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

**Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento
inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**

Raphael Branco de Araujo

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2015**

Raphael Branco de Araujo
Engenheiro Agrônomo

**Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da
cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2015

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

Araujo, Raphael Branco de

Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) / Raphael Branco de Araujo. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

101 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Propagação 2. Brotação 3. Biorreguladores 4. Bioativadores I. Título

CDD 633.61
A663a

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

Dedico:

Aos meus pais, Thereza Magrino Branco de Araujo e Victor Branco de Araujo, pelo amor, compreensão, amparo em momentos decisivos da minha vida.

À minha namorada, Nayara Marcon, pelo amor, carinho, companheirismo e paciência.

Ao meu irmão, Murilo Branco de Araujo, *in memoriam*, que nos trouxe alegria enquanto cá esteve.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela chance proporcionada de comungar seu amor.

Ao meu orientador, Professor João Alexio Scarpate Filho, pelos importantes ensinamentos, amizade, atenção e exemplo profissional.

Aos meus amigos da sala de estudos de fruticultura, o calabouço do conhecimento, Thiago, Andrea, Ângela e Jéssika, pelas conversas e discussões acerca de nossos projetos e trabalhos científicos.

Aos meus amigos integrantes da Banda Fator de Impacto, Fernando, Valdiney e Nelson pelos momentos de lazer que certamente me ajudaram a relaxar após dias de trabalho árduo.

À minha amiga Fabrícia, pela persistência, cooperação e esforço empregados em nosso trabalho.

Aos amigos do Grupo de Partilha de Profissionais, Leandro, Rafaela, Carol, Fred, Geraldo, Irineu e Antônio pelos momentos de união, oração e fé que vocês me proporcionaram nessa caminhada.

Aos técnicos e funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Éder, David, Carlos, Aparecido, Marcos, Luciane, Helena, Elisabete, Paulo e Maria Célia pelo auxílio e disposição.

À Professora Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre, pelos ensinamentos, ideias e colaboração em minha formação acadêmica.

Aos Professores Sônia Piedade e Hilton Tadeu do Couto e à amiga Maria Joseane pela paciência e colaboração com o planejamento dos experimentos e análises estatísticas.

Ao professor Antonio Sampaio Baptista pela disposição e colaboração com as análises tecnológicas.

Aos colegas Silvio, do Centro de Tecnologia Canavieira de Piracicaba e Levy, da Usina Santa Maria, pela disposição de material para os experimentos realizados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

A todos os professores e funcionários da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” por terem contribuído a minha formação pessoal e profissional.

E a todos meus amigos, familiares e conhecidos que me ajudaram diretamente ou indiretamente em meu trabalho e em minha vida pessoal com conselhos, palavras sinceras e carinho.

“O homem deve alimentar em si fé suficiente para experimentar aventuras
e duvidar de si o suficiente para ter prazer em suas aventuras.”

G. K. Chesterton

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Cana-de-açúcar.....	23
2.2 Aspectos morfofisiológicos da cana-de-açúcar	24
2.2.1 Brotação e desenvolvimento inicial	25
2.2.2 Perfilhamento	26
2.2.3 Enraizamento	28
2.3 Plantio	30
2.3.1 Sistema de plantio.....	30
2.3.2 Densidade de plantio e características dos propágulos	31
2.3.3 Produção de mudas de cana-de-açúcar.....	32
2.4 Biorreguladores e bioativadores.....	34
2.4.1 Ethephon	36
2.4.2 Cianamida hidrogenada	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Área experimental	39
3.1.1 Variedades utilizadas	41
3.1.2 Preparo dos propágulos	41
3.1.3 Preparo do solo	42
3.1.4 Variáveis analisadas.....	43
3.1.5 Delineamento experimental.....	43
3.1.6 Experimento 1	44
3.1.7 Experimentos 2 e 3	45
3.1.8 Experimento 4	46
3.2 Ambiente Protegido.....	46
3.2.1 Preparo dos minitoletes.....	47
3.2.2 Análises prévias	49
3.2.3 Instalação dos experimentos.....	49

3.2.4 Variáveis analisadas	50
3.2.5 Experimento 5.....	51
3.2.6 Experimento 6.....	52
3.2.7 Experimento 7.....	52
3.2.8 Experimento 8.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 Experimento 1.....	55
4.1.1 Brotação	55
4.1.2 Altura e diâmetro.....	60
4.2 Experimento 2.....	61
4.2.1 Brotação	61
4.2.2 Altura e diâmetro.....	64
4.3 Experimento 3.....	65
4.3.1 Brotação	65
4.3.2 Altura e diâmetro.....	66
4.4 Experimento 4.....	68
4.4.1 Brotação	68
4.4.2 Altura e diâmetro.....	71
4.5 Experimento 5.....	73
4.5.1 Brotação	73
4.5.2 Altura e diâmetro.....	77
4.6 Experimento 6.....	79
4.6.1 Brotação	79
4.6.2 Altura e diâmetro.....	81
4.6.3 Massa Fresca e Seca	82
4.7 Experimento 7.....	84
4.7.1 Brotação	84
4.7.2 Altura e diâmetro.....	85
4.7.3 Massa Fresca e Seca	86
4.8 Experimento 8.....	87
4.8.1 Brotação	87
4.8.2 Altura e diâmetro.....	90
5 CONCLUSÕES.....	93
REFERÊNCIAS	95

RESUMO

Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)

Para otimizar o processo de plantio mecanizado, faz-se necessário o uso de toletes menores, que possibilitem a adaptação dos mesmos às máquinas agrícolas. O objetivo do estudo foi avaliar a influência do tamanho e da posição do propágulo no colmo da cana-de-açúcar e da aplicação de biorreguladores (ethephon) e bioativadores (cianamida hidrogenada) no desenvolvimento inicial da planta. Foram realizados 8 experimentos no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, município de Piracicaba – SP. Quatro dos experimentos foram realizados em ambiente aberto, em área experimental, e outros quatro em ambiente protegido, casa de vegetação. Foram utilizadas duas variedades nos experimentos, RB966928 e CTC15. Os propágulos foram seccionados de acordo a sua posição no colmo da cana-de-açúcar, apical, mediana e basal. Seu tamanho foi variável devido à diferença de nós e entrenós ao longo de um mesmo colmo. Foram realizadas avaliações semanais das plantas, sendo coletados dados de altura, diâmetro, e número de brotos. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições por tratamento, distribuídas em 4 blocos, sendo que cada sulco correspondeu a um bloco. Os dados numéricos obtidos de número de brotos, altura e diâmetro de plantas foram submetidos à análise de variância e, quando o F foi significativo à 5%, as médias foram submetidas ao Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o software SAS. Verificou-se que a posição dos propágulos no colmo de cana-de-açúcar influencia a brotação; os propágulos da posição apical são superiores em brotação aos da posição basal; a aplicação do biorregulador ethephon em propágulos de cana-de-açúcar estimula a brotação e prejudica o desenvolvimento inicial em altura dos brotos; a aplicação do bioestimulante cianamida hidrogenada não influencia a brotação de propágulos de cana-de-açúcar; os propágulos com duas gemas apresentam melhor desempenho em brotação e desenvolvimento inicial dos brotos do que propágulos com apenas uma gema.

Palavras-chave: Propagação; Brotação; Biorreguladores; Bioativadores

ABSTRACT

Evaluation of different propagules types on initial development of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)

To achieve improves on sugarcane mechanical plantation, the use of smaller stem pieces becomes necessary, which enables their adaptation to agricultural machinery. The aim of this study was to evaluate the influence of size and position of stem on sugarcane stalk and the application of ethephon and hydrogen cyanamide on plant initial development. There were performed eight experiments in Department of Vegetal Production from Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo. Four experiments were performed on field, in experimental area, and four other were performed in greenhouse. There were utilized two cultivars, RB966928 and CTC15. The stems were cut according their position in sugarcane stalk, apical, mean and basal. Their size were variable, due the difference of node and internode along a same stalk. There were performed weekly evaluation of the plants, of which was collected height, diameter and shoots number. The statistical design was randomized blocks, with four replicates by treatment, in four blocks, wherein each planting furrow corresponding to a block. Numerical data obtained by shooting, plant height and diameter were submitted by analysis of variance by F test and compared by Tukey test at 5% of probability, using SAS software. There were verified that stem position influences sprouting; apical stem have a superior number of shoots than basal stem; ethephon application in sugarcane stems stimulates sprouting and damages initial development in height of plants; hydrogen cyanamide application does not influences stem shooting; stems with two buds present better performance in sprouting and initial development of shoots than stems with one bud.

Keywords: Propagation; Sprouting; Bioregulator; Biostimulant

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta jovem de cana-de-açúcar com raízes primárias, ou adventícias, e raízes secundárias, além de broto ou colmo primário e perfilhos ou colmos secundários (VAN DILLEWIJN, 1952).....	28
Figura 2 - Sistema radicular de uma touceira de cana-de-açúcar estabelecida (EVANS, 1936).....	29
Figura 3 – Diferentes tipos dos propágulos. a – duas gemas das posições apical (1), mediana (2) e basal (3), da esquerda para a direita, respectivamente; b – uma gema, das posições basal (1), mediana (2) e apical (3), da esquerda para a direita, respectivamente.	42
Figura 4 – Coleta de dados. a –variável diâmetro da planta de cana-de-açúcar a 1 cm de altura do solo; b – Folha avaliada para a variável altura (folha apical).	43
Figura 5 - Experimento instalado em ambiente protegido. Piracicaba – SP	47
Figura 6 - Diferentes tipos dos propágulos. b – propágulos com uma gema, das posições basal (1), mediana (2) e apical (3), da esquerda para a direita, respectivamente.; c – minitoletes de diferentes posições com porção reduzida de entrenó	48
Figura 7 – Diagrama climático de médias mensais de temperaturas máximas e mínimas do ar (linhas) e precipitação (barras). Linhas vermelhas: Média de T°C máxima. Linhas azuis: média de T°C mínima. Piracicaba - SP, março a julho de 2013.	58
Figura 8 – Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.	59
Figura 9 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, em número de brotos por semanas.....	63
Figura 10 - Brotação de minitoletes de cana-de-açúcar, variedade RB966928, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.	66
Figura 11 - Brotação de mudas de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.	71
Figura 12 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.	76

Figura 13 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas.	81
Figura 14 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas.	85
Figura 15 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental. Piracicaba – SP.....	39
Tabela 2 – Dados mensais dos anos de 2013 e 2014 de precipitação pluvial, umidade relativa, temperaturas máxima, mínima e média. Piracicaba – SP.....	40
Tabela 3 – Experimentos em área experimental. Variedade utilizada, época de duração, fatores e tratamentos de cada experimento. Piracicaba, 2014.....	44
Tabela 4 - Brix, Pol, Pureza, Fibra e AR de colmos de cana-de-açúcar utilizados para a obtenção de propágulos, variedade CTC – 15. Piracicaba, 2014	49
Tabela 5 - Experimentos em área experimental. Tipo de propágulo utilizado, época de duração, fatores e tratamentos de cada experimento. Piracicaba, 2014.....	51
Tabela 6 - Média de brotos, brotos/metro linear, e brotos/gemas plantadas de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, 74 dias após o plantio, Piracicaba – SP.....	55
Tabela 7 - Média de brotos, brotos/metro linear, e brotos/gemas plantadas de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, 74 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	57
Tabela 8 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo com profundidade de plantio, posição e tipo de propágulo, 74 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	60
Tabela 9 - Média de número de brotos emergidos de minitoletes de cana-de-açúcar, com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada, de diferentes posições, variedade RB966928, 88 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	61
Tabela 10 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo com a concentração de biorregulador e posição de muda, 88 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	64
Tabela 11 - Média de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e posição de propágulo, 71 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	65
Tabela 12 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e posição de muda, 71 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	67

Tabela 13 - Média de número de brotos emergidos de minitoletes de cana-de-açúcar, variedade CTC15, com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada e ethephon e diferentes posições, 85 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	68
Tabela 14 - Média de brotos, total de brotos e velocidade de brotação (brotos/semana) de minitoletes de cana-de-açúcar, variedade CTC15, aos 85 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	70
Tabela 15 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, de acordo com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada e ethephon e diferentes posições, 82 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	72
Tabela 16 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e ethephon e posição de propágulo, 47 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	74
Tabela 17 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e ethephon e posição de propágulo, 47 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	78
Tabela 18 - Média de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, tratados com ethephon e cianamida hidrogenada, variedade CTC15, 51 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	80
Tabela 19 - Média de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar tratados com ethephon e cianamida hidrogenada, variedade CTC15, 51 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	82
Tabela 20 - Médias de massa fresca de plantas (MFP), massa seca de plantas (MSP) de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em relação aos tratamentos aplicados, 51 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	83
Tabela 21 - Média de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 52 dias após o plantio. Piracicaba – SP.....	84
Tabela 22 - Médias de altura e diâmetro de colmos de acordo com a concentração de biorregulador e posição de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 52 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	86
Tabela 23 - Médias de massa fresca de plantas (MFP) e massa seca de plantas (MSP) de cana-de-açúcar, de acordo com a concentração de biorregulador e posição de propágulos, variedade CTC15, 52 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	87

Tabela 24 - Médias de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 50 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	88
Tabela 25 - Médias de altura e diâmetro de colmos de acordo com a concentração de biorregulador e posição de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 50 dias após o plantio. Piracicaba – SP.	90

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta C4, pertencente à família Poaceae, originária do sudeste asiático, provavelmente na região de Nova Guiné. Desenvolve-se bem em regiões de clima quente e úmido. A cana acumula sacarose, matéria-prima para a elaboração do biocombustível etanol. É uma cultura muito importante para o Brasil, maior produtor mundial, e especificamente para o estado de São Paulo, responsável por 56,5% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

O plantio da cana tem sido realizado tradicionalmente pelo método convencional, onde rebolos são plantados manualmente. Entretanto, a cadeia produtiva da cultura tem buscado novos métodos de plantio, principalmente devido à escassez de mão-de-obra. Com isso, o método de plantio mecanizado, onde a cana é plantada exclusivamente por meio de máquinas agrícolas, surge como solução para esse gargalo.

Com isso, estudos tem sido realizados para adaptar mudanças decorrentes da mecanização. Para otimizar o processo de plantio mecanizado, faz-se necessário o uso de toletes menores, que possibilitem a adaptação dos mesmos às máquinas agrícolas. A utilização de toletes com tamanho reduzido tem sido testada na forma comercial através de tecnologias desenvolvidas pela Syngenta em 2014, como o Plene, e o sistema de Mudanças Pré-Brotadas (MPB) pelo Instituto Agrônomo de Campinas em 2012.

O plantio da cana-de-açúcar é feito utilizando-se seções de colmos da planta, denominados propágulos, rebolos, toletes ou minitoletes. Ao serem retirados de diferentes partes do colmo da cana, os toletes podem apresentar diferentes desempenhos iniciais, devido a aspectos morfofisiológicos, como níveis hormonais e quantidades de reserva. Essas diferenças podem proporcionar desuniformidade na brotação e no estabelecimento de um canavial. Ainda, distúrbios nessa fase inicial da cultura podem ocasionar falhas que dificilmente serão preenchidas ao longo do ciclo cultural.

Estudos recentes destacam que uma possibilidade em estimular e homogeneizar a brotação e a emergência das plantas é o uso de substâncias químicas, produtos amplamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar,

notadamente para antecipar a fase de maturação, além de promover melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimizar os resultados agroindustriais e econômicos e auxiliar no planejamento da safra (CAPUTO et al., 2008).

O biorregulador ethephon é utilizado como maturador da cana-de-açúcar, porém há indícios que ele acelera o desenvolvimento inicial e estimula a brotação das gemas e o perfilhamento da planta. Trabalhos adicionais são necessários para elucidar a atuação desse biorregulador em propágulos.

A cianamida hidrogenada é uma substância química utilizada na quebra de dormência de gemas em diversas culturas. Contudo, não se tem resultados sobre sua influência na cultura da cana-de-açúcar.

Portanto, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos de propágulos conforme aspectos de tamanho e da posição no colmo da cana-de-açúcar no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. Como objetivo específico foi avaliar a aplicação do biorreguladores e substâncias químicas na performance dos propágulos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cana-de-açúcar

A espécie *Saccharum* spp., popularmente conhecida como cana-de-açúcar, possui centro de origem no sudeste asiático, especificamente em Nova Guiné. A história de sua domesticação é ainda pouco conhecida, e há indícios de que essa espécie evoluiu de *Saccharum robustum*, após cruzamentos com outras espécies do gênero, ocorridos entre a fronteira de Myanmar e Nova Guiné (DANIEL; ROACH, 1987).

Segundo Aitken e McNeil (2010), clones de *S. officinarum* são encontrados apenas em campos de cultivo, e são classificados como canas nobres, pois apresentam colmos com alto teor de sacarose e baixo conteúdo de fibras. Essa espécie é adaptada às condições de alta intensidade luminosa e altas temperaturas, sendo cultivada principalmente em regiões tropicais e subtropicais (CAPUTO et al., 2008).

Devido ao acúmulo de sacarose, a cana-de-açúcar é um importante produto agrícola, pois esse carboidrato serve de matéria-prima para a elaboração de produtos alimentícios e biocombustíveis, dentre os quais destacam-se o açúcar e o álcool. Esses produtos são denominados *commodities* pelo mercado mundial, por gerarem divisas externas (COELHO et al., 2003).

No mundo há uma busca por fontes energéticas renováveis. Assim, o etanol produzido a partir da cana apresenta-se como uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis. Andreoli e Souza (2007) constataram que o biocombustível oriundo da cana-de-açúcar possui um balanço energético positivo quando comparado ao etanol elaborado a partir do milho, colocando o Brasil à frente de países que produzem o combustível a partir do cereal.

Ainda, usinas podem gerar energia elétrica por meio da queima do bagaço, tornando a cadeia da cana-de-açúcar ainda mais eficiente. Esta bioenergia é utilizada para o próprio funcionamento das usinas e é também distribuída na rede elétrica (ARRUDA, 2011). Estima-se que cerca de 7 % da eletricidade consumida no país seja proveniente da bioenergia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2014).

Mudas de cana foram trazidas ao Brasil por Martim Afonso de Souza em 1532, sendo que no início do século XVII a cultura chegou ao planalto paulista, com a região de Itu destacando-se como o maior produtor de açúcar do estado de São Paulo (MOZAMBINI et al., 2006).

Atualmente, o Brasil destaca-se como o maior produtor de cana-de-açúcar, seguido por Índia, China e Tailândia (FAO, 2011). Na safra de 2013/2014 produziu 658.822,25 mil toneladas de cana-de-açúcar, em uma área de 8.811,43 mil hectares, contabilizando uma produtividade média de 74,76 toneladas por hectare (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

Em relação ao comércio externo, o Brasil é o principal exportador mundial de derivados da cana, com total de US\$ 11,81 bilhões de açúcar e US\$ 1,86 bilhões de etanol exportados no ano de 2013, um montante equivalente à 5,66 % de toda a exportação do país nesse ano (BRASIL, 2014; UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO - UNICA, 2014).

São Paulo é o estado de maior produção no Brasil, com 4.552,04 mil hectares plantados, 51,7% de toda a área plantada no país, com colheita de 372.805,91 mil toneladas, 56,5% da produção nacional. O estado possui média de produção de 81,89 toneladas por hectare, valor 9,53% maior que a média brasileira (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

2.2 Aspectos morfofisiológicos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta perene pertencente à família Poaceae que possui capacidade de armazenar sacarose em seus colmos quando cultivada em regiões tropicais. É altamente eficiente quanto à energia, pois utiliza a rota fotossintética C4, caracterizada por formar compostos com quatro carbonos. Com isso, possui maior eficiência na utilização e suporte de CO₂ atmosférico. Ao passar por condições restritivas de crescimento como baixa temperatura e seca, a planta armazena sacarose nos vacúolos centrais das células parenquimáticas dos colmos, e passa pelo processo de maturação (RODRIGUES, 1995).

A cultura apresenta quatro estádios fenológicos: brotação e emergência de brotos, perfilhamento, crescimento de colmos, maturação. Essa classificação é realizada em relação a períodos biológicos da cultura em relação às condições ambientais (CÂMARA, 1993).

Segundo Segato et al. (2006), a cana desenvolve-se em forma de touceira, com parte aérea formada por colmos, folhas, inflorescências e frutos, e com parte subterrânea formada por raízes e rizoma, os quais são responsáveis pela formação dos perfilhos na touceira. Os colmos de cana-de-açúcar apresentam gemas em seus nós, dispostas de forma alternada, que se desenvolvem quando em condições fisiológicas específicas para brotação. Após serem plantados, os propágulos necessitam de boas condições climáticas de umidade e temperatura para que as gemas iniciem os processos de ativação enzimática e hormonal, que resultam em desenvolvimento meristemático seguido de brotação. O desenvolvimento inicial, caracterizado pela brotação das gemas, é um dos processos mais importantes do cultivo da cana, uma vez que a determinação da futura população de plantas no campo dependerá desse período, que ocorre até 21 dias após o plantio (AUDE, 1993).

2.2.1 Brotação e desenvolvimento inicial

O processo de brotação é de grande importância para o sucesso da cultura. O estabelecimento de um canavial sem um bom desenvolvimento inicial pode ocasionar uma redução em sua longevidade, culminando em custos adicionais de replantio e produção (AUDE, 1993).

Alexander (1973), afirma que a brotação depende de fatores endógenos, decorrentes do sistema metabólico da planta, e de fatores exógenos, como umidade e temperatura. O processo de brotação caracteriza-se fisiologicamente como um sistema fonte-dreno, pois há uma degradação de fontes de reserva do tolete, de modo que os perfilhos a utilizem por cerca de 60 dias após o início da brotação (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

O desenvolvimento inicial das gemas é influenciado por fatores como: temperatura, umidade e aeração do solo, variedade, profundidade de plantio, posição da gema no colmo, tratamento com inseticidas e fungicidas. Temperaturas entre 26°C e 32°C são ideais para o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, enquanto que umidade do solo entre 15 e 25% seria ideal para a brotação (CASAGRANDE, 1991).

Ainda, a respeito do propágulo, Van Dillewijn (1952) afirmou que quanto maior o tamanho do entrenó, maior quantidade de reserva energética para a planta se

desenvolver inicialmente e melhor a brotação e o desenvolvimento do broto. Quanto à idade cronológica das gemas, estudando a brotação de propágulos de cana-de-açúcar, Frazão et al. (1977) verificaram que as gemas mais jovens apresentaram maior velocidade de emergência quando as mudas foram cortadas e plantadas no mesmo dia.

A posição da gema no colmo de cana corresponde à sua idade cronológica, de modo que as gemas apicais são mais jovens e as gemas basais são mais velhas. Devido a essa diferença, Casagrande (1991) observou um gradiente de brotação em um mesmo colmo.

Em relação à emergência e brotação, Segovia (1974) estudou toletes com diferentes quantidades de reserva e posições no sulco de plantio. O autor concluiu que ambos os fatores influenciaram a brotação, pois gemas voltadas para cima e para os lados, com mudas de maior porção de entrenó, apresentaram melhores resultados de brotação e emergência.

Ao avaliar o efeito da quantidade de reserva energética de mudas no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, Simões Neto (1986) afirmou que quanto maior a quantidade de reserva, maior foi a velocidade de brotação da gema e maior o vigor da brotação, uma vez que a gema utilizou as reservas do propágulo para emergir, e, em seguida, utilizou a água e nutrientes absorvidos pelas raízes primárias, formadas por primórdios radiculares localizados na zona radicular.

Após o plantio da muda e sob condições ambientais favoráveis, o broto desenvolve-se, rompe as folhas lignificadas da gema, passa pelo poro germinativo e cresce em direção à superfície do solo, e emerge entre 20 e 40 dias após o plantio, de acordo com a qualidade da muda (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006). O broto recém emergido, denominado colmo primário, emite raízes primárias e secundárias, adquire capacidade fotossintética e se desenvolve vegetativamente, nós e entrenós.

2.2.2 Perfilhamento

O perfilho é um colmo ou ramificação oriunda da base da planta de cana-de-açúcar. O número de colmos e perfilhamento por área plantada é um dos fatores mais importantes na produção da cana. Silva et al. (2007) constataram que, visando maior produtividade, deve-se induzir um maior perfilhamento inicial na formação do canavial.

O perfilhamento consiste na brotação sequencial de gemas a partir do colmo primário, que origina os secundários e assim sucessivamente, até um limite (RIPOLI et al., 2006). Esse processo define a formação da touceira de cana-de-açúcar e a população de colmos a serem colhidos.

Após a formação do perfilho, este comporta-se como uma planta independente e autônoma, pois possui sistema radicular, colmos e folhas próprios (Figura 1). Porém, alguns perfilhos da mesma touceira podem ainda possuir ligação entre si, ocasionando um possível compartilhamento entre nutrientes e água. Segundo Cebim (2007), o desenvolvimento e fisiologia do perfilho são influenciados por vários fatores, tais como: luz, temperatura, umidade do solo e nutrientes, que são manejados por meio de espaçamento, profundidade e época de plantio, época de corte, controle de pragas e doenças.

O perfilhamento varia de acordo com diferentes variedades, e pode ocorrer até quatro meses após o plantio, sendo formados de 10 a 20 perfilhos. Após esse período há a tendência de morte e queda no número de perfilhos e posterior decréscimo no número de brotações, devido à competição por luz, água e nutrientes (CASTRO; CHRISTOFFOLETI, 2005). Nesse período, o sistema radicular da soqueira apresenta-se bem desenvolvido, com presença de raízes em plena formação e crescimento em direção às camadas mais profundas do solo.

Dentre esses fatores, Aude (1993) constatou que a influência da luz no perfilhamento é muito grande, pois a radiação se relaciona com a produção de auxinas no ápice da planta. Na ocorrência de radiação solar adequada, o transporte das auxinas para as gemas basais do colmo é diminuído, causando quebra da inibição dessas gemas e a produção de novos colmos. Além disso, o efeito da intensidade da radiação solar está relacionado com substâncias hormonais, produzidas pelo ápice dos colmos e fluem em direção à base dos mesmos.

Diversos trabalhos realizados relacionam o perfilhamento com o aumento de produtividade da cana (MELOTTO et al., 1987; MOORE; OSGOOD, 1989; WIEDENFELD, 2003; SILVA et al., 2007).

Após o perfilhamento, a cana-de-açúcar cresce na forma de touceira. O sistema radicular fasciculado da touceira permanece se desenvolvendo mesmo após a colheita. Em seguida, cada colmo cortado rebrota mais rápido que a planta original. Contudo, as soqueiras possuem uma produtividade menor após sucessivos

cortes devido a compactação gerada por operações mecanizadas de colheita, controle de plantas daninhas e pragas (OGTR, 2004).

Figura 1 - Planta jovem de cana-de-açúcar com raízes primárias, ou adventícias, e raízes secundárias, além de broto ou colmo primário e perfilhos ou colmos secundários (VAN DILLEWIJN, 1952).

2.2.3 Enraizamento

O estudo do sistema radicular da cana-de-açúcar é relevante, pois envolve a utilização adequada de técnicas agronômicas, como espaçamento, local de aplicação dos fertilizantes, operações de cultivo, drenagem dos solos e sistemas de irrigação, controle da erosão, uso de culturas intercalares (CASAGRANDE, 1991). O

enraizamento da planta de cana é importante pois está diretamente relacionado com o desenvolvimento inicial e, conseqüentemente, com o estabelecimento da cultura.

As primeiras raízes formadas são advindas dos colmos, denominadas primárias ou adventícias, que emergem de uma região radicular da gema ou nó, localizada acima da cicatriz da bainha da folha no colmo (VAN DILLEWIJN, 1952). São finas e muito ramificadas, e possuem função de sustentação da planta nas primeiras semanas após a brotação. Em seguida, 5 a 7 dias após o plantio, ocorre a brotação de raízes secundárias, mais grossas e pontiagudas (Figura 2). As raízes primárias continuam a crescer por um período de 6 a 15 dias após o plantio, e morrem por volta de 60 a 90 dias, de acordo com o suprimento de água e nutrientes para o broto e os perfilhos (SMITH et al., 2005).

Figura 2 - Sistema radicular de uma touceira de cana-de-açúcar estabelecida (EVANS, 1936).

Ao trabalhar com o desenvolvimento de raízes de cana-de-açúcar relacionado à adubação nitrogenada, Otto (2007) afirmou que a fertilização nitrogenada de plantio não promoveu maior acúmulo de massa de raízes de cana-de-açúcar e favoreceu a concentração das raízes na camada superficial. Além disso, 70% das

raízes concentraram-se nos primeiros 20 cm de profundidade de solo, sendo que a compactação do solo e os baixos teores de fósforo, cálcio e magnésio e altos teores de alumínio não permitiram que o sistema radicular se aprofundasse.

Conforme James (2004), o sistema radicular da cana pode ser dividido em três: raízes superficiais, responsáveis pela absorção de água e nutrientes; raízes de suporte, responsáveis pela estabilidade da planta; raízes cordão, que podem penetrar a profundidades de 3 a 6 metros, onde o solo pode armazenar água mesmo em épocas secas (Figura 1).

2.3 Plantio

2.3.1 Sistema de plantio

O plantio da cana-de-açúcar é realizado através da propagação, utilizando-se segmentos de colmo denominados propágulos, toletes, rebolos ou mudas (MASUDA et al., 1981). A operação de plantio tem impacto significativo na produtividade.

Essa importância pode ser evidenciada no estabelecimento do canavial, pois nessa etapa são tomadas decisões que irão perdurar por todo o ciclo produtivo da cultura, ou seja, um período de pelo menos cinco anos (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006). Através de um plantio adequado, pode-se alcançar redução na incidência de pragas, doenças e plantas invasoras, manutenção das características físicas do solo, dentre outros aspectos (SILVA et al., 2007).

Atualmente existem diferentes sistemas de plantio em se tratando de tecnologia aplicada. O sistema de plantio semi-mecanizado consiste das seguintes etapas: sulcação e aplicação de fertilizantes mecanicamente, distribuição de colmos, fracionamento e alinhamento das mudas dentro do sulco manualmente e, finalmente, aplicação de defensivos e cobertura dos sulcos mecanicamente. Já o sistema de plantio mecanizado é constituído na total mecanização dos processos, com o uso de plantadoras distribuindo mudas inteiras ou picadas no sulco de plantio (RIPOLI; RIPOLI, 2010).

O plantio da cultura no Brasil deverá envolver cada vez mais tecnologia, ou seja, será totalmente mecanizado (FLORES et al., 2012), tendência apoiada principalmente na redução de custos de produção.

O processo produtivo da cana possui três objetivos básicos: alta produtividade, com alta produção de fitomassa por unidade de área, ou seja, elevado rendimento agrícola de colmos industrializáveis; boa qualidade e riqueza de açúcar nos colmos industrializáveis; longevidade do canavial, com aumento de número de cortes (CÂMARA, 1993).

2.3.2 Densidade de plantio e características dos propágulos

A densidade de plantio diz respeito à quantidade de gemas e propágulos plantados por metro linear que, após a brotação, gera uma população de plantas desejável. A prática de plantio constitui fatores que otimizam a cultura, como: escolha da área, variedade, sanidade do propágulo, época de plantio, preparo de solo, profundidade de plantio, cobertura de rebolos e distribuição de gemas no sulco (JADOSKI et al., 2010).

James (2004) afirmou que o método de plantio utilizando colmos com ápices e bases invertidos entre si, com 10% de sobreposição, é uma forma eficaz por trazer bom estande e economia de cana-de-açúcar na implantação. Sua desvantagem, porém, é que ele requer muita mão de obra, apesar de poder ser reduzido com o uso de tratores com implementos que carregam propágulos e comportam operários que empurram os colmos nos sulcos de plantio.

No plantio semi-mecanizado, normalmente são utilizadas entre 8 a 12 toneladas de cana por hectare, enquanto que no plantio mecanizado essa quantia é de aproximadamente 20 toneladas de mudas por hectare (OLIVEIRA, 2012). Beauclair e Scarpari (2006) afirmaram que o gasto de colmos de cana com a propagação é de 7 a 10 toneladas por hectare, e a densidade de plantio para formar um canavial produtivo é de 12 gemas por metro linear de sulco. Estudando a densidade de plantio na produtividade da cana, Barbieri et al. (1981) concluíram que, para a obtenção de um canavial produtivo, recomenda-se uma densidade de plantio com 10 a 12 gemas viáveis por metro linear.

Além disso, tanto a profundidade de sulcação quanto a espessura da camada de terra sobre as mudas devem ser consideradas, uma vez que a falta de umidade do solo pode prejudicar a brotação (CASAGRANDE, 1991). Após o plantio, ocorrendo boas condições de temperatura e umidade, iniciam-se as atividades de

indução e crescimento meristemático. Estudando a brotação da variedade RB855156, Carlin et al. (2004) concluíram que as coberturas de plantio de 3 e 6 cm com gemas das regiões apical e mediana do colmo de cana apresentaram os melhores resultados.

Ferreira et al. (2008) concluíram que a cana-de-açúcar deve ser implantada com boa população de plantas por área, de modo que a cultura resista a sucessivos cortes feitos anualmente. Falhas cometidas nesta fase poderão ocasionar sucessiva perda de produtividade a cada corte. Com isso, a densidade de propágulos plantados por metro afeta diretamente o número, tamanho e diâmetro de colmos, associados positivamente com a produtividade (EHSANULLAH et al., 2011).

Uma grande quantidade de toletes na implantação dos canaviais tem sido utilizada para se garantir uma população de plantas ideal. Colmos que poderiam ser processados e utilizados na cadeia do açúcar ou do álcool são muitas vezes desperdiçados nos plantios (WIEDENFELD, 2003). Com isso, uma redução no tamanho dos propágulos de cana-de-açúcar seria interessante para uma possível redução do custo de plantio.

2.3.3 Produção de mudas de cana-de-açúcar

A qualidade das mudas de cana é fundamental para a produção de alta produtividade, sanidade de plantas e conseqüentemente das touceiras. James (2004) associa essa qualidade à ausência de pragas e doenças, pureza varietal e capacidade de brotação. Algumas doenças são tipicamente transmitidas através de propágulos, como o raquitismo da soqueira e a podridão abacaxi, por isso a qualidade dessas mudas consiste na ausência dos patógenos. Além disso, a pureza varietal é importante pois a variedade do propágulo irá originar uma planta onde se espera uma série de características agrônômicas desejadas. Plantas de cana em crescimento vegetativo são normalmente vigorosas e originam mudas que brotam mais rápido e mais uniformemente, aspectos diferentes de plantas mais velhas. Diversas pesquisas no Brasil relacionam diferentes mudas de cana-de-açúcar e novas técnicas de propagação visando sua qualidade.

Uma dessas técnicas denominada Método Interocupacional Ocorrendo Simultaneamente, MEIOSI, foi desenvolvida na estação experimental do Programa

Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar - PLANALSUCAR em Uberlândia, no início da década de 1980. O método constitui no plantio de duas linhas de propágulos provenientes de colmos com 5 a 6 meses, os quais são mais vigorosos. Após o desenvolvimento vegetativo, essas duas linhas serão cortadas e suas mudas serão espalhadas em oito sulcos vizinhos. Durante o tempo de que a cana de ano e meio das duas linhas demora para se desenvolver, a entrelinha é preenchida com culturas anuais ou adubação verde, buscando otimizar custos de produção (NOGUEIRA, 2006).

A micropropagação é uma alternativa à produção de mudas de cana-de-açúcar em larga escala, técnica de cultivo *in vitro* de tecidos meristemáticos possibilita a obtenção de mudas com alta qualidade varietal e fitossanitária (LIMA, 2010). Essa técnica tem sido bastante utilizada em países produtores de cana, e possui como principal vantagem a rápida propagação de novas variedades. Ali et al.(2008) afirmaram que há um potencial produtivo de 75.600 brotações a partir de um explante apical em um período de cinco meses e meio.

Um sistema foi desenvolvido recentemente pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC chamado Mudas Pré-Brotadas (MPB), que consiste na utilização de mudas de cana conduzidas em tubetes com substrato, acondicionados em casa de vegetação. Landell et al. (2012) afirmaram que o método é direcionado ao aumento de eficiência e os ganhos econômicos na implantação de viveiros, replantio de áreas comerciais e possivelmente renovação e expansão de áreas de cana-de-açúcar. Esse sistema utiliza gemas individualizadas, rebolos com 3 cm de comprimento, que são induzidas à brotação após o corte e, em seguida, são transplantadas em tubetes em ambiente protegido com telado. Após 21 dias, as mudas vão para bancadas à pleno sol para o processo final de aclimação. As mudas oriundas do sistema MPB podem ser tanto plantadas manualmente em uma densidade de 2 mudas por metro linear, como mecanicamente em densidade de 3 mudas por metro linear (LANDELL et al., 2012).

Outro sistema de confecção de mudas de cana-de-açúcar desenvolvido a partir de 2008 chamado Plene, patenteado pela companhia Syngenta. Segundo Martinho et al. (2010), essa tecnologia consiste na produção de propágulos com 4 cm de comprimento, tratados com defensivos e plantados com uma máquina plantadeira. Após seu lançamento, o propágulo mudou, transformando-se em Plene Evolve, que

é uma muda oriunda de um meristema apical isolado, além do Plene PB, muda pré-brotada semelhante ao MPB. No ano de 2014 a empresa lançou a tecnologia CEEDS, que consiste em tecidos meristemáticos de cana produzidos em ambiente controlado e envoltos por uma cápsula (SYNGENTA, 2014).

2.4 Biorreguladores e bioativadores

Os biorreguladores, também chamados reguladores vegetais, são substâncias sintéticas com características semelhantes aos hormônios vegetais, pois atuam na promoção, inibição ou alteração dos processos bioquímicos e fisiológicos nas diferentes estruturas celulares das plantas (SILVA et al., 2007).

Diversas pesquisas agrícolas são voltadas para a obtenção de maiores incrementos na produção da cana-de-açúcar por meio de desenvolvimento de tecnologias, como a utilização de biorreguladores que atuam na morfologia e fisiologia da planta, aumentando a produtividade (MARTINS & CASTRO, 1999).

Esses produtos são amplamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar, notadamente para antecipar a fase de maturação, além de promover melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimizar os resultados agroindustriais e econômicos e auxiliar no planejamento da safra (CAPUTO et al., 2008).

De acordo com Caputo et al. (2008), maturadores artificiais de cana são biorreguladores aplicados nas plantas com finalidade de antecipar o processo de maturação, resultando em melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimização de resultados agroindustriais e econômicos e auxílio no planejamento da safra. Esses maturadores atuam em aspectos morfológicos e fisiológicos da planta, paralisando seu desenvolvimento vegetativo, induzindo a translocação e armazenamento de açúcares nos colmos (SEGATO; PEREIRA, 2006).

Aspectos como a falta de variedades produtivas, com maturação precoce e condições de altas temperaturas, em que a cana-de-açúcar vegeta continuamente durante todo o ano, podem ser contornados com a utilização de maturadores químicos, de modo que o suprimento da usina ocorra durante o ano todo com cana de qualidade agroindustrial desejável (RODRIGUES, 1995). Assim, a aplicação de

maturadores em cana-de-açúcar deve objetivar a indução da maturação durante períodos de baixa concentração de sacarose (SUBIROS, 1990).

O emprego de maturadores é comum entre usinas sucroalcoleiras. Conforme Caputo et al. (2008), o uso de reguladores vegetais deve ser uma prática a ser realizada com planejamento a curto prazo, para ser substituída, a médio prazo, por um programa de manejo de variedades que amadureçam nas épocas desejadas, obtendo-se assim rendimento aceitável durante os períodos críticos da safra.

Segundo Rodrigues (1995), produtos comumente utilizados como maturadores da cana-de-açúcar pertencem ao grupo dos inibidores de crescimento ou ao grupo de compostos herbicidas, como a hidrazida maleica, glifosato, ethephon, fluazifop-butil e o sulfometuron-metil.

Contudo, tais substâncias são menos empregadas em outros estádios fisiológicos. É possível que biorreguladores influenciem o desenvolvimento inicial dos propágulos, de modo que sejam necessárias maiores investigações a este respeito.

Kanwar e Kaur (1977) apresentaram tendências no uso de reguladores vegetais, com o objetivo de aumento de brotação. Resultados do trabalho demonstraram que o uso dos biorreguladores ácido giberélico (GA), ácido indol-acético (AIA), ácido indol-butírico (AIB), ácido tri-iodo-benzoico (TIBA), ethephon e cloreto de chlorocolina (CCC) aplicados em propágulos de cana-de-açúcar melhoraram a brotação e aumentaram o número de colmos industrializáveis na colheita com maior produtividade por touceira.

Ali et al. (2008), ao estudar protocolos para produção de mudas de cana com diferentes concentrações de biorreguladores e seu efeito na micropropagação de cana, conseguiram resultados positivos utilizando meio de cultura suplementado com 1 mg.L^{-1} de ácido 1-naftalenoacético e 2 mg.L^{-1} de ácido indol-butírico.

Os hormônios da cana-de-açúcar estão relacionados ao conceito de dominância apical. Quando a planta está em estágio vegetativo, há constante produção de auxinas no ápice, induzindo-o ao crescimento e inibindo a brotação das gemas presentes ao longo do colmo. Neste sentido, a gema mais distante do ápice terá sua brotação influenciada pela dominância apical.

2.4.1 Ethephon

O ethephon, ácido 2-cloro-etil fosfônico, é um biorregulador utilizado na fase de maturação da cana-de-açúcar, pois sua principal função é a inibição da floração, prevenindo uma consequente redução do teor de sacarose no colmo (RODRIGUES, 1995). Diversos estudos comprovam a ação desse biorregulador na prevenção da florescência (HARDY et al., 1986; MOORE; OSGOOD, 1989). Além disso, sua aplicação também promove redução do crescimento do colmo, de modo que a colheita seja antecipada.

Esse composto é rapidamente absorvido pela planta após ser pulverizado em solução aquosa e, após reação, libera lentamente o etileno, de modo que o hormônio exerça seus efeitos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O emprego do ethephon no plantio de mudas de cana aumenta seu desenvolvimento inicial, método que pode ser utilizado em regiões com clima subtropical para indução à brotação (JAIN et al., 2011). Em estudo com aplicação de ethephon na planta adulta de cana, Silva et al. (2007) concluíram que o biorregulador induziu o perfilhamento da planta, e consequente aumento do número de colmos industrializáveis por unidade de área de colheita.

Naiwal et al. (2004) constataram que o ethephon aumentou o efeito do etileno em tratamento prévio de propágulos de cana-de-açúcar, fazendo com que o transporte da auxina diminua de modo que a dominância apical seja quebrada, fenômeno que estimularia o perfilhamento.

Estudos realizados por Li e Solomon (2003) demonstraram que o tratamento de ethephon aplicado via foliar na pré-colheita da cana, três semanas antes do corte e respectivo plantio, resultou numa brotação mais uniforme após a colheita da cana, além de resultar em melhor estande da cultura. Martins e Castro (1999) afirmam que, ao analisar efeitos de ethephon na anatomia de plantas de cana, o biorregulador reduz a quantidade de fibras na planta.

2.4.2 Cianamida hidrogenada

A cianamida hidrogenada, H_2CN_2 , é um produto sintético utilizado para a indução de quebra de dormência de gemas em espécies frutíferas. Promove uma quebra de dormência mais precoce e uniforme em plantas dormentes como uva,

maçã, pêssego e kiwi. Como outros agentes de quebra de dormência, a cianamida hidrogenada é efetiva para superar a dormência de gemas apenas em doses quase letais (ZHEN, 1993).

O modo de ação deste biorregulador ainda não está claramente descoberto. Porém, há estudos que relatam que sua ação relaciona-se com a redução e inibição da catalase e consequente aumento na concentração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) nos tecidos meristemáticos das gemas, que poderia estar ligado à ativação do ciclo das pentoses (VERGARA et al., 2012). Amberger (1984) mostrou que tratamentos com esse biorregulador em videiras resultaram em uma redução de grupos sulfidril de glutathione, sugerindo ainda que a inibição da catalase é um processo reversível.

Investigando efeitos da cianamida hidrogenada no metabolismo e fisiologia de *Bromus inermis*, uma Poaceae nativa da Europa, Zhen (1989) descobriu que a queda na concentração de compostos sulfidril é dependente da concentração de cianamida hidrogenada e do tempo de encubação.

Para a cultura do pessegueiro, tratamentos com cianamida hidrogenada causam rápida deleção de compostos sulfidril entre 12 e 24 horas após a aplicação, ocasionando a quebra de dormência de gemas (SILLER-CEPEDA, 1991).

Desse modo, há possibilidade que o ethephon e a cianamida hidrogenada influenciem o desenvolvimento inicial da cana, tornando-o mais homogêneo. Há também uma carência de trabalhos com a aplicação de ethephon e cianamida hidrogenada em propágulos de cana-de-açúcar para elucidar seus efeitos, com isso aumenta-se a importância do presente trabalho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados 8 experimentos no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22°42’39”60 S e Longitude 47°37’13”55 O, altitude de 575 m, município de Piracicaba – SP. Quatro dos experimentos foram realizados em ambiente aberto, em área experimental, e outros quatro em ambiente protegido, casa de vegetação.

3.1 Área experimental

O solo da área experimental é do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico típico, conforme classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Foi realizada análise química do solo no Laboratório de Fertilidade do Solo da ESALQ/USP (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental. Piracicaba – SP

Profundidade	pH	P	K	Ca+MG	Ca	MG	H+Al	SB	CTC	V
cm	CaCl ₂ 0,01 mol/L	mg.dm. ⁻³			mmolc.dm. ⁻³					%
0-20	6,8	15	3,5	94	60	34	11	97,5	108,5	90,0
20-40	6,7	13	3,1	93	60	33	12	96,1	108,1	89,0

A precipitação pluvial média anual é de cerca de 1.300 milímetros, e o clima caracterizado como Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, temperado úmido com inverno seco e verão quente (CEPAGRI, 2013). As condições meteorológicas durante o período de avaliação dos experimentos, entre fevereiro de 2013 e maio de 2014, foram obtidos pelo do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados mensais dos anos de 2013 e 2014 de precipitação pluvial, umidade relativa, temperaturas máxima, mínima e média. Piracicaba – SP

Ano	Mês	Precipitação Pluvial (mm)	Umidade Relativa (%)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)
2013	Janeiro	232,30	83,94	29,55	19,23	24,39
	Fevereiro	114,30	82,36	31,73	19,86	25,80
	Março	141,50	82,00	30,59	19,31	24,95
	Abril	201,20	79,50	28,45	16,26	22,35
	Maio	83,60	78,23	27,09	14,25	20,67
	Junho	123,00	87,27	26,16	14,54	20,35
	Julho	44,00	81,39	25,70	11,76	18,73
	Agosto	2,50	65,00	27,80	10,90	19,40
	Setembro	35,50	66,00	29,30	14,30	21,80
	Outubro	153,60	70,55	29,85	16,77	23,31
	Novembro	109,90	72,37	30,50	18,59	24,55
	Dezembro	121,00	71,26	32,46	20,23	26,35
2014	Janeiro	83,30	68,81	33,37	20,18	26,77
	Fevereiro	62,40	64,57	33,71	20,46	27,09
	Março	108,80	77,52	31,38	19,31	25,35
	Abril	54,00	76,00	29,20	17,24	23,22
	Maio	39,80	75,13	26,87	13,61	20,24
	Junho	1,40	73,73	26,87	12,80	19,84
Média		95,11	75,31	29,47	16,64	23,06

Fonte: Estação convencional do posto agrometeorológico do Departamento de Ciências da ESALQ/USP, distante a aproximadamente 1 Km do campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP.

3.1.1 Variedades utilizadas

Foram utilizadas duas variedades nos experimentos, a RB966928 e a CTC15. A variedade RB966928 é caracterizada por excelente brotação inicial em cana-planta e uma brotação de soqueiras muito boa. Possui perfilhamento alto, maturação precoce à média e produção agrícola alta, além de tolerância às principais doenças da cultura e recomendação para a região Sudeste (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO - RIDESA, 2010). A variedade CTC15 é rústica e adapta-se a ambientes com baixo potencial produtivo, possui alta produtividade agrícola e tolerância a seca, com excelente longevidade das soqueiras. Possui excelente brotação da soqueira e bom perfilhamento, além de além de tolerância às principais doenças da cultura e recomendação para a região Sudeste (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC, 2007).

3.1.2 Preparo dos propágulos

Os colmos utilizados nos experimentos possuíam entre 10 e 12 meses de idade e foram provenientes de viveiros da Cooperativa dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo - (COPLACANA), de viveiros do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), ambos localizados em Piracicaba – SP, e de viveiros da Usina Santa Maria, localizada em Cerquilha – SP.

Os propágulos foram seccionados com auxílio de facões desinfestados em solução com concentração de 0,2% de amônia quaternária. Seu tamanho foi variável devido à diferença de nós e entrenós ao longo de um mesmo colmo. Cada propágulo foi confeccionado a partir de uma secção no meio do entrenó, de modo que as duas partes de entrenó ficassem iguais (Figura 3). Em seguida, realizou-se a triagem de gemas inviáveis, retirando-se as que continham danos mecânicos, danos de pragas e sinais de deterioração.

Figura 3 – Diferentes tipos dos propágulos. a – duas gemas das posições apical (1), mediana (2) e basal (3), da esquerda para a direita, respectivamente; b – uma gema, das posições basal (1), mediana (2) e apical (3), da esquerda para a direita, respectivamente.

3.1.3 Preparo do solo

O solo da área experimental foi preparado com o uso de grade média, para descompactação do solo, incorporação da matéria orgânica de restos culturais e eliminação de plantas daninhas presentes na superfície do solo, seguido de uso de grade niveladora.

Os sulcos de plantio foram feitos por sulcador tratorizado e, em seguida, realizou-se o plantio das mudas e fechamento dos sulcos de forma manual, sendo utilizado uma densidade de 7 mudas por metro linear.

3.1.4 Variáveis analisadas

Ao longo dos experimentos foram realizadas observações biométricas semanais das plantas, sendo coletados dados de altura, diâmetro, e número de brotos. A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de trena, colocada a partir da base das plantas, na superfície do solo, até a folha do cartucho ou zero. O diâmetro foi aferido com auxílio de paquímetro digital colocado na base da planta, a cerca de 1 cm do solo. Fez-se a contagem do número de brotos semanalmente (Figura 4).

Figura 4 – Coleta de dados. a –variável diâmetro da planta de cana-de-açúcar a 1 cm de altura do solo; b – Folha avaliada para a variável altura (folha apical).

3.1.5 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições por tratamento, distribuídas em 4 blocos, sendo que cada bloco correspondeu a um sulco. Os dados numéricos obtidos de número de brotos, altura e diâmetro de

plantas foram submetidos à análise de variância e, quando o F foi significativo à 5%, as médias foram submetidas ao Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o software SAS. As variedades utilizadas, época de duração, fatores e tratamentos dos experimentos em área experimental constam da Tabela 3.

Tabela 3 – Experimentos em área experimental. Variedade utilizada, época de duração, fatores e tratamentos de cada experimento. Piracicaba, 2014.

Experimento	Variedade	Época	Fatores	Tratamentos
1	RB966928	MAR-MAI	Tipo de muda: 1 e 2 gemas Posições: basal e apical Profundidades: 7 e 14 cm	8
2	RB966928	ABR-JUL	Concentrações de CH.: 0; 780; 1560 e 3120 g.L ⁻¹ Posições: basal, mediana e apical	12
3	RB966928	AGO-NOV	Concentrações de CH.: 0; 780; 1560 e 3120 g.L ⁻¹ Posições: basal, mediana e apical	12
4	CTC15	MAR-MAI	Concentrações: 0; CH.780 e ET.1080 g.L ⁻¹ Posições: basal, mediana e apical	9

ET: Etefom; CH: Cianamida Hidrogenada

3.1.6 Experimento 1

O primeiro experimento foi instalado no dia 1 de março de 2013 e finalizado no dia 14 de maio de 2013. A variedade utilizada foi a RB966928. Avaliou-se dois tipos de mudas, com uma e duas gemas (Figura 3), de duas regiões diferentes do colmo, basal e apical, e duas profundidades de plantio, 7 e 14 cm. As avaliações foram realizadas duas vezes por semana.

Os sulcos de plantio possuíam 22 metros de comprimento, em espaçamento de 2 m por parcela e 1,5 entre sulcos, em uma área total de 72 m². A densidade de plantio foi de 5 mudas por metro linear.

O delineamento estatístico utilizado foi o fatorial triplo, onde os fatores eram posição da gema (basal e apical), tipo de muda (uma ou duas gemas) e profundidade de plantio (7 e 14 cm). Os tratamentos foram: **T1** – posição basal, uma gema, 7cm; **T2** – posição basal, uma gema, 14 cm; **T3** – posição basal, duas gemas, 7 cm; **T4** – posição basal, 2 gemas, 14 cm; **T5** – posição apical, uma gema, 7 cm; **T6** – posição apical, uma gema, 14 cm; **T7** – posição apical, duas gemas, 7cm; **T8** – posição apical, duas gemas, 14 cm.

3.1.7 Experimentos 2 e 3

Os minitoletes do experimento 2 foram plantados no dia 23 de abril de 2013 e as plantas de cana-de-açúcar foram avaliadas até o dia 10 de julho de 2013. Os minitoletes do experimento 3 foram plantados no dia 29 de agosto de 2013 e as plantas de cana-de-açúcar foram avaliadas até o dia 8 de novembro de 2013. Em ambos ensaios utilizou-se a variedade RB966928. As avaliações foram realizadas uma vez por semana.

Os propágulos utilizados possuíam apenas uma gema (Figura 3-b). Colmos provenientes de canas com 12 meses de idade foram seccionados para a obtenção dos propágulos.

Foi utilizada a cianamida hidrogenada nas concentrações de 0; 780; 1560 e 3120 mg.L⁻¹ que corresponde às porcentagens de 0; 1,5; 3 e 6% do produto comercial, Dormex®. As concentrações foram definidas segundo a utilização do produto em culturas frutíferas para homogeneização de brotação de gemas. A calda de biorregulador foi aplicada por método de imersão rápida, durante 10 segundos, com o auxílio de um recipiente plástico de 1 L.

Em seguida, plantou-se as mudas em sulcos com 22,0 metros de comprimento linear, em um espaçamento de 1,0 m por parcela e 1,5 m entre sulcos, perfazendo-se uma área de 99,0 m². A densidade de plantio foi de 7 mudas por metro linear. O delineamento estatístico foi o fatorial duplo. Os tratamentos foram: **T1** – muda basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T4** – basal, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T7** – mediana, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, sem biorregulador;

T10 – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T11** – apical, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T12** – apical, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

3.1.8 Experimento 4

O experimento foi instalado no dia 4 de março de 2014 e finalizado no dia 28 de maio de 2014. Foi utilizado a variedade CTC15. As avaliações de biometria de brotação, altura e diâmetro de colmos e perfilhamento foram realizadas uma vez por semana.

Os propágulos utilizados nesse experimento possuíam uma gema (Figura 3-b). Colmos provenientes de canas com 11 meses de idade foram seccionados para a confecção das mudas. Os colmos possuíam em torno de 5 mudas basais, 5 mudas medianas e 5 mudas apicais viáveis. Desse modo, foram estabelecidos 3 tipos de mudas para o experimento, cada um de uma parte distinta do colmo.

Foram aplicadas diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (Dormex®, 520 mg.L⁻¹) e ethephon (Ethrel®, 720 mg.L⁻¹). Para cada tipo de muda foram aplicadas concentrações de 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada e 1080 mg.L⁻¹ de ethephon, além de uma testemunha sem biorregulador. A concentração de ethephon foi estabelecida de acordo com resultados preliminares em viveiro e de acordo com resultados obtidos na literatura.

Em seguida, as mudas foram plantadas em sulcos com 20,0 metros de comprimento, em um espaçamento de 1,5 m por parcela e 1,5 m entre sulcos. A densidade de plantio foi de 8 mudas por metro linear, perfazendo-se uma área de 60,7 m². O delineamento estatístico foi o fatorial duplo. Os tratamentos foram:

T1 – muda basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – mediana, sem biorregulador; **T5** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T6** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T7** – apical, sem biorregulador; **T8** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

3.2 Ambiente Protegido

A casa de vegetação localiza-se no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, no município de

Piracicaba – SP. A localização possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22°42'29"20 S e Longitude 47°37'44"30 O, altitude de 548 m. Os experimentos foram realizados entre os meses de novembro de 2013 e abril de 2014. A casa de vegetação possui pé direito de 2,5 metros, é coberta com tela plástica, possui sistema de irrigação por aspersão e material plástico nas laterais (Figura 5).

Figura 5 - Experimento instalado em ambiente protegido. Piracicaba – SP

3.2.1 Preparo dos minitoletes

Os propágulos foram seccionados com auxílio de facões desinfestados em solução com concentração de 0,2% de amônia quaternária. Seu tamanho foi variável devido à diferença de nós e entrenós ao longo de um mesmo colmo. Cada propágulo foi confeccionado a partir de uma secção no meio do entrenó, de modo que as duas partes de entrenó ficassem iguais (Figura 6). Em seguida, realizou-se a

triagem de gemas inviáveis, retirando-se as que continham danos mecânicos, danos de pragas e sinais de deterioração.

Figura 6 - Diferentes tipos dos propágulos. b – propágulos com uma gema, das posições basal (1), mediana (2) e apical (3), da esquerda para a direita, respectivamente.; c – minitoletes de diferentes posições com porção reduzida de entrenó

3.2.2 Análises prévias

Os colmos de cana-de-açúcar da variedade CTC15, utilizados para a obtenção dos propágulos, foram analisados previamente no Laboratório de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Foram feitas análises de sólidos solúveis, sacarose, umidade e açúcares redutores (ZAGO et al., 1996). O objetivo dessas avaliações foi elucidar diferenças de desenvolvimento inicial de acordo com o tipo e quantidade de reserva (Tabela 4).

Tabela 4 - Brix, Pol, Pureza, Fibra e AR de colmos de cana-de-açúcar utilizados para a obtenção de propágulos, variedade CTC – 15. Piracicaba, 2014

Posição	Brix (%)	Pol (%)	Pureza (%)	Fibra (%)	AR(%)
Basal	18,65	18,05	96,95	16,00	0,21
Mediana	18,60	18,10	97,45	14,65	0,20
Apical	13,65	11,00	80,80	12,40	0,38

3.2.3 Instalação dos experimentos

Utilizou-se bandejas plásticas com 9 cm de altura, 30 cm de largura e 50 cm de comprimento, volume de 13,5 Litros. O substrato utilizado é composto por casca de pinus, turfa e carvão, de nome comercial Top Garden Floreira®. O substrato possui as seguintes características físico-químicas: pH 6,0; umidade 52%; condutividade elétrica (EC) igual a 2,3 mS/cm; capacidade de retenção de água (CRA) igual a 150%.

Os propágulos foram colocadas nas bandejas com as gemas voltadas para cima e cobertas com uma camada de 5 cm de substrato. As irrigações foram feitas diariamente com regador manual.

3.2.4 Variáveis analisadas

Foram realizadas observações biométricas semanais das plantas, sendo coletados dados de altura, diâmetro e número de brotos. A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de trena, colocada a partir da base das plantas, na superfície do solo, até a folha apical, ou folha do cartucho. A contagem do número de brotos foi realizada semanalmente.

No fim do experimento, separou-se parte aérea e radicular e pesou-se as amostras com o auxílio de uma balança digital para obtenção de massa de matéria fresca. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel dentro de estufa de ar aquecido a 50°C durante 72 horas, até atingirem massa constante. As amostras eram diariamente pesadas até que toda a água fosse extraída e o peso estabilizasse. Finalmente obteve-se a massa de matéria seca de raízes, caule e folhas.

Os dados de brotação, altura e diâmetro de colmos, massa fresca de plantas, massa seca de raízes e massa seca de olhas e caules foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias foram submetidas ao Teste de Tukey à 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o software de análise estatística SAS.

Na avaliação da parte aérea da cana-de-açúcar foi coletada toda a planta, contendo perfilhos e folhas de cada parcela. Após a obtenção de material fresco, obteve-se a massa fresca da parte aérea e da parte radicular. O tipo de propágulo utilizado, época de duração, fatores e tratamentos dos experimentos em área experimental constam da Tabela 5.

Tabela 5 - Experimentos em área experimental. Tipo de propágulo utilizado, época de duração, fatores e tratamentos de cada experimento. Piracicaba, 2014.

Experimento	Propágulo	Época	Fatores	Tratamentos
5	b - uma gema	MAR - ABR	Posições: basal, mediana e apical Concentrações de CH.: 0; 780 e 3120 g.L ⁻¹ Concentrações de ET.: 0; 360; 1080 g.L ⁻¹	15
6	c - minitolete	DEZ - JAN	Concentrações: sem biorregulador; ET. 360 e 1080 g.L ⁻¹ ; CH. 780 e 3120 g.L ⁻¹	5
7	b - uma gema	DEZ - JAN	Concentrações de CH.: 0; 780; 1560 e 3120 g.L ⁻¹ Posições: basal, mediana e apical	12
8	b - uma gema	DEZ - JAN	Concentrações de ET.: 0; 360; 720 e 1080 g.L ⁻¹ Posições: basal, mediana e apical	12

ET: Etefom; CH: Cianamida Hidrogenada.

Letras do tipo de propágulo, b e c, correspondem à Figura 6.

3.2.5 Experimento 5

Iniciou-se no dia 6 de março de 2014 e foi finalizado no dia 22 de abril de 2014. Colmos provenientes de canas com 12 meses de idade foram seccionados para a confecção das mudas. Foram utilizados propágulos com uma gema (Figura 6-b). Os colmos possuíam em torno de 5 mudas basais, 5 mudas medianas e 5 mudas apicais viáveis. Desse modo, foram estabelecidos 3 tipos de mudas para o experimento, cada um de uma parte distinta do colmo. Nesse experimento utilizou-se a variedade CTC15.

Foram aplicadas diferentes concentrações do biorregulador cianamida hidrogenada (Dormex, 520 mg.L⁻¹) e ethephon (Ethrel, 720 mg.L⁻¹). A dosagem de ethephon foi estabelecida de acordo com resultados preliminares em viveiro e de acordo com resultados da literatura.

Os tratamentos foram: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 3120 mg.L⁻¹de cianamida hidrogenada; **T4** –

basal, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T5** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T6** – mediana, sem biorregulador; **T7** – mediana, 780mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹de cianamida hidrogenada; **T9** – mediana, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T10** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T11** – apical, sem biorregulador; **T12** – apical, 780mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T13** – apical, 3120 mg.L⁻¹de cianamida hidrogenada; **T14** – apical, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T15** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

3.2.6 Experimento 6

Os minitoletes foram plantados no dia 4 de dezembro de 2013 e foi finalizado no dia 24 de janeiro de 2014. Nesse experimento utilizou-se a variedade CTC15

O preparo de mudas foi realizado a partir de colmos com 11 meses de idade, em cujo preparo utilizou-se facões desinfestados em amônia quaternária. O tamanho das mudas foi de 3 cm, com igual comprimento de porção de entrenó em relação à gema, ou seja, com 1,5 cm de entrenó em cada lado da gema (Figura 6-c). Os propágulos de diferentes posições no colmo foram aleatorizados, como o que ocorre com a confecção do Plene.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 8 repetições por tratamento, 5 mudas por repetição. Cada bandeja possuía todos os 5 tratamentos, distribuídos ao acaso.

Os tratamentos foram: **T1** – sem biorregulador; **T2** – 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T3** – 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

3.2.7 Experimento 7

Foi instalado no dia 4 de dezembro de 2013 e finalizado no dia 24 de janeiro de 2014. Os colmos de cana-de-açúcar utilizados para a obtenção de mudas tinham 11 meses de idade. O tamanho das mudas foi variável, com igual comprimento de porção de entrenó em relação à gema. Foram utilizados propágulos com uma gema (Figura 6-b). Nesse experimento utilizou-se a variedade CTC15.

Os tratamentos foram: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 1560mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T4** –

basal, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T7** – mediana, 1560mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, sem biorregulador; **T10** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T11** – apical, 1560mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T12** – apical, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

3.2.8 Experimento 8

Os minitoletes foram plantados no dia 13 de dezembro de 2013 e as plantas de cana-de-açúcar foram avaliadas até o dia 31 de janeiro de 2014. Os colmos de cana-de-açúcar utilizados para a obtenção de mudas tinham 11 meses de idade. O tamanho das mudas foi variável, com igual comprimento de porção de entrenó em relação à gema. Foram utilizados propágulos com uma gema (Figura 6-b). Nesse experimento utilizou-se a variedade CTC15.

Os tratamentos foram: Tratamentos: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T3** – basal, 720 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T7** – mediana, 720 mg.L⁻¹ de ethephon; **T8** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T9** – apical, sem biorregulador; **T10** – apical, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T11** – apical, 720 mg.L⁻¹ de ethephon; **T12** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

4.1.1 Brotação

Verificou-se que o tipo e a posição dos propágulos influenciaram a brotação da cana-de-açúcar, enquanto que não houve diferença entre as profundidades de plantio estudadas (Tabela 6).

Tabela 6 - Média de brotos, brotos/metro linear, e brotos/gemas plantadas de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, 74 dias após o plantio, Piracicaba – SP.

Variável	Fator					
	Tipo de Propágulo		Posição		Profundidade	
	1 gema	2 gemas	Basal	Apical	7 cm	14 cm
Brotos	4,25 b	16,00 a	8,12 b	12,12 a	10,00 a	10,25 a
Brotos.m ⁻¹	2,49 b	5,33 a	3,31 b	4,51 a	3,95 a	3,87 a
Brotos.gemas ⁻¹	0,85 b	1,60 a	1,05 b	1,40 a	1,24 a	1,20 a
CV (%)	40,4					

Na linha, entre um mesmo fator, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Tukey 5%).

Propágulos com duas gemas apresentaram melhor desempenho de brotação em número, população por metro linear e brotos por gemas plantadas quando comparados aos propágulos com uma gema. Esses resultados podem estar associados com a maior quantidade de reserva contida em propágulos com duas gemas. Segovia (1974) obteve resultados semelhantes, e concluiu que quanto maior o tamanho do propágulo, melhor foi o desenvolvimento inicial.

Os propágulos obtidos da posição apical de colmos tiveram maiores médias para todas as variáveis avaliadas quando comparados aos da posição basal. Isso pode ter ocorrido devido a maior atividade metabólica dessas mudas. Melo et al.

(1995) trabalharam com alterações nos componentes de reserva de mudas de cana e suas relações com a fisiologia e metabolismo da planta, além de relações fonte-dreno, e obtiveram resultados que confirmam a hipótese de maior atividade metabólica de gemas provenientes da região apical, onde os tecidos são mais jovens. Os autores constataram que na região apical o desenvolvimento vegetativo foi mais rápido e que essa região apresentou atividade metabólica mais elevada, pois verificou-se uma antecipação do pico de acúmulo de aminoácidos em relação às regiões mediana e basal, ocasionando um crescimento precoce. Outrossim, a brotação mais rápida de gemas apicais é devida a uma maior quantidade de glicose, nitrogênio e água quando comparada com gemas basais, que possuem maior concentração de sacarose e sais minerais (AUDE, 1993). Na relação fonte-dreno, a sacarose passa por hidrólise das enzimas invertases, formando hexoses que atuam em processos metabólicos de respiração e síntese de compostos relacionados ao desenvolvimento inicial (CRISTOFOLETTI JUNIOR, 2012).

Houve interação entre os fatores tipo e posição do propágulo. Médias das variáveis avaliadas relacionadas à brotação foram comparadas a partir dessa interação (Tabela 7).

Tabela 7 - Média de brotos, brotos/metro linear, e brotos/gemas plantadas de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, 74 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Tratamento	Brotos	Brotos.m ⁻¹	Brotos.gemas ⁻¹
1	4,74 c	3,38 bc	1,15 ab
2	3,27 c	2,21 c	0,75 b
3	8,93 bc	3,83 bc	1,15 ab
4	8,96 bc	3,83 bc	1,15 ab
5	3,40 c	2,35 c	0,8 b
6	3,02 c	2,06 c	0,7 b
7	13,98 ab	6,25 ab	1,87 ab
8	16,29 a	7,41 a	2,22 a
CV (%)	37,6	41,3	42,4

Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%).

Tratamentos: **T1** – posição basal, uma gema, 7cm; **T2** – posição basal, uma gema, 14 cm; **T3** – posição basal, duas gemas, 7 cm; **T4** – posição basal, 2 gemas, 14 cm; **T5** – posição apical, uma gema, 7 cm; **T6** – posição apical, uma gema, 14 cm; **T7** – posição apical, duas gemas, 7cm; **T8** – posição apical, duas gemas, 14 cm.

Na interação entre o tipo e a posição de propágulos, constatou-se que os com duas gemas e posição apical apresentaram melhor desempenho de brotação, com destaque para o tratamento 8. Ainda em relação a essa interação, mudas da posição basal com duas gemas, tratamentos 3 e 4, apresentaram um desempenho intermediário, quando comparados com outros tratamentos.

Esses resultados podem ter ocorrido devido às mudas com duas gemas possuírem maior quantidade de reserva e maior resistência à seca, pois durante o tempo de avaliação do experimento houve um período de seca entre os dias 14 de abril e 21 de maio (Figura 7).

Figura 7 – Diagrama climático de médias mensais de temperaturas máximas e mínimas do ar (linhas) e precipitação (barras). Linhas vermelhas: Média de T°C máxima. Linhas azuis: média de T°C mínima. Piracicaba - SP, março a julho de 2013.

A tolerância à seca na fase inicial de desenvolvimento da cana foi estudada por Lee (1984), que comparou o plantio de colmos inteiros e propágulos com três gemas durante a ocorrência de um período de déficit hídrico e concluiu que os colmos inteiros apresentaram melhor brotação durante a ocorrência de um período de 30 dias de falta de chuva após o plantio. O autor afirmou que a perda de umidade em toletes menores é muito superior quando comparados com toletes maiores em condições de seca.

Para melhor visualização do desempenho dos propágulos em número de brotos ao longo das semanas em que as avaliações foram feitas, elaborou-se a Figura 8.

Figura 8 – Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.

Tratamentos: **T1** – posição basal, uma gema, 7cm; **T2** – posição basal, uma gema, 14 cm; **T3** – posição basal, duas gemas, 7 cm; **T4** – posição basal, 2 gemas, 14 cm; **T5** – posição apical, uma gema, 7 cm; **T6** – posição apical, uma gema, 14 cm; **T7** – posição apical, duas gemas, 7cm; **T8** – posição apical, duas gemas, 14 cm.

Verifica-se um agrupamento dos tratamentos quanto ao desempenho na brotação. Ao longo do tempo, os tratamentos com duas gemas, posição apical, se agruparam em um patamar superior. Propágulos com duas gemas da posição basal tiveram brotação intermediária. Além disso, propágulos com uma gema agruparam-se em um patamar inferior.

Essas diferenças na brotação se acentuaram após a sétima semana provavelmente associadas às condições de menor temperatura e pluviosidade ocorridas entre as três últimas semanas de avaliação (Figura 7).

De forma geral, propágulos que tinham maior brotação até as 7 semanas perfilharam mais após esse período, enquanto propágulos que brotaram em menor escala até as 7 semanas, perfilharam menos após esse período.

4.1.2 Altura e diâmetro

Realizou-se a análise de variância e comparou-se as médias dos fatores entre os diferentes níveis. A interação entre os fatores não foi significativa (Tabela 8).

Tabela 8 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo com profundidade de plantio, posição e tipo de propágulo, 74 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator					
	Posição		Tipo de Propágulo		Profundidade	
	Basal	Apical	1 gema	2 gemas	7 cm	14 cm
Altura (cm)	28,97 a	25,09 b	25,22 b	28,76 a	25,47 b	28,54 a
Diâmetro (mm)	6,75 a	6,03 b	6,14 b	6,62 a	6,14 b	6,62 a
CV (%)	25,6					

Na linha, entre um mesmo fator, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Tukey 5%).

Propágulos da posição basal, plantados em profundidade de 14 cm e com 2 gemas apresentaram melhor desenvolvimento em altura e diâmetro. Segovia (1974) e Van Dillewijn (1952) afirmaram que há diferença entre posições diferentes em relação a quantidade de reserva dos toletes, uma vez que toletes da região basal possuem mais sacarose e reservas que da região apical. Alexander (1973) constatou que a maior quantidade de reserva, dentre elas a sacarose e a água, presentes na porção basal do colmo da cana-de-açúcar poderiam explicar um melhor desempenho de propágulos.

Em relação ao tipo de propágulo, constatou-se que os com duas gemas apresentaram desenvolvimento de altura e diâmetro superior aos com uma gema, devido a sua maior tolerância à seca, dada a situação climática na época do experimento (Figura 7). Esse aspecto foi observado por Simões Neto (1986), estudando toletes de cana-de-açúcar, afirmou que a emergência de brotos e seu desenvolvimento possuem relação com a quantidade de reserva dos toletes de cana-de-açúcar.

Ao estudar a profundidade de plantio de propágulos de cana, Janini (2007) concluiu que, em menores profundidades de plantio, poderia ocorrer uma exposição dos rizomas da cana ao ar seco e quente, provocando um atraso no crescimento de colmos. Isso pode ter relação com uma maior umidade presente em maiores profundidades do perfil do solo. Nesse sentido, a umidade poderia ser importante para o processo de emergência do colmo e o desenvolvimento de raízes primárias e secundárias da cana-de-açúcar. Van Dillewijn (1952), ao estudar a profundidade de plantio de mudas de cana, destacou que em plantios realizados em condições adversas de seca e temperaturas baixas, uma camada maior de solo é desejável, a fim de se evitar uma situação climática adversa para o desenvolvimento de brotações.

Conforme os resultados obtidos, verificou-se que propágulos com duas gemas possuem maior capacidade de brotação comparada aos de uma gema e propágulos da posição apical são superiores em brotação aos da posição basal.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Brotação

O uso da cianamida hidrogenada não influenciou a brotação dos propágulos de cana-de-açúcar. Também não houve diferença com relação à posição do propágulo (Tabela 9).

Tabela 9 - Média de número de brotos emergidos de minitoletes de cana-de-açúcar, com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada, de diferentes posições, variedade RB966928, 88 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
Broto	4,48	7,11	6,13	6,94	9,15	6,55	8,47
CV (%)	39,4						

Não houve diferença significativa entre médias de um mesmo fator (Tukey 5%)

Não houve diferença de brotação entre as concentrações de cianamida hidrogenada, sugerindo que a substância não tem efeito no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. Embora esse bioestimulante seja comprovadamente utilizado com sucesso na brotação de diversas culturas de clima temperado, como em videira (WERLE et al., 2008) e em macieira (HAWERROTH et al., 2009), nesse estudo, não apresentou resultados positivos com relação à brotação.

O desenvolvimento da brotação no período de avaliação pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, em número de brotos por semanas.

Tratamentos: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada ; **T3** – basal, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T4** – basal, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T7** – mediana, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, sem biorregulador; **T10** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T11** – apical, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T12** – apical, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

Houve um agrupamento dos tratamentos quanto ao desempenho na brotação, onde os minitoletes de posição mediana com 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada e da posição apical com 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada se destacam com maior número de brotos ao longo do tempo, contudo não houve diferença significativa. Esses dois tratamentos foram os únicos que tiveram um aumento de brotação a partir da sexta semana.

4.2.2 Altura e diâmetro

Houve diferença entre as médias de altura e diâmetro de perfilhos de cana para o fator concentração de cianamida hidrogenada, contudo não houve diferença entre as variáveis para o fator posição (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo com a concentração de biorregulador e posição de muda, 88 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
Altura (cm)	37,22 b	42,81 ab	41,28 ab	49,96 a	39,63 a	46,29 a	42,53 a
Diâmetro (mm)	7,32 b	9,52 ab	9,20 ab	10,65 a	6,25 a	7,67 a	7,84 a
CV (%)	25,0						

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, entre um mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Tratamentos com concentração de 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada apresentaram melhor desempenho em altura e diâmetro, mostrando a influência do biorregulador no desenvolvimento inicial de colmos de cana-de-açúcar.

Quanto ao fator posição não foi observada diferença em altura e diâmetro dos brotos de cana-de-açúcar. Resultados diferentes foram obtidos por Aude (1993), que constatou que os entrenós formados primeiro, os basais, acumulam sacarose e sais minerais, enquanto que os apicais possuem bastante glicose, nitrogênio e água. O autor considerou que as gemas basais demoram mais para brotar, pois as moléculas de sacarose devem ser convertidas em glicose para que ocorra o transporte na relação fonte-dreno do desenvolvimento inicial. Porém, Christofolletti Junior (2012), ao trabalhar com propágulos de diferentes posições, afirmou que os apicais apresentam maior altura até os 35 dias após o plantio, sendo que aos 42 dias os basais igualam a altura com os apicais, sugerindo que há uma tendência dos

perfilhos de diferentes posições igualarem seu tamanho ao longo do tempo. A interação entre os fatores não foi significativa para as variáveis altura e diâmetro.

Conforme os resultados obtidos pode-se concluir que a cianamida hidrogenada não possui efeito na brotação, porém interfere no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. Nesse experimento, a posição do propágulo não influenciou as variáveis estudadas.

4.3 Experimento 3

4.3.1 Brotação

A aplicação de cianamida hidrogenada e o uso de minitoletes retirados de diferentes posições do colmo não interferiram na brotação da cana-de-açúcar (Tabela 11).

Tabela 11 - Média de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e posição de propágulo, 71 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
Brotos	10,27	11,77	11,08	11,55	7,29	12,00	14,04
CV (%)	32,2						

Não houve diferença significativa entre médias de um mesmo fator (Tukey 5%).

O desempenho dos propágulos de diferentes posições não apresentou diferença. A ausência de diferença entre um mesmo fator é um resultado semelhante ao obtido no Experimento 2.

O número de brotos por semana pode ser observado para ilustrar a brotação de cada tratamento durante o período de avaliação (Figura 10).

Figura 10 - Brotação de minitoletes de cana-de-açúcar, variedade RB966928, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.

Tratamentos: **T1** – muda basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada ; **T3** – basal, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T4** – basal, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T7** – mediana, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, sem biorregulador; **T10** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T11** – apical, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T12** – apical, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

4.3.2 Altura e diâmetro

Houve diferença entre as médias de diâmetro de brotos de cana para o fator concentração de cianamida hidrogenada, contudo não houve diferença entre as variáveis para o fator posição (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB966928, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e posição de muda, 71 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (%)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
Altura (cm)	51,87 a	50,40 a	53,88 a	47,64 a	52,90 a	47,21 a	52,73 a
Diâmetro (mm)	10,73 a	10,07 ab	10,67 ab	9,16 b	10,50 a	10,00 a	9,98 a
CV (%)	16,9						

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, entre um mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Conforme esses resultados, pode-se afirmar que a concentração de 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada influenciou negativamente o diâmetro de colmos. As outras concentrações não apresentaram efeitos quando comparadas à testemunha.

Os resultados de altura e diâmetro também sinalizam para uma pouca influência do biorregulador no desenvolvimento inicial de plantas de cana-de-açúcar. Os propágulos tratados com cianamida hidrogenada apresentaram desenvolvimento inicial semelhante a propágulos sem o biorregulador.

Comparando os resultados obtidos nos Experimento 2 e 3, verificou-se que, para a brotação, a cianamida hidrogenada não surtiu efeito e, com relação à altura e diâmetro dos brotos, os resultados foram contraditórios. Por essa razão não é possível afirmar que esse bioestimulante tenha provocado efeito no desenvolvimento inicial da planta de cana.

4.4 Experimento 4

4.4.1 Brotação

Foram observadas diferenças para a concentração de biorregulador e a posição dos minitoletes na brotação da cana-de-açúcar (Tabela 13).

Tabela 13 - Média de número de brotos emergidos de minitoletes de cana-de-açúcar, variedade CTC15, com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada e ethephon e diferentes posições, 85 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator					
	Concentração (gL ⁻¹)			Posição		
	0	CH780	ET1080	Basal	Mediana	Apical
Broto	3,54 b	3,16 b	7,54 a	1,63 b	3,72 ab	8,41 a
CV (%)	37,3					

Na linha, entre um mesmo fator, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%). CH – Cianamida hidrogenada; ET – Ethephon.

Minitoletes tratados com 1080 mg.L⁻¹ de ethephon apresentaram melhor desempenho de brotação. Mendes (2010) utilizou diferentes concentrações desse biorregulador em propágulos de cana-de-açúcar e obteve resultados positivos quanto à brotação das gemas e perfilhamento até os 90 dias após o plantio. O autor afirmou que concentrações entre 225 e 1000 ml.L⁻¹ aumentaram o número de brotos durante o desenvolvimento inicial da cultura. Li e Solomon (2003) afirmaram que o ethephon pode ser utilizado na concentração de 1000 ml.L⁻¹ para promover um aumento de 24% da brotação de soqueiras de cana no inverno.

Propágulos da posição apical apresentaram desempenho superior de brotação quando comparados com a basal, provavelmente por uma maior atividade metabólica desses propágulos. Melo et al. (1995) trabalharam com alterações nos componentes de reserva de mudas de cana e suas relações com a fisiologia e metabolismo da planta, além de relações fonte-dreno, e obtiveram resultados que

confirmam a hipótese de maior atividade metabólica de gemas provenientes da região apical, onde os tecidos são mais jovens. Os autores constataram que na região apical o desenvolvimento vegetativo foi mais rápido e que essa região apresentou atividade metabólica mais elevada, pois verificou-se uma antecipação do pico de acúmulo de aminoácidos em relação às regiões mediana e basal, ocasionando um crescimento precoce.

Outrossim, a brotação mais rápida de gemas apicais pode estar relacionada a uma maior quantidade de glicose, nitrogênio e água, quando comparada com gemas basais, que possuem maior concentração de sacarose e sais minerais (AUDE, 1993). No metabolismo da planta de cana-de-açúcar ocorre uma relação fonte-dreno de reservas, onde a sacarose é hidrolisada por enzimas invertases, formando açúcares de cadeias menores, as hexoses, que atuam em processos metabólicos de respiração e síntese de compostos relacionados ao desenvolvimento inicial (CRISTOFOLETTI JUNIOR, 2012).

A interação entre os fatores posição e concentração de biorregulador foi significativa. Houve diferença de brotação dos tratamentos conforme a última avaliação do experimento aos 85 dias após o plantio (Tabela 14).

Tabela 14 - Média de brotos, total de brotos e velocidade de brotação (brotos/semana) de minitoletes de cana-de-açúcar, variedade CTC15, aos 85 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Tratamento	Média de brotos
1	2,00 bc
2	1,00 c
3	2,00 bc
4	2,75 bc
5	4,50 bc
6	4,00 bc
7	5,5 b
8	4,00 bc
9	8,75 a
CV (%)	37,3

Médias seguidas de ao menos uma letra igual, nas colunas, não diferem de si estatisticamente de acordo com o Teste de Tukey a 5% de significância.

Tratamentos: **T1** – muda basal, sem ethephon e cianamida hidrogenada; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – mediana, sem biorregulador; **T5** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T6** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T7** – apical, sem biorregulador; **T8** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

Os minitoletes da posição apical com 1080 mg.L⁻¹ de ethephon apresentaram maior desempenho de brotação. Esses resultados sugerem que o ethephon surtiu efeito positivo na brotação de propágulos da região apical de cana-de-açúcar. Um melhor desempenho inicial pode melhorar o estabelecimento da cultura. Manjunatha et al. (2005) afirmaram que o tratamento de propágulos com ethephon a 100 ml.L⁻¹ aumentou a brotação e a biomassa de cana-planta.

Entretanto, a utilização de biorreguladores em propágulos das regiões basal e mediana não gerou resultados significativos em relação à brotação. O número de brotos por semana pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Brotação de mudas de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.

Tratamentos: **T1** – muda basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – mediana, sem biorregulador; **T5** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T6** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T7** – apical, sem biorregulador; **T8** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

4.4.2 Altura e diâmetro

Houve diferença entre as médias de altura e diâmetro de brotos de cana para os fatores posição e uso de cianamida hidrogenada e ethephon (Tabela 15).

Tabela 15 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, de acordo com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada e ethephon e diferentes posições, 82 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator					
	Concentração (gL ⁻¹)			Posição		
	0	CH 780	ET 1080	Basal	Mediana	Apical
Altura (cm)	33,45 a	32,54 a	24,01 b	21,23 c	30,36 b	38,41 a
Diâmetro (mm)	5,71 a	6,13 a	3,78 b	3,75 b	5,86 a	6,68 a
CV (%)	40,2					

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, entre um mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Os minitoletes tratados com 1080 mg.L⁻¹ de ethephon apresentaram um desempenho inferior em relação à altura e diâmetro. O biorregulador cianamida hidrogenada não afetou o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.

Propágulos da posição apical apresentaram melhor desempenho em altura. Quanto à variável diâmetro, propágulos da posição apical e mediana apresentaram desempenho superior a propágulos basais. A interação entre os fatores não foi significativa.

Conforme os resultados obtidos constatou-se que dentre os produtos químicos utilizados, para a brotação, o ethephon possui efeito positivo e a cianamida hidrogenada não apresenta efeito. Com relação ao desenvolvimento inicial de plantas, verificou-se que a aplicação de ethephon nos minitoletes afetou negativamente o desenvolvimento em altura e diâmetro dos brotos.

4.5 Experimento 5

4.5.1 Brotação

Foram observadas diferenças na brotação entre as concentrações de cianamida hidrogenada e ethephon. Porém, essas diferenças não foram observadas com relação ao uso de minitoletes retirados de diferentes posições do colmo de cana-de-açúcar (Tabela 16).

Tabela 16 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e ethephon e posição de propágulo, 47 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator							
	Concentração (mg.L ⁻¹)					Posição		
	0	CH 780	CH 3120	ET 360	ET 1080	basal	mediana	apical
Broto	7,25 ab	6,58 b	6,08 b	7,66 ab	9,16 a	9,4 a	9,6 a	9,05 a
CV (%)	27,5							

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si entre um mesmo fator (Tukey 5%). CH – cianamida hidrogenada; ET – ethephon.

Ambos os produtos aplicados em minitoletes não apresentaram diferenças em relação à testemunha quanto à brotação. Porém, quando o ethephon, na concentração de 1080 mg.L⁻¹, é comparado com as concentrações utilizadas de cianamida hidrogenada, o primeiro apresentou desempenho superior.

Mendes (2010) utilizou diferentes concentrações de ethephon em propágulos de cana-de-açúcar e obteve resultados positivos quanto à brotação das gemas e perfilhamento até os 90 dias após o plantio. O autor constatou que concentrações entre 225 e 1000 mg.L⁻¹ aumentaram o número de brotos durante o desenvolvimento inicial da cultura.

Li e Solomon (2003) apresentaram resultados semelhantes, pois afirmaram que o ethephon pode ser utilizado na concentração de 1000 mg.L⁻¹ para promover um aumento de 24% da brotação de soqueiras de cana no inverno.

A cianamida hidrogenada influenciou negativamente a brotação de propágulos de cana-de-açúcar do experimento, pois tratamentos contendo diferentes concentrações do bioestimulante apresentaram menores médias de número de brotos.

Não houve diferença entre as médias de número de brotos para o fator posição de propágulos. Além disso, a interação entre os fatores não foi significativa segundo a análise de variância à 5%.

O número de brotos emergidos por semana pode ser observado para ilustrar a brotação de cada tratamento durante o período de avaliação (Figura 12).

Figura 12 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas. Piracicaba – SP.

Tratamentos: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T4** – basal, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T5** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T6** – mediana, sem biorregulador; **T7** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – mediana, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T10** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T11** – apical, sem biorregulador; **T12** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T13** – apical, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T14** – apical, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T15** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

Observa-se um agrupamento de tratamentos quanto ao desempenho de brotação. Propágulos com o biorregulador ethephon estão em um patamar superior, enquanto em um patamar inferior estão propágulos que receberam cianamida hidrogenada. Essa diferença de agrupamento é mais evidente após a quinta semana.

4.5.2 Altura e diâmetro

Foi realizada a análise de variância e comparou-se as médias dos fatores entre os diferentes níveis (Tabela 17). Ao analisar apenas os fatores isolados, foram observadas diferenças em relação à concentração de biorregulador e à posição do propágulo.

Tabela 17 - Médias de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, de acordo os fatores concentração de cianamida hidrogenada e ethephon e posição de propágulo, 47 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator							
	Concentração (mg.L ⁻¹)					Posição		
	0	CH 780	CH 3120	ET 360	ET 1080	basal	mediana	apical
Altura (cm)	42,96 a	39,98 ab	38,05 ab	32,44 bc	25,68 c	38,00 a	34,60 a	34,88 a
Diâmetro (mm)	7,83 a	6,96 ab	6,56 b	7,64 a	7,24 ab	8,00 a	6,96 b	6,77 b
CV (%)	38,7							

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, entre um mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Minitoletes tratados com diferentes concentrações de ethephon apresentaram brotações com menores médias de altura. O tratamento de propágulos com cianamida hidrogenada não apresentou efeito positivo, sendo que a concentração de 3120 mg.L⁻¹ diminuiu o diâmetro das plantas.

Mendes (2010) aplicou ethephon em sulcos de plantio de cana-de-açúcar e afirmou que, para as variáveis diâmetro e altura de colmos, o biorregulador não apresentou diferenças significativas aos 90 dias após o plantio.

Silva et al. (2007) aplicaram biorreguladores em touceiras de cana-de-açúcar e concluíram que o ethephon não alterou o diâmetro e a altura de colmos e ainda que o biorregulador promoveu maiores produtividades de colmos e de açúcar na cana-soca subsequente.

Quanto às diferentes posições de propágulos, houve diferença do desempenho para a variável diâmetro, enquanto que para a variável altura não houve diferença. Esse resultado diverge dos resultados de Segovia (1974) e Van Dillewijn (1952), que afirmaram que há diferença entre posições diferentes em relação a quantidade de reserva dos toletes, uma vez que toletes da região basal possuem mais sacarose e reservas que da região apical.

Conforme os resultados obtidos constatou-se que o ethephon melhora o desempenho de propágulos em número de brotos e prejudica o desenvolvimento inicial em altura. A cianamida hidrogenada não apresentou efeito na brotação, porém, em concentrações superiores a 3000 mg.L⁻¹ afetou o desenvolvimento em diâmetro de brotos de cana-de-açúcar.

Propágulos da posição basal demonstraram melhor desenvolvimento inicial em diâmetro dos brotos de cana-de-açúcar. Esses resultados são divergentes aos demais experimentos, onde o desempenho de propágulos de posição apical foi igual ou superior ao de propágulos obtidos da região basal do colmo de cana-de-açúcar.

4.6 Experimento 6

4.6.1 Brotação

Os minitoletes tratados com cianamida hidrogenada na concentração de 3120 mg.L⁻¹ prejudicaram a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 18).

Tabela 18 - Média de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, tratados com ethephon e cianamida hidrogenada, variedade CTC15, 51 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Concentração (mg.L ⁻¹)				
	0	360 ET	1080 ET	780 CH	3120 CH
Brotos	24,00 a	24,75 a	20,62 ab	22,25 ab	14,87 b
CV (%)	24,6				

Na linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%).

As diferentes concentrações de ethephon e cianamida hidrogenada não estimularam maior brotação. A cianamida hidrogenada em concentrações acima de 3000 mg.L⁻¹ prejudicou a brotação de minitoletes de cana-de-açúcar. Esses resultados foram diferentes ao observado no experimento 4, onde constatou-se que o ethephon teve um efeito positivo na brotação.

O número de brotos por semana pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas.

Tratamentos: **T1** – sem biorregulador; **T2** – 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T3** – 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

Pode se observar que o número de brotos ao longo do experimento é muito semelhante, destacando-se negativamente a brotação de minitoletes tratados com 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

4.6.2 Altura e diâmetro

Houve diferença em relação aos fatores concentração de biorregulador e posição do propágulo. A interação entre os fatores não foi significativa (Tabela 19).

Tabela 19 - Média de altura e diâmetro de colmos de cana-de-açúcar tratados com ethephon e cianamida hidrogenada, variedade CTC15, 51 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Concentração (mg.L ⁻¹)				
	0	360 ET	1080 ET	780 CH	3120 CH
Altura (cm)	39,84 ab	36,88 ab	32,78 bc	42,09 a	30,99 c
Diâmetro (mm)	6,89 a	6,26 ab	5,45 bc	6,26 ab	4,64 c
CV (%)	26,4				

Na linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%)

Os resultados indicam que minitoletes tratados com 1080 mg.L⁻¹ de ethephon e 3120 mg.L⁻¹ de cianamida prejudicaram o desenvolvimento em altura e diâmetro de brotos de cana-de-açúcar. O resultado para o biorregulador ethephon foi diferente ao apresentado por Mendes (2010). A autora concluiu que, ao aplicar o ethephon em sulcos de plantio de cana-de-açúcar, para as variáveis diâmetro e altura de colmos, não houve diferenças significativas aos 90 dias após o plantio.

4.6.3 Massa Fresca e Seca

Ao final do experimento avaliou-se o desenvolvimento inicial de perfilhos de cana-de-açúcar através da análise destrutiva das plantas e avaliação de massa fresca das plantas inteiras e massa seca de folhas e colmos e raízes (Tabela 20). Não houve diferenças das médias de massa entre os diferentes tratamentos.

Tabela 20 - Médias de massa fresca de plantas (MFP), massa seca de plantas (MSP) de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em relação aos tratamentos aplicados, 51 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Tratamento	MFP (g)	MSP (g)
1	167,30 ab	27,63 a
2	183,94 a	23,54 ab
3	155,10 b	19,37 b
4	201,97 a	27,69 a
5	158,09 b	20,29 ab
CV (%)	22,8	23,7

Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%).

Tratamentos: **T1** – sem biorregulador; **T2** – 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T3** – 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

A aplicação de 1080 mg.L⁻¹ de ethephon diminuiu a massa seca de plantas de cana-de-açúcar. Contudo, a concentração 360 mg.L⁻¹ de ethephon não ocasionou diferença no crescimento colmos e folhas e sistema radicular, resultado semelhante ao de Mendes (2010), que testou quatro diferentes concentrações do biorregulador: 225, 450, 900 e 1000 mmg.L⁻¹. A autora concluiu que nenhuma das concentrações apresentou média de massa diferente da testemunha.

No entanto, Naufel et al. (2008) afirmaram que após a aplicação de ethephon na dosagem de 0,5 L.ha⁻¹ em propágulos, avaliações realizadas 62 e 122 dias após o plantio mostraram que o biorregulador incrementou a massa fresca e seca de parte aérea, raiz e aumentou o número de perfilhos.

Os biorreguladores não apresentam efeitos positivos na brotação e desenvolvimento inicial de plantas. Concentrações maiores de biorreguladores prejudicam a brotação e o desenvolvimento inicial de plantas de cana-de-açúcar.

4.7 Experimento 7

4.7.1 Brotação

A posição dos minitoletes no colmo e a aplicação de cianamida hidrogenada não apresentaram influência na brotação da cana-de-açúcar (Tabela 21).

Tabela 21 - Média de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 52 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
Broto	7,25	7,25	7,16	7,00	6,87	7,12	7,5
CV (%)	14,6						

Não houve diferença significativa entre médias de um mesmo fator (Tukey 5%).

Propágulos com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada apresentaram a mesma brotação, ou seja, o biorregulador não apresentou efeito no desenvolvimento inicial para a cultura de cana-de-açúcar. Não houve diferenças quanto à interação dos fatores.

Minitoletes de diferentes tratamentos apresentaram número de brotos semelhantes durante as 6 semanas de avaliação (Figura 14).

Figura 14 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas.

Tratamentos: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T3** – basal, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T4** – basal, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T7** – mediana, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T8** – mediana, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T9** – apical, sem biorregulador; **T10** – apical, 780 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T11** – apical, 1560 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada; **T12** – apical, 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada.

4.7.2 Altura e diâmetro

Minitoletes tratados com cianamida hidrogenada apresentaram diferença em relação à concentração de bioestimulante na altura de brotos de cana-de-açúcar. Não houve diferença entre as diferentes posições de propágulos. A interação entre os fatores não foi significativa (Tabela 22).

Tabela 22 - Médias de altura e diâmetro de colmos de acordo com a concentração de biorregulador e posição de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 52 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
Altura (cm)	51,29 bc	47,11 c	52,68 ab	56,41 a	51,46 a	51,09 a	53,06 a
Diâmetro (mm)	7,31 a	7,42 a	7,32 a	7,04 a	7,46 a	7,03 a	7,32 a
CV (%)	22,1						

Na linha, entre um mesmo fator, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%).

Propágulos tratados com 3120 mg.L⁻¹ de cianamida hidrogenada apresentaram maiores médias para a variável altura dos brotos emergidos. A posição dos minitoletes e o uso de cianamida hidrogenada não interferiram na brotação dos propágulos.

4.7.3 Massa Fresca e Seca

As massas fresca e seca dos brotos de cana-de-açúcar foram avaliadas, por análise destrutiva aos 52 dias após o plantio (Tabela 23).

Tabela 23 - Médias de massa fresca de plantas (MFP) e massa seca de plantas (MSP) de cana-de-açúcar, de acordo com a concentração de biorregulador e posição de propágulos, variedade CTC15, 52 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Cianamida hidrogenada (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	780	1560	3120	basal	mediana	apical
MFP (g)	1017,43	1123,47	1123,53	1049,91	1184,29	1095,02	1061,45
MSP (g)	174,48	181,39	179,72	169,34	191,57	180,60	186,52
CV (%)	12,06						

Não houve diferença significativa entre médias de um mesmo fator (Tukey 5%).

Conforme os resultados obtidos constatou-se que o biorregulador cianamida hidrogenada não apresenta efeitos na brotação, no desenvolvimento inicial e nas massas fresca e seca de brotos de cana-de-açúcar.

4.8 Experimento 8

4.8.1 Brotação

Em relação à posição dos minitoletes retirados de colmos de cana-de-açúcar e a aplicação de ethephon foram observadas diferenças (Tabela 24).

Tabela 24 - Médias de número de brotos emergidos de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 50 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator						
	Ethephon (mg.L ⁻¹)				Posição		
	0	360	720	1080	basal	mediana	apical
Broto	3,33 c	4,16 bc	3,00 c	6,91 a	4,43 b	4,12 b	6,18 a
CV (%)	29,0						

Na linha, entre um mesmo fator, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%).

Propágulos tratados com ethephon na concentração de 1080 g.L⁻¹ estimularam maior emissão de brotos. Mendes (2010) e Li e Solomon (2003) apresentaram resultados semelhantes quanto a influência positiva do ethephon na brotação de propágulos de cana.

A evolução de brotos emergidos de minitoletes tratados com ethephon pode ser observada na Figura 15.

Figura 15 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, em número de brotos por semanas.

Tratamentos: **T1** – basal, sem biorregulador; **T2** – basal, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T3** – basal, 720 mg.L⁻¹ de ethephon; **T4** – basal, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T5** – mediana, sem biorregulador; **T6** – mediana, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T7** – mediana, 720 mg.L⁻¹ de ethephon; **T8** – mediana, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon; **T9** – apical, sem biorregulador; **T10** – apical, 360 mg.L⁻¹ de ethephon; **T11** – apical, 720 mg.L⁻¹ de ethephon; **T12** – apical, 1080 mg.L⁻¹ de ethephon.

Os minitoletes tratados com diferentes concentrações e de diferentes posições apresentaram um desenvolvimento inicial semelhante ao longo das 6 semanas de avaliação do atual experimento. A interação entre os fatores não foi significativa à 5%.

4.8.2 Altura e diâmetro

Os resultados foram obtidos com a comparação das médias dos fatores entre os diferentes níveis (Tabela 25). Houve diferença em relação aos fatores concentração de biorregulador e posição de propágulos.

Tabela 25 - Médias de altura e diâmetro de colmos de acordo com a concentração de biorregulador e posição de propágulos de cana-de-açúcar, variedade CTC15, 50 dias após o plantio. Piracicaba – SP.

Variável	Fator									
	Ethephon (mg.L ⁻¹)					Posição				
	0	360	720	1080		basal	mediana	apical		
Altura (cm)	61,51 a	46,77 b	51,22 b	48,42 b		49,16 b	49,48 b	57,02 a		
Diâmetro (mm)	9,53 a	7,52 b	7,57 b	7,68 b		8,11 a	8,05 a	8,09 a		
CV (%)	21,1									

Na linha, entre um mesmo fator, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey 5%)

Propágulos com concentrações de 360, 720 e 1080 mg.L⁻¹ de ethephon apresentaram menores médias das variáveis altura e diâmetro. Silva et al. (2007), apresentou resultados diferentes aos do atual experimento, pois não observaram diferenças no diâmetro dos colmos de plantas que receberam a aplicação de ethephon.

Em relação ao fator posição, propágulos da região apical apresentaram maiores médias de altura, não havendo diferença entre as médias de diâmetro. A interação entre os fatores não foi significativa.

Esse resultado sugere que o ethephon retarda o crescimento em altura e diâmetro das brotações emergidas de cana-de-açúcar. Mendes (2010) afirmou que a partir dos 75 dias após o plantio, aplicação de ethephon nos toletes não alterou significativamente a altura média de brotos.

Conforme os resultados obtidos pode-se inferir que a aplicação do biorregulador ethephon aumentou o número de brotações emitidas de minitoletes de cana-de-açúcar.

As variáveis altura e diâmetro foram inferiores quando os propágulos receberam aplicações de ethephon, comprovando que o biorregulador retardou o crescimento de brotos de cana-de-açúcar.

5 CONCLUSÕES

A posição de origem dos propágulos no colmo de cana-de-açúcar influencia a brotação. Os propágulos da posição apical são superiores em brotação aos da posição basal.

A aplicação do biorregulador ethephon em propágulos de cana-de-açúcar estimula a brotação e prejudica o desenvolvimento inicial em altura dos brotos.

A aplicação do bioestimulante cianamida hidrogenada não influencia a brotação e o desenvolvimento inicial de propágulos de cana-de-açúcar.

Propágulos com duas gemas apresentam melhor desempenho em brotação e desenvolvimento inicial dos brotos do que propágulos com apenas uma gema.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Informações Gerenciais 4º Trimestre de 2014**. 2014. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=531&idPerfil=3>>. Acesso em: 07 out. 2015.

AITKEN, K; MCNEIL, M. Diversity analysis. In: HENRY, R.; KOLE, C. **Genetics, genomics and breeding of sugarcane**. Enfield: Science Publ., 2010. p. 19-42.

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane physiology**: a comprehensive study of the Saccharum source- to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 725 p.

ALI, A.; NAZ, S.; SIDDIQUI, F.A.; IQBAL, J. An efficient protocol for large-scale production of sugarcane through micro propagation. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 40, n. 1, p. 139–149, 2008.

AMBERGER, A. Uptake and metabolism of hydrogen cyanamide in plants. In: WEAVER, R.J.; JOHNSON, J.O.; WICKS, A.S. (Ed.). **Proceedings of bud dormancy of grapevines**: potential and practical uses of hydrogen cyanamide on grapevines. Davis: University of California, 1984. p. 5-10.

ANDREOLI, C.; SOUZA, S.P. Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol. **Economia e Energia**, n. 59, p. 27-33, dez./jan. 2006/2007. Disponível em: <http://www.ecen.com/eee59/eee59p/ecen_59p.htm>. Acesso em: 17 set. 2014.

ARRUDA, P. Perspective of the sugarcane industry in Brazil. **Tropical Plant Biology**, New York, v. 4, p. 3-8, 2011.

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

BARBIERI, V.; BACCHI, O.O.S.; VILLA NOVA, N.A. Espaçamento em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TECNOCOLISTAS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: STAB, 1981. p. 512-522.

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

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Série histórica**: 1994 a 2013; balança comercial e corrente de comércio. Disponível em:<<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=4383&refr=1161>>/. Acesso em: 24 set. 2014.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. **Produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1993. p. 31-64.

CAPUTO, M.M.; BEAUCLAIR, E.G.F.; SILVA, M.A.; PIEDADE, S.M.S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1 p. 15-23, 2008.

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

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

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

CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar**: controle biológico. Maceió: Insecta, 2005. p. 3-48.

CEBIM, V.L.S. **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em dois sistemas de plantio**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTUA. **Apresenta informações sobre meteorologia**. Campinas, 2013. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Terceira geração de cultivares CTC**. Piracicaba, 2007. 19 p. (Boletim Técnico, 2).

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

COELHO, C.H.M.; MEDEIROS, A.F.A.; POLIDORO, J.C.; XAVIER, R.P.; RESENDE, A.; QUESADA, D.M.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.; URQUIAGA, S. Identificação de genótipos de cana-de-açúcar quanto ao potencial de contribuição da fixação biológica de nitrogênio. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, n. 2, p. 37-40, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar safra 2013/2014**: quarto levantamento. 2014. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 16 set. 2014.

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier Science, 1987. p. 7-84.

EHSANULLAH, K.; JABRAN, M.J.; GHAFAR, A. Optimizing the row spacing and seeding density to improve yield and quality of sugarcane. **Crop & Environment**, Faisalabad, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2011.

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

EVANS, H. The root system of sugar cane II: Some typical root systems. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, London, v. 4, p. 208-221, 1936.

FAO. **FAOSTAT**: agriculture. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 07 mar. 2014.

FERREIRA, M.C.; WERNECK, C.F.; FURUHASHI, S.; LEITE, G.J. Tratamento de toletes de cana-de-açúcar para controle da podridão-abacaxi em pulverização conjugada ao plantio mecanizado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 263-273, 2008.

FLORES, R.A.; PRADO, R.M.; POLITI, L.S.; ALMEIDA, T.B.F. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 106–111, 2012.

FRAZÃO, D.A.C.; COSTA, J.D.; GODOY, O.P. Viabilidade das gemas dos toletes de cana- de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 5, p. 33-41, 1977.

HARDY, G.; DOVE, H.; AWAD, M. The use of ethephon for prevention of flowering in sugarcane in Sudan. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, 1986.

HAWERROTH, F.J.; PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Cianamida hidrogenada, óleos mineral e vegetal na brotação de gemas e produção de macieiras “Royal Gala”. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 1145–1154, 2010.

JADOSKI, C. J.; TOPPA, E.V.B.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 169–176, 2010.

JAIN, R.; SOLOMON, S.; CHANDRA, A. Some discernible physio-biochemical changes associated with improved sprouting of sugarcane setts treated with ethephon. **Sugar Tech**, New Dehli, v. 13, n. 2, p. 123–128, 2011.

JAMES, G. **Sugarcane**. Oxford: Blackwell Science, 2004. 216 p. (World Agriculture Series).

JANINI, D.A. **Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2007. 149 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

KANWAR, R.S.; KAUR, H. Improving sprouting of stubble crop in low temperature areas. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, São Paulo, v. 16, p. 1325–1331, 1977.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2012. 16 p. (IAC. Documentos, 109).

LEE, T.S.G. Efeito do plantio de cana inteira na germinação, no desenvolvimento e na produção de cana-de-açúcar. **Cadernos PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 13-23, 1984.

LIMA, G.V.M. **Ação de auxinas e cofatores fenólicos no enraizamento *invitro* de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2010. 96 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

LI, Y.R.; SOLOMON, S. Ethephon: a versatile growth regulator for sugar cane industry. **Sugar Technology**, Dordrecht, v. 5, n. 4, p. 213-223, 2003.

MANJUNATHA, S.R.; KRISHNAMURTHI, M.; WEERATHAWORN, P. Effect of ethephon on yield and sugar content of different sugarcane cultivars in Thailand. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, Guatemala, v. 2, p. 414-419, 2005.

MARTINHO, L.; BOCCHI, M.; JEPSON, I.; MOREIRA, M.; CARVALHO, J.C. Plene, an innovative approach for sugarcane planting in Brazil. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, Veracruz, v. 27, p. 1-10, 2010.

MARTINS, M.B.G.; CASTRO, P.R.C. Efeitos de giberelina e ethephon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1855-1863, 1999.

MASUDA, Y.; GHELLER, A.C.A.; DAL PICCOLO, C.R.; SORDI, R.A. **Produção de mudas sadias**. Piracicaba: IAA, PLANALSUCAR, 1981. 22 p.

MELOTTO, E.; CASTRO, P.R.C.; GODOY, O.P.; CÂMARA, G.M.S.; STUPIELLO, J.P.; IEMMA, A.F. Desenvolvimento da cana-de-açúcar variedade NA56-79 proveniente da propagação de colmos tratados com ethephon. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 44, p. 657-676, 1987.

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

MOORE, P.H.; OSGOOD, R.V. Prevention of flowering and increasing sugar yield of sugarcane by application of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid). **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 8, p. 205-210, 1989.

MOZAMBINI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 11-18.

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

NAILWAL, T.K.; GUPTA, V.K.; SAND, N.K.; PANT, R.C. Role of ethylene in tillering of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Physiology & Molecular Biology of Plants**, New Delhi, v. 10, p. 127-130, 2004.

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 ECONVENÇÃO DA ACTALAC, 5., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo: STAB, 2008. p. 172-177.

NOGUEIRA, G.A. Produção de mudas de cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 11-18.

OFFICE OF THE GENE TECHNOLOGY REGULATOR. **The biology and ecology of sugarcane (*Saccharum spp. hybrids*) in Australia**. Canberra, 2004. 31 p. Disponível em: <[http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/sugarcane-3/\\$FILE/biologysugarcane.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/sugarcane-3/$FILE/biologysugarcane.pdf)> Acesso em: 02 mar. 2014.

OLIVEIRA, C. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: aspectos operacionais e econômicos**. 2012. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

OTTO, R. **Desenvolvimento de raízes e produtividade de cana-de-açúcar relacionados à adubação nitrogenada**. 2007. 119 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO. **Catálogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010. 136 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. 216 p.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 1995. 99 p.

SEGATO, S.V.; PEREIRA, L.L. Colheita da cana-de-açúcar: corte manual. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. cap. 19, p. 319-332.

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.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. cap. 2, p. 19-36

SEGOVIA, A. Efecto del tamaño y posición del esqueje em la germinación de la caña de azúcar. **Revista de la Facultad Agronomía de la Universidad Central de Venezuela**, Maracay, v. 7, n. 4, p. 21-35, Mayo 1974

SILLER-CEPEDA, J.H. **The role of glutathione in the development and release of rest on 'Redhaven' peaches**. 1991. 158 p. Thesis (PhD) - Oregon State University, Corvallis, 1991.

SILVA, M.A.; GAVA, G.J.C.; CAPUTO, M.M.; PINCELLI, R.P.; JERÔNIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 545-552, 2007.

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. 94 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

SMITH, D.M.; INMAN-BAMBER, N.G.; THORBURN, P.J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 169-183, 2005.

SUBIROS, J.F. Efecto de la aplicación glifosato como madurador en tres cultivares de caña de azúcar. **Turrialba**, San Jose, v. 40, n. 4, p.527-534, 1990.

SYNGENTA. **New PLENE for commercial planting of sugar cane in Brazil**. Basel, 2014. 2 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. **UNICADATA**: exportação e importação anual de 2013. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em: 24 set. 2014.

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

VERGARA, R.; RUBIO, S.; PÉREZ, F. J. Hypoxia and hydrogen cyanamide induce bud-break and up-regulate hypoxic responsive genes (HRG) and VvFT in grapevine-buds. **Plant Molecular Biology**, Zurich, v. 79, p. 171–178, 2012.

WERLE, T.; GUIMARÃES, V.F.; DALASTRA, I.M.; ECHER, M.M.; PIO, R. Influência da cianamida hidrogenada na brotação e produção da videira 'Niágara Rosada' na região Oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 20-24, 2008.

WIEDENFELD, B. Enhanced sugarcane establishment using plant growth regulators. **Journal of the American Society of Sugarcane Technologists**, Canal Point, v. 23, p. 48-61, 2003.

ZAGO, E.A.; SILVA, L.F.L.F.; BERNARDINO, C.D.; AMORIM, H.V. **Métodos analíticos para o controle da produção de álcool e açúcar**. Piracicaba: ESALQ; FERMENTEC, 1996. 194 p.

ZHEN, L. **Hydrogen cyanamide on triphenyltetrazolium chloride reduction, sulfhydryl group binding, and catalase activity in brome grass (*Bromus inermis* L.) cells**. 1989. 76 p. Thesis (M.S.) - Oregon State University, Corvallis, 1989.

ZHEN, L. **The free radical scavenging system in overcoming phytotoxicity and breaking dormancy**. 1993. 175 p. Thesis (PhD) -. Oregon State University, Corvallis, 1993.