN	7,25 abc	8,00 abc
Apical	CIT	7,25 abc	7,75 abc
Apical	NAA	8,25 ab	9,00 a
Apical	IAA	5,00 abcd	7,25 abcd
Apical	CIN + NAA	6,75 abc	8,5 ab
Apical	ACC + IAA	6,75 abc	8,25 abc
	<b>C.V.</b>	24,48	13,58
	<b>Valor F</b>	5,06**	5,61**

\*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 4$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Tratamentos: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN), Citex 100 mg L<sup>-1</sup> (CIT), ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA), cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN) + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), Accel 100 mg L<sup>-1</sup> (ACC) + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). DAP = dias após o plantio.

Tabela 3.2 - Análise de variância para a altura em função do tratamento com biorreguladores

<b>Tipo de Gema</b>	<b>Tratamento</b>	<b>15 DAP</b>	<b>29 DAP</b>
Basal	Controle	5,68 de	36,13 ab
Basal	CIN	6,60 bcde	39,58 a
Basal	CIT	5,13 de	37,20 a
Basal	NAA	5,78 de	37,45 a
Basal	IAA	4,68 e	36,25 ab
Basal	CIN + NAA	5,80 de	37,95 a
Basal	ACC + IAA	6,28 cde	23,83 b
Basal	CNH	6,18 cde	38,63 a
Apical	Controle	11,50 abc	35,63 ab
Apical	CIN	11,55 abc	38,95 a
Apical	CIT	11,98 ab	38,20 a
Apical	NAA	13,03 a	41,03 a
Apical	IAA	10,48 abcd	33,08 ab
Apical	CIN + NAA	12,60 a	42,58 a
Apical	ACC + IAA	9,10 abcde	23,85 b
<b>C.V.</b>		25,63	13,83
<b>Valor F</b>		8,25**	4,76 **

\*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 4$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Tratamentos: cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN), Citex 100 mg L<sup>-1</sup> (CIT), ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA), cinetina 100 mg L<sup>-1</sup> (CIN) + ácido naftalenacético 50 mg L<sup>-1</sup> (NAA), Accel 100 mg L<sup>-1</sup> (ACC) + ácido indolilacético 50 mg L<sup>-1</sup> (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). DAP = dias após o plantio.

Tabela 3.3 - Análise de variância para a área foliar e para as massas secas em função do tratamento com biorreguladores

<b>Tipo de Gema</b>	<b>Tratamento</b>	<b>AF</b>	<b>MSF</b>	<b>MSC</b>
Basal	Controle	352,60 abc	2,74 abc	1,90 ab
Basal	CIN	414,15 ab	3,53 ab	2,03 ab
Basal	CIT	352,68 abc	2,34 abc	1,85 ab
Basal	NAA	293,35 abc	2,31 abc	1,38 b
Basal	IAA	358,63 abc	2,48 abc	1,68 ab
Basal	CIN + NAA	303,11 abc	2,49 abc	1,49 ab
Basal	ACC + IAA	136,75 c	1,30 c	1,43 ab
Basal	CNH	399,17 ab	2,88 abc	2,01 ab
Apical	Controle	458,96 a	3,53 ab	2,11 ab
Apical	CIN	427,67 ab	3,04 abc	1,96 ab
Apical	CIT	434,97 ab	3,10 ab	1,94 ab
Apical	NAA	525,56 a	3,88 a	2,05 ab
Apical	IAA	331,62 abc	2,45 abc	1,52 ab
Apical	CIN + NAA	521,76 a	3,25 ab	2,46 ab
Apical	ACC + IAA	213,29 bc	1,83 bc	2,55 a
<b>C.V.</b>		25,04	25,76	24,23
<b>Valor F</b>		5,27 **	3,75**	2,32*

\* Significância ( $P < 0,05$ ); \*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 4$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Tratamentos: cinetina  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (CIN), Citex  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (CIT), ácido naftalenacético  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (NAA), ácido indolilacético  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (IAA), cinetina  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (CIN) + ácido naftalenacético  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (NAA), Accel  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (ACC) + ácido indolilacético  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (IAA) e cianamida hidrogenada 30% (CNH). AF = área foliar; MSF = massa seca foliar; MSC = massa seca do colmo.



Tabela 4.1 - Análise de variância para o número de brotações em função dos tratamentos com ureia e tiametoxam

<b>Tiametoxam</b>	<b>Ureia</b>	<b>64 DAP</b>	<b>94 DAP</b>
(-TMX)	Controle	1,60 b	1,40 c
(-TMX)	100 kg/ha	1,60 b	1,70 bc
(-TMX)	200 kg/ha	2,70 a	2,60 ab
(-TMX)	400 kg/ha	1,80 ab	1,70 bc
(+TMX)	Controle	2,10 ab	2,10 abc
(+TMX)	100 kg/ha	2,60 a	2,30 abc
(+TMX)	200 kg/ha	2,60 a	2,60 ab
(+TMX)	400 kg/ha	2,50 ab	2,70 a
<b>C.V.</b>		31,74	31,43
<b>Valor F</b>		4,59**	5,38**

\*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 10$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. - TMX = sem tiametoxam; + TMX = com tiametoxam. DAP = dias após o plantio.

Tabela 4.2 - Análise de variância para a altura em função dos tratamentos com ureia e tiametoxam

<b>Tiametoxam</b>	<b>Ureia</b>	<b>64 DAP</b>	<b>94 DAP</b>
(-TMX)	Controle	27,79 b	62,35 b
(-TMX)	100 kg/ha	43,56 ab	105,35 a
(-TMX)	200 kg/ha	42,95 ab	113,45 a
(-TMX)	400 kg/ha	31,14 ab	79,35 ab
(+TMX)	Controle	45,38 a	83,47 ab
(+TMX)	100 kg/ha	45,28 a	95,35 a
(+TMX)	200 kg/ha	44,49 a	96,92 a
(+TMX)	400 kg/ha	43,92 a	94,19 a
<b>C.V.</b>		17,9	17,6
<b>Valor F</b>		3,83**	4,11**

\*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 10$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. - TMX = sem tiametoxam; + TMX = com tiametoxam. DAP = dias após o plantio.

Tabela 4.3 - Análise de variância para a área foliar e para as massas secas em função dos tratamentos com ureia e tiametoxam

<b>Tiametoxam</b>	<b>Ureia</b>	<b>AF</b>	<b>MSC</b>	<b>MSF</b>	<b>MSR</b>
(-TMX)	Controle	966,17 d	27,83 e	10,59 e	14,73 e
(-TMX)	100 kg/ha	2205,10 cd	48,76 de	21,70 de	31,47 cde
(-TMX)	200 kg/ha	4025,87 b	77,50 bc	38,52 b	48,19 bc
(-TMX)	400 kg/ha	4263,21 ab	72,40 bc	35,61 bc	36,77 bcd
(+TMX)	Controle	1354,34 c	36,53 de	14,68 e	22,21 de
(+TMX)	100 kg/ha	2460,88 c	58,35 cd	26,88 cd	35,87 bcd
(+TMX)	200 kg/ha	3887,81 b	85,58 b	38,38 b	49,82 b
(+TMX)	400 kg/ha	5424,95 a	110,08 a	53,08 a	77,07 a
<b>C.V.</b>		29,95	25,08	27,47	33,05
<b>Valor F</b>		28,70**	28,09**	29,51**	21,70**

\*\* Significância ( $P < 0,01$ );  $n = 10$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. - TMX = sem tiametoxam; + TMX = com tiametoxam. AF = área foliar; MSC = massa seca do colmo; MSF = massa seca foliar; MSR = massa seca radicular.

Tabela 5.3 - Análise de variância para a altura e para a área foliar em função do regime hídrico e do tratamento com agroquímicos

<b>Agroquímicos</b>	<b>Regime Hídrico</b>	<b>Altura<sup>#</sup></b>	<b>AF<sup>#</sup></b>
Não tratado	Controle	35,97 Aa	588,80 Aa
Não tratado	4 dias	26,23 Aab	202,08 Aa
Não tratado	8 dias	36,42 Aab	466,52 Aa
Não tratado	12 dias	13,94 Abc	92,78 Ab
Não tratado	16 dias	10,49 Ac	57,46 Ab
Tratado	Controle	44,52 Aa	615,93 Aa
Tratado	4 dias	47,14 Aab	896,97 Aa
Tratado	8 dias	30,42 Aab	748,49 Aa
Tratado	12 dias	19,29 Abc	68,12 Ab
Tratado	16 dias	13,56 Ac	51,63 Ab
<b>C.V.</b>		40,03	48,12
<b>Valor F1</b>		1,55 NS	1,04 NS
<b>Valor F2</b>		6,65 **	12,44 **

\*\* Significância ( $P < 0,01$ ); NS não-significante;  $n = 4$ . As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. # Para as análises estatísticas, os valores obtidos foram transformados da seguinte maneira: Altura – valores transformados para  $\sqrt{X}$ ; AF (área foliar) – valores transformados para  $X^{0,3}$ . Fator 1 = tratamento com agroquímicos; Fator 2 = regime hídrico. Controle = irrigação plena; 4 dias, 8 dias, 12 dias e 16 dias = dias sem irrigação.

Tabela 5.4 - Análise de variância para as massas secas em função do regime hídrico e do tratamento com agroquímicos

<b>Agroquímicos</b>	<b>Regime Hídrico</b>	<b>MSR #</b>	<b>MSF #</b>	<b>MSC #</b>
Não tratado	Controle	1,68 Ba	3,49 Aa	2,47 Aa
Não tratado	4 dias	1,20 Bab	1,17 Aa	1,07 Aa
Não tratado	8 dias	1,26 Bab	2,76 Aa	2,28 Aa
Não tratado	12 dias	0,87 Bbc	0,55 Aa	1,02 Aa
Não tratado	16 dias	0,77 Bc	0,33 Aa	0,26 Aa
Tratado	Controle	2,60 Aa	3,84 Aa	3,76 Aa
Tratado	4 dias	2,28 Aab	5,45 Aa	4,17 Aa
Tratado	8 dias	1,60 Aab	4,38 Aa	2,99 Aa
Tratado	12 dias	1,26 Abc	0,41 Aa	0,39 Aa
Tratado	16 dias	0,72 Ac	0,30 Aa	0,19 Aa
<b>C.V.</b>		39,34	44,55	26,98
<b>Valor F1</b>		6,60 *	1,87 NS	0,0073 NS
<b>Valor F2</b>		9,06 **	2,42 NS	0,56 NS

\* Significância ( $P < 0,05$ ); \*\* Significância ( $P < 0,01$ ); NS não-significante;  $n = 4$ . As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. # Para as análises estatísticas, os valores obtidos foram transformados da seguinte maneira: MSR (massa seca da raiz) – valores transformados para  $\log X$ ; MSF (massa seca da folha) – valores transformados para  $X^{-0,2}$ ; MSC (massa seca do caule) – valores transformados para  $X^{-0,1}$ . Fator 1 = tratamento com agroquímicos; Fator 2 = regime hídrico. Controle = irrigação plena; 4 dias, 8 dias, 12 dias e 16 dias = dias sem irrigação.

Tabela 5.5 - Análise de variância para as massas frescas em função do regime hídrico e do tratamento com agroquímicos

<b>Agroquímicos</b>	<b>Regime Hídrico</b>	<b>MFR #</b>	<b>MF# #</b>	<b>MFC #</b>
Não tratado	Controle	20,00 Ba	18,31 Aa	14,65 Aa
Não tratado	4 dias	15,56 Bab	5,67 Aa	7,59 Aa
Não tratado	8 dias	15,39 Bab	13,96 Aa	17,87 Aa
Não tratado	12 dias	8,32 Bbc	2,51 Aab	4,06 Aab
Não tratado	16 dias	7,36 Bc	1,99 Ab	2,42 Ab
Tratado	Controle	31,70 Aa	18,58 Aa	27,40 Aa
Tratado	4 dias	22,94 Aab	28,91 Aa	32,61 Aa
Tratado	8 dias	27,37 Aab	23,16 Aa	27,51 Aa
Tratado	12 dias	13,88 Abc	2,18 Aab	2,70 Aab
Tratado	16 dias	7,54 Ac	1,64 Ab	1,64 Ab
<b>C.V.</b>		33,49	31,92	26,39
<b>Valor F1</b>		6,31 *	0,0036 NS	0,32 NS
<b>Valor F2</b>		6,77 **	7,82 **	6,38 **

\* Significância ( $P < 0,05$ ); \*\* Significância ( $P < 0,01$ ); NS não-significante;  $n = 4$ . As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tratamento com agroquímicos. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si referente ao tipo de irrigação. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. # Para as análises estatísticas, os valores obtidos foram transformados da seguinte maneira: MFR (massa fresca da raiz) – valores transformados para  $\sqrt{X}$ ; MF# (massa fresca da folha) – valores transformados para  $X^{0,1}$ ; MFC (massa fresca do caule) – valores transformados para  $X^{0,1}$ . Fator 1 = tratamento com agroquímicos; Fator 2 = regime hídrico. Controle = irrigação plena; 4 dias, 8 dias, 12 dias e 16 dias = dias sem irrigação.