

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

HELDER AUGUSTO

**APLICAÇÃO DE HORMÔNIOS DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO
INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**Ilha Solteira
2022**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

HELDER AUGUSTO

**APLICAÇÃO DE HORMÔNIOS DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO
INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Paulo Alexandre
Monteiro de Figueiredo
Orientador

Prof. Dr. Gustavo do Valle
Polycarpo
Coorientador

**Ilha Solteira
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A923a Augusto , Helder .
Aplicação de hormônios de crescimento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar / Helder Augusto . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
44 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo

Coorientador: Gustavo do Valle Polycarpo

Inclui bibliografia

1. Auxina. 2. Giberelina. 3. Citocinina. 4. Saccharum spp.



Erika Renata Bocchi Lomba
Supervisora Técnica de Seção

Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - STATI
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 -10792

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Aplicação de hormônios de crescimento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar

AUTOR: HELDER AUGUSTO

ORIENTADOR: PAULO ALEXANDRE MONTEIRO DE FIGUEIREDO

COORIENTADOR: GUSTAVO DO VALLE POLYCARPO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PAULO ALEXANDRE MONTEIRO DE FIGUEIREDO (Participação Virtual)
Diretoria Geral da FCAT / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Prof.ª Dr.ª PRISCILA FERNANDA PEREIRA BARBOSA (Participação Virtual)
Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. VAGNER AMADO BELO DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Exatas e Agrárias / Centro Universitário de Adamantina - UNIFAI

Ilha Solteira, 19 de agosto de 2022

Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus que me trouxe a visão e inspiração durante o caminhar. Aos meus pais Renato Augusto, Judite Alves Carvalho Augusto, aos meus irmãos e irmãs Giseli Carvalho Augusto, Valéria Carvalho Augusto e Fernando Carvalho Augusto, todos vocês serão para sempre lembrados pois fizeram parte da minha formação.

Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me inspirado, abençoado e ter dado a real visão deste trabalho, por ter me direcionado a toda esta jornada. Aos meus pais em especial, minhas irmãs e irmãos por ter perseverado nos momentos mais difíceis nesta grande etapa da minha vida, a minha amiga e namorada Joice A. Rio que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e trazendo luz nesta caminhada.

A UNESP Universidade Estadual Paulista, com seus docentes, a pós graduação sempre muito acessível nos momentos que mais precisei.

Aos professores pelo incentivo e carinho em especial ao meu grande mestre professor Dr. Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo, que foi como um grande pai nas suas orientações e conselhos pois sem o seu apoio e direção não seria possível a conclusão deste trabalho.

A Professora Dra. Priscila Fernanda Pereira Barbosa, que me auxiliou na condução do trabalho e apoio na elaboração da escrita científica.

Ao professor Dr. Sérgio Bispo Ramos que com sua grande inteligência e didática me auxiliou nas análises estatísticas e interpretação dos dados, um ser humano com uma grande humildade, foi fundamental neste caminhar.

Ao amigo Samuel Bispo Ramos que auxiliou tanto no experimento em campo grande profissional.

À Thamires Mansur Duarte, que me ajudou no laboratório e processamento de dados, sua ajuda foi de grande importância.

À professora Dra. Ana Carolina Firmino, que foi direção em momento que eu estava perdido.

Aos funcionários dos Campi que prontamente estiveram presentes na instrumentação deste trabalho.

Aos amigos, Janaina Santos Barbosa, grande ser humano que me deu conselhos para a vida, ao José Carlos de Oliveira Junior que me fez abrir a mente para o melhoramento genético, eu os levarei além da ciência.

Ao meu amigo e cunhado Dr. Wagner de Jesus Machado, agradeço por toda ajuda, e contribuição neste trabalho, foi uma pessoa humana, que sempre ajuda o próximo, fez parte da minha formação.

Aos meus amigos Gustavo Garcia, Vinicius Affonso, Tiago, Lorena, Samuel, Diogo Leonardo, um dia vamos nos encontrar além da pós graduação, foram bons momentos.

Aos amigos Gesley Silva, Givanete Ramalho, Jéssica Santana, Vinicius S Reis e Richard L Soares fizeram parte desta história.

“Nós somos feitos de poeira de estrelas. Carl Sagan”

RESUMO

O cultivo da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tem importante destaque no agronegócio brasileiro, com isso, se faz necessário o aprimoramento técnico científico a fim de expandir sua produtividade. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação dos hormônios de crescimento giberelina, citocinina e auxina no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar da variedade CTC-4. O experimento foi conduzido em vasos na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Câmpus de Dracena, SP. Para as características biométricas: número de folhas, número de colmos, diâmetro de colmos e altura de colmos, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) em arranjo fatorial 8x4, sendo o primeiro fator composto por hormônios e suas combinações; e o segundo fator composto pelos dias de avaliação, ou seja, aos 45, 60, 75 e 90 após o plantio. Sendo assim, para essas características foram 32 tratamentos com seis repetições, totalizando 192 parcelas ou repetições. Para as demais características, como: matéria seca das raízes, colmos e folhas, índice de clorofila, índice de emergência, índice de área foliar, parâmetros fisiológicos e morfológicos foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) contendo oito tratamentos em seis repetições, totalizando 48 parcelas. A aplicação dos hormônios proporcionou um incremento no diâmetro do colmo, destacando-se o biorregulador composto pela associação de giberelina + citocinina, sendo sua média diferente ao do controle. Em relação às análises fisiológicas, observou-se um incremento na eficiência do uso da água e na taxa fotossintética para os tratamentos compostos pela associação de auxina + citocinina e auxina + giberelina, respectivamente, aos quais apresentaram valores superiores ao controle, porém sem significância. Similarmente, para as análises histológicas morfológicas, a espessura da epiderme e cutícula adaxial e a espessura da epiderme e cutícula abaxial, os tratamentos compostos por auxina + citocinina e auxina + giberelina foram mais responsivos em relação ao controle e demais aplicados, respectivamente, porém sem significância. No entanto, para os demais parâmetros avaliados a aplicação dos bioestimulantes no desenvolvimento inicial cana-de-açúcar não apresentou resultados satisfatórios.

Palavras-chave: auxina; giberelina; citocinina; *Saccharum* spp.

ABSTRACT

The cultivation of sugarcane (*Saccharum* spp.) is an important part of the Brazilian agribusiness; therefore, technical and scientific improvement is necessary in order to expand its productivity. Therefore, the objective was to evaluate the effect of the application of gibberellin, cytokinin and auxin growth hormones in the initial development of sugarcane of the CTC-4 variety. The experiment was carried out in vases at the São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Campus de Dracena, SP. For the biometric characteristics: number of leaves, number of stems, diameter of stems and height of stems, a randomized block design (RBD) in an 8x4 factorial arrangement was used, the first factor being composed of hormones and their combinations; and the second factor composed of the evaluation days, that is, at 45, 60, 75 and 90 after planting. Thus, for these characteristics there were 32 treatments with six replications, totaling 192 plots or replications. For the other characteristics, such as: dry matter of roots, stems and leaves, chlorophyll index, emergence index, leaf area index, physiological and morphological parameters, a randomized block design (RBD) was used, with eight treatments in six replications, totaling 48 installments. The application of hormones provided an increase in the stem diameter, highlighting the bioregulator composed of the association of gibberellin + cytokinin, its average being different from the control. Regarding the physiological analyses, an increase in the efficiency of water use and in the photosynthetic rate was observed for the treatments composed by the association of auxin + cytokinin and auxin + gibberellin, respectively, which presented values higher than the control, but without significance. Similarly, for the morphological histological analyses, the thickness of the epidermis and adaxial cuticle and the thickness of the epidermis and abaxial cuticle, the treatments composed of auxin + cytokinin and auxin + gibberellin were more responsive compared to the control and others applied, respectively, but without significance. However, for the other parameters evaluated, the application of biostimulants in the initial development of sugarcane did not show satisfactory results.

Keywords: auxin; gibberellin; cytokinin; *Saccharum* spp.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - a) Plantio dos minirrebolos; b) estabelecimento do experimento após o plantio; c) 45 dias após o plantio e d) 60 dias após o plantio.....	24
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Hormônios e/ou associação deles e suas concentrações aplicadas em cada bloco experimental.....	24
Tabela 2 - Análise de variância para os parâmetros de número de folhas, número de colmos, diâmetro do colmo (mm) e altura do colmo (cm) em função dos tratamentos aplicados e dos dias após o plantio (DAE).....	29
Tabela 3 - Análise de variância para a característica de massa da matéria seca da raiz (g), caule (g), folhas e a massa total (g) em função dos tratamentos aplicados.....	31
Tabela 4 - Análise de variância para o índice de clorofila em função dos tratamentos aplicados.....	32
Tabela 5 - Análise de variância para os parâmetros de velocidade de emergência (VE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em função dos tratamentos aplicados.	33
Tabela 6 - Análise de variância para as características de área foliar (AF) (m ²) e índice de área foliar (IAF) em função dos tratamentos aplicados.....	34
Tabela 7 - Análise de variância dos parâmetros fotossintéticos, sendo, temperatura interna da folha (T) (°C), concentração interna de CO ₂ (mol m ⁻² s ⁻¹) (C _i), Taxa de transpiração da folha (E) (mmol m ⁻² s ⁻¹), condutância estomática (GS) (mol m ⁻² s ⁻¹), assimilação líquida de CO ₂ (A) (μmol m ⁻² s ⁻¹) e eficiência do uso da água (EUA) (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹).....	37
Tabela 8 - Análise de variância dos parâmetros histológicos: EECAD- espessura da epiderme e cutícula adaxial (μm); EECAB- espessura da epiderme e cutícula abaxial (μm); EL- espessura do limbo (μm); AFX- área do feixe xilemático (μm ²); AFF- área do feixe floemático (μm ²); ATFVXF- área total do feixe vascular xilema e floema (μm ²).....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Cana-de-açúcar- matéria-prima de grande impacto econômico no Brasil	15
2.2	Fenologia e Fisiologia da cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> spp.)	16
2.3	Biorreguladores	17
2.4	Auxinas	19
2.5	Citocininas	20
2.6	Giberelinas	20
3	OBJETIVOS	22
3.1	Objetivo Geral	22
3.2	Objetivos específicos	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem representado um setor de grande destaque no cenário econômico do país, sendo o cultivo da cana-de-açúcar um dos segmentos de macro importância do setor, pois atua como matéria prima para produção de açúcar, etanol e energia sustentável, com participação significativa nas exportações e atendimento da demanda interna (MORAES, 2000). O Brasil atualmente é o líder mundial na produção de cana-de-açúcar, possuindo uma área cultivada de aproximadamente 8,84 milhões de hectares, com produtividade média de 646,63 milhões de toneladas e 73,27 toneladas de por hectare (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2021).

A produtividade média da cana-de-açúcar na safra 2018/2019 foi de 72,2 t ha⁻¹, valor considerado baixo frente ao potencial produtivo das variedades que são desenvolvidas (ORLANDO-FILHO *et al.*, 2001). Embora o país seja referência na produção de cana-de-açúcar, as médias de produção obtidas nos últimos anos comprovam que o setor vem apresentando uma estagnação nos valores de produtividade, onde, desde a safra 2009/2010, tem mantido valores próximos de 70 t ha⁻¹ (CONAB, 2021).

A busca por novas tecnologias para o setor agrícola, que possam impulsionar o potencial produtivo da cultura, torna-se necessária em virtude da estagnação que o setor enfrenta (MIGUEL *et al.*, 2009). Nesse sentido, o emprego de técnicas avançadas como a aplicação de biorreguladores vegetais, tem sido utilizada para otimizar a produtividade. De acordo com Castro e Vieira (2001), os reguladores vegetais podem atuar diretamente nas diferentes estruturas celulares e nelas provocar alterações físicas, químicas e metabólicas. As auxinas, as giberelinas e as citocininas são hormônios vegetais que agem como estimuladores, retardadores ou inibidores, desencadeando funções distintas nas plantas (SILVA; DONADIO, 1997).

Pesquisas sobre a aplicação de fitoreguladores em diversas variedades cultivadas têm alcançado resultados significativos, em decorrência do melhoramento no controle dos processos fisiológicos em espécies vegetais, que são obtidos através de reguladores vegetais, especialmente para a cana-de-açúcar (SILVA; CATO; COSTA, 2010). Os hormônios estimulam a síntese de informações que podem causar efeitos indutivos ou inibidores no processo fisiológico intracelular. Biorreguladores que apresentam eficácia metabólica similar aos hormônios naturais desempenham um papel fundamental na promoção de estímulos nos processos metabólicos estruturais celulares e teciduais da cana-de-açúcar, uniformizando a

brotação, estimulando o desenvolvimento radicular e o perfilhamento, e também possibilitando incrementos no teor de sacarose (COSTA, 2010; DIAS, 2014).

De acordo com Echer *et al.* (2006) é crescente o número de estudos realizados para avaliar a interação ou associação dos biorreguladores vegetais sobre diversas culturas, devido aos efeitos adicionais que eles promovem no crescimento e desenvolvimento das plantas. Sendo assim, pesquisas têm apontado para a utilização de produtos que apresentem em sua composição mais de um fitoregulador ou a mistura com outras substâncias de natureza bioquímica diferente.

Diferentes respostas quanto ao uso de biorreguladores em variedades de cana-de-açúcar têm sido reportadas na literatura. Por exemplo, Ferreira, Ferreira e Bolonhezi (2013) observaram que o uso dos mesmos no sulco de plantio nas variedades SP89-1115, SP83-2847 e SP81-3250 promoveu aumento no número de perfilhos, acréscimos no diâmetro de colmo e, portanto, um incremento na produtividade de colmos.

Silva, Cato e Costa (2010), trabalhando com cinco genótipos de cana-de-açúcar: IAC87-3396, IAC91-2218, IAC91-4216, IAC91-5155 e IACSP93-6006, empregando o biorregulador Stimulate®, com ou sem complementação de fertilizante líquido, verificaram um aumento da produtividade de colmos e de açúcar em soqueira, independente do genótipo, o que indicou a possibilidade do aumento da longevidade dos canaviais.

Apesar da escassez de trabalhos sobre o uso de biorreguladores na cultura da cana-de-açúcar, sabe-se que a sua produtividade pode ser incrementada mediante aplicação dos mesmos (FILHO, 2019). De maneira geral, os dados da literatura são pouco conclusivos quanto ao seu uso, demonstrando assim, quão imprescindível é a realização de mais pesquisas tecnológicas sobre esta aplicação, de modo a viabilizar dados confiáveis e concretos.

Nesse sentido, estudar os estímulos específicos desses hormônios é fundamental para possibilitar uma maior exploração do potencial dos diferentes produtos existentes, bem como dominar as técnicas de utilização na agricultura e ter conhecimento sobre os possíveis efeitos secundários indesejáveis na fisiologia da planta (ZILLIANI, 2015; NUNES, 2013).

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estímulo dos hormônios auxina, citocinina, giberlina e a associação entre eles no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, na variedade CTC-4, observando as características de número de folhas e colmos, diâmetro do caule, altura, peso de matéria seca, índice de clorofila, índice de emergência, índice de área foliar. Além do estudo da fisiologia e morfologia das folhas da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar- matéria-prima de grande impacto econômico no Brasil

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil por volta de 1532, e desde então ela sempre teve destaque na economia do país. Em 14 de novembro de 1975, através do Decreto n. 6593, o Governo Federal Brasileiro criou o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), em resposta às oscilações do preço do petróleo, devido à crise das décadas de 70 e 80. O programa tinha como objetivos tirar o Brasil da dependência do petróleo e estimular a indústria açucareira nacional (RODRIGUES, 2010; SILVA *et al.*, 2014).

A produção de cana-de-açúcar em 2019 foi de 639,0 milhões de toneladas, 2,3% superior ao ano anterior e a produção nacional de açúcar foi de 29,2 milhões de toneladas, enquanto a produção de etanol foi de 35,156 bilhões de litros, dos quais 69,8% corresponderam ao etanol hidratado, consumido puro como combustível, e os 30,2% restantes foram consumidos misturados à gasolina na forma de etanol anidro. O Brasil é o maior produtor mundial de etanol a partir da cana-de-açúcar, porém em escala mundial, o Brasil é o segundo maior produtor, sendo os Estados Unidos da América o primeiro, o qual utiliza o milho como matéria-prima (PALACIOS-BERECHE *et al.*, 2022).

A popularidade da cana-de-açúcar pode ser correlacionada principalmente com seus benefícios econômicos e ambientais, uma vez que pode ser facilmente convertida em energia para ser utilizada em aplicações diretas e/ou sistemas de geração de energia térmica e elétrica (EVANS *et al.*, 2010; SCHWEINLE, 2007) A cana-de-açúcar também apresenta um valor energético relevante e alto. Em 2013, ficou em segundo lugar na oferta interna de energia (16,1%), logo atrás do petróleo e seus derivados (39,3%) (EVANS *et al.*, 2010). O bagaço da cana-de-açúcar é uma das fontes de biomassa mais utilizadas que podem ser empregadas na geração de energia (OMETTO *et al.*, 2009). Segundo Botha e Blottnitz (2006), o bagaço é utilizado como fonte de renda em 80 países produtores de cana-de-açúcar, principalmente pela geração de energia elétrica.

A cada ano no Brasil, o setor sucroenergético movimentava cerca de R\$ 40 bilhões. Isso torna o Brasil o segundo maior produtor deste combustível no mundo, atrás apenas dos EUA, que extraem etanol do milho usando muitos subsídios (REZENDE; RICHARDSON, 2015).

A cana-de-açúcar tem alto valor econômico no Brasil, tanto para a produção de etanol e açúcar, quanto para o bagaço da moenda da cana-de-açúcar, que é utilizado para cogeração de energia. Outra forma de transformar a biomassa da industrialização da cana-de-açúcar (bagaço

e palha) em etanol é por meio da hidrólise. O processo de hidrólise consiste em quebrar açúcares complexos em açúcares simples para posterior fermentação e destilação (HO *et al.*, 2012).

O Brasil é conhecido por sua grande capacidade de produção, muitas vezes refletida na exportação de commodities agrícolas, como a biomassa (VIEIRA *et al.*, 2014). No entanto, ainda que a produção e exportação de tais commodities sejam estratégicas, a probabilidade e/ou possibilidade de agregar valor à biomassa deve ser considerada como uma oportunidade e como base de dados para o conhecimento técnico e científico, e também na redução dos impactos ambientais (VAZ JUNIOR, 2011).

2.2 Fenologia e Fisiologia da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)

A cana-de-açúcar é planta de clima tropical cujo desenvolvimento vegetativo é dado por meio de touceiras, com enraizamento fasciculado, sendo sua parte aérea o produto de importância econômica, o qual contém os colmos, as folhas e as flores. Sua disseminação ocorre principalmente por rizomas que estão nos internódios das plantas. A cana-de-açúcar é uma planta semiperene, da família *Poaceae*, com metabolismo fotossintético C4 que possui um grande armazenamento de sacarose nos tecidos dos colmos, de extrema importância comercial (TEJERA *et al.*, 2007), nas lavouras canavieiras é cultivado um híbrido interespecífico que recebe a denominação *Saccharum* spp. (RIPOLI *et al.*, 2006).

De acordo com Gascho e Shih (1983), os estádios fenológicos da cana-de-açúcar podem ser separados em brotação e emergência, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação dos colmos. A brotação e emergência se iniciam quando o broto rompe as folhas da gema e se desenvolve rumo à superfície do solo e de forma simultânea a esse processo surgem as raízes do tolete. A emergência do broto ocorre de 20 a 30 dias após o plantio (DAP). O broto é um caule em miniatura que surge acima da superfície do solo e também é denominado de colmo primário (BARBOSA, 2010).

O perfilhamento é o processo de emissão de colmos por uma mesma planta e esses são denominados perfilhos. Esse processo é regulado por hormônios e na qual resultará no crescimento dos brotos que vão em direção à superfície do solo e estes emergem de 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário. É por meio desse processo de perfilhamento que é formada a touceira da cana e o perfilhamento máximo ocorre quando se observa total cobertura do solo pelas folhas dos colmos, fase na qual cada touceira possui o máximo de perfilhos (BARBOSA, 2010; BRESSIANI, 1993).

Parâmetros tais como luz, umidade e temperaturas mais elevadas estimulam a planta a obter o máximo de perfilhamento, conseqüentemente acarretando no crescimento dos colmos. Os colmos que prosseguem o desenvolvimento, a partir do estágio em que é observado o máximo perfilhamento, continuam crescendo, desenvolvem-se em altura e iniciam o acúmulo de açúcar na base do colmo. Nessa fase, o crescimento do sistema radicular torna-se mais intenso tanto na superfície quanto nas camadas mais profundas do solo e também é nessa fase em que as folhas mais velhas começam a ficar amareladas e secam (GALDIANO, 2008).

A maturação da cana-de-açúcar tem seu início com o crescimento intenso dos colmos, sobreviventes do perfilhamento da touceira, sendo que o excesso de açúcar permanece armazenado na base de cada colmo. Quando as touceiras atingem altura igual ou superior a dois metros, é possível observar amarelecimento e conseqüente seca das folhas que se encontram na altura mediana da planta, indicando que está sendo depositado açúcar nessa região (GALDIANO, 2008).

As características de cada genótipo são os fatores que determinam o número de colmos por planta, bem como a estatura e o diâmetro dos colmos, o comprimento e a largura das folhas, arquitetura da parte aérea (MAULE *et al.*, 2001). Contudo, a expressão dessas características é muito influenciada pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas. As características das variedades determinam a eficiência fotossintética da cana-de-açúcar, além da influência das variações climáticas que prevalecem durante todo o desenvolvimento. Vários fatores interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, sendo os principais a temperatura, luz, disponibilidade de água e nutrientes, além do manejo da cultura e da variedade plantada (CESAR *et al.*, 1987). As relações entre alterações ambientais e as mudanças fisiológicas são frentes dos atuais esforços em pesquisa (PAUL; PELLNY, 2003).

2.3 Biorreguladores

A busca por um melhor desempenho agrônômico das culturas, novas técnicas têm sido estudadas, e dentre elas, destaca-se a aplicação de reguladores vegetais. Desde 1990, algumas substâncias têm sido utilizadas com essa finalidade, tanto em aplicações foliares ou em outras partes das plantas, visando desenvolvimento mais vigoroso das plantas (PARADIKOVIĆ *et al.*, 2019). Essas substâncias também agem modificando a morfologia e a fisiologia da planta, podendo resultar em alterações qualitativas e quantitativas na produção (YAKHIN *et al.*, 2017; ARAUJO, 2015, MALAVOLTA *et al.*, 1997).

As plantas produzem substâncias orgânicas, definidas como hormônios vegetais, que em concentrações muito baixas, são responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento, através de alteração nos processos fisiológicos e morfológicos, assim como influenciam nas respostas aos fatores ambientais. Bioestimulantes são constituídos por biorreguladores associados a outras substâncias químicas como aminoácidos, nutrientes, sais minerais, vitaminas e entre outros compostos (CASTRO; VIEIRA, 2001; JARDIN, 2015; DAVIES, 2004).

Alguns bioestimulantes podem conter hormônios, que atuam como moléculas sinalizadoras naturalmente presente nas plantas em baixas concentrações e capazes de induzir ou modificar o crescimento e desenvolvimento das mesmas (TAIZ *et al.*, 2017). Eles atuam diretamente no controle hormonal, favorecendo o potencial genético, e conseqüentemente aumentando o crescimento e o desenvolvimento vegetal por meio da divisão celular, dando origem a plantas mais vigorosas, melhorando seu desenvolvimento radicular, bem como a produtividade (OLIVEIRA *et al.*, 2013; ZILLIANI, 2015).

Quando essas substâncias são aplicadas no início do desenvolvimento das culturas, ou em toletes como no caso da cana-de-açúcar, elas promovem um aumento no crescimento radicular, possibilitando uma maior resistência a estresses bióticos e nutricionais. A produtividade da cana-de-açúcar está diretamente ligada à capacidade dos colmos das plantas em produzirem e armazenarem a sacarose. Quanto maior a capacidade da variedade em armazenar sacarose nas condições de cultivo a que ela está submetida, maior a produtividade do cultivo. O acúmulo de sacarose nos colmos ocorre, durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar, na fase de maturação. Este processo de acúmulo de sacarose no colmo pode ser intensificado por diversos fatores, entre eles o uso de maturadores (HEERDEN *et al.*, 2014).

Recentemente foi confirmada a existência de novos grupos de hormônios vegetais como os brassinoesteróides, os jasmonatos, os salicilatos e as poliaminas, além dos cinco grupos até então conhecidos, compostos pelas auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (SILVA, 2010). Atualmente no mercado brasileiro existem produtos compostos por uma combinação de reguladores vegetais que garantem um equilíbrio hormonal adequado, estimulando a formação das plantas (GONÇALVES *et al.*, 2018). Esse biorregulador é composto pelos seguintes reguladores vegetais: 0,09 g/L de cinetina (citocinina), 0,05 g/L de ácido giberélico (giberelina) e 0,05 g/L de ácido indolbutírico (auxina), além de 999,80 g/L de ingredientes inertes. Pode ser aplicado via sementes, via foliar ou no sulco de plantio de diversas culturas, sendo uma delas a cana-de-açúcar (MACEDO, CASTRO, 2015).

2.4 Auxinas

A auxina foi o primeiro hormônio ou fitohormônio descoberto sendo um dos agentes químicos sinalizadores que regulam o desenvolvimento vegetal. A principal auxina presente em plantas superiores é o ácido indolil-3-acético (AIA), embora existam várias auxinas que ocorrem naturalmente (GEHLOT *et al.*, 2014). A auxina é sintetizada principalmente na gema apical e transloucada de modo polar para a raiz. Esse transporte ocorre preferencialmente nas células do parênquima associadas ao tecido vascular.

As auxinas sintéticas são bastante eficientes, pois não são metabolizadas pelas plantas tão rapidamente quanto o AIA (TAIZ; ZEIGER, 2009). Um grande número de auxinas sintéticas já foi produzido, como as substâncias indólicas, os derivados dos ácidos fenoxiacéticos, do ácido benzóico e dos ostricarbamatos, por exemplo, o ácido naftalenoacético (ANA), o ácido 2,4-diclofenóxiacético (2,4-D) e o ácido indolilbutírico (IBA) (CASTRO; VIEIRA, 2001). O AIA, o IBA e o ANA são as principais fontes de auxinas utilizadas no enraizamento de plantas (GEHLOT *et al.*, 2014).

Atualmente, os estudos com auxinas testam seu potencial de promover o enraizamento *in vitro* e *ex vitro*, como sua funcionalidade na multiplicação e regeneração de plantas (ALCANTARA *et al.*, 2014). Desde que a auxina nas células promove sua expansão, por estarem envolvidas na incorporação de materiais na parede celular (afetando a expansão celular), através do aumento de sua plasticidade (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Ela também participa na promoção do crescimento de caules de plantas, da regulação da dominância apical, da abscisão foliar, da diferenciação vascular, da formação de gemas florais e do desenvolvimento do fruto.

O crescimento, desenvolvimento e sobrevivência de plantas está relacionado ao seu potencial de enraizamento, as raízes são essenciais para fixação da planta no solo e principal fonte de água e nutrientes, sendo esse fator considerado essencial para o bom estabelecimento da cultura da cana-de-açúcar. Por ser uma planta perene a sua fixação no solo é essencial para os sucessivos ciclos de vida (PACURAR *et al.*, 2014). Assim sendo, estudar o efeito dessa substância na maturação da planta se faz necessário para promover a expansão e desenvolvimento sustentável da cultura.

2.5 Citocininas

As citocininas foram descobertas durante pesquisas e experimentos sobre os fatores que estimulam as células vegetais a se dividirem, de forma que seu nome foi atribuído devido à ação desta substância sobre a citocinese. De maneira geral, a citocinina promove a síntese de proteínas, impedindo dessa forma a senescência. Por sua vez, ela também impede a saída de proteases do vacúolo, inibindo a degradação de proteínas, conseqüentemente inibindo também a formação de radicais livres mantendo assim a integridade da membrana plasmática, que por sua vez leva a degradação da clorofila, o que mantém ativa a síntese de carboidratos (CASTRO; VIEIRA, 2001).

As citocininas apresentam muitos efeitos nos processos fisiológicos de desenvolvimento, como por exemplo, no processo de divisão celular e em processos de desenvolvimento vegetativos e reprodutivos, na germinação de sementes e na quebra de dormência de gemas (VIEIRA; MONTEIRO, 2002). Observa-se que o tratamento de gemas laterais com citocininas frequentemente causa o seu crescimento, mesmo na presença de auxinas, modificando assim a dominância apical (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007).

Essas moléculas são sintetizadas nas raízes, em embriões em desenvolvimento, folhas jovens, frutos e nos tecidos da galha da coroa, também sintetizadas por bactérias, insetos e nematódeos associados às plantas. São mais abundantes em células jovens em divisão nos meristemas da parte aérea e do ápice radicular. São transportadas passivamente a partir das raízes até a parte aérea pelo xilema, junto com a água e os sais minerais. A citocinina de ocorrência natural mais ativa é a zeatina e a sintética mais comum a cinetina (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Além da divisão celular, a razão entre a auxina e a citocinina é o fator determinante na diferenciação em raiz ou gema de tecidos vegetais cultivados, sendo que, altas taxas promovem a formação de raízes e baixas taxas promovem a formação de gemas (TAIZ; ZEIGER, 2006).

2.6 Giberelinas

As giberelinas fazem parte de um grande grupo de compostos relacionados, sendo conhecidos mais de 125 tipos (COSTA, 2010). Essas moléculas promovem o crescimento, efeito similar que as auxinas produzem. Uma das diferenças é que as giberelinas quase não apresentam efeitos em segmentos de plantas (PEIXOTO, 2011). Elas desempenham importantes funções em várias funções biológicas, que incluem a germinação de sementes, a

mobilização das reservas do endosperma, o crescimento da parte aérea, floração, partenocarpia, senescência e abscisão (VIEIRA *et al.*,2010).

Alguns estudos reportaram que após a pulverização de giberelina em cana-de-açúcar nos meses de inverno, o alongamento do entrenó foi estimulado, o que resultou no aumento de 50 toneladas por hectare na produção de biomassa total e de cinco toneladas na produção de açúcar. É possível observar a ação deste hormônio no alongamento dos entrenós, no aumento do peso dos colmos, na melhora da brotação da soqueira e no aumento da altura dos colmos, e como consequência, a melhoria da produtividade da cana-de-açúcar (TAIZ; ZEIGER, 2006). Nunes Junior (2013) ainda adiciona que as giberelinas atuam na dormência e mobilização de reservas nutricionais da planta.

Contudo, é importante ressaltar a necessidade de manter o equilíbrio hormonal de cada fase de crescimento da planta, bem como a relação entre promotores e inibidores do crescimento. Mendes (2010) trabalhando com a variedade SP 81-3250 (com os toletes tratados com giberelina no sulco de plantio), observou que a emergência das gemas da cana-de-açúcar aos 15 dias após o plantio foi retardada, quando comparada ao controle. O autor explicou o efeito baseando-se na premissa de que a aplicação de apenas um regulador vegetal provocou um desequilíbrio hormonal na planta.

Corroborando com a ideia anterior, Rossetto (2015) afirmou que as giberelinas, auxinas e citocininas são os hormônios relacionados ao estágio de brotação e emergência da cana-de-açúcar atuando no intumescimento das gemas, na mobilização de reservas do tolete, no desenvolvimento do colmo primário e no crescimento das raízes do tolete. Dessa forma, pode-se relacionar a brotação dos minirrebolos com a atuação desses hormônios com intuito de potencializar o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar. Assim, a aplicação em conjunto dos três hormônios pode beneficiar de forma geral todos os estados fenólicos da cana-de-açúcar, desde que em concentrações previamente estudadas levando em conta a necessidade pela planta frente a estresses bióticos e nutricionais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos do estímulo dos hormônios auxina, citocinina e giberelina aplicado individualmente e de forma combinada no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, na variedade CTC-4.

3.2 Objetivos específicos

1. Avaliar os parâmetros de número de folhas e colmos e diâmetro e altura aos 45, 60, 75 e 90 dias após plantio em função da aplicação de diferentes biorreguladores.
2. Avaliar a velocidade de emergência, bem como o índice de emergência em função da aplicação de diferentes biorreguladores.
3. Avaliar o índice de clorofila, o índice de área foliar e peso de matéria seca aos 90 dias após o plantio em função da aplicação de diferentes biorreguladores.
4. Aos 90 dias após o plantio realizar avaliações Fisiológicas Foliares e Morfoestruturais Histológicas Foliares em função da aplicação de diferentes biorreguladores.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante 90 dias, fase inicial de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, em Dracena, Estado de São Paulo, durante o período compreendido entre os meses de fevereiro a maio de 2021, em estufa na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Dracena - SP. O plantio ocorreu com a variedade CTC-4, em vasos com capacidade volumétrica de 40 litros e com dimensões de 41 x 36 x 35 cm, preenchidos com porções de solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2013), previamente peneirado e adubado com 5,0 g de ureia, 4,5 g de cloreto de potássio, 17,0 g de superfosfato simples, e 22,0 gramas de calcário, com intuito de melhorar a fertilidade.

Amostras de cana-de-açúcar foram disponibilizadas pela Usina Rio Vermelho-Glencane Bioenergia. Nessas amostras, foram feitos cortes da parte mediana dos caules e selecionadas as gemas mais vigorosas para o plantio. Em cada vaso foram plantados 3 minirrebolos a 3 cm de profundidade com a gemas voltadas para cima, facilitando a brotação. O processo de emergência teve duração de 25 dias, onde foram avaliados a velocidade de emergência (VE) e o índice de emergência (IVE). Posteriormente, foi realizada a seleção das plantas mais vigorosas e o desbaste das menos adaptadas, sendo assim, permanecendo uma única planta por parcela, aquelas que tiveram características mais desejáveis quanto ao crescimento e desenvolvimento.

Após implantação do experimento, observou-se os aspectos relativos à uniformidade, sanidade e homogeneidade das plantas. Além disso, foram respeitados os demais critérios relativos à área experimental, de modo a viabilizar a avaliação dos parâmetros relativos ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo 8 tratamentos e 6 repetições, totalizando 48 parcelas ou vasos. Os tratamentos variaram de acordo com os hormônios utilizados e as combinações entre eles e suas respectivas concentrações mais a testemunha, (Tabela 1). Os hormônios foram cedidos pela empresa Max Crop Fertilizantes, localizada na cidade de Marília, SP. Nos tratamentos correspondentes, foi realizada a aplicação dos biorreguladores com auxílio de uma pipeta, na dose de 0,5 L ha⁻¹ das soluções sobre as gemas imediatamente antes da cobertura das mesmas por ocasião do plantio (Figura 1).

Figura 1- a) Plantio dos minirrebolos; b) estabelecimento do experimento após o plantio; c) 45 dias após o plantio e d) 60 dias após o plantio.



Fonte: Dados do próprio autor.

Tabela 1- Hormônios e/ou associação deles e suas concentrações aplicadas em cada bloco experimental.

Hormônios e/ou associação	Composição
1	Controle
2	0,05 g/L ¹ de Auxina
3	0,05 g/L de Giberelina
4	0,09 g/L de Citocinina
5	0,05 g/L de Auxina + 0,05 g/L de Giberelina
6	0,05 g/L de Auxina + 0,09 g/L de Citocinina
7	0,05 g/L de Giberelina + 0,09 g/L de Citocinina
8	0,05 g/L de Auxina + 0,05 g/L de Giberelina + 0,09 g/L de Citocinina

Fonte: Dados do próprio autor.

Durante o período de condução do experimento, os vasos foram irrigados sempre que necessário, respeitando a capacidade de campo. A irrigação foi realizada de forma homogênea em todas as parcelas na intenção de garantir umidade suficiente para emergência das plântulas. O processo de irrigação ocorreu durante os 90 dias após plantio (DAP).

Para as características biométricas: número de folhas, número de colmos, diâmetro de colmos (mm) e altura de colmos (cm), foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) em arranjo fatorial 8x4, sendo o primeiro fator composto por hormônios e suas combinações; e o segundo fator composto pelos dias de avaliação, ou seja, aos 45, 60, 75 e 90 após o plantio. Sendo assim, para essas características foram 32 tratamentos com seis repetições, totalizando 192 parcelas ou repetições.

Aos 90 dias após o plantio, foi avaliado também a característica índice de clorofila (IC), por meio de um clorofilômetro portátil OptiSciences® CCM-200, o qual avalia de forma não destrutiva a intensidade da cor verde das folhas. Em cada parcela experimental, registrou-se o referido índice na folha +1 contida no colmo principal. Para medição dessa característica, foi considerada a parte central da região mediana da folha +1 do colmo principal. Nesse local, o aparelho foi posicionado e acoplado na lâmina foliar, evitando a região da nervura central. Foram coletadas 5 leituras consecutivas no mesmo ponto. O valor dessa característica foi considerado a partir da média aritmética das 5 leituras. As folhas foram numeradas pelo sistema de Kuijper., conforme citado por Casagrande (1991).

O índice de área foliar foi avaliado 90 dias após o plantio. Para essa característica, após a lavagem do material proveniente da colheita, foram coletados de forma destrutiva em cada planta 5 segmentos de folhas da cana-de-açúcar, provenientes de diferentes folhas; e posicionadas em diversas regiões da planta; e com idades fenológicas distintas. Cada segmento possuía comprimento padrão de 10 cm. Esses segmentos, ainda frescos, foram levados para estufa de secagem para desidratação com ventilação forçada a 65°C por 72 horas, até atingir peso constante. Após a secagem, cada segmento foi pesado separadamente. A área foliar foi obtida levando em conta a largura, tamanho e peso dos segmentos. Por consequência, o índice de área foliar foi calculado através da relação entre a área foliar e a área do vaso. (HERMANN; CÂMARA, 1999).

Também aos 90 dias após o plantio, foram avaliadas as características peso de matéria seca do caule, folhas e raízes. Para essas características toda a planta, contendo a parte aérea com folhas e caules; também a parte subterrânea, contendo os rizomas e as raízes, foi lavada completamente, de modo a eliminar os possíveis resíduos de terra ou material estranho contidos

na mesma. Em seguida, o material relativo aos caules, folhas e raiz foi separado e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados. O material foi encaminhado para uma estufa com ventilação forçada, para desidratação do mesmo. O material permaneceu na estufa a 65°C por 72 horas, até atingir peso constante. Em seguida, o material foi pesado. Avaliou-se também neste item o peso total da planta, considerando o somatório das massas de folhas, caules e raiz.

As principais características associadas ao comportamento fisiológico das plantas de cana-de-açúcar foram avaliadas aos 90 dias após o plantio. Na ocasião, foram avaliadas: Taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Condutância estomática (GS) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Concentração interna de CO_2 – gás carbônico (Ci) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Temperatura foliar (T) (°C); e Eficiência do Uso da Água (EUA) ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$). Para a medição das características utilizou-se o equipamento IRGA (Infrared Gas Analyser), que consiste num analisador de parâmetros fotossintéticos, com câmara foliar de 6,25 cm^2 . Para avaliação dessas características, foram coletadas 10 leituras consecutivas na parte mediana da folha +1 do colmo principal.

Por fim, na colheita final do material (90 dias após o plantio), foram avaliadas as principais características ultra estruturais histológicas foliares. Na ocasião, retirou-se 01 (um) fragmento da folha+1 por planta do colmo principal. Cada fragmento tinha 5 (cinco) cm de comprimento extraídos da parte central do limbo. As amostras foram enviadas para o Laboratório de Morfofisiologia Vegetal da FCAT – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp de Dracena – SP. Todo material coletado foi fixado em solução F.A.A. 70 (formaldeído 37%, ácido acético e etanol 70% na proporção de 1,0:1,0:18,0 – V/V). Após 24 horas, foram lavados em etanol 70% e armazenados em etanol 70% até a data da realização das análises, de acordo com o procedimento estabelecido por Kraus e Arduin (1997). Todos os fragmentos de tecidos vegetais receberam os procedimentos pertinentes à desidratação, diafanização, inclusão e emblocagem. Com auxílio de um micrótomo de mesa Leica contendo lâmina de aço, foram realizadas secções transversais de 8 μm em cada fragmento foliar emblocado. Para a montagem das lâminas histológicas foram escolhidas as primeiras secções transversais que apresentarem o material mais preservado, ou seja, sem danos ou injúrias provocados pelo corte nos tecidos vegetais. Todas as secções escolhidas foram fixadas com adesivo de Mayer, coradas com safranina a 1% e montadas em lâminas e lamínulas com adesivo Entellan. Todas as lâminas foram observadas em microscópio óptico Leica, com uma câmera acoplada para realização das fotografias dos cortes.

As fotos foram utilizadas para as medições dos parâmetros anatômicos por meio do

programa de análise de imagens QWin, calibrado com régua microscópica nos mesmos aumentos das fotografias, segundo metodologia descrita por Pereira e outros colaboradores (2008). Nos cortes transversais, foram observadas na região da nervura central das folhas diversas características ultraestruturais histológicas foliares, segundo Castro *et al.* (2009). Nos cortes transversais, foram observadas na região da nervura central das folhas as seguintes características morfoanatômicas: EECAD- espessura da epiderme e cutícula adaxial (μm); EECAB- espessura da epiderme e cutícula abaxial (μm); EL- espessura do limbo (μm); AFX- área do feixe xilemático (μm^2); AFF- área do feixe floemático (μm^2); ATFVXF- área total do feixe vascular xilema e floema (μm^2).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o software Agroestat®, sendo as médias dos tratamentos comparadas através do teste f, ($p < 0,01$), ($p < 0,05$) e tukey a nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta a análise de variância para as características observadas em função dos tratamentos e dias de exposição aos biorregulares. Os coeficientes de variação obtidos variaram de baixo a médio indicando que o delineamento experimental utilizado foi satisfatório para controlar a variação ambiental e permitir a obtenção de dados confiáveis (FRITSCHENETO *et al.*, 2012). Observa-se que os mesmos ficaram abaixo ou próximo de 20%. Isso sugere uma boa precisão dos resultados para ensaios de progênies e boa homogeneidade dos dados, o que está de acordo com a literatura (SCAPIM *et al.*, 1995).

Observou-se que para os parâmetros de número de folhas, número de colmos e altura os tratamentos não se diferiram estatisticamente entre si. Esse resultado está em concordância com os resultados apresentados por Kimura e Beauclair (2009), na qual não observaram resultados significativos em avaliações de perfilamento da cana-de-açúcar após aplicação de alguns bioestimulantes nas gemas nos sulcos do plantio. Júnior (2019), também não obteve diferenças em relação ao número de colmos quando utilizou hidrogel, bioestimulantes e micronutrientes no cultivo da cana-de-açúcar. Adicionalmente, os resultados encontrados por Araujo (2015) utilizando diferentes doses dos bioestimulantes Dormex e Ethrel® em mini-rebolos de cana-de-açúcar demonstraram que não houve diferença entre os tratamentos aplicados em relação ao controle, estando em consonância com os resultados obtidos aqui neste experimento.

Tabela 2- Análise de variância para os parâmetros de número de folhas, número de colmos, diâmetro do colmo (mm) e altura do colmo (cm) em função dos tratamentos aplicados e dos dias após o plantio (DAE).

	Nº Folhas	Nº Colmos	Diâmetro	Altura
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)				
Controle	3,77 a	7,16 a	6,66 b	58,48 a
Auxina	4,05 a	6,91 a	7,27 ab	65,85 a
Giberelina	3,94 a	7,25 a	7,14 ab	61,49 a
Citocinina	3,95 a	7,04 a	7,37 ab	63,59 a
Auxina + Giberelina	3,99 a	6,83 a	7,38 ab	63,80 a
Auxina + Citocinina	4,06 a	6,87 a	7,30 ab	61,87 a
Giberelina + Citocinina	3,65 a	6,62 a	7,71 a	62,96 a
Auxina + Giberelina + Citocinina	4,22 a	7,75 a	6,70 b	60,48 a
Dias (D)				
45	2,98 b	3,77 d	5,86 c	50,06 b
60	4,14 a	5,64 c	7,16 b	64,89 a
75	4,23 a	8,20 b	7,53 b	65,28 a
90	4,45 a	10,60 a	8,21 a	69,02 a
Teste F				
Blocos	0,4946 ^{ns}	0,0046 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0012 ^{**}
Hormônios (H)	0,2994 ^{ns}	0,3023 ^{ns}	0,0192 [*]	0,4760 ^{ns}
Dias (D)	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}
Interação (H x D)	0,2403 ^{ns}	0,9431 ^{ns}	0,9814 ^{ns}	0,9886 ^{ns}
Média Geral	3,96	7,06	7,19	62,31
CV (%)	19,99	21,61	15,39	18,31

** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si.

Fonte: Dados do próprio autor.

Embora a diferença obtida para esses parâmetros não foi significativa ($p > 0,05$ ou $0,01 < p < 0,05$) quando se contrasta a média da testemunha com as médias dos tratamentos, pode-se observar uma variação de 3,77 para 4,22 no número de folhas entre controle o hormônio (Auxina + Giberelina + Citocinina), respectivamente. O mesmo efeito foi observado em relação ao número de colmos e na altura, cujas variações foram de 7,15 para 7,75 e de 58,48 cm para 60,48 cm, respectivamente. Ferreira, Ferreira e Bolonhezi (2013) fizeram uso dos reguladores vegetais RVs -ácido indol-butírico (análogo da auxina), cinetina (análogo da citocinina) e ácido giberélico em oito cultivares de cana-de-açúcar, e verificaram que a aplicação de reguladores vegetais no sulco de plantio promoveu o aumento no número de colmos, acréscimos no diâmetro dos colmos e no número de folhas. Segundo Ramos *et al.* (2015) o uso de bioestimulantes acelera a taxa de crescimento das plantas e estimula o seu potencial genético.

Para esses resultados, uma possível justificativa pode ser atribuída quanto a maneira na

qual foi manejado os bioestimulantes nas gemas. Por exemplo, Magalhães *et al.* (2018) observaram melhores resultados concernente ao comprimento de raiz quando o Stimulate® foi administrado via imersão do que por pulverização. De forma similar, o autor Magalhães (2019) atribuiu os valores encontrados para diâmetro e altura da cana-de-açúcar advindo ao tempo de imersão e a uma maior concentração do biorregulador nos tratamentos. Assim, mais estudos concernentes ao manejo dos bioestimuladores devem ser realizados, comparando os métodos de aplicação dos hormônios e as dosagens que apresentam melhor resposta.

Em relação ao diâmetro do colmo, é possível observar efeito significativo entre os hormônios e o controle ($p < 0,05$), sendo, a associação da giberelina e citocinina, aquele que apresentou maior média. Embora não foi observado diferença significativa no crescimento da planta, os fitorreguladores interferiram positivamente no diâmetro dos colmos. As giberelinas promovem o crescimento das plantas, alongando o caule e contribuindo diretamente com o aumento do peso dos colmos. Enquanto que as citocininas são responsáveis pelos processos de divisão, diferenciação celular e mobilização de nutrientes. Diante o exposto, sugere-se que a associação entre esses dois hormônios viabilizou um equilíbrio hormonal suficiente para garantir à planta um aumento no seu crescimento radial. (PEIXOTO, 2011). Esse resultado difere do reportado por Mendes (2010) na qual não observou o engrossamento do colmo após a aplicação do produto Stimulate® sobre os propágulos da cana-de-açúcar, ressaltando então aqui o resultado obtido neste trabalho para a biometria de diâmetro do colmo.

Para o efeito dias após a instalação do experimento, observou-se uma diferença significativa ($p < 0,01$), para todos os parâmetros analisados, destacando-se os 90 DAP com as maiores médias reportadas entre todos os dias após o plantio analisado. Tal comportamento já era previsto, desde que a implantação experimental foi adequada em relação a uniformidade, sanidade e homogeneidade das plantas, viabilizando o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A tabela 3 reporta os resultados em relação a massa seca da raiz, do caule, das folhas e a massa total. Para todos os tratamentos não observou efeito significativo em comparação com o tratamento controle. Possivelmente, esse resultado pode ter ocorrido porque aos 90 DAP a planta ainda não havia atingido o seu pico máximo de crescimento, podendo ainda estar sobre influência das reservas do minirrebolo, o que estaria equiparando os tratamentos. Dessa forma, sugere-se que uma diferença entre as médias dos tratamentos possa ser manifestada em estágios mais avançados de crescimento e desenvolvimento da cultura.

Porém, vale ressaltar que similar a biometria analisada na tabela 2, as médias dos

tratamentos apresentaram valores superiores em massa de matéria seca em relação à testemunha, corroborando com a observação citada acima de que existe a possibilidade de manifestação de diferença significativa entre os tratamentos caso se prolongue o tempo experimental.

Wanderley Filho (2011) encontrou resultados semelhantes ao avaliar a massa da matéria seca da folha e do colmo trabalhando com a variedade RB92579 aos 124 DAP, e considerou em seu trabalho que a planta ainda estava sofrendo influência das reservas do rebolo e que não havia estabelecido seu crescimento máximo. Segundo Landell (2012), as reservas dos toletes são essenciais para a evolução da brotação, durante aproximadamente 60 dias após o plantio, sendo que a dependência das reservas do tolete diminui gradualmente com o desenvolvimento das raízes e da parte aérea da planta em crescimento.

Tabela 3- Análise de variância para a característica de massa da matéria seca da raiz (g), caule (g), folhas e a massa total (g) em função dos tratamentos aplicados.

	Raiz	Caule	Folhas	Total
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)				
Controle	56,84 a	36,56 a	29,79 a	123,20 a
Auxina	81,30 a	48,82 a	38,65 a	168,78 a
Giberelina	72,58 a	50,34 a	33,28 a	156,21 a
Citocinina	91,19 a	44,14 a	33,89 a	169,23 a
Auxina + Giberelina	81,12 a	53,40 a	36,59 a	171,12 a
Auxina + Citocinina	71,96 a	49,25 a	32,40 a	153,62 a
Giberelina + Citocinina	74,97 a	41,84 a	34,25 a	151,07 a
Auxina + Giberelina + Citocinina	68,63 a	45,52 a	30,49 a	144,65 a
Teste F				
Blocos	0,3885 ^{ns}	0,5730 ^{ns}	0,0011 ^{**}	0,1249 ^{ns}
Hormônios (H)	0,4239 ^{ns}	0,2832 ^{ns}	0,2026 ^{ns}	0,1154 ^{ns}
Média Geral	74,82	46,23	33,67	154,73
CV (%)	32,70	25,02	17,51	18,79

** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si.

Fonte: Dados do próprio autor.

Neste contexto, a continuidade do experimento se faz necessário, dando sequência ao crescimento e desenvolvimento da planta em campo com intuito de alcançar resultados positivos em relação à aplicação de hormônios vegetais, e por consequência, obter futuros incrementos na produtividade. Pois Câmara (1993) relacionou a produção de matéria seca por área cultivada a uma maior produtividade.

Quanto ao índice de clorofila (Tabela 4), nenhum efeito significativo foi observado para os tratamentos. Apesar da não diferenciação estatística entre os tratamentos, observa-se um

incremento de até 19,6% nesta taxa, comparando-se a testemunha com os demais tratamentos, com exceção da citocinina. Por sua vez, contrastando com os resultados obtidos neste trabalho, Magalhães *et al.* (2018) estudando a variação nas doses de bioestimulante Stimulate® na produção de mudas pré-brotadas da cultura de cana-de-açúcar com doses de 0,0 L. ha⁻¹; 0,5 L. ha⁻¹ e 0,75 L. ha⁻¹, constataram que para a produção de mudas de cana-de-açúcar a dose de 0,75 L. ha⁻¹ apresentou efeito positivo na taxa de clorofila. Estes resultados provavelmente estão relacionados a interferência dos hormônios na manutenção e aumento de área verde foliar e/ou intensidade de pigmentação relacionado a clorofila na planta, observado comumente quando se tem maiores níveis de auxina e citocinina no tecido vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2006). Garbelini (2009) utilizando giberelinas e citocininas conseguiu aumentar o teor de clorofila em folhas de macadâmia.

Tabela 4- Análise de variância para o índice de clorofila em função dos tratamentos aplicados.

Índice de clorofila	
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)	
Controle	50,00 a
Auxina	52,73 a
Giberelina	59,80 a
Citocinina	46,43 a
Auxina + Giberelina	57,48 a
Auxina + Citocinina	50,33 a
Giberelina + Citocinina	57,41 a
Auxina + Giberelina + Citocinina	53,28 a
Teste F	
Blocos	0,0081 **
Hormônios (H)	0,9113 ns
Média Geral	53,43
CV (%)	33,95

** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si.

Fonte: Dados do próprio autor.

A tabela 5 reporta os resultados em relação a velocidade de emergência e o índice da velocidade de emergência. Os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente entre si, sendo suas médias similares a média do controle. De modo similar, Mendes (2010) observou que quando tratada a variedade SP 81-3250 com giberelina no sulco do plantio, ocorreu um retardamento na emergência da planta, dado que corrobora com o resultado obtido neste trabalho.

Tabela 5- Análise de variância para os parâmetros de velocidade de emergência (VE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em função dos tratamentos aplicados.

	VE	IVE
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)		
Controle	17,27 a	1,33 a
Auxina	17,25 a	1,18 a
Giberelina	17,73 a	1,27 a
Citocinina	17,28 a	1,29 a
Auxina + Giberelina	17,62 a	1,20 a
Auxina + Citocinina	17,13 a	1,30 a
Giberelina + Citocinina	17,12 a	1,08 a
Auxina + Giberelina + Citocinina	16,90 a	1,28 a
	Teste F	
Blocos	0,4486 ^{ns}	0,7882 ^{ns}
Hormônios (H)	0,9425 ^{ns}	0,9483 ^{ns}
Média Geral	17,29	1,24
CV (%)	6,81	29,25

** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si.

Fonte: Dados do próprio autor.

Lisboa (2016) observou um efeito interessante quanto ao uso de etefon, um regulador de crescimento, no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. As gemas utilizadas no estudo eram oriundas do ápice, meio e base dos colmos, sendo as mesmas tratadas com o composto 15 dias antes do plantio. Comparando as posições de origem das gemas, o autor observou que as gemas apicais apresentaram melhores índices de velocidade de emergência, pois as gemas do ápice dos colmos são mais novas e possuem maior concentração de glicose, nitrogênio e principalmente água, o que favorece a emergência do perfilho primário, devido à disponibilidade imediata de glicose e do nitrogênio na divisão celular do tecido latente. De modo que esses efeitos foram possivelmente potencializados pelo uso do etefon aplicado na cana-de-açúcar quinze dias antes do plantio das mudas.

As gemas utilizadas neste trabalho foram as gemas da posição mediana e considerando o extraposto acima, o resultado aqui obtido para o VE e IVE pode estar correlacionado a gema mediana utilizada. Gemas da base apresentam maior acúmulo de sacarose, que tonará maior fonte de glicose, posteriormente convertendo em energia para os tecidos em plena divisão celular. Esse processo de conversão de açúcares necessita de uma maior demanda de energia, que a planta deixa de investir no crescimento da parte aérea e na velocidade de emergência conforme relatado por Aude (1993).

Vale também salientar que Lisboa (2016) tratou as gemas com o biorregulador 15 antes do plantio, assim torna-se imprescindível a busca por novas estratégias quanto ao manejo dos hormônios, desde que o resultado reportado pelo autor aponta para uma melhora quando aplicado o produto dias antes do plantio. Adicionalmente, Li e Solomon (2003) constataram que com a aplicação do etefon aos 20 dias antes do corte das mudas para o plantio, houve um perfilhamento mais uniforme da soqueira e também um aumento no número de colmos da cultura.

As médias da área foliar e o índice da área foliar estão reportadas na tabela 6. De modo que não apresentaram médias significativas quando submetidas ao teste de Tukey com 5% de nível de significância. Pode se correlacionar esse resultado com aquele obtido para o parâmetro número de folhas, desde o que o aumento do mesmo não foi evidenciado estatisticamente. O número de folhas resulta em maior índice de área foliar, ou seja, maior área de folhas disponíveis para interceptação da luz por unidade de área de solo (CRUZ; BOVAL, 2000). Resultados semelhantes foram encontrados por Campos *et al.* (2008), relatando que a área foliar não foi influenciada pelos tratamentos quando comparada à área foliar do tratamento com a área foliar da testemunha, principalmente, quando as plantas foram tratadas com Stimulate®.

Tabela 6- Análise de variância para as características de área foliar (AF) (m²) e índice de área foliar (IAF) em função dos tratamentos aplicados.

	AF (m ²)	IAF
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)		
Controle	0,43 a	3,42 a
Auxina	0,45 a	3,63 a
Giberelina	0,37 a	2,99 a
Citocinina	0,38 a	3,02 a
Auxina + Giberelina	0,36 a	2,87 a
Auxina + Citocinina	0,31 a	2,48 a
Giberelina + Citocinina	0,30 a	2,42 a
Auxina + Giberelina + Citocinina	0,32 a	2,57 a
	Teste F	
Blocos	0,0002 **	0,0002 **
Hormônios (H)	0,0887 ns	0,0887 ns
Média Geral	0,36	2,92
CV (%)	26,05	26,05

** significativo $p < 0,01$; * significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na análise de variância dos parâmetros fotossintéticos (tabela7) só não foi verificado diferença significativa entre os tratamentos na condutância estomática (GS). A análise de variância da temperatura interna da folha (T) a nível de 5% de probabilidade, apresentou diferença significativa entre os hormônios, de acordo com os resultados do teste de Tukey, destacando-se os hormônios (citocinina), (giberelina + citocinina) e (Auxina + Giberelina + Citocinina) com valores ligeiramente diferentes do controle (tabela7). De forma geral, o crescimento da cana-de-açúcar não é afetado quando a temperatura do ar se encontra entre 30 a 34 °C, porém em temperaturas acima de 35°C a planta começa a sofrer estresse térmico, reduzindo sua taxa crescimento. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a redução na condutância estomática e transpiração pode acarretar no aumento da temperatura foliar, pois esses parâmetros desempenham um papel importante na regulação da temperatura, impedindo que a mesma alcance níveis letais para as plantas. Segundo Silva (2009), sob condições de baixa disponibilidade de água nas imediações do sistema radicular, as plantas de cana-de-açúcar tendem a fechar os estômatos, visando a reduzir a perda de água, resultando em maior transferência de calor sensível da superfície da cultura para a atmosfera. Porém nos dados reportados, essas correlações não foram observadas, levando-nos a suposição de que a citocinina foi responsável por esse aumento, pois apenas nos tratamentos que essa estava presente, esse ligeiro aumento foi evidenciado.

A transpiração das plantas é um componente do balanço de energia que determina a temperatura foliar, de acordo com fatores anatômicos das folhas (dimensões, pigmentação e massa), fatores do ambiente (radiação solar, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar) e fatores biológicos que determinam o número e a distribuição dos estômatos (LEUZINGER *et al.*, 2010).

A transpiração das plantas é um componente do balanço de energia que determina a temperatura foliar, de acordo com fatores anatômicos das folhas (dimensões, pigmentação e massa), fatores do ambiente (radiação solar, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar) e fatores biológicos que determinam o número e a distribuição dos estômatos (LEUZINGER *et al.*, 2010). Quando comparado a média do controle com as médias dos hormônios aplicados, observou-se que alguns diferiram-se, por exemplo, nos hormônios (giberelina) e (Auxina + Giberelina + Citocinina) suas médias diminuíram, enquanto que a média daquelas parcelas tratadas com auxina aumentou (Tabela 7). Wanderley (2011) observou que na ausência de estresse hídrico, mesmo com a aplicação de Ubyfol e Stimulate® os tratamentos não diferiram do controle em relação a transpiração e eficiência do uso da água.

Possivelmente na ausência de estresse hídrico, a adição de suplementação hormonal pouco efeito causou na planta, pois a GS não foi alterada.

Para a concentração de carbono interno (C_i), observou-se uma redução nessa taxa para os hormônios citocinina e auxina + citocinina. O C_i sofre influência por meio de fatores que diminuem o influxo de CO_2 para o espaço interno das folhas devido à diminuição da condutância estomática (FARIA *et al.*, 2013). Essa diminuição geralmente ocorre pelo fechamento dos estômatos, que são influenciados por fatores ambientais como disponibilidade hídrica, luz e energia (OMETTO *et al.*, 2003). Esse fato não foi observado no experimento, pois a condutância estomática não foi influenciada pelos tratamentos. A regulação da condutância estomática é essencial para a planta, pois permite que reduzam o consumo de água, evitando assim, perdas excessivas desse recurso (BARBOZA; TEIXEIRA FILHO, 2017). Visto que aqui o experimento foi montado sob irrigação, o efeito dos fitohormônios pouco foi observado.

A assimilação líquida de CO_2 representa a taxa de fotossíntese líquida da planta em resposta ao aproveitamento da energia luminosa, sendo o tanto que a planta aproveita da energia que recebe do sol (Ferraz *et al.*, 2014). Vários fatores podem contribuir com essa assimilação, como por exemplo, o estresse hídrico, deficiências na síntese de clorofila ou da enzima Rubisco, que é a “porta” de entrada na catalise de CO_2 intracelular. Esperava-se que a aplicação dos biorreguladores aumentasse esse parâmetro em comparação com o controle, porém pouca influência dos hormônios foi observada, apenas para a associação entre (Auxina + Giberelina + Citocinina) que essa assimilação diminuiu. Ressalta-se que outros autores avaliaram o efeito da dose do hormônio aplicada e assimilação de carbono, e a conclusão obtida que em doses a essa similar neste trabalho ($0,5 L. ha^{-1}$) a assimilação foi menor em comparação com doses maiores (ZILLIANI, 2015).

Adicionalmente, para a EUA, a associação (auxina + citocinina) foi o tratamento que foi mais responsivo em relação ao controle, porém não significativo. Quanto aos demais tratamentos, os valores observados foram inferiores ou se mantiveram em valores próximos do controle, sem diferenças significativas. Wanderley (2011) comenta que quando A e GS pouco variam ou se variarem, será de forma proporcional, existe a possibilidade de C_i e a EUA se manterem constantes, no sentido da otimização das trocas gasosas. Assim, é provável que os resultados aqui obtidos foram reflexos da tentativa da planta manter seu equilíbrio hormonal, desde que a condutância estomática e o carbono interno pouco variaram (LEAKEY *et al.*, 2019).

Tabela 7- Análise de variância dos parâmetros fotossintéticos, sendo, temperatura interna da folha (T) (°C), concentração interna de CO₂ (mol m⁻² s⁻¹) (C_i), Taxa de transpiração da folha (E) (mmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (GS) (mol m⁻² s⁻¹), assimilação líquida de CO₂ (A) (μmol m⁻² s⁻¹) e eficiência do uso da água (EUA) (kg ha⁻¹ mm⁻¹).

	T	C _i	E	GS	A	EUA
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)						
Controle	33,097cd	162,933 a	1,908 ab	0,0797 a	10,357 abc	5,156 ab
Auxina	32,897 d	207,700 a	2,479 a	0,1263 a	9,951 abc	4,355 b
Giberelina	32,833 d	190,000 a	1,716 b	0,0763 a	7,489 bc	4,611 b
Citocinina	33,317 abc	114,833 ab	1,790 ab	0,0853 a	10,695 abc	6,109 ab
Auxina + Giberelina	33,137 bcd	172,467 a	2,406 ab	0,1137 a	11,825 a	5,059 b
Auxina + Citocinina	33,657 a	104,000 b	2,077 ab	0,2247 a	9,576 abc	7,615 a
Giberelina + Citocinina	33,237 bcd	221,000 a	2,381 ab	0,1157 a	9,094 abc	3,872 b
Auxina + Giberelina + Cit.	33,517 ab	177,600 a	1,705 b	0,0693 a	6,955 c	4,386 b
Teste F						
Blocos	390,74**	6,40**	18,14**	4,67**	15,70**	2,65*
Hormônios (H)	8,63**	4,42**	3,92**	1,73 ^{ns}	3,78**	4,20**
Média Geral	33,211	157,117	2,058	0,1114	9,493	5,145
CV (%)	1,59	111,63	43,68	188,242	48,20	62,53

Nota: **, * e ns, significativo a 1%, 5% e não-significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

A tabela 8 reporta os dados da análise de variância dos parâmetros histológicos obtidos. Com relação a espessura da epiderme e cutícula adaxial e abaxial, os tratamentos que mais refletiram a ação dos biorreguladores foram os hormônios (auxina + citocinina) e (auxina + giberelina), respectivamente. Conforme já mencionado, a auxina nas células promove a sua expansão, pois estão envolvidas na incorporação de materiais na parede celular, afetando a expansão celular, através do aumento da plasticidade da parede celular. Possivelmente a auxina contida nesses tratamentos influenciou no aumento da EECAD e da EECAB. A epiderme desempenha diversas funções para o vegetal, agindo como proteção contra-ataques de pragas devida sua propriedade em acumular sílica na sua superfície. Atua também na regulação de trocas gasosas e protege o mesofilo região foliar onde estão inseridos os vasos condutores (CASTRO *et al.*, 2009).

O xilema tem como função principal o transporte ascendente de nutrientes e água, sendo este movimento regulado pela transpiração. Portanto, a variação de seu diâmetro pode interferir no melhor abastecimento das diversas partes da planta. O floema transporta além da água, carboidratos, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas e nutrientes em várias direções. Por isso,

o aumento de suas dimensões anatômicas é fundamental para essa função, contribuindo dessa forma, para um maior transporte de assimilados aos locais definitivos (TAIZ; ZEIGER, 2008).

Corroborando com os dados obtidos para EECAD, a associação (auxina + citocinina) apresentou o maior valor de AFX quando comparado com os outros, bem como a (citocinina). Para AFF, os tratamentos (Giberelina), (Citocinina), (Auxina + Giberelina) e (Auxina + Citocinina) apresentaram resultados superiores em relação ao controle. Porém, quando se compara os resultados da média dos hormônios com a média do controle para a espessura do limbo, praticamente todos os resultados foram inferiores.

Tabela 8- Análise de variância dos parâmetros histológicos: EECAD- espessura da epiderme e cutícula adaxial (μm); EEACAB- espessura da epiderme e cutícula abaxial (μm); EL- espessura do limbo (μm); AFX- área do feixe xilemático (μm^2); AFF- área do feixe floemático (μm^2); ATFVXF- área total do feixe vascular xilema e floema (μm^2)

	EECAD	EEACAB	EL	AFX	AFF	ATFVXF
Hormônios e/ou associação de hormônios (H)						
Controle	54,655 ab	101,365 ab	1797,237 a	3745,690 c	3924,993 b	7670,683 d
Auxina	41,752 b	111,272 ab	1190,732 e	4565,197 bc	4195,013 b	8760,168 bcd
Giberelina	48,282 ab	108,218 ab	1270,448 e	4327,295 c	6708,625 a	11262,728 a
Citocinina	56,948 ab	110,280 ab	1676,372 ab	5663,437 a	5498,997 ab	11162,432 ab
Auxina + Giberelina	44,722 b	125, 248 a	1441,095 cd	5356,075 ab	5327,278 ab	10927,910 abc
Auxina + Citocinina	62,273 a	98,465 ab	1462,082 cd	5746,868 a	5150,400 ab	10897,267 abc
Giberelina + Cit.	40,198 b	96,663 ab	1422,807 d	5356,075 ab	4655,250 b	10011,323 abcd
Auxina + Gib. + Cit.	50,373 ab	96,055 b	1574,612 ab	4177,417 c	4509,027 b	8686,445 cd
Teste F						
Blocos	0,67 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Hormônios (H)	4,03**	2,40*	44,69**	12,53**	4,08**	6,46**
Média Geral	49,90	105,946	1479,425	4897,826	4996,198	9922,370
CV (%)	18,83	14,78	4,96	11,04	21,45	13,37

Nota: **, * e ns, significativo a 1%, 5% e não-significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos mostraram-se inconclusivos e de forma que se faz necessário a continuidade do trabalho dando sequência ao crescimento e desenvolvimento das plantas em campo para verificar se os tratamentos conduzem a incrementos na produtividade e nos parâmetros aqui avaliados. Adicionalmente, a dose aplicada nos mini rebolos e a forma de aplicação podem ser otimizados, visto que os resultados reportados na literatura apontam para eficácia quando a dose utilizada é superior a 0,5 L. ha⁻¹, sendo a aplicação sob forma de imersã

6 CONCLUSÃO

Para as análises biométricas, apenas a característica diâmetro do colmo apresentou resposta positiva quanto aos hormônios aplicados, sendo a associação da giberelina com a citocinina o tratamento na qual a média se diferenciou do controle. Em relação às análises fisiológicas, observou-se um incremento na eficiência do uso da água e na taxa fotossintética para os hormônios auxina + citocinina e auxina + giberelina, respectivamente. Similarmente, a espessura da epiderme e cutícula adaxial e a espessura da epiderme e cutícula abaxial, os hormônios compostos por auxina + citocinina e auxina + giberelina foram mais responsivos em relação ao controle e demais aplicados, respectivamente. Para os demais parâmetros, poucos efeitos foram observados com a adição de biorreguladores no meio de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. B. D. **Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2015. 37f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- AUDE, M. I. da S. Estágios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993.
- BARBOSA, F. S. **Resistência à seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2010.
- BARBOZA, G. C.; TEIXEIRA F. J. Transpiração foliar e condutância estomática da cana-de-açúcar em função do clima e disponibilidade de água. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 4, p. 675-689, 2017.
- BOTHA, T.; BLOTTNITZ, H. A compare is one of the environmental benefits of bagasse-derived electricity and fuel ethanol on a life-cycle basis. **Energy Policy**, Guildford, v. 34, p. 2654-2661, 2006.
- BRESSIANI, J. A. **Herdabilidade e repetibilidade na cultura da cana-de-açúcar**. 1993. 66 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola 21 Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1993.
- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. *In*: CÂMARA, G. M. S. **Produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, p. 31-64, 1993.
- CAMPOS, M. F. D.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 53-63, 2008.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009. 234 p.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. *In*: CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 132.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. *In*: CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 19.
- CESAR, M. A. A.; DELGADO, A. A.; CAMARGO, A. P. de; BISSOLI, B. M.; SILVA, F. C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana –de -açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 6, p. 32-38, 1987.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Safra 2017/18**, Brasília, v. 4, 2017.

COSTA, N. L. **Bioestimulante como Fator de Produtividade da Cana-de-Açúcar**. Embrapa, 2010. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/878849/1/ClicNews20104.pdf. Acesso em: 18 jul. 2021.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. *In*: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. de F.; NABINGER, C. (Eds). **Grassland ecophysiology and grazing Ecology**. New York: CABI Publishing, 2000. p.151-168.

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

DIAS, F. L. F.; BOM, E. A.; GIRIO, L. A. S.; SOUZA JUNIOR, G. da S.; ÁVILA, M. D.; TAVARES, S. Efeito da aplicação de bioestimulantes, no vigor, brotação e produção de biomassa de cana-de-açúcar na variedade RB 867515. *In*: WORKSHOP AGROENERGIA MATÉRIAS PRIMAS 8., 2014, Ribeirão Preto. **Anais eletrônicos [...]** Ribeirão Preto: APTA Regional Centro Leste/IAC Instituto Agrônômico, 2014. Disponível em: http://www.infobibos.com/Agroenergia/CD_2014/Resumos/ResumoAgroenergia_2014_037.pdf. Acesso em: 12 out. 2022

ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F.; KRIESER, C. R.; ABUCARMA, V. M.; KLEIN, J.; SANTOS, L.; DALLABRIDA, W. R. Uso de bioestimulante na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 351-359, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 356 p.

EVANS, A.; STREZOV, V.; EVANS, T. J. Sustainability considerations for electricity generation from biomass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 14, n. 5, p. 1419-1427, 2010.

FARIA, A. T.; SARAIVA, D. T.; PEREIRA, A. M.; ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; SILVA BENEVENUTE, S. Atividade fisiológica da cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Jaboticabal, v. 12, n. 2, p. 171-178, 2013.

FERREIRA, M. M. R.; FERREIRA, L. H. Z.; BOLONHEZI, A. C. Reguladores vegetais aplicados no sulco de plantio em cultivares de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 59-64, 2013.

FILHO, A. P. A. P. **Aplicação foliar de nutrientes e hormônios na cana-de-açúcar em início de safra: produção e qualidade da matéria prima**. 2019. 18 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

FRITSCHÉ-NETO, R.; VIEIRA, R. A.; SCAPIM, C. A.; MIRANDA, G. V.; REZENDE, L. M. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v.34, n.1, p. 99-101, 2012.

GALDIANO, L. C. **Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) submetida à aplicação de maturadores químicos**. 2008. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

GARBELINI, R. C. B. S. **Reguladores vegetais na emergência e desenvolvimento de plantas de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betcher)**. 2009. 94 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

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

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

GONÇALVES, B. H. L.; SOUZA, J. M. A.; FERRAZ, R. A.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Efeito do bioestimulante Stimulate® no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, PT, v.41, n.1, p.147-155, 2018.

HEERDEN, P. D. R.; EGGLESTON, G.; DONALDSON, R. A. Ripening, and postharvest deterioration. *In*: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. **Sugarcane: physiology, biochemistry and functional biology**. Oxford: Wileyblackwell, 2014. Cap. 4, p. 55-84.

HERMANN, E. R.; CÂMARA; G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, p. 32-34, 1999.

HO, C. Y.; CHANG, J. J.; LEE, S. C.; CHIN, T. Y.; SHIH, M. C.; LI, W. H.; HUANG, C. C. Development of cellulosic ethanol production process via co-culturing of artificial cellulosomal, *Bacillus* and kefir yeast. **Applied Energy**, Oxford, v. 100, p. 27-32, 2012.

JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v. 196, p. 3-14, 2015.

EMBRAPA AGROENERGIA; VAZ JUNIOR, S.(Ed). **Biorrefinarias: cenários e perspectivas**. Brasília: Athalaia, 2011.

FRANCO JÚNIOR, W. P. O. **Bioestimulante, hidrogel e micronutrientes no desenvolvimento inicial do segundo perfilho de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar**. 2019. 20 F. Trabalho de Conclusão do Curso de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

KIMURA, W. J.; BEAUCLAIR, E. G. F. **Resposta da brotação a diferentes bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2009. 2p.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.

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

LEAKEY, A. D.; FERGUSON, J. N.; PIGNON, C. P.; WU, A.; JIN, Z.; HAMMER, G. L.; LOBELL, D. B. Eficiência no uso da água como restrição e meta para melhorar a resiliência e produtividade das culturas C3 e C4. **Revisão Anual de Biologia Vegetal**, Los Angeles, v. 70, p. 781-808, 2019.

LEUZINGER, S.; VOGT, R.; KÖRNER, C. Tree surface temperature in an urban environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 150, p. 56-62, 2010.

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

LISBOA, L. A. M. **Efeitos do Etephon associado à posição de gemas no colmo de cana-de-açúcar no desenvolvimento inicial da cultura**. 2016, 36 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. C. (2015). Biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores na agricultura tropical. In: Visotto, L. E., *et al* (Editores). **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**, Viçosa, MG: FAPEMIG

MAGALHÃES, W. A. **Aplicação do biorregulador no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar obtidas por diferentes formas no sistema de mudas pré-brotadas (mpb)**. 2019, 37 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista, 2019.

MAGALHÃES, W. A.; PEREIRA, O. L. F.; LEMOS, J. P. Efeito de doses de biorregulador vegetal no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar pelo sistema de mudas pré-brotadas (mpb). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (SIC), 2., 2018, Sabará, MG. **Anais [..]** Belo Horizonte: Editora IFMG

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR., G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.

MENDES, L. S. **Efeitos de ethephon e giberelina no desenvolvimento inicial e em alguns parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar**. 2010, 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciências: Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2010.

MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A.; BÁRBARO, I. M.; ESPERANCINI, M. S. T.; TICELLI, M.; COSTA, A. G. F. Viabilidade econômica na utilização de um regulador vegetal em cana-

planta. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 53-59, 2009.

MORAES, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000. 238 p.

NUNES, J. D. Efeitos da aplicação de giberelina em cana-de-açúcar. *In*: 12º PRODUTIVIDADE & REDUÇÃO DE CUSTOS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA, 12., Ribeirão Preto. **Anais [...]** Ribeirão Preto: Grupo IDEA. 2013.

OLIVEIRA, C. P.; ALVAREZ, R. de C. F.; de 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. 245-25, 2013.

OMETTO, A. R.; HAUSCHILD, M. Z.; ROMA, W. N. L. Lifecycle assessment *eof* fuel ethanol from sugarcane in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Frankfurt, v. 14, p. 236-247, 2009.

OMETTO, J. P. H. B.; EHLERINGER, J. R.; MARTINELLI, L. A.; BERRY, J.; FLANAGAN, L.; DOMINGUES, T. F. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 2003, Rio Claro. **Anais [...]** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003.

ORLANDO-FILHO, J.; ROSSETTO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. *In*: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B van; ABREU, C. A. (Ed.) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPQ/Fapesp/Potafós, 2001. p. 355-373.

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

PALACIOS-BERECHE, M. C.; PALACIOS-BERECHE, R.; ENSINAS, A.V.; GALLEGO, A. G.; SILVA, M. M.; NEBRA, S.A. Brazilian sugar cane industry – A survey on future improvements in the process energy management. **Energy**, Amsterdã , v. 259, 2022.

PARADIKOVIĆ, N.; TEKLIĆ, T.; ZELJKOVIĆ, S.; LISJAK, M.; ŠPOLJAREVIĆ, M. Biostimulants research in some horticultural plant species: A review. **Food and Energy Security**, Birmingham, v. 8, n. 2, e00162, 2019.

PAUL, M. J.; PELLNY, T. K. Carbon metabolite feedback regulation of leaf photosynthesis and development. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 382, p. 539-547, 2003.

PEIXOTO, C. P. **Curso de fisiologia vegetal**. Apostila de Aulas (Fisiologia Vegetal) – Centro de Ciências agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas: UFRB, 2011. 177 p.

RAMOS, A. R.; BINOTTI, F. F. S.; SILVA, T. R.; SILVA, U. R. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Revista Biociências**, Taubaté, v.21, n.1, p. 76-88, 2015.

- REZENDE, M. L.; RICHARDSON, J.W. Economic feasibility of sugar and ethanol production in Brazil under alternative future prices outlook. **Agricultural Systems**, Essex, v. 138, p. 77-87, 2015.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V. I.; YOSHIRO, B. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2006. 216 p
- ROSSETTO, R. **Manejo tecnológico da cultura da cana-de-açúcar para alta produtividade**. Ribeirão Preto: APTA, 2015. Disponível em: <<http://abisolo.com.br/files/6forum/11ribpreto2015.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2022
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.
- SCHWEINLE, J. Wood & other renewable resources: a challenge for LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Frankfurt, v. 12, p. 141-142, 2007.
- SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; MONTES, M.L.D.; OMETTO, A.R. Life cycle assessment of the sugarcane bagasse electricity generation in Brazil, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 32, p. 532-547, 2014.
- SILVA, J. A. A.; DONADIO, L. C. **Reguladores vegetais na citricultura**. Jaboticabal: Unesp/Funep, 1997. 38 p
- SILVA, M. A. Biorreguladores: Nova Tecnologia para maior Produtividade e longevidade do canavial. **Pesquisa e Tecnologia**, Campinas, v. 7, n. 2, 2010.
- 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, 2010.
- SILVA, T.G.F. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro**. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- TAIZ, L. *et al.* (2017). **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 858 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 3ª ed 2006. 719 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p. UFV, 2010. p.2549. v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5ª ed. 2013. 954 p.
- TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 102, p. 64-72, 2007.

VIEIRA, G. E. G.; NUNES, A. P.; TEIXEIRA, L.F.; COLEN, A. G. N. Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 15, n. 24, p. 105–212, 2014.

WANDERLEY F. H. C. de L. **Uso de bioestimulantes e enraizadores no crescimento inicial e tolerância à seca em cana-de-açúcar**. 2011. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, 2017.

ZILLIANI, R. R. **Influência de biorreguladores sobre a fisiologia e crescimento inicial de cana-de-açúcar submetida ao déficit hídrico**. 2015, 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2015.