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

**Desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar em função do
propágulo utilizado**

Jorge Baracat Neto

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

**Piracicaba
2015**

Jorge Baracat Neto
Engenheiro Agrônomo

**Desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar em função do propágulo
utilizado**

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

Baracat Neto, Jorge

Desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar em função do propágulo utilizado /
Jorge Baracat Neto. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de
2011. - - Piracicaba, 2015.
77 p. : il.

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

1. *Saccharum officinarum* 3. Brotação 4. Perfilhamento 5. Produtividade I. Título

CDD 633.61
B223d

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

Dedico:

Aos meus pais, Glaucia e Edmund Baracat; e irmãs, Maria Eugênia e Maria Cândida por sempre me incentivarem a continuar o processo de aprendizagem. Amo vocês!

À minha esposa Mariellen Baracat que me apóia, motiva e dá forças para seguir minha caminhada. Te amo!

AGRADECIMENTOS

Ao professor Hilton Thadeu Zarate do Couto pelo auxílio e orientações nas análises estatísticas desta pesquisa.

Às funcionárias Sandra e Vilma, da biblioteca central da ESALQ, pela grande contribuição nesta dissertação.

À Usina São Domingos Açúcar e Álcool S/A. por permitir a instalação do experimento em uma de suas áreas de produção.

À equipe de experimentação da Usina São Domingos Açúcar e Álcool S/A , em nome dos funcionários Jesus Dias e Luiz Hermínio, pela colaboração na instalação e avaliações da pesquisa.

À Luciane Aparecida Lopes Toledo, secretária do programa de pós-graduação da Fitotecnia, pelo suporte e orientações.

Ao professor e orientador João Alexio Scarpate Filho pelos conselhos, orientações e conversas durante todo período do curso.

A todos os professores das disciplinas cursadas que contribuíram no meu crescimento acadêmico e profissional.

À ESALQ por tornar um sonho realidade!

“Para ser grande, sê inteiro: nada teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és no mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda Brilha, porque alta vive.”

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 A cana-de-açúcar no Brasil e no mundo	23
2.2 Cana-de-açúcar.....	25
2.3 Desenvolvimento da cana-de-açúcar	27
2.3.1 Brotação	28
2.3.2 Perfilhamento	30
2.3.3 Crescimento de colmos	31
2.3.4 Maturação de colmos	32
2.4 Hormônios vegetais e biorreguladores	32
2.4.1 Auxinas.....	33
2.4.2 Giberelinas	33
2.4.3 Citocininas.....	34
2.5 Produção de mudas de cana-de-açúcar	34
2.6 Produção e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.....	35
2.7 Uso de biorreguladores em cana-de-açúcar	37
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	39
3.2 Instalação do experimento	41
3.2.1 Preparo do solo, abertura de sulcos e adubação de plantio.....	41
3.2.2 Variedade plantada	41
3.2.3 Plantio do experimento.....	42
3.3 Tratamentos	44
3.3.1 Descrição dos tratamentos.....	44
3.4 Delineamento experimental.....	46
3.5 Variáveis.....	46
3.5.1 Brotação	46

3.5.2 Perfilhamento.....	46
3.5.3 Altura de plantas	47
3.5.4 Diâmetro de colmos	47
3.5.5 Rendimento ou produtividade agrícola	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Brotação	49
4.2 Perfilhamento.....	55
4.3 Altura de plantas	59
4.4 Diâmetro de colmos	61
4.5 Produtividade ($t\ ha^{-1}$), açúcar total recuperável (ATR), toneladas de ATR ha^{-1} ..	63
5 CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS	73

RESUMO

Desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar em função do propágulo utilizado

Os frequentes aumentos de custos de produção de cana-de-açúcar aliado à ampliação da mecanização do plantio e colheita da cultura exigem a busca por canaviais mais produtivos. Nesse sentido é essencial o conhecimento da interferência dos propágulos e seus tratamentos no desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar. O objetivo dessa pesquisa foi verificar a influência de três tipos de propágulos quanto ao seu número de gemas, bem como sua posição de origem no colmo, e o efeito da utilização de biorreguladores no desenvolvimento, produção e qualidade de cana planta. O experimento foi desenvolvido no município de Tabapuã (SP) e a variedade utilizada foi a RB83-5054. Classificaram-se os propágulos em função de sua posição de origem (apical, central e basal) e tipo, de acordo com o número de gemas (duas, três ou quatro). Para verificar o efeito dos biorreguladores na cana-de-açúcar foi utilizado o produto comercial Stimulate® na dose de 0,5 litro por hectare. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com três repetições e as variáveis analisadas foram: número de brotos, perfilhos, altura e diâmetro do colmo, produtividade, açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de ATR por hectare. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando necessário os dados foram transformados. Posteriormente realizou-se o teste comparativo de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Propágulos de origem apical e central dos colmos de cana-de-açúcar resultaram em canaviais com maior brotação, perfilhamento, altura de plantas, diâmetro de colmos, produtividade e toneladas de açúcar total recuperável por hectare do que os provenientes das posições basais. Canaviais originados de propágulos da posição basal dos colmos foram influenciados por seu tipo. Plantas mais altas, com maior produtividade agrícola e toneladas de açúcar total recuperável por hectare foram obtidas pelo plantio de propágulos contendo três e quatro gemas. A utilização do Stimulate® nos diferentes propágulos não interferiu, nas condições deste experimento, na brotação, desenvolvimento, produção e qualidade tecnológica da cultura da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; Brotação; Perfilhamento; Produtividade

ABSTRACT

Development and production of sugarcane due to the propagules used

Frequent increases in sugarcane production costs combined with the expansion of planting and harvest mechanization of crop requires the search for more productive sugarcane fields. In this regard, it is essential to know the interference of the propagules and their treatments in development and production of sugarcane. The purpose of this research was to investigate the influence of three types of propagules as to its numbers of buds, and its original position in the stalks, and the effect of use of bioregulators in development, production and quality of plant cane. The experiment was conducted in Tabapuã (SP) and the variety used was the RB83-5054. The propagules were classified according to their origin position (apical, middle and basal) and its type, according to the number of gems (two, three or four). To verify the effect of the bioregulators on the sugarcane the commercial product Stimulate® at a dose of 0.5 liter per hectare was used. The experimental design used was the totally randomized blocks with three replications and the variables analyzed were: number of shoots, tillers, height and diameter of the stalks, productivity, total recoverable sugar (TRS) and tons of TRS per hectare. The results were submitted to analysis of variance and whenever necessary the data were transformed. Afterwards, the comparative test of means by Tukey test at 5% significance level was done. Propagules from an apical and central source of the sugarcane stalks resulted in sugarcane fields with more budding, tillering, plant height, stalk diameter, productivity and tons total recoverable sugar per hectare than those from basal positions. Sugarcane fields of propagules from the basal position of the stalks were influenced by their type. Taller plants, increased agricultural productivity and tons total reducing sugar per hectare were obtained by planting propagules containing three and four gems. The use of Stimulate® in different propagules, as to type and source position did not interfere, for the conditions of this experiment, with sprouting, development, technological quality production of the sugarcane culture.

Keywords: *Saccharum officinarum*; Budding; Tillering; Productivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estádios fenológicos da cana-de-açúcar	28
Figura 2 - Localização da área experimental	39
Figura 3 - Sulcos de plantio.....	41
Figura 4 - Colmos de cana-de-açúcar utilizados para obtenção dos diferentes propágulos.....	42
Figura 5 - Propágulos utilizados no experimento após a classificação e separação por posição e tipo. A. Propágulos da posição apical do colmo contendo duas gemas; B. Propágulos originados da posição apical do colmo com três gemas; C. Propágulo apical com quatro gemas; D. Propágulo da posição central com duas gemas; E. Propágulos de origem central contendo três gemas; F. Propágulos da posição central com quatro gemas. G. Propágulos da base do colmo com duas gemas; H. Propágulos basais contendo três gemas; I. Propágulos com quatro gemas de origem basal.....	43
Figura 6 - Propágulos distribuídos no sulco de plantio.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Série histórica de área plantada de cana-de-açúcar no Brasil por região produtora das safras de 2005/2006 até 2014/2015	23
Tabela 2 - Produtividade agrícola média ($t\ ha^{-1}$) das cinco regiões produtoras e do Brasil.....	24
Tabela 3 - Resultado de análise química de solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 centímetros.....	40
Tabela 4 - Resultados da análise física do solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 centímetros.....	40
Tabela 5 - Brotação de cana-de-açúcar (em porcentagem - %) em função de diferentes posições de origem dos propágulos no colmo aos 16 e 34 DAP. Tabapuã - SP	49
Tabela 6 - Brotação de cana-de-açúcar (em %) em diferentes tipos de propágulos aos 16 e 34 DAP. Tabapuã – SP.....	50
Tabela 7 - Porcentual de brotação de propágulos de cana-de-açúcar com e sem aplicação de Stimulate® aos 16 e 34 DAP. Tabapuã – SP	52
Tabela 8 - Brotação da cana-de-açúcar (em %) aos 34 DAP com e sem aplicação de Stimulate® em diferentes tipos de propágulos. Tabapuã – SP	52
Tabela 9 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar (%) contendo duas gemas de diferentes posições de origem no colmo aos 34 DAP. Tabapuã – SP ...	53
Tabela 10 - Porcentual de brotação de propágulos de cana-de-açúcar contendo três gemas de diferentes posições de origem no colmo aos 34 DAP. Tabapuã – SP	53
Tabela 11 - Porcentual de brotação de propágulos de cana-de-açúcar contendo quatro gemas de diferentes posições no colmo aos 34 DAP. Tabapuã – SP.....	54
Tabela 12 - Número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar aos 188 DAP em função da posição de origem no colmo dos propágulos. Tabapuã – SP	55
Tabela 13 - Quantidade de perfilhos por metro aos 188 DAP de cana-de-açúcar originada de diferentes tipos de propágulos. Tabapuã – SP	56
Tabela 14 - Número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar aos 188 DAP provenientes de propágulos com e sem aplicação de Stimulate®. Tabapuã – SP.....	56

Tabela 15 - Número de perfilhos por metro da cana-de-açúcar aos 188 DAP proveniente de propágulos contendo duas gemas em função de sua posição de origem no colmo. Tabapuã – SP	57
Tabela 16 - Número de perfilhos por metro da cana-de-açúcar aos 188 DAP proveniente de propágulos contendo três gemas em função de sua posição de origem no colmo. Tabapuã – SP	57
Tabela 17 - Número de perfilhos por metro da cana-de-açúcar aos 188 DAP proveniente de propágulos contendo quatro gemas em função de sua posição de origem no colmo. Tabapuã – SP	58
Tabela 18 - Número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar originada de propágulos contendo duas, três e quatro gemas com e sem aplicação de Stimulate® aos 188 DAP. Tabapuã – SP.....	58
Tabela 19 - Altura da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função da posição de origem do propágulo. Tabapuã – SP	59
Tabela 20 - Altura da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo de propágulo. Tabapuã – SP	60
Tabela 21 - Altura de plantas de cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo e posição de origem do propágulo no colmo. Tabapuã – SP.....	60
Tabela 22 - Altura de plantas de cana-de-açúcar aos 188 DAP com e sem aplicação de Stimulate® sobre os propágulos. Tabapuã – SP	61
Tabela 23 – Diâmetro de colmos da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função da posição de origem do propágulo. Tabapuã – SP	61
Tabela 24 – Diâmetro de colmos da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo de propágulo. Tabapuã – SP	62
Tabela 25 - Diâmetro de colmos de cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo e posição de origem do propágulo no colmo. Tabapuã – SP.....	62
Tabela 26 - Diâmetro de colmos de cana-de-açúcar aos 188 DAP em três tipos de propágulos submetidos ou não à aplicação de Stimulate®. Tabapuã – SP	63
Tabela 27 - Produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$), açúcar total recuperável, TAH da cana-de-açúcar originadas por propágulos de diferentes posições no colmo. Tabapuã- SP	64
Tabela 28 - Produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$), ATR e TAH da cana-de-açúcar resultante de plantio em função do tipo de propágulos. Tabapuã – SP.....	64

Tabela 29 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar resultante de propágulos de origem apical com duas, três ou quatro gemas. Tabapuã – SP	66
Tabela 30 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar em propágulos da posição apical tratadas e não tratadas Stimulate®. Tabapuã – SP	66
Tabela 31 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar resultante de propágulos de origem central com duas, três ou quatro gemas. Tabapuã – SP	66
Tabela 32 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar em mudas de origem central tratadas e não tratadas com Stimulate®. Tabapuã – SP	67
Tabela 33 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar resultante de propágulos de origem basal com duas, três ou quatro gemas. Tabapuã – SP	67
Tabela 34 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar em mudas de origem basal tratadas e não tratadas com o biorregulador Stimulate®. Tabapuã – SP	68
Tabela 35 - Efeito do uso do Stimulate® na produtividade, ATR e TAH em diferentes tipos de mudas de cana-de-açúcar. Tabapuã – SP	68

1 INTRODUÇÃO

A cana de açúcar, introduzida no Brasil durante o período colonial, representa atualmente uma das principais culturas da economia brasileira. Sua área plantada na safra 2013/2014, no Brasil, foi de 8.811.400 hectares, com previsão de aumento para aproximadamente 9.098.000 hectares na safra seguinte (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

A produção brasileira de cana-de-açúcar em 2013 foi de 658.822.300 toneladas (CONAB, 2014). Como resultado desta produção agrícola e processamento industrial da cana-de-açúcar obtêm-se açúcar, álcool, levedura e a energia elétrica. Tais produtos são utilizados nas mais diversas áreas, das quais se destacam os setores alimentícios, farmacêuticos, ração animal, concessionárias de energia elétrica e combustíveis.

Com os aumentos de custos de produção da cultura e expansão de mecanização dos sistemas de plantio e colheita de cana-de-açúcar torna-se essencial a procura por melhores resultados, expressos principalmente em produtividade agrícola (toneladas de cana por hectare - t/ha), qualidade tecnológica (açúcar total recuperável – ATR) e a combinação desses dois índices, resultando na tonelada de açúcar total recuperável por hectare (TAH). Para isso é necessária a verticalização da produção agrícola da cultura, ou seja, adoção de novas técnicas agrícolas em cana planta e cana soca, melhoria de qualidade nas operações (plantio, tratos culturais e colheita) e controle de tráfego de máquinas e implementos agrícolas em áreas de produção.

A obtenção de um canavial produtivo e longo depende de boa implantação, ou seja, canavial com poucas falhas, isento de pragas, doenças e plantas daninhas. Dentre os fatores de produção que podem gerar falhas na implantação de um canavial deve-se realçar a importância dos propágulos utilizados. Diversos fatores podem interferir na brotação das gemas contidas neles, tais como a necessidade de água, temperatura, reservas, número de gemas e posição do propágulo no colmo de origem, ocorrência de fungos e pragas de solo e forma de distribuição dos mesmos no campo (manual ou mecanizado).

A cana-de-açúcar apresenta algumas estruturas específicas como colmos, nós, entrenós e gemas. Uma característica importante existente na planta é a dominância apical, a qual acarreta inibição da brotação das gemas laterais. Essa dominância

apical, benéfica em alguns casos, não é desejada que seja expressa no propágulo plantado. É necessário que haja uniformidade de brotação das gemas para que não ocorram falhas, gerando baixa produtividade agrícola. Outro fator de extrema importância é o comprimento dos propágulos e, por consequência, o número de gemas que os mesmos contêm, uma vez que as gemas mais novas inibem a brotação das mais velhas.

A ampliação do plantio mecanizado modificou consideravelmente os tipos de propágulos plantados e sua distribuição nos sulcos de plantio. No plantio manual predominam propágulos contendo quatro a cinco gemas; estas estruturas são distribuídas nos sulcos cruzando colmos da parte apical e basal. Dessa forma tem-se distribuição uniforme de propágulos no sulco de plantio, minimizando possíveis diferenças em tempo de brotação. Já no plantio mecanizado há predomínio de propágulos com duas ou três gemas, de menor comprimento. Não há controle de sua distribuição. Esses dois fatos atuando concomitantemente podem gerar falhas e maior heterogeneidade no canavial, reduzindo assim a produtividade agrícola.

Estudos têm sido realizados sobre o uso de biorreguladores no tratamento de propágulos e seu efeito sobre a brotação e desenvolvimento inicial (perfilhamento, altura e diâmetro de plantas) e produção da cana-de-açúcar. Porém, essas pesquisas apresentam resultados divergentes quanto à eficácia da aplicação dessas substâncias nos propágulos da cana-de-açúcar.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de três diferentes tipos de propágulos em relação a seu número de gemas, bem como sua posição de origem no colmo. Avaliar, também, o efeito da utilização de biorreguladores no desenvolvimento, produção e qualidade de cana planta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cana-de-açúcar no Brasil e no mundo

A produção mundial de açúcar está concentrada em seis países e um bloco econômico (Brasil, Índia, China, Tailândia, Estados Unidos da América, México e União Européia) e representa aproximadamente 70% da produção (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTESCIMENTO – SEAB, 2012). Na safra de 2010/2011 Brasil, Índia e China foram os maiores produtores de cana-de-açúcar totalizando 60,32% de toda a produção, sendo responsáveis por 627,30; 277,80 e 111,50 milhões de toneladas, respectivamente (BRASIL, 2012). Em 2014 o Brasil permanece sendo o maior produtor mundial da cultura de cana-de-açúcar e de seus principais produtos (açúcar e etanol); seguido de Índia e China (CONAB, 2014). A comercialização internacional do açúcar é liderada por Brasil, Tailândia, Austrália e China, que somados dominam 67% do mercado (SEAB, 2012).

Dentre as regiões produtoras brasileiras, destacam-se a sudeste, a qual detém 62,11% da área plantada na safra de 2014/2015, à frente das regiões centro-oeste, nordeste, sul e norte, com 19,42%; 10,87%; 7,07% e 0,53%, respectivamente (CONAB, 2014). A cultura está em expansão desde as safras de 2005/2006, porém, com desaceleração nas últimas 4 safras (Tabela 1).

Tabela 1 - Série histórica de área plantada de cana-de-açúcar no Brasil por região produtora das safras de 2005/2006 até 2014/2015

(continua)

Região	SafrA Agrícola				
	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
	Área plantada (em mil hectares)				
Norte	18,6	19,8	20,6	16,1	17,2
Nordeste	1.077,4	1.123,5	1.037,3	1.052,6	1.082,5
Centro-Oeste	547,0	604,6	900,8	900,8	940,3
Sudeste	3.737,3	3.928,1	4.540,1	4.561,8	4.832,5
Sul	460,0	487,3	511,4	526,6	537,0
Brasil	5.840,3	6.163,3	7.010,2	7.057,9	7.409,5

Tabela 1 - Série histórica de área plantada de cana-de-açúcar no Brasil por região produtora das safras de 2005/2006 até 2014/2015

(conclusão)

Região	SafrA Agrícola				
	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15 ⁽¹⁾
	Área plantada (em mil hectares)				
Norte	19,6	34,5	42,0	46,4	47,6
Nordeste	1.113,3	1.114,6	1.083,2	1.030,2	979,0
Centro-oeste	1.202,6	1.379,4	1.504,1	1.710,8	1.748,5
Sudeste	5.136,6	5.221,0	5.243,3	5.436,3	5.593,1
Sul	584,0	613,1	612,4	587,8	636,3
Brasil	8.056,1	8.362,6	8.485,0	8.811,4	9.004,5

FONTE: adaptado de CONAB (2014)

⁽¹⁾ Estimativa realizada em Dezembro de 2014

Ao mesmo tempo em que houve aumento de área plantada da cana-de-açúcar no Brasil, a produtividade agrícola (toneladas por hectare – t ha⁻¹) diminuiu (Tabela 2). Nos últimos dois anos a produção foi influenciada pela baixa precipitação, valores inferiores aos índices normais, refletindo na brotação, perfilhamento e desenvolvimento da cana-de-açúcar (CONAB, 2014).

Tabela 2 - Produtividade agrícola média (t ha⁻¹) das cinco regiões produtoras e do Brasil

(continua)

Região	SafrA Agrícola				
	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
	Produtividade agrícola (t ha ⁻¹)				
Norte	57,63	63,73	65,46	68,25	57,67
Nordeste	52,53	55,95	65,43	61,20	56,05
Centro-Oeste	70,95	75,22	73,83	73,83	82,35
Sudeste	81,77	83,81	86,47	86,61	86,88
Sul	65,24	73,88	84,16	84,16	84,83
Brasil	74,32	77,04	81,51	80,97	81,59

Tabela 2 - Produtividade agrícola média (t ha⁻¹) das 5 regiões produtoras e do Brasil

(conclusão)

Região	Safrá Agrícola				
	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15 ⁽¹⁾
	Produtividade agrícola (t ha ⁻¹)				
Norte	65,12	73,52	70,43	79,74	77,14
Nordeste	55,76	56,96	48,90	51,46	56,75
Centro-Oeste	77,62	66,87	70,47	70,42	73,70
Sudeste	82,51	69,35	73,85	80,82	73,09
Sul	74,32	66,24	64,92	71,97	71,01
Brasil	77,45	67,08	69,41	74,77	71,31

FONTE: adaptado de CONAB (2014)

⁽¹⁾ Estimativa realizada em Dezembro de 2014

2.2 Cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar tem como origem o continente asiático, provavelmente Nova Guiné e Indonésia. É uma planta monocotiledônea pertencente à família *Poacea*, gênero *Saccharum*. As espécies que constituem seus híbridos interespecíficos são: *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule* (JADOSKI et al., 2010). As principais características da planta são inflorescências do tipo panícula ramificada, crescimento do caule em colmos, folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainhas abertas (CASTRO, 2000; EMBRAPA, 2012).

A determinação das cultivares de cana-de-açúcar é dependente de características morfológicas, ou seja, são diferenciadas pelos aspectos da touceira (densa, média ou frouxa); tipo de folhas (comprimento, largura, coloração); presença ou ausência de aurícula; caracterização da bainha quanto à coloração, presença de joçá, aspecto, textura e intensidade de cera; fixação ou desprendimento de folhas senescentes (denominada palha); tipo do colmo (ereto ou decumbente); tipo do internódio (forma, coloração, existência de rachaduras, espessura, presença de cera ou manchas); conformação das gemas (saliência, presença de pilosidade, poro germinativo e asas); capacidade de perfilhar; apresentar cicatriz foliar do tipo glabra ou pilosa; nós salientes ou conscritos e a forma e dimensão da lígula (ARANHA; YAHN, 1987).

A cana-de-açúcar desenvolve-se em touceiras. Sua parte aérea é formada por colmos que se originam do desenvolvimento de perfilhos provenientes da brotação de gemas existentes nos propágulos. Os colmos e perfilhos são divididos em primários, secundários e terciários. Esta classificação é função de sua origem, ou seja, os perfilhos primários são resultantes da brotação das gemas contidas nos propágulos plantados. Já os secundários são oriundos das gemas brotadas dos perfilhos primários e, os terciários, são formados pela brotação das gemas dos secundários (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006).

O desenvolvimento de cada tipo de perfilho resulta em seus respectivos colmos. Estes são formados por nós e entrenós; há em cada nó uma gema, as quais são dispostas de forma alternada. Cada gema é protegida fisicamente nos colmos pelas bainhas das folhas (CASTRO, 2000). A parte subterrânea da touceira é composta pelo sistema radicular. Este é formado por três tipos de raízes: as superficiais, ramificadas e absorventes; as de fixação, mais profundas, e a raiz cordão (CASTRO, 2000).

A cana-de-açúcar é uma planta de metabolismo do tipo C4, ou seja, produz compostos contendo quatro carbonos como resultado da fotossíntese. Possui alta taxa fotossintética (utilização e resgate de gás carbônico), é adaptada à alta intensidade luminosa e térmica, além de ser eficiente na utilização de água (EMBRAPA, 2012; SEGATO et al., 2006).

A cana-de-açúcar é caracterizada como perene (ARANHA; YAHN, 1987), porém a forma de cultivo praticada atualmente a torna semi-perene. Comercialmente é classificada em dois grupos: cana-planta ou cana soca. A cana-planta, por sua vez, é diferenciada em função da época de plantio, sendo denominada cana de ano e meio quando plantada entre janeiro e maio, cana de inverno aquelas plantadas entre junho e a primeira quinzena de setembro e cana de ano entre setembro e dezembro (SEGATO et al., 2006). Canaviais chamados de soqueira ou cana-soca são aqueles em que foi realizada pelo menos uma colheita de colmos. São distinguidos em função do número de cortes a que foram submetidos. Marchiori (2004) verificou ser a produtividade e a qualidade da cana-de-açúcar influenciada pela época de plantio e colheita.

A composição tecnológica da cultura da cana-de-açúcar pode variar dentro de alguns limites específicos e é influenciada pelo clima, solo, adubação, infestação de pragas, doenças, plantas daninhas e variedades segundo Marques et al. (2001).

Estes mesmos autores definem que a cana-de-açúcar pode conter 8 a 18% de fibra e 86 a 92% de caldo. Deste, 75 a 82% representam a concentração de água e 18 a 25% sólidos solúveis. Estes sólidos solúveis são divididos em açúcares (15,5 a 27%) e impurezas (1 a 2,5%).

A instalação da cultura da cana-de-açúcar pode ser realizada de duas formas: pela uso de sementes ou partes de colmo. O uso de sementes é feito especificamente pelos programas de melhoramento genético, para a obtenção de novas variedades. Comercialmente são utilizadas partes do colmo contendo no mínimo uma gema. As gemas localizadas, sobretudo em seus nós, são formadas de células e tecidos em estado de latência e possuem grande potencial de diferenciação celular (AUDE, 1993).

2.3 Desenvolvimento da cana-de-açúcar

Gascho e Shih (1983) definem quatro estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar: brotação e emergência; perfilhamento e estabelecimento da cultura; período do grande crescimento e maturação (Figura 1). Krutman (1966 apud AUDE, 1993) também divide os estádios de desenvolvimento em quatro: tempo compreendido entre o plantio dos propágulos e a brotação de suas gemas; da brotação das gemas até o fim do perfilhamento; do fim do perfilhamento até o início de acúmulo de açúcar e do início deste acúmulo até a maturação dos colmos.

Figura 1 - Estádios fenológicos da cana-de-açúcar

Fonte: Gascho e Shih (1983)

2.3.1 Brotação

Para que ocorra a brotação das gemas da cana-de-açúcar, deve haver umidade no solo e temperatura ótima, variando entre 32 e 38°C (BARBIERI; VILLA NOVA, 1977), além da incidência da luz. Nessas condições iniciam-se as atividades meristemáticas nos primórdios radiculares e nos poros germinativos, resultando na formação de raízes e emissão do broto (SEGATO et al., 2006). De acordo com Aude (1993) e Beauclair e Scarpari (2006) há o intumescimento das gemas, as quais são constituídas de células e tecidos em estado de latência com grande capacidade de diferenciação, e dos primórdios radiculares dos propágulos. Assim, o broto rompe as folhas lignificadas da gema, sai pelo poro germinativo e desenvolve-se, ao mesmo tempo em que são formadas as raízes de fixação do propágulo. Todo este processo fisiológico demanda consumo de energia, a qual é gerada pela degradação dos compostos presentes nos propágulos (carboidratos, lipídios e proteínas) pelo processo de respiração (SEGATO et al., 2006).

O período da brotação em regiões subtropicais varia de 3 a 5 semanas, conforme descrito por Aude (1993). Este período é função do estado nutricional do propágulo, da posição da gema no colmo de origem e no sulco de plantio, da dominância apical, da incidência de pragas e doenças bem como de fatores

climáticos. Diola e Santos (2010) relatam que durante o período de brotação há aumento da atividade respiratória e inicia-se o transporte ativo de substâncias para os pontos de crescimento. Para esses autores, solos com boas condições de estruturação (aeração) asseguram 60% de brotação, o que é considerado satisfatório para o cultivo de cana-de-açúcar.

Van Dillewijn (1952) define que a brotação das gemas da cana-de-açúcar depende de fatores endógenos e exógenos. Esta etapa do desenvolvimento da cultura tem grande importância uma vez que determinará a população de plantas (PLANA et al., 1987) e, juntamente com outros fatores, a produtividade agrícola.

Devido à grande importância da brotação diversos estudos são realizados avaliando-se propágulos. Estes têm como objetivo de verificar a influência destas estruturas quanto ao tipo (número de gemas contidas e comprimento), posição de origem no colmo e uso de estimulantes para aumentar a brotação.

Van Dillewijn (1952) comprovou a influência do tamanho dos propágulos na brotação das gemas em plantios realizados sob condições adversas. Propágulos de maior comprimento, com quatro a seis gemas, apresentaram maior brotação do que os menores. Em contrapartida, em condições adequadas de umidade do solo, os propágulos contendo uma, duas ou três gemas, não diferiram significativamente quanto à germinação (FRAZÃO et al., 1977). Lee (1984) comparou dois tipos de propágulos plantados na estação experimental do PLANALSUCAR, em Araras, no mês de setembro (cana de ano). Um continha três gemas, seccionados dentro do sulco, e o outro, cana inteira submetida ou não ao desponte. O autor verificou que canas oriundas de propágulos de canas inteiras tiveram brotação e desenvolvimento iguais ou melhores quando comparadas às provenientes de propágulos com três gemas; as produtividades agrícolas não diferiram entre si. Já Quintela (1996), que avaliou o resultado do plantio convencional (com utilização de propágulos de três gemas) comparado ao uso de mudas de canas inteiras (com ou sem desponte), concluiu que a melhor brotação e velocidade de emergência ocorreram com o plantio convencional.

Camargo (1976) e Frazão et al. (1977) verificaram que a melhor brotação das gemas dos colmos de cana-de-açúcar ocorre no sentido do ápice para a base, ou seja, gemas mais novas apresentam maior velocidade de brotação. A maior brotação de gemas posicionadas em partes apicais dos colmos de cana-de-açúcar, consoante Camargo (1976), Simões Neto (1986) e Aude (1993), é função do seu

conteúdo de água, nitrogênio e glicose. As gemas basais, por sua vez, possuem maiores teores de sacarose; para que haja a brotação este açúcar deve ser transformado em glicose, o que demanda tempo e, dessa forma, o percentual de brotação é menor dentro de mesmo período.

Cristofolletti Junior (2012) verificou que a posição dos propágulos no colmo de origem resulta em diferenças na brotação da cana-de-açúcar. Constatou ainda, em cinco variedades de cana-de-açúcar, que plantas originadas de propágulos apicais brotaram mais do que aquelas provenientes de regiões centrais e basais.

2.3.2 Perfilhamento

Entre 20 e 30 dias após a brotação das gemas e a formação dos colmos primários, ocorre o intumescimento de suas gemas basais e aparecimento de novas brotações, com a formação dos colmos secundários. Nestes, o processo fisiológico pode se repetir e originar os colmos terciários. Assim acontece até a formação de colmos de quarta e quinta geração. Concomitantemente ao desenvolvimento de novos colmos, formam-se novas raízes e quando da existência dos colmos primários e secundários e seus respectivos sistemas radiculares a planta torna-se independente das reservas presentes nos propágulos (SEGATO et al., 2006). Este conjunto de processos fisiológicos e morfológicos denomina-se perfilhamento e acontece até os 120 dias após o plantio. A estabilização do número de perfilhos emitidos, os quais formam a população de plantas do canavial ocorre entre 150 e 180 DAP (DIOLA; SANTOS, 2010).

De acordo com Aude (1993), o perfilhamento da cana-de-açúcar é determinado por fatores climáticos, tipo de adubação, cultivares e práticas culturais adotadas.

Dentre os fatores climáticos que interferem na capacidade de perfilhar destaca-se a radiação solar, que, em intensidade adequada, diminui o transporte de auxina do ápice para a base da planta quebrando a inibição das gemas. Além disso, quanto maior for a intensidade de radiação maior poderá ser o número de perfilhos da planta (MALAVOLTA; HAAG, 1964 apud AUDE, 1993). De acordo com Diola e Santos (2010), a luz que incide na base colmos primários, originários da brotação das gemas, ativa as gemas vegetativas basais, iniciando assim o processo de emissão de novos perfilhos pelo desenvolvimento dessas gemas.

A temperatura, que está associada à radiação solar, também é outro fator climático que regula a emissão de perfilhos. Temperaturas próximas a 30°C são consideradas ótimas para que ocorra o perfilhamento, enquanto valores inferiores a 20°C o retardam (DIOLA; SANTOS, 2010).

As cultivares produzem perfilhos de maneiras diferentes em número e disposição, sendo esta uma importante característica que as diferencia (ARANHA; YAHN, 1977).

A adubação nitrogenada de canaviais destinados à produção de propágulos deve ser realizada, uma vez que o nitrogênio favorece o perfilhamento da cana-de-açúcar. Segundo Santos (1977), apud por Aude (1993), quando se realiza a adubação da cana-de-açúcar com 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, o número de perfilhos por metro resultante do plantio destes propágulos é maior do que o dobro dos perfilhos existentes em canavial em que não foi feita tal adubação.

Outras práticas culturais também podem interferir na quantidade de perfilhos produzida, tais como: quantidade de solo utilizada na cobertura dos propágulos e espaçamento entre linhas de plantio (AUDE, 1993).

Cristofolletti Junior (2012) constatou que a origem do propágulo no colmo da cana-de-açúcar, ou seja, propágulos de posição apical, central e basal, utilizados no plantio resultam em diferentes canaviais quanto ao perfilhamento, altura e diâmetro de plantas.

2.3.3 Crescimento de colmos

O desenvolvimento da cana-de-açúcar pode ser medido pelo crescimento da parte aérea da planta (altura e diâmetro de colmos). É influenciado por fatores bióticos (competição com plantas daninhas, ataque de fungos, pragas de solo e aéreas, nematóides, variedades) e abióticos (clima, fertilidade do solo, época de plantio) (DIOLA; SANTOS, 2010). Machado et al. (1982) relatam que a produção final da planta é função de sua interação com o ambiente. Sugerem ainda que o desenvolvimento das mesmas pode ser medido por índices biométricos (acúmulo de matéria seca e índice de área foliar), porém a produção agrícola e o acúmulo e transporte de açúcares não podem ser somente analisados pela geração de fitomassa. Afirmam que este acúmulo de massa seca pode ser caracterizado por três fases: inicial, em que o crescimento é lento e compreende o período desde o

plantio até os 200 DAP; a fase de crescimento rápido, na qual a planta produz 75% de sua massa seca e acontece entre os 200 e 400 DAP; e a fase final de crescimento, entre os 400 e 500 DAP, que corresponde a 11% de acúmulo de fitomassa.

A altura das plantas e o diâmetro dos colmos são duas variáveis biométricas que, juntamente com o número colmos por metro, indicam o desenvolvimento da planta (LANDELL; SILVA, 1995). Este crescimento de colmos é iniciado aos 120 DAP e perdura até os 270 DAP. Oliveira et al. (2014), avaliando a altura das plantas, o diâmetro dos colmos, o número de perfilhos por metro e a produtividade agrícola de cinco cultivares de cana-de-açúcar de quinto corte, com 11 meses de idade, apresentaram altura e produtividade ($t\ ha^{-1}$) diferentes. Os autores concluíram ainda que os valores obtidos com diâmetro do colmo e altura das plantas tiveram correlação com a produtividade agrícola estimada.

2.3.4 Maturação de colmos

A fase de maturação de colmos da cana-de-açúcar ocorre dos 270 até os 360 DAP em cultivos de 12 meses. Nesta fase, alterações morfológicas acontecem nas plantas, os colmos ficam com coloração característica da cultivar e as folhas amarelecem e caem. A síntese e o acúmulo de açúcares ocorrem no sentido da base para o ápice e este processo fisiológico se faz de entrenó por entrenó (AUDE, 1993; DIOLA; SANTOS, 2010). Concomitantemente há redução de crescimento vegetativo da planta. Nesta etapa os açúcares produzidos, frutose e glicose (ambos monossacarídeos), são transformados em sacarose (dissacarídeo).

2.4 Hormônios vegetais e biorreguladores

Hormônios vegetais são substâncias orgânicas produzidas pelas plantas, em um tecido, e transportadas para agir em outro, onde provocam respostas fisiológicas específicas. Sua presença nos tecidos vegetais, em baixas concentrações, pode induzir, inibir ou modificar o crescimento. São divididos em: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e brassinoesteróides (TAIZ; ZEIGER, 2002).

Biorreguladores são substâncias sintéticas, orgânicas não nutrientes, que, assim como os hormônios vegetais, quando aplicadas em baixas concentrações nas

plantas causam alterações em seus processos fisiológicos e morfológicos (CASTRO et al., 2006).

2.4.1 Auxinas

Constituem hormônios vegetais produzidos principalmente em regiões apicais, tais como folhas jovens, frutos, flores, extremidades do caule e embriões. Quando transportadas para outros locais da planta participam de seu crescimento e diferenciação. A auxina produzida nas plantas corresponde ao ácido indolacético (AIA) (CENTELLAS et al., 1999).

A ação da auxina nas plantas resulta em um alongamento celular pelo aumento da elasticidade de sua parede e pressão de turgor positiva (CASTRO et al., 1975). As principais funções deste hormônio vegetal são: promover o crescimento do caule, raízes e folhas, bem como a iniciação da atividade cambial de plantas lenhosas (TAIZ; ZEIGER, 2002).

A auxina é responsável por promover a dominância apical. Sua contínua síntese na região apical regula a produção de enzimas específicas que degradam polissacarídeos da parede celular dos colmos. Tal degradação resulta na formação de oligossacarídeos que inibem o desenvolvimento das gemas laterais dos colmos de cana-de-açúcar (CASTRO, 2000).

2.4.2 Giberelinas

De acordo com Weaver (1972 apud CASTRO et al., 1975), as giberelinas estão relacionadas com a síntese de RNA mensageiro diretamente do DNA do núcleo podendo exercer controle na elongação celular e outras atividades de crescimento e desenvolvimento de plantas.

Esses hormônios vegetais são sintetizados nas folhas jovens das plantas e são denominados de ácido giberélico. Têm como função o alongamento de caules intactos, não atuando em pontos de crescimento como as auxinas. (SALISBURY; ROSS, 1992).

2.4.3 Citocininas

São compostos orgânicos que promovem a divisão celular em tecidos vasculares (TAIZ; ZEIGER, 2002). Além dessa função fundamental para o desenvolvimento de plantas as citocininas participam de outros processos fisiológicos como: senescência foliar, a mobilização de nutrientes, a dominância apical, a formação e a atividade dos meristemas apicais, o desenvolvimento floral, a germinação de sementes e a quebra de dormência de gemas (DOURADO NETO et al., 2004). Taiz e Zeiger (2004) citam que as citocininas estão inseridas nos processos de desenvolvimento de plantas regulados pela luz (diferenciação de cloroplastos, desenvolvimento do metabolismo autrófico e expansão de folhas e cotilédones).

2.5 Produção de mudas de cana-de-açúcar

A busca por altos rendimentos (produtividades) agrícola de cana-de-açúcar inicia-se com a realização de satisfatório plantio, sendo este totalmente mecanizado (desde a colheita da muda até a cobertura dos propágulos) ou semi-mecanizado (mesclando utilização de mão-de-obra humana e máquinas agrícolas). Para isso faz-se necessário que todas as etapas envolvidas no processo de plantio (produção, corte, distribuição e tratamento de mudas, adubação de implantação, controle de pragas, plantas daninhas e doenças, entre outros) sejam realizadas com excelência para que as falhas sejam minimizadas.

A produção de mudas de cana-de-açúcar para posterior expansão e formação de canaviais em produção é realizada, atualmente, de três diferentes principais formas: em viveiros comerciais, em viveiros primários e mudas pré-brotadas (MPB). Novas alternativas de produção de mudas são alvos de pesquisas atuais.

Os viveiros primários são aqueles provenientes mudas que foram submetidas ao tratamento térmico. Esse tratamento dos propágulos que originarão os viveiros primários garante sanidade do futuro material a ser propagado.

A formação de viveiros comerciais de cana-de-açúcar consiste na produção de plantas, as quais fornecerão os propágulos. Estes viveiros são distribuídos em áreas comerciais, não sendo específicas para produção de mudas, das usinas e destilarias de cana-de-açúcar e serão utilizados após oito meses de plantio. São utilizados

como viveiros comerciais canaviais de primeiro e segundo corte, livre de ataque de pragas e doenças, que apresentam colmos e gemas sadias.

Outra forma de produção de mudas é a denominada de pré-brotadas (MPB). Consiste em sistema de formação de viveiros mais rápida, garantindo alto padrão de fitossanidade, vigor e uniformidade de plantio. Sua origem é de viveiros primários os quais são isentos de doenças, mistura varietal e as gemas devem ter entre 6 e 10 meses de idade (LANDELL et al., 2012).

A MPB é formada pela brotação das gemas existentes nos minirebolos (propágulos contendo uma gema). Após formação dos propágulos contendo uma gema a partir dos colmos, estes recebem tratamento com fungicidas e são acondicionados em caixas de brotação e são mantidos em casa de vegetação, onde a temperatura e água de irrigação são controladas (32°C e 8 mm/dia, respectivamente) para acelerar o tempo de brotação. Após a brotação das gemas, nessas condições, entre 7 e 10 dias separam-se os propágulos; os que não brotaram são descartados e os brotados são transferidos para tubetes. Esta nova etapa é dividida em duas fases, um e dois. A fase um, que tem duração de 21 dias, é caracterizada pela progressiva exposição das mudas à luz, controle de irrigação em função do desenvolvimento vegetativo e poda das folhas, estimulando o desenvolvimento radicular. Já a fase dois acontece durante período aproximado de 60 dias e consiste na exposição das mudas às condições de campo, (exposição total ao sol e condições climáticas), porém com irrigação diária de 4,4mm por dia (LANDELL et al., 2012).

2.6 Produção e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

A produtividade agrícola da cana-de-açúcar é influenciada por fatores bióticos e abióticos (XAVIER et al., 2014). Canaviais com altas produtividades agrícolas estão intimamente relacionados com boas práticas executadas durante o plantio. Dentre essas devem ser observadas as escolha da área e variedade a ser plantada, qualidade e tipo de propágulo (sanidade, idade, comprimento, número de gemas), preparo do solo, época de plantio, profundidade de sulcação, distribuição das gemas nos sulcos e quantidade de solo na cobertura dos propágulos (LEE, 1984; CARLIN et al., 2004). Além disso, segundo Quintela et al. (1997), pelo fato da propagação da cana-de-açúcar ser realizada vegetativamente, os conhecimentos técnicos

referentes à brotação inicial e seus fatores de influência devem ser aplicados para evitar a ocorrência de falhas após o plantio que, caso aconteçam, são responsáveis por baixas produtividades e redução da longevidade do canavial.

Peixoto et al. (1988) afirmam que a densidade de plantio (número de plantas por metro) e o espaçamento de plantio são considerados fatores que geram aumentos de produtividade agrícola.

A utilização de tecnologias agrícolas que resultam na melhor implantação da cultura, tais como: fertilizantes foliares, condicionadores de solo, resíduos industriais, bioestimulantes ou biorreguladores, devem ser adotados, em cana planta ou cana soca, para que sejam alcançados maiores valores de produtividade e qualidade tecnológica (SILVA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013).

Por outro lado a alta produção de fitomassa de cana-de-açúcar aliada ao hábito de crescimento de seus colmos pode ocasionar o tombamento dos mesmos. Com isso pode haver a brotação das gemas presentes nestes colmos, surgindo assim os chamados brotões. Sua presença é outro fator que interfere tanto na produtividade agrícola quanto na maturação da cultura (CARLIN et al., 2008).

A maturação de colmos da cana-de-açúcar é obtida pelo acúmulo de sacarose como carboidrato de reserva no interior das células constituintes do tecido parenquimatoso dos colmos (MARQUES et al., 2001). Esta maturação é dependente de condições climáticas do ano agrícola, ou seja, a alteração do processo fisiológico de crescimento para acúmulo e maturação de sacarose é coordenada pelas deficiências hídricas e térmicas (MARQUES et al., 2001; LEITE et al., 2011). Ainda segundo Marques et al. (2001) as variedades comerciais de cana-de-açúcar são diferenciadas quanto seu teor de açúcar (sendo ricas, médias e pobres) e época de corte (precoces, médias e tardias).

Técnicas agrônômicas de manejo influenciam diretamente na qualidade da matéria prima entregue nas unidades de processamento industrial. Dentre estas práticas estão: determinação da variedade e seu local de plantio, interação de variedade sua época de colheita, qualidade de colheita (quantidade de impurezas minerais e vegetais), idade do canavial e utilização de maturadores. A aplicação destes, definidos como reguladores vegetais que alteram a morfologia e fisiologia vegetal, possibilitam ganhos de qualidade tecnológica (maturação) além de permitir a antecipação de colheita da cana-de-açúcar, sem que ocorram alterações no

número e massa de colmos colhidos por hectare bem como na rebrota da cultura (CAPUTO et al., 2008; LEITE et al., 2011).

2.7 Uso de biorreguladores em cana-de-açúcar

Na formação de um canavial objetiva-se a uniformidade da população de plantas e suas características (número de colmos industrializáveis por metro, altura e diâmetro dos colmos). Práticas agrícolas são realizadas com o intuito de tornar o ambiente de produção da cultura adequado para que ela expresse todo seu potencial produtivo.

O uso de biorreguladores na cultura da cana-de-açúcar é estudado para estimular a brotação, o enraizamento e o desenvolvimento inicial da cultura e, dessa forma, possibilitar maior produção e produtividade agrícola.

Castro et al. (1975) avaliaram o efeito de diferentes concentrações de giberelina, ácido indolacético e cinetina na brotação e enraizamento de propágulos contendo uma gema e aproximadamente dez centímetros de comprimento. A imersão por uma hora dos propágulos em solução de cinetina na concentração de 300 mg L^{-1} e de ácido indolacético em duas concentrações (100 e 250 mg L^{-1}) favoreceu o percentual de brotação, enquanto o uso da giberelina foi deletério. Diferentes respostas na emergência e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar foram verificadas por Verri et al. (1983) para o tratamento de propágulos em que foram utilizados os biorreguladores ácido indolacético (AIA), ácido naftalenacético (NAA) e ácido indol butírico (IBA). O uso de IBA na concentração de 10 mg L^{-1} melhorou a emergência e a formação de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar.

Castro et al. (1983) observaram que aplicações de ácido giberélico, nas concentrações de 29 , 48 e 72 mg L^{-1} , resultaram em crescimento do colmo de cana-de-açúcar da cultivar CB 51-22, sendo que esta última dose proporcionou maiores valores de altura de plantas.

Lee et al. (1984) estudaram o efeito de biorreguladores em diversos estádios da cultura da cana-de-açúcar em Sertãozinho (SP). Observaram melhor germinação e maior altura de cana-de-açúcar aos 55 DAP nos propágulos tratados com ácido indolacético na concentração de 250 mg L^{-1} . Concluíram também que o Ethrel (ethephon), quando aplicado em cana-de-açúcar que terão seus colmos utilizados como propágulos de 20 a 30 dias antes da colheita, promovem maior brotação das

gemas. Os autores mostraram ainda que a aplicação de etephon em canaviais com dois meses de idade, ou seja, 60 DAP resultou em maior perfilhamento da cultura; a aplicação de 105 g ha^{-1} de ácido giberélico, dividida em três pulverizações, acarretou maior produtividade agrícola (t ha^{-1}).

Biorreguladores associados ou não a fertilizantes líquidos têm sido aplicados em canaviais em formação e também em soqueiras visando o incremento de produtividade agrícola. Silva et al. (2010) verificaram que, tanto a pulverização de Stimulate® aos 70 dias após a quarta colheita da cana-de-açúcar quanto sua associação com Starter®, bem como o etephon, ocasionaram aumento de produtividade agrícola quando comparados a canaviais sem aplicação. Os autores não comprovaram a influência da aplicação desses biorreguladores na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (medida pela polarização e açúcar redutor total).

Oliveira et al. (2013) não notaram ganhos significativos na quantidade de perfilhos por metro, produtividade agrícola (t ha^{-1}) e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar quando realizado o tratamento de propágulos com Stimulate® associado a fertilizante líquido na ocasião do plantio em Chapadão do Céu (GO). Porém, Mendes (2010) pulverizando o mesmo produto sobre os propágulos de igual tipo não observou semelhante aumento em altura desde os 30 aos 90 dias após a aplicação, bem como engrossamento de colmos.

A viabilidade do uso de biorreguladores no plantio de cana-de-açúcar pelo aumento de produtividade agrícola e incrementos de açúcares é questionada por Tavares et al. (2014). Os autores registraram que o uso de torta de filtro, na dose de 25 t ha^{-1} , isolado ou associado a Stimulate®, na dosagem de $0,5 \text{ l ha}^{-1}$, não diferiu em produtividade agrícola (t ha^{-1}).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado no sítio Santo Antônio, pertencente à Usina São Domingos Açúcar e Álcool S/A, localizado no município de Tabapuã – SP. As coordenadas geográficas da referida fazenda são latitude $20^{\circ}53'51.59''$ S e longitude $48^{\circ}58'00.51''$ W (Figura 2). O clima é tropical quente úmido, tipo Aw, seco no inverno segundo método de classificação de Köppen.

Figura 2 - Localização da área experimental

Coletaram-se amostras de solo em duas profundidades (0 a 20 e 20 a 40 centímetros), com trado do tipo holandês, e as mesmas foram submetidas às análises químicas e físicas (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Resultado de análise química de solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 centímetros

Profundidade da amostra	M.O. ⁽¹⁾	pH ⁽²⁾	H + Al ⁽³⁾	P ⁽⁴⁾	K ⁽⁵⁾	Ca ⁽⁶⁾	Mg ⁽⁷⁾	Al ⁽⁸⁾
(centímetros)	(g*dm ⁻³)	(CaCl ₂)	(mmol _c *dm ⁻³)	(mg*dm ⁻³)		(mmol _c *dm ⁻³)		
0 - 20	9,0	4,9	28,0	18,0	3,8	19,0	9,0	1,0
20 - 40	8,0	4,4	42,0	10,0	2,6	17,0	8,0	6,0

Profundidade da amostra	S ⁽⁹⁾	SB ⁽¹⁰⁾	CTC ⁽¹¹⁾	V ⁽¹²⁾	m ⁽¹³⁾
centímetros	(mg*dm ⁻³)	(mmol _c *dm ⁻³)		(%)	
0 - 20	13,0	31,8	59,8	53,2	3,0
20 - 40	56,0	27,6	69,6	39,7	17,9

⁽¹⁾ Matéria orgânica

⁽²⁾ Potencial hidrogeniônico

⁽³⁾ Acidez potencial

⁽⁴⁾ Fósforo

⁽⁵⁾ Potássio

⁽⁶⁾ Cálcio

⁽⁷⁾ Magnésio

⁽⁸⁾ Alumínio

⁽⁹⁾ Enxofre

⁽¹⁰⁾ Soma de bases

⁽¹¹⁾ Capacidade de troca catiônica

⁽¹²⁾ Saturação por bases

⁽¹³⁾ Saturação por alumínio.

Tabela 4 - Resultados da análise física do solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 centímetros

Profundidade	Granulometria		
centímetros	Argila (%)	Silte (%)	Areia total (%)
0 - 20	17,7	9,5	72,8
20 - 40	23,3	10,0	66,7

3.2 Instalação do experimento

3.2.1 Preparo do solo, abertura de sulcos e adubação de plantio

Para a implantação do experimento procedeu-se à sistematização do terreno. As operações agrícolas realizadas no preparo de solo foram: construção de terraços do tipo embutido, os quais possibilitam a total mecanização das atividades desde o plantio até à colheita; correção do solo pela aplicação de calcário e gesso com subsequente aração para incorporação dos mesmos no perfil do solo (entre 40 e 45 centímetros de profundidade), duas gradagens, sendo a primeira intermediária e a segunda de nivelamento, deixando-o apto ao plantio de cana-de-açúcar.

Depois de realizadas as gradagens procederam-se as aberturas dos sulcos de plantio, do tipo “V” com 30 centímetros de profundidade (Figura 3), e com a adubação de plantio.

Figura 3 - Sulcos de plantio

A adubação mineral realizada foi de 50 kg/ha de nitrogênio (N), 150 kg/ha de fósforo (P_2O_5) e 100 kg/ha de potássio (K_2O).

3.2.2 Variedade plantada

Os propágulos de cana-de-açúcar utilizados no plantio do experimento foram da variedade RB 83 – 5054. Ela possui as seguintes características agrônômicas

(REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUCROALCOOLEIRO – RIDESA, 2010):

- Alta produtividade agrícola;
- Período útil de industrialização: longo, com colheita entre maio e novembro;
- Boa brotação de soqueira;
- Perfilhamento médio;
- Tombamento eventual;
- Florescimento ausente;
- Chochamento ausente;
- Média a alta exigência em ambiente;
- Alto teor de sacarose;
- Teor de fibra médio;
- Resistente às doenças: carvão, ferrugem, escaldadura, mosaico, estria vermelha e intermediária à falsa estria vermelha.

3.2.3 Plantio do experimento

Para o plantio do experimento realizou-se o preparo dos propágulos, também denominados de toletes, ou seja, após o corte das plantas executou-se seu desponte e limpeza pela retirada da palha dos colmos (Figura 4).

Figura 4 - Colmos de cana-de-açúcar utilizados para obtenção dos diferentes propágulos

Posteriormente os colmos de cana-de-açúcar foram cortados e classificados quanto à sua posição de origem (apical, central e basal) e tipo (duas, três e quatro gemas) (Figura 5).

Figura 5 - Propágulos utilizados no experimento após a classificação e separação por posição e tipo. **A.** Propágulos da posição apical do colmo contendo duas gemas; **B.** Propágulos originados da posição apical do colmo com três gemas; **C.** Propágulo apical com quatro gemas; **D.** Propágulo da posição central com duas gemas; **E.** Propágulos de origem central contendo três gemas; **F.** Propágulos da posição central com quatro gemas. **G.** Propágulos da base do colmo com duas gemas; **H.** Propágulos basais contendo três gemas; **I.** Propágulos com quatro gemas de origem basal

Após a formação, classificação e separação dos propágulos os mesmos foram distribuídos nos sulcos de plantio, de tal forma que apresentassem o mesmo número de gemas por metro de sulco. Assim, após a distribuição, a média de gemas por metro de sulco foi de 17,0, 16,5 e 18,0 respectivamente para os propágulos com duas, três e quatro gemas (Figura 6).

Figura 6 - Propágulos distribuídos no sulco de plantio

Depois da distribuição dos propágulos nos sulcos de plantio realizou-se a aplicação do inseticida, de ingrediente ativo fipronil, e do Stimulate® com pulverizadores costal pressurizado. O produto utilizado é fonte de biorreguladores e foi aplicado sobre os propágulos na dose de 0,5 litro por hectare. O Stimulate® é composto por ácido indolbutírico e ácido giberélico na concentração de 0,005% e também de cinetina a 0,009%. Após esta aplicação cobriram-se os propágulos com aproximadamente cinco centímetros de solo. O plantio foi realizado no dia 30/01//2013.

3.3 Tratamentos

3.3.1 Descrição dos tratamentos

Foram implantados 18 tratamentos (T):

T1 – propágulos com duas gemas da posição basal do colmo de origem sem aplicação de Stimulate®;

T2 – propágulos com duas gemas da posição basal submetido à aplicação de Stimulate®;

T3 – propágulos com duas gemas da posição central do colmo de origem sem aplicação de Stimulate®;

T4 – propágulos com duas gemas da posição central do colmo com aplicação de Stimulate®;

T5 – propágulos contendo duas gemas da posição apical do colmo de origem sem a aplicação de Stimulate®;

T6 – propágulos contendo duas gemas da posição apical do colmo de origem com aplicação de Stimulate®;

T7 – propágulos com três gemas originadas na posição basal do colmo sem aplicação de Stimulate®;

T8 – propágulos com três gemas da posição basal do colmo de origem com aplicação de Stimulate®;

T9 – propágulos com três gemas originadas na posição central do colmo sem aplicação de Stimulate®;

T10 – propágulos com três gemas originadas na posição central do colmo com aplicação de Stimulate®;

T11 - propágulos com três gemas de origem apical no colmo sem aplicação de Stimulate®;

T12 - propágulos com três gemas originadas na posição apical do colmo com aplicação de Stimulate®;

T13 – propágulos com quatro gemas originadas na posição basal do colmo sem aplicação de Stimulate®;

T14 – propágulos de quatro gemas originadas na posição basal do colmo com aplicação de Stimulate®;

T15 – propágulos contendo quatro gemas originadas na posição central do colmo sem aplicação de Stimulate®;

T16 – propágulos de quatro gemas da posição central do colmo de origem com aplicação de Stimulate®;

T17 – propágulos de quatro gemas de origem apical no colmo sem aplicação de Stimulate®;

T18 – propágulos de quatro gemas originadas da posição apical do colmo com aplicação de Stimulate®.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi do tipo fatorial (três tipos de propágulos quanto seu número de gemas, três posições de origem no colmo, com e sem aplicação de Stimulate®) com 18 tratamentos e três repetições em blocos casualizados.

Cada parcela foi representada por três sulcos de dois metros de comprimento, espaçadas em 1,5 metros, sendo a área útil de 9,0 m².

Todas as variáveis agronômicas avaliadas no experimento foram analisadas estatisticamente. Verificou-se a homogeneidade da variância dos dados e quando necessário os mesmos foram transformados, possibilitando posterior submissão ao teste comparativo de médias. Para essa análise foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O programa computacional em que foram realizadas as análises estatísticas foi o Statistycal Analysis System (SAS) versão 9.3.

3.5 Variáveis

3.5.1 Brotação

O número de brotos da cana-de-açúcar foi determinado aos 16 e 34 dias após o plantio (DAP) mediante a contagem. Como o número de gemas plantadas diferiu entre tratamentos calculou-se o percentual de brotação conforme fórmula abaixo, permitindo a comparação desta variável agronômica.

$$\% \text{ de brotação} = \text{total de brotos} / \text{número de gemas plantadas} * 100 \quad (1)$$

3.5.2 Perfilhamento

O número de perfilhos foi determinado pela contagem dos mesmos em cada parcela aos 51, 63, 124, 161, 188 DAP. A análise estatística para verificar a influência dos tipos e posição do propágulo bem como o efeito do produto comercial nesta característica foi realizada com os dados referentes aos 188 DAP.

3.5.3 Altura de plantas

Determinada pela distância entre o nível do solo e a bainha da folha +1 com régua milimetrada. As avaliações foram executadas aos 51, 63, 124, 161 e 188 DAP e, assim como para o perfilhamento, utilizaram-se os valores de altura referente a 188 DAP nas análises estatísticas.

3.5.4 Diâmetro de colmos

Foi medido na distância média entre o nível do solo e a bainha da folha +1 da planta aos 51, 63, 90, 124, 161 e 188 DAP. Para esta avaliação utilizou-se paquímetro e régua milimetrada. As análises estatísticas foram realizadas com os valores de diâmetro de colmos aos 188 DAP.

3.5.5 Rendimento ou produtividade agrícola

Aos 436 DAP realizou-se a colheita de todas as parcelas do experimento. A cana foi cortada, retirada a palha manualmente e agrupada em feixes. Procedeu-se, posteriormente, à pesagem de todos os feixes e determinou-se a produção (massa) de colmos por parcela. A produtividade agrícola foi calculada conforme fórmula:

$$\text{Produtividade agrícola (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{massa de colmos} * 10.000) / (9 * 1.000) \quad (2)$$

Onde:

Massa de colmos: em quilograma;

10.000: representação de um hectare em metros quadrados (m²);

9: área útil da parcela em m²;

1.000: transformação de quilogramas em tonelada.

Depois da pesagem da produção de colmos enviou-se a matéria prima ao laboratório industrial da Usina São Domingos A. A. S/A para determinação dos teores de açúcar total recuperável (ATR). O procedimento utilizado foi proposto pelo método Consecana (2006).

Para quantificar o açúcar produzido por área procedeu-se ao cálculo do valor de toneladas de ATR por hectare (TAH) segundo fórmula descrita abaixo:

$$\text{TAH} = (\text{ATR da cana} * \text{Produtividade agrícola}) / 1.000 \quad (3)$$

Onde:

TAH: toneladas de açúcar total recuperável por hectare (t ha⁻¹);

ATR: Açúcar total recuperável (quilograma por tonelada de cana – kg t⁻¹);

Produtividade agrícola: tonelada por hectare (t ha⁻¹);

1.000: transformação de quilograma para tonelada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Brotação

Constatou-se que a posição de origem do propágulo no colmo influenciou na brotação da cana-de-açúcar (Tabela 5).

Tabela 5 - Brotação de cana-de-açúcar (em porcentagem - %) em função de diferentes posições de origem dos propágulos no colmo aos 16 e 34 DAP. Tabapuã - SP

DAP ⁽¹⁾	Posição do propágulo no colmo	Brotação (%) ⁽²⁾
16	Apical	21,686 a
	Central	6,255 b
	Basal	1,016 c
34	Apical	66,198 a
	Central	57,796 a
	Basal	42,105 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Aos 16 dias após o plantio os propágulos oriundos da parte apical dos colmos de cana-de-açúcar apresentaram maior brotação quando comparados aos originados na parte central e basal, os quais também diferiram entre si. No final do período de brotação os propágulos provenientes da parte apical e central não diferiram entre si e apresentaram maior brotação das gemas em relação às de origem basais. Comportamento similar da brotação de gemas por posição de origem dos propágulos, na variedade RB 85–5156, foi obtido por Carlin et al. (2004) e estes atribuíram esta melhor brotação à idade das gemas; sendo as contidas nas posições apical e central mais novas e vigorosas.

Segundo Aude (1993) a melhor brotação de gemas posicionadas em partes apicais dos colmos de cana-de-açúcar ocorre em função de seu maior conteúdo de água, nitrogênio e glicose em detrimento de sacarose e sais minerais. As gemas

basais por sua vez possuem maiores teores de sacarose e sais minerais, e para que haja a brotação das gemas este açúcar deve ser transformado em glicose demandando tempo e, dessa forma, sua brotação é menor dentro de mesmo período. Outro fator determinante para a maior brotação de gemas apicais e centrais é a menor concentração de hormônios inibidores da brotação nesses propágulos e a dominância apical existente entre elas, ou seja, a gema mais nova brotará mais rapidamente quando comparada às gemas mais velhas podendo até inibir sua brotação (BEAULAIR; SCARPARI, 2006).

A auxina produzida nos ápices da planta é transportada no sentido de seu ápice para a base (AUDE, 1993). Nesses locais intensifica-se a formação de oligossacarídeos, pela degradação dos polissacarídeos, que inibem a brotação das gemas localizadas abaixo da posição apical dos colmos (CASTRO, 2000).

Resultado semelhante na brotação da cana-de-açúcar foi obtido por Cristofolletti Junior (2012) em cinco variedades do programa de melhoramento genético do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). O autor concluiu que gemas da posição apical apresentaram maior brotação quando comparadas às centrais e basais desde os 7 até os 42 DAP. Camargo (1976) verificou também que a melhor brotação das gemas dos colmos de cana-de-açúcar ocorre no sentido do ápice para a base.

Constatou-se que os propágulos diferiram inicialmente na brotação dependendo do número de gemas que os mesmos continham. Essa diferença não mais ocorreu no final do período de brotação (Tabela 6).

Tabela 6 - Brotação de cana-de-açúcar (em %) em diferentes tipos de propágulos aos 16 e 34 DAP.

Tabapuã – SP

(continua)

DAP ⁽¹⁾	Tipos de propágulos	Brotação (%) ⁽²⁾
16	4 gemas	6,276 c
	3 gemas	10,045 b
	2 gemas	12,636 a

Tabela 6 - Brotação de cana-de-açúcar (em %) em diferentes tipos de propágulos aos 16 e 34 DAP.
Tabapuã – SP

(conclusão)

DAP ⁽¹⁾	Tipos de propágulos	Brotação (%) ⁽²⁾
34	4 gemas	57,150 a
	3 gemas	56,117 a
	2 gemas	52,832 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Possivelmente as condições ambientais favoráveis durante o plantio dos propágulos (temperatura, incidência luminosa e umidade do solo) favoreceram a brotação das gemas independentemente do seu número nos propágulos.

A maior brotação inicial de propágulos com duas gemas, provavelmente, ocorreu pela quebra da dominância apical. Isso também foi verificado por Quintela (1996) que obteve maiores resultados de brotação e velocidade de emergência de cana-de-açúcar em plantio de propágulos contendo três gemas quando comparado ao uso de canas inteiras, justificando a necessidade de fracionamento dos propágulos para homogeneizar a brotação das gemas evitando falhas e possíveis reduções de produtividade agrícola. Em contrapartida, Lee (1984) realizou plantio de cana-de-açúcar no mês de setembro e verificou que nesta época a brotação e o desenvolvimento da cultura originária de propágulos inteiros foi igual ou maior em comparação àquelas contendo três gemas (propágulos divididos).

Independentemente da posição de origem dos toletes utilizados no plantio o uso do Stimulate® não favoreceu a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 7).

Tabela 7 - Porcentual de brotação de propágulos de cana-de-açúcar com e sem aplicação de Stimulate® aos 16 e 34 DAP. Tabapuã – SP

DAP ⁽¹⁾	Aplicação de Stimulate®	Brotação (%) ⁽²⁾
16	SEM	8,942 a
	COM	10,362 a
34	SEM	55,852 a
	COM	54,881 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

A aplicação exógena do Stimulate® não influenciou na brotação uma vez que, neste período de plantio, as condições de umidade, temperatura de solo e luminosidade são ideais para este fenômeno aconteça satisfatoriamente. Verificou-se também que para os três tipos de propágulos a aplicação do produto comercial Stimulate® não diferiu daqueles não tratados com este estimulante (Tabela 8).

Tabela 8 - Brotação da cana-de-açúcar (em %) aos 34 DAP com e sem aplicação de Stimulate® em diferentes tipos de propágulos. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Tipo de propágulo		
	2 gemas	3 gemas	4 gemas
	Brotação (%) ⁽¹⁾		
COM	49,237 a	55,219 a	60,185 a
SEM	56,427 a	57,015 a	54,115 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Resultados diferentes destes foram obtidos por Verri et al. (1983) que estudando reguladores vegetais no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar validou a utilização de ácido indol butírico na concentração de 10 mg*L⁻¹ no tratamento de propágulos de cana-de-açúcar (via imersão). Esta técnica agrônômica proporcionou maior brotação em comparação com os tratamentos que utilizaram ácido indol acético, ácido naftalenoacético em diferentes concentrações e testemunha.

Castro et al. (1975) verificaram o efeito positivo no desenvolvimento do sistema radicular e da brotação da cana-de-açúcar pela imersão dos propágulos contendo uma gema em ácido indol acético ($250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Verificaram ainda que a cinetina ($300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), componente presente no produto comercial Stimulate® , ocasionou aumento na porcentagem de brotação aos 10 e 30 dias após o plantio.

Avaliou-se individualmente também a brotação dos diferentes tipos de propágulos aos 34 DAP (Tabelas 9, 10 e 11).

Tabela 9 - Brotação de propágulos de cana-de-açúcar (%) contendo duas gemas de diferentes posições de origem no colmo aos 34 DAP. Tabapuã – SP

DAP ⁽¹⁾	Posição do propágulo no colmo	Brotação (%) ⁽²⁾
34	Apical	67,647 a
	Central	60,621 a
	Basal	30,229 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Tabela 10 - Porcentual de brotação de propágulos de cana-de-açúcar contendo três gemas de diferentes posições de origem no colmo aos 34 DAP. Tabapuã – SP

DAP ⁽¹⁾	Posição do propágulo no colmo	Brotação (%) ⁽²⁾
34	Apical	69,529 a
	Central	53,199 b
	Basal	45,623 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Tabela 11 - Porcentual de brotação de propágulos de cana-de-açúcar contendo quatro gemas de diferentes posições no colmo aos 34 DAP. Tabapuã – SP

DAP ⁽¹⁾	Posição do propágulo no colmo	Brotação (%) ⁽²⁾
34	Apical	61,420 a
	Central	59,568 a
	Basal	50,463 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Os propágulos de origem apical e central, contendo duas gemas apresentaram maior brotação do que aquelas de origem basal. Já propágulos contendo três gemas de origem apical resultaram em melhor brotação aos 34 DAP quando comparadas com àquelas das partes centrais e basais nos colmos. Possivelmente nesses dois tipos de propágulos houve influência da dominância apical pela ação da auxina e da maior concentração de água, nitrogênio e glicose (AUDE, 1993; CASTRO, 2000). Estes dois fatores combinados proporcionaram maiores brotações. Não houve diferença de brotação em propágulos contendo quatro gemas, independente de sua origem nos colmos, aos 34 DAP.

Constatou-se que a medida que o tamanho do propágulo aumentou acabou a interferência da posição do mesmo na brotação da cana-de-açúcar. O número de gemas de cada propágulo tem relação com seu comprimento, ou seja, aqueles que possuem quatro gemas são mais compridos do que aqueles com três gemas, os quais são maiores em comparação aos que contêm duas. Este maior comprimento confere maiores quantidades de reservas orgânicas e nitrogênio nos propágulos, suportando assim a brotação. De acordo com Carneiro et al. (1995) os propágulos são metabolicamente ativos e atuam como fonte de nitrogênio e provavelmente de outros nutrientes. Dentre 50 e 60 DAP até 80% do nitrogênio presente no propágulo é exportado para os brotos emergidos favorecendo a brotação das gemas e de raízes de fixação. Os autores destacaram ainda que ocorre diminuição da massa seca dos propágulos com o tempo. Esta medida indica que a degradação da reserva orgânica dos propágulos produz energia que é utilizada no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.

4.2 Perfilhamento

O perfilhamento da cana-de-açúcar foi influenciado pela posição de origem do propágulo (Tabela 12).

Tabela 12 - Número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar aos 188 DAP em função da posição de origem no colmo dos propágulos. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP^{(1) (2)}
Apical	28,047 a
Central	27,129 a
Basal	23,852 b

⁽¹⁾Dias após o plantio

⁽²⁾Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Verificou-se que, de maneira geral, ocorre maior perfilhamento da cana-de-açúcar em plantas originadas de gemas apicais e centrais quando comparados com outras oriundas de gemas basais. Esta característica de maior perfilhamento de canaviais formados a partir de propágulos apicais e centrais pode ser explicada por sua maior emissão de brotos, ou seja, cada brotação possibilita a formação de perfilhos, os quais podem emitir novos perfilhos, de até quinta geração (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006).

Diferentes resultados foram obtidos por Cristofolletti Junior (2012) o qual verificou que nas 5 variedades CTC estudadas o maior perfilhamento, no período entre os 48 e 90 DAP, foi maior em canas-de-açúcar de originadas de propágulos basais.

Constatou-se ainda que o número de gemas contidas no propágulo de cana-de-açúcar não influenciou na quantidade de perfilhos por metro (Tabela 13).

Tabela 13 - Quantidade de perfilhos por metro aos 188 DAP de cana-de-açúcar originada de diferentes tipos de propágulos. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP ⁽¹⁾⁽²⁾
4 gemas	27,121 a
3 gemas	26,305 a
2 gemas	25,602 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Este resultado já era esperado uma vez que a brotação, a qual regula a emissão de perfilhos, foi igual para os três tipos de propágulos avaliados.

A aplicação de Stimulate® nos propágulos provenientes de diferentes posições e contendo distintos números de gemas com intuito de melhorar o perfilhamento da cana-de-açúcar não se mostrou efetiva (Tabela 14).

Tabela 14 - Número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar aos 188 DAP provenientes de propágulos com e sem aplicação de Stimulate®. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP ⁽¹⁾⁽²⁾
COM	26,574 a
SEM	26,111 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

A similaridade na quantidade de perfilhos por metro aconteceu, provavelmente, pois este atributo está relacionado com a quantidade de brotos emergidos. Estes, por sua vez, possibilitam a formação de perfilhos primários, secundários, terciários, quaternários e até de quinta geração. Sendo assim, ambos os tratamentos mantiveram próximos o número de perfilhos por metro aos 188 DAP já que não ocorreu diferença na brotação entre propágulos submetidos ou não à pulverização de Stimulate®.

Oliveira et al. (2013) também verificaram que a utilização do Stimulate® na dose de 0,5 l ha⁻¹ conjuntamente com 12 litros por hectare do fertilizante foliar

Starter® não diferiu em número de perfilhos por metro, em três épocas de avaliação, quando comparada com testemunha sem aplicação.

Para melhor compreensão e análise dos resultados obtidos no perfilhamento avaliou-se individualmente a resposta de cada tipo propágulo quanto ao número de gemas.

Nos propágulos com duas gemas houve diferença no perfilhamento quanto à sua posição de origem, sendo maior em mudas de origem apical quando comparadas às basais. Os propágulos centrais não diferiram dos demais (Tabela 15). Provavelmente o maior perfilhamento de propágulos apicais foi resultante da maior brotação.

Tabela 15 - Número de perfilhos por metro da cana-de-açúcar aos 188 DAP proveniente de propágulos contendo duas gemas em função de sua posição de origem no colmo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP ⁽¹⁾⁽²⁾
Apical	29,251 a
Central	26,555 ab
Basal	20,999 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Não ocorreu diferença no número de perfilhos por metro em propágulos com três e quatro gemas em função de sua posição de origem (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16 - Número de perfilhos por metro da cana-de-açúcar aos 188 DAP proveniente de propágulos contendo três gemas em função de sua posição de origem no colmo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP ⁽¹⁾⁽²⁾
Apical	26,444 a
Central	26,278 a
Basal	26,194 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Tabela 17 - Número de perfilhos por metro da cana-de-açúcar aos 188 DAP proveniente de propágulos contendo quatro gemas em função de sua posição de origem no colmo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP ⁽¹⁾ ⁽²⁾
Apical	28,445 a
Central	28,638 a
Basal	24,278 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

A maior brotação das gemas contidas nos propágulos apicais com três gemas não gerou maior perfilhamento dessas plantas. O número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar resultante de propágulos com quatro gemas também não diferiu em função da sua posição de origem. Esses resultados podem ser explicados devido ao tamanho desses propágulos. Por terem maior número de internódios possuem maior quantidade de reservas orgânicas, energéticas e de nitrogênio. Estas substâncias são exportadas para folhas e novos tecidos formados, possivelmente acarretando no melhor desenvolvimento dos perfilhos basais e centrais (SIMÕES NETO et al., 1986; CARNEIRO et al., 1995), diminuindo a quantidade de estruturas abortadas naturalmente e por consequência equiparando o número final de perfilhos.

Não houve efeito da aplicação de Stimulate® no perfilhamento sobre os propágulos contendo duas e três gemas, porém aqueles que continham quatro gemas resultaram menor perfilhamento (Tabela 18).

Tabela 18 - Número de perfilhos por metro de cana-de-açúcar originada de propágulos contendo duas, três e quatro gemas com e sem aplicação de Stimulate® aos 188 DAP. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Número de perfilhos por metro aos 188 DAP ⁽¹⁾ ⁽²⁾		
	2 gemas	3 gemas	4 gemas
SEM	26,278 a	26,574 a	28,760 a
COM	24,926 a	26,037 a	25,481 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

4.3 Altura de plantas

A posição de origem dos propágulos nos colmos resultou em diferenças na altura de plantas de cana-de-açúcar (Tabela 19).

Tabela 19 - Altura da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função da posição de origem do propágulo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Altura de plantas (cm) aos 188 DAP⁽¹⁾ ⁽²⁾
Apical	113,329 a
Central	109,957 a
Basal	87,817 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Canas-de-açúcar provenientes de propágulos de origem apical e central cresceram mais em altura do que aquelas oriundas de propágulos da posição basal nos colmos.

Cristofoletti Junior (2012) observou que a altura de plantas originadas de propágulos de cana-de-açúcar, contendo apenas 1 gema, localizada na posição apical é maior do que aquelas provenientes das posições central ou basal aos 21, 28 e 35 DAP em 5 variedades de cana-de-açúcar. Concluiu ainda que aos 42 DAP plantas formadas por propágulos de origem apical e basal são mais altas do que as de origem central. Porém aos 90 DAP canaviais originados a partir de propágulos basais foram mais altos do que os resultantes de propágulos apicais para 5 variedades estudadas.

O número de gemas existentes nos propágulo também não influenciou na altura das plantas (Tabela 20).

Tabela 20 - Altura da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo de propágulo. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Altura de plantas (cm) aos 188 DAP⁽¹⁾ ⁽²⁾
4 gemas	110,735 a
3 gemas	109,223 a
2 gemas	91,135 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Propágulos que continham três e quatro gemas resultaram em plantas de cana-de-açúcar com maior altura do que as que possuem duas gemas.

Verificou-se que a posição dos propágulos nos colmos de cana-de-açúcar interferiu diferentemente na altura de plantas em função de seu tipo (Tabela 21).

Tabela 21 - Altura de plantas de cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo e posição de origem do propágulo no colmo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Tipo de propágulo		
	2 gemas	3 gemas	4 gemas
	Altura de plantas (cm) aos 188 DAP⁽¹⁾ ⁽²⁾		
Apical	99,213 a	124,180 a	116,595 ab
Central	108,777 a	100,995 b	120,098 a
Basal	65,415 b	102,523 b	95,512 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio; ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Em propágulos de origem apical e central, contendo duas gemas, houve maior desenvolvimento em altura da cana-de-açúcar do que aqueles provenientes da base do colmo. Já as plantas resultantes de propágulos de três gemas da posição apical se tornaram mais altas, em comparação aos demais. Nos propágulos com quatro gemas plantas com maior altura foram resultantes de propágulos de origem central.

De um modo geral, independentemente do tipo de propágulo, aqueles de origem apical e central nos colmos de cana-de-açúcar resultaram em plantas com maiores alturas.

O uso de Stimulate® no tratamento dos propágulos de número de gemas não influenciou na altura de plantas (Tabela 22).

Tabela 22 - Altura de plantas de cana-de-açúcar aos 188 DAP com e sem aplicação de Stimulate® sobre os propágulos. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Tipo de propágulo		
	2 gemas	3 gemas	4 gemas
Altura de plantas (cm) aos 188 DAP ⁽¹⁾ ⁽²⁾			
COM	95,79 a	106,991 a	109,061 a
SEM	86,48 a	111, 474 a	112,409 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Nas pesquisas cinetíficas com o uso de biorreguladores em propágulos de cana-de-açúcar é comum a obtenção de resultados divergentes quanto sua efetividade. Castro et al. (1983) constataram que a pulverização de giberelina na região apical das plantas, 112 dias antes da colheita, nas concentrações de 29, 48 e 72 mg*L⁻¹ promoveram aumento na altura de plantas. Mendes (2010) verificou que em propágulos de cana-de-açúcar que continham apenas uma gema as quais foram pulverizados com giberelina em quatro concentrações não diferiram em altura de plantas aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a aplicação.

4.4 Diâmetro de colmos

O diâmetro de colmos foi influenciado pela posição de origem dos propágulos nos colmos de cana-de-açúcar (Tabela 23).

Tabela 23 – Diâmetro de colmos da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função da posição de origem do propágulo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Diâmetro de colmos aos 188 DAP ⁽¹⁾ (mm) ⁽²⁾
Apical	22,7121 ab
Central	23,1520 a
Basal	21,4032 b

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Mesmo havendo maior perfilhamento e crescimento em altura nos canaviais originados de propágulos centrais o diâmetro de colmos foi mais espesso em comparação à plantas provenientes de propágulos posicionados na base do colmo da cana-de-açúcar de origem. Cristofolletti Junior (2012) constatou que o número total de perfilhos e diâmetro de colmos aos 90 DAP foi maior em cana-de-açúcar originada de propágulos basais quando comparados aos apicais, ambos contendo uma gema.

O número de gemas do propágulo não influenciou no diâmetro de colmos (Tabela 24).

Tabela 24 – Diâmetro de colmos da cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo de propágulo. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Diâmetro de colmos aos 188 DAP⁽¹⁾ (mm) ⁽²⁾
4 gemas	22,4448 a
3 gemas	23,1035 a
2 gemas	21,7190 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A posição de origem de cada tipo propágulo influenciou de forma diferente no diâmetro de colmos de cana-de-açúcar (Tabela 25).

Tabela 25 - Diâmetro de colmos de cana-de-açúcar aos 188 DAP em função do tipo e posição de origem do propágulo no colmo. Tabapuã – SP

Posição do propágulo nos colmos	Tipo de propágulo		
	2 gemas	3 gemas	4 gemas
	Diâmetro de colmos (mm) ⁽²⁾ aos 188 DAP⁽¹⁾		
Apical	21,6589 ab	24,1779 a	22,2994 a
Central	23,6866 a	22,7525 ab	23,3894 a
Basal	19,8114 b	22,3801 b	21,6457 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Plantas resultantes de propágulos com duas gemas da posição central apresentaram colmos com maiores diâmetros quando comparado à cana-de-açúcar de origem basal. Aqueles que continham três gemas da posição apical formaram plantas com colmos de maior diâmetro do que as provenientes de regiões basais para o mesmo período. Em canaviais formados por propágulos de quatro gemas não houve influência da posição de origem dos mesmos no desenvolvimento de colmos aos 188 DAP.

A aplicação de Stimulate® sobre os propágulos de cana-de-açúcar não proporcionou diferenças significativas no diâmetro de colmos para todos os tipos de propágulos (Tabela 26).

Tabela 26 - Diâmetro de colmos de cana-de-açúcar aos 188 DAP em três tipos de propágulos submetidos ou não à aplicação de Stimulate®. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Tipo de propágulo		
	2 gemas	3 gemas	4 gemas
	Diâmetro de colmos ⁽²⁾ (mm) aos 188 DAP ⁽¹⁾		
COM	22,246 a	23,0295 a	21,9539 a
SEM	21,192 a	23,1775 a	22,9358 a

⁽¹⁾ Dias após o plantio

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Assim como neste estudo Lee et al. (1984) não verificaram efeito da pulverização de ácido giberélico (GA) em cana-de-açúcar para esta característica. Mendes (2010) estudando propágulos da variedade SP 81 -3250 que continham apenas uma gema concluiu que a aplicação dos biorreguladores giberelina e etephon sobre eles, em quatro diferentes concentrações para cada um dos bioestimulantes, não influenciou no diâmetro médio de colmos de cana-de-açúcar aos 90 DAP.

4.5 Produtividade (t ha⁻¹), açúcar total recuperável (ATR), toneladas de ATR ha⁻¹

A produtividade agrícola, assim como a brotação, o perfilhamento, a altura e o diâmetro da cana-de-açúcar, difere quanto à posição de origem dos propágulos (Tabela 27).

Tabela 27 - Produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$), açúcar total recuperável, TAH da cana-de-açúcar originadas por propágulos de diferentes posições no colmo. Tabapuã- SP

Posição do propágulo no colmo	Produtividade ($t\ ha^{-1}$) ⁽¹⁾	ATR ($kg\ t^{-1}$) ⁽¹⁾	TAH ($t\ ha^{-1}$) ⁽¹⁾
Apical	160,760 a	121,780 a	19,569 a
Central	147,361 ab	119,987 a	17,598 a
Basal	127,028 b	116,309 a	14,708 b

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

A produtividade de plantas resultantes de propágulos de origem apical é maior, 26,55%, do que aquelas com origem basal. O resultado é, provavelmente, consequência da maior brotação gemas contidas nesses propágulos, bem como do maior perfilhamento e desenvolvimento em altura e diâmetro dessas plantas. Já canas-de-açúcar oriundas de propágulos da posição central do colmo não diferem em produtividade das demais.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, medida pelo ATR, não foi influenciada pela posição do propágulo apesar de existir diferenças em produtividade agrícola.

Contatou-se que há menor TAH em canaviais originados de propágulos basais quando comparados com aqueles provenientes de posições apical e central, os quais não diferem entre si.

Tanto a produtividade de colmos quanto o TAH foram influenciados pelo tipo de propágulo utilizado (Tabela 28).

Tabela 28 - Produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$), ATR e TAH da cana-de-açúcar resultante de plantio em função do tipo de propágulos. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Produtividade ($t\ ha^{-1}$) ⁽¹⁾	ATR ($kg\ t^{-1}$) ⁽¹⁾	TAH ($t\ ha^{-1}$) ⁽¹⁾
3 gemas	157,045 a	118,131 a	18,503 a
4 gemas	146,659 ab	120,266 a	17,764 ab
2 gemas	131,446 b	119,680 a	15,609 b

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Propágulos contendo três gemas diferem daquelas que possuem apenas duas, tanto em produtividade quanto em TAH. Os melhores resultados foram de propágulos que continham três gemas por propágulo, sendo 19,78 % (25,599 t/ha) e 18,54% (2,894 TAH) maior em produtividade e TAH, respectivamente. Não houve diferença para as três variáveis em avaliação entre propágulos de quatro gemas e os demais.

Os tipos de propágulos diferem, além do número de gemas que contém, em comprimento. Aqueles que contêm duas, três e quatro gemas medem 25,65; 38,30; 50,49 centímetros, respectivamente. Portanto os melhores resultados foram obtidos com propágulos de maiores comprimentos. Tais propágulos resultam em melhores brotações e perfilhamento originando menor quantidade de falhas no plantio. Como consequência resulta-se maiores produtividades agrícolas e TAH. Van Dillewijn (1952) define que em condições desfavoráveis (qualidade de muda e condições ambientais) à brotação deve-se aumentar o tamanho dos propágulos. Lee et al. (1984) concluíram que apesar da germinação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar a partir de propágulos sob a forma de cana inteira ter sido melhor do que em canaviais provenientes de propágulos com três gemas e apresentarem maior porcentual de falhas não houve influência nos rendimentos e qualidade da cultura.

Para melhor entendimento da influência do propágulo bem como da aplicação do Stimulate® na produtividade agrícola, ATR e TAH analisou-se separadamente cada tipo de propágulo em função de sua posição de origem no colmo de cana-de-açúcar.

Canas-de-açúcar originadas de propágulos posicionados na parte apical dos colmos não diferem entre si nos índices agronômicos de produtividade agrícola, açúcar total recuperável e toneladas de ATR por hectare, independentemente do número de gemas que os mesmos contêm e se receberam ou não aplicação de Stimulate® (Tabelas 29 e 30).

Tabela 29 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar resultante de propágulos de origem apical com duas, três ou quatro gemas. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Produtividade (t ha⁻¹)⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹)⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹)⁽¹⁾
3 gemas	162,940 a	120,459 a	18,9835 a
4 gemas	162,018 a	123,773 a	20,1310 a
2 gemas	157,323 a	121,109 a	19,5933 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Tabela 30 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar em propágulos da posição apical tratadas e não tratadas Stimulate®. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Produtividade (t ha⁻¹)⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹)⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹)⁽¹⁾
SEM	166,933 a	123,254 a	20,5249 a
COM	154,587 a	120,307 a	18,6136 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Assim como as canas-de-açúcar provenientes da posição apical as oriundas da parte central dos colmos também não diferem entre si para todos os índices agronômicos avaliados (Tabelas 31 e 32).

Tabela 31 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar resultante de propágulos de origem central com duas, três ou quatro gemas. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Produtividade (t ha⁻¹)⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹)⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹)⁽¹⁾
4 gemas	156,23 a	122,024 a	19,052 a
2 gemas	146,92 a	115,397 a	17,019 a
3 gemas	138,94 a	122,540 a	16,724 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Tabela 32 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar em mudas de origem central tratadas e não tratadas com Stimulate®. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Produtividade (t ha⁻¹) ⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹) ⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹) ⁽¹⁾
COM	159,49 a	121,377 a	18,420 a
SEM	138,23 a	118,597 a	16,776 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Propágulos de origem basal resultaram em diferentes canaviais para produtividade, ATR e TAH (Tabela 33).

Tabela 33 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar resultante de propágulos de origem basal com duas, três ou quatro gemas. Tabapuã – SP

Tipo de propágulo	Produtividade (t ha⁻¹) ⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹) ⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹) ⁽¹⁾
3 gemas	169,26 a	111,395 a	18,896 a
4 gemas	121,73 b	114,999 a	14,109 ab
2 gemas	90,09 b	122,534 a	11,120 b

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Verificou-se melhores resultados de produtividade agrícola em propágulos de origem basal com três gemas. Para o atributo quantidade de açúcar total recuperável (kg t⁻¹) não houve influência do tipo de propágulo. Porém, a correlação desses dois índices resultou em diferença significativa entre propágulos contendo duas e três gemas. O TAH aumentou em propágulos com maior número de gemas (Tabela 33).

Assim como a produtividade, o ATR e a quantidade de TAH resultantes de propágulos do ápice e do centro de colmos da cana-de-açúcar o uso do produto comercial não resultou em ganhos nos canaviais formados a partir de propágulos basais (Tabela 34).

Tabela 34 - Produtividade, ATR e TAH de cana-de-açúcar em mudas de origem basal tratadas e não tratadas com o biorregulador Stimulate®. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Produtividade (t ha⁻¹) ⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹) ⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹) ⁽¹⁾
SEM	142,62 a	116,843 a	16,523 a
COM	111,44 b	115,775 a	12,893 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

A aplicação do Stimulate® sobre os propágulos de cana-de-açúcar em nosso modelo experimental, de modo geral, não influenciou na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar (Tabela 35).

Tabela 35 - Efeito do uso do Stimulate® na produtividade, ATR e TAH em diferentes tipos de mudas de cana-de-açúcar. Tabapuã – SP

Aplicação de Stimulate®	Produtividade (t ha⁻¹) ⁽¹⁾	ATR (kg t⁻¹) ⁽¹⁾	TAH (t ha⁻¹) ⁽¹⁾
SEM	149,263 a	120,491 a	17,9416 a
COM	140,837 a	118,837 a	16,6425 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Diferentes resultados com utilização de biorreguladores também são verificados para as variáveis agrônomicas produtividade e açúcar total recuperável.

Avaliando o efeito da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes, bem como de condicionadores de solo em plantio de cana-de-açúcar na variedade RB 85–5453, no Chapadão do Céu (GO), Oliveira et al. (2013) concluíram que houve incremento de produtividade apenas com o uso condicionador de solo Agrolmin na dose de 250 litros por hectare. A aplicação do Stimulate® juntamente o Starter® (fonte de micronutrientes) não diferiu da testemunha em produtividade agrícola. Os autores não verificaram diferenças entre os tratamentos testados para a variável açúcar total recuperável.

Resultados diferentes foram obtidos por Silva et al. (2010) que verificaram efeito positivo da aplicação de diferentes biorreguladores, associados ou não a fertilizantes líquidos, em soqueiras de cana-de-açúcar de cinco tipos de variedades

IAC (IAC87-3396, IAC91-2218, IAC91-4216, IAC91-5155 e IACSP93-6006) no município de Jaú (SP). Melhores resultados de produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$) foram obtidos com a aplicação de Stimulate®, na dose de $0,5\ l\ ha^{-1}$, e Stimulate®, na dose de $0,5\ l\ ha^{-1}$, Starter N® a $3,0\ l\ ha^{-1}$ e Celerate® a $0,5\ l\ ha^{-1}$. O biorregulador ethephon, aplicado na dose de $3,0\ l\ ha^{-1}$, também proporcionou ganhos em produtividade com relação à testemunha, porém menores. Os autores não verificaram diferença em ATR entre os tratamentos testados.

Tavares et al. (2014) constataram que o uso de torta de filtro a 25 toneladas por hectare e do biorregulador Stimulate® na dose de $0,5\ l\ ha^{-1}$ proporcionou ganhos de 37,24% em produtividade agrícola em cana planta da variedade SP81-3250 no município de Andradina (SP). Porém o tratamento que utilizou apenas a torta de filtro, na dose de 25 toneladas por hectare não diferiu deste; os autores concluíram que novos estudos referentes ao emprego de biorreguladores em cana-de-açúcar devem ser realizados para comprovar sua influência na produtividade agrícola.

5 CONCLUSÕES

1. A posição de origem do propágulo no colmo e o número de gemas contidas nele interferem no desenvolvimento e produção do primeiro ciclo da cana-de-açúcar (cana planta);

2. Propágulos de origem apical e central dos colmos de cana-de-açúcar têm maior capacidade de brotação e resultam em canaviais com maior perfilhamento, altura de plantas, diâmetro de colmos, produtividade e toneladas de açúcar total recuperável por hectare do que os provenientes de regiões basais;

3. Propágulos contendo três e quatro gemas produzem canaviais com plantas mais altas, com maior produtividade agrícola e TAH do que aqueles de duas gemas;

4. A interferência da posição de origem dos propágulos na brotação, perfilhamento e diâmetro dos colmos diminui à medida que se aumenta o número de gemas de cada propágulo;

5. A aplicação de Stimulate® em diferentes propágulos de cana-de-açúcar, quanto ao número de gemas e posição de origem, não interfere na brotação, desenvolvimento, produção e qualidade tecnológica da cultura para as condições deste experimento.

REFERÊNCIAS

- ARANHA, C., YAHN, C.A. Botânica da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap. 1, p. 3-18.
- 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.; VILLA NOVA, N. A. Climatologia e a cana-de-açúcar. In PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul. **Climatologia**. Araras, 1977. n. 1, p. 1-22, 1977.
- BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Livrocere, 2006. v. 1, p. 80-91.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário estatístico da agroenergia**. Brasília, 2012. 282 p.
- CAMARGO, P.N. **Fisiologia de la caña de azúcar**. México: Comisión Nacional de la Industria Azucarera, 1976. 59p. (Serie Divulgación Técnica IMPA Folleto, 6).
- 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.
- CARLIN, S.D.; SILVA, M.A.; ROSSETO, R. Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 845-853, 2008.
- CARNEIRO, A.E.V.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 199-209, maio/ago. 1995.
- CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000. 1 CD-ROM.
- CASTRO, P.R.C.; MARTINELLI, C.; DEMÉTRIO, C.G.B. Ação da giberelina no crescimento da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 101, n. 1/3, p. 22-25, 1983.

CASTRO, P.R.C.; TAVARES, S.; PITELLI, A.M.C.M.; PEREIRA, M.A. Bioativador na Agricultura. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 16., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2006 1 CD-ROM.

CASTRO, P.R.C.; SANGUINO, A.; VELELA, E.; AKIBA, F.; SUDOS, S.; MASUDA, Y. Ação de reguladores de crescimento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar tratada termicamente. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 5, p. 42-50, 1975.

CENTELLAS, A.Q.; FORTES, G.R.L.; MÜLLER, N.T.G.; ZANOL, G.C.; FLORES, R.; GOTTINARI, R.A. Efeitos de auxinas sintéticas no enraizamento in vitro da macieira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 2, p. 181-186, fev. 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana de açúcar**. Brasília, 2014. v. 1, n. 3, 27 p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. Manual de instruções. Piracicaba, 2006. 111p.

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

DILLEWIJN, D. V. **Botany of Sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, Book Department, 1952. 371 p.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool; tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 25-49.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G.J.A.; JÚNIOR, P.A.V.; MANFRON, P.A.; MARTIN, T.N.; BONECARRÉRE, R.A.G.; CRESPO, P.E.N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiiana, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

EMBRAPA. **Análise quantitativa em crescimento de cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29 p. (Documentos, 168).

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.

GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. (Ed.). **Crop-water relations**. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.

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, maio/ago. 2010.

LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. Manual do experimentador: melhoramento da cana-de-açúcar. In: _____. **Metodologia de experimentação**: ensaios de competição em cana-de-açúcar. Pindorama: Instituto Agrônomo, 1995. p. 3-9.

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, fev. 1984.

LEE, T.S.G.; IAIA, A.M.; SILVA, M.R.; MAGALHÃES, P.M. Viabilidade de aplicação de regulador vegetal em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3.; CONVENÇÃO DA ACTALAC., 5., São Paulo, 1984. **Anais...** São Paulo, 1984. p. 357-362.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A. Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar após aplicação de reguladores vegetais em meio de safra. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 129-138, jan./mar. 2011.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 1323-1329, set. 1982.

MARCHIORI, L.F.S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar**. 2004. 275 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARQUES, M.O.; MARQUES, T.A.; TASSO JÚNIOR, L.C. **Tecnologia do açúcar**: produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166 p.

MENDES, L.S. **Efeitos de etephon e giberelina no desenvolvimento inicial e em alguns parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar**. 2010. 76 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, C.P.; ALVAREZ, R.C.F.; LIMA, S.F.; CONTARDI, L.M. Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar com o uso de condicionador de solo e bioestimulantes. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 245-251, 2013.

OLIVEIRA, M.P.; RAGGHianti, K.C.; HOMEM, B.F.M.; MARQUES, M.O. Cana-de-açúcar: análise biométrica de cultivares, ano agrícola 2012/2013. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 6, p. 110-114, 2014. Apresentado no SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA E SUCROENERGÉTICA E DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 2., 2014, Jaboticabal.

PEIXOTO, A.A.; BERTO, P.N.A.; THULER, A.M.; DELGADO, F.R.M.C.R. Densidades de plantio para três variedades de cana de açúcar em sulcos de base estreita e de base larga. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 106, n. 2, p. 28-32, 1988.

PLANA, R.; DOMINI, M.E; ESPINOSA, R. Influência de lãs precipitaciones y la temperatura sobre la brotadura das variedades de caña de azúcar (*Saccharum sp* híbrido) plantadas em diferentes meses. **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 9, n. 3, p. 19-24, 1987.

QUINTELA, A.C.R. **Avaliação do plantio convencional e de cana inteira, com e sem desponete, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar**. 1996. 37 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

QUINTELA, A.C.R.; ANDRADE, L.A.B.; CARVALHO, G.J.; BOCARDO, M.R. Efeito do plantio de cana inteira com e sem desponete, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 22-24. 1997.

REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUCROALCOOLEIRO. **Catálogo nacional de variedades “RB” de Cana-de-Açúcar**. Curitiba, 2010. 136 p.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth Publ., 1992. 682 p.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar e sucroalcooleiro: prognóstico**. São Paulo, 2012. 11 p.

SEGATO, S.V.; MATTUIZ, 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. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SILVA, M.A.; CATO, S.C.; COSTA, A.G.F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 774-780, abr. 2010.

SIMÕES NETO, D.E. **Efeito da quantidade 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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3rd ed. Massachussetts: Sinauer Associates, 2002. 690 p.

_____. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 559 p.

TAVARES, S.; ROSSETO, R.; DIAS, F.L.F.; CATO, S.C.; COSTA, A.G.F. Efeitos de biorreguladores associados com torta de filtro na produtividade e qualidade tecnológica em cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 31, n. 1, p. 41-45, set./out. 2014.

VERRI, A.R.; PITELLI, R.A.; CASAGRANDE, A.A.; CASTRO, P.R.C. Reguladores vegetais no enraizamento e desenvolvimento de gemas de cana-de-açúcar tratadas termicamente. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 40, p. 381–394, 1983.

XAVIER, M.A.; LANDELL, M.G.A.; SILVA, D.N.; BIDOIA, M.A.P.; CAMPOS, M.F.; PETRI, R.H.; CARREGARI, H.R.; MIGUEL, P.E.M.; TEIXEIRA, L.G.; PERECIN, D. Produtividade de gemas de cana-de-açúcar para fins de abastecimento de Núcleos de Produção de Mudanças Pré-Brotadas – MPB. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 33, n. 2, p. 34-36, 2014.