

USO DE BIOESTIMULANTES E BACTÉRIA PROMOTORA DE
CRESCIMENTO VEGETAL (*Herbaspirillum seropedicae*) NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

PATRICK MARTINS BARBOSA BRITO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO - 2022

USO DE BIOESTIMULANTES E BACTÉRIA PROMOTORA DE
CRESCIMENTO VEGETAL (*Herbaspirillum seropedicae*) NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

PATRICK MARTINS BARBOSA BRITO

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal

Orientador: Prof.º D.Sc. Silvio de Jesus Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO-2022

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

B862

Brito, Patrick Martins Barbosa.

USO DE BIOESTIMULANTES E BACTÉRIA PROMOTORA DE CRESCIMENTO VEGETAL (Herbaspirillum seropedicae) NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR / Patrick Martins Barbosa Brito. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

63 f.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2022.
Orientador: Silvío de Jesus Freitas.

1. Cana-de-açúcar. 2. Bioestimulantes. 3. MPB. 4. BPCV. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

USO DE BIOESTIMULANTES E BACTÉRIA PROMOTORA DE
CRESCIMENTO VEGETAL (*Herbaspirillum seropedicae*) NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

PATRICK MARTINS BARBOSA BRITO

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal

Aprovada em 22 de fevereiro de 2022.

Comissão Examinadora:

Prof. D.Sc. Willian Pereira (D.Sc., Agronomia – Ciências do Solo) – UFRRJ

Prof. D.Sc. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia – Produção Vegetal) - UENF

Prof. D.Sc. Paulo César dos Santos (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Silvío de Jesus Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF
(Orientador)

Dedico,

Aos meus pais, Tânia Márcia e Antônio Claudio (in memorian) pelos ensinamentos, conselhos, incentivos e apoio para que eu chegasse até a conclusão deste trabalho. Ao meu noivo Lucas por todo companheirismo e amor. À minha sobrinha Ana Jhúlyya por todo abraço inesperado para me trazer paz. À toda minha família e amigos por todo apoio necessário neste período de isolamento social, onde cada mensagem de incentivo era gratificante de receber.

*“Se a educação sozinha não transforma a sociedade,
sem ela tampouco a sociedade muda.”*

Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e Nossa Senhora de Fátima, pelas bênçãos e proteção, por sempre segurarem em minhas mãos e me guiarem por todos os caminhos corretos, desde os mais difíceis aos mais felizes;

Aos meus pais Tânia Marcia e Antônio Claudio (*in memoriam*), por todo incentivo, força e apoio em todos os momentos durante minha caminhada de vida;

Ao meu noivo Lucas Eiras por todo o apoio, amor e ajuda na condução dos experimentos deste trabalho, e por estar sempre ao meu lado com uma mensagem positiva;

Ao meu orientador Prof^o D.Sc. Silvio de Jesus Freitas pelo apoio e orientação, que vem me acompanhando em toda a minha trajetória acadêmica na Agronomia, desde meus trabalhos de iniciação científica;

Ao meu co-orientador Willian Pereira por todas as sugestões, ensinamentos, correções, cuidado, empenho e fornecimento do material propagativo para a execução do experimento;

Aos funcionários Cacau, Manoel e Marquinhos da UFRRJ Campus Campos dos Goytacazes - RJ pelo auxílio durante a realização do experimento;

Ao professor Fábio Olivares por todo o suporte para a instalação e execução do experimento e fornecimento do microrganismo utilizado no experimento;

À minha amiga Dandara Lyone por trilhar um caminho fielmente ao meu lado durante toda a execução e avaliação dos experimentos, me ajudando em todos os momentos;

Às minhas amigas e colegas de laboratório Francielle Guimarães e Laura Salomão por toda contribuição na execução dos experimentos, se prontificando a se arriscarem durante uma pandemia em prol da ciência;

Aos meus amigos, Sarah Mello, Tarine Dinis, Júlia Balthazar, Bruna Gandini, Rommel Erthal, Isadora Mérida, Angelina Gama, Milena Moura e Lucas Couto por sempre estarem dispostos a ouvir desabafos e torcer pelo meu sucesso;

Aos membros da banca de avaliação por se disporem a contribuir com sugestões para a melhoria deste trabalho;

À UENF e UFRRJ campus Campos dos Goytacazes pelo apoio e por conceder materiais e espaço para o desenvolvimento do experimento, e;

Ao CNPq pelo fomento à esta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Caracterização da Espécie	4
2.2. Importância Socioeconômica.....	5
2.3. Propagação da Cultura	6
2.4. Viveiro	7
2.5. Plantio convencional	7
2.6. Muda Pré-Brotada (MPB)	8
2.7. Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente - MEIOSI.....	9
2.8. Caracterização da Variedade	9
2.9. Bioestimulantes na Agricultura	10
2.10. Sync Cana MD®	11
2.11. Stimulate®	11
2.12. Reguladores de Crescimento na Agricultura.....	11
2.13. <i>Herbaspirillum seropedicae</i>	13
3. OBJETIVOS	14
3.1. Geral.....	14
3.2. Específicos.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15

4.1. Caracterização da Área:	15
4.2. Obtenção do Material Propagativo:	15
4.3. Preparação dos Inóculos e Inoculação dos Minitoletes	16
4.4. Preparação Inicial	17
4.5. Experimento I	18
4.6. Adubação	19
4.7. Delineamento Experimental.....	20
4.8. Sombreamento, Irrigação e Poda	22
4.9. Experimento II	22
4.10. Sombreamento, Irrigação e Poda.....	24
4.11. Controle de Pragas	24
4.12. Avaliações Biométricas	24
4.13. Avaliações Fisiológicas	27
4.14. Análises Estatísticas	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Experimento I.....	28
5.1.1. Perfilhamento:.....	28
5.2. Experimento II.....	33
6. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APÊNDICES	48

RESUMO

BRITO; Patrick Martins Barbosa; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro 2022; Uso de bioestimulantes e bactéria promotora de crescimento vegetal (*Herbaspirillum seropedicae*) na produção de mudas de cana-de-açúcar.; Orientador: Prof.^a. Ds.c. Sílvio de Jesus Freitas; Co-orientador: Prof^o. D.Sc. William Pereira.

O cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum*, sp) possui grande valor econômico e social no setor agrário brasileiro, gerando trabalho e renda, contribuindo para as somas de receitas brasileiras. A garantia de uma lavoura de cana-de-açúcar bem sucedida está ligada aos diversos fatores, como a utilização de variedades resistentes às pragas e doenças, ao déficit hídrico, e também de possuir uma muda de ótima qualidade para plantio. Para isso, inovar o seu sistema de produção visando uma planta mais resistente, de qualidade e altamente produtiva é necessário. Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho promover e avaliar o crescimento inicial de mudas da cana-de-açúcar por meio da aplicação de bioestimulantes e bactéria promotora de crescimento vegetal (*Herbaspirillum seropedicae*), visando mudas de melhor qualidade e possível redução de tempo de viveiro. O trabalho consistiu em dois experimentos independentes em blocos casualizados, o primeiro com quatro blocos e quatro repetições avaliados em caixas, e o segundo com cinco blocos e quatro repetições avaliados em tubetes, sendo ambos com os seguintes tratamentos: T1-Controle, T2-Sync[®], T3-Stimulate[®], T4-HUENF19, T5-Sync[®]+HUENF19 e T6-Stimulate[®]+HUENF19 em

que foram avaliados: a brotação, o transplântio e a indução ao perfilhamento da variedade RB867515 de cana-de-açúcar, em caixas e em tubetes, utilizando a aplicação de bioestimulantes e BPCV. Diante dos resultados dos experimentos, conclui-se que a aplicação do bioestimulante em conjunto com a BPCV (Bactéria Promotora de Crescimento Vegetal) promoveu incrementos em altura e diâmetro de colmo na fase inicial do desenvolvimento das mudas de cana-de-açúcar. Assim a associação da BPCV em conjunto com o bioestimulante Stimulate[®] resultou em maior conversão em biomassa vegetal durante o crescimento inicial de mudas de cana-de-açúcar, analisando os parâmetros de MSPA e MSR. Dessa forma, a variedade RB867515 foi favorecida no período inicial da produção de mudas, possibilitando uma redução no período no viveiro.

ABSTRACT

BRITO; Patrick Martins Barbosa; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2022; Use of biostimulants and plant growth-promoting bacteria (*Herbaspirillum seropedicae*) in the production of sugarcane seedlings; Advisor: Prof^o. Ds.c. Sílvio de Jesus Freitas; Co-Advisor: Prof^o. D.Sc. William Pereira.

Sugar cane cultivation (*Saccharum*, sp) has abounded social and economic value on Brazilian agrarian sector, creating job opportunities and incomes, also contributing to Brazilian revenues. From sugar cane productive chain, highlighted products are manufactured such as alcohol and sugar, besides manifold handmade products as cachaça and jaggery. Furthermore, bagasse can be burnt in order to sustainably generate alternative energy. Healthy and vigorous saps decrease possible failure during planting, optimizing and increasing productive potential. Thereby, the guarantee of a successful sugar cane plantation is connected to diverse factors, such as usage of resistant varieties to plagues and diseases, hydric deficit, moreover the sap quality to sow. Due to that, to innovate on productive system aiming a more resistant, highly productive and with good quality plant and is necessary. After that said, the objective of this work is to promote and evaluate the first stages of growing from sugar cane saps through biostimulants application and bacteria responsible for vegetal growing (*Herbaspirillum seropedicae*) aiming for better quality saps and possible reduction of seedling nursery time. The work consisted of two independent experiments, in randomized blocks, the first with four

blocks and four repetitions evaluated in boxes, and the second with five blocks and four repetitions evaluated in tubets, both with the following treatments: T1-Control, T2- Sync[®], T3-Stimulate[®], T4-HUENF19, T5-Sync[®]+HUENF19 and T6-Stimulate[®]+HUENF19, which we prospected for an evaluation regarding growth, transplanting and tillering induction from sugar cane RB867515 variety, in boxes and tubets, using the application of biostimulants and BPCV. The conclusion from the results of the experiment was that the biostimulant application in partnership with BPCV promoted increments in height and height-diameter on initial stages from sugar cane development, such as the association of BPCV and Stimulate[®] creates a higher conversion of vegetal biomass during initial growing of sugar cane saps, analyzing the parameters of shoot dry matter and root dry matter. Thus, RB867515 variety was favored on the beginning period of saps production, enabling a reduction on seedling nursery time.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum*, sp) possui grande valor econômico e social no setor agrário brasileiro. A cultura gera trabalho e renda, assim, contribuindo de forma positiva para as somas de receitas brasileiras. De acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO, 2020), o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção total de, aproximadamente, 746 milhões de toneladas anuais, representando cerca de 40% da produção mundial. Após o Brasil, em termos produtivos, vem a Índia, China e Tailândia.

No âmbito nacional, São Paulo é o maior estado produtor, com cerca de 425 milhões de toneladas representando cerca de 52% da produção nacional, com uma produtividade de 77 ton ha⁻¹, (IBGE, 2020). O Rio de Janeiro na safra de 2019 teve aproximadamente 52,5 mil hectares plantados, e produção anual de aproximadamente 2 milhões e 400 mil toneladas, com produtividade de 45,9 ton ha⁻¹. Em escala regional, mais de 80% da área colhida com cana-de-açúcar no estado do Rio de Janeiro ficam localizadas na Região Norte Fluminense, levando em consideração Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana, os dois maiores municípios produtores (EMATER, 2020; IBGE, 2020).

A introdução da cultura na região, mais precisamente na cidade de Campos dos Goytacazes, teve início no século XVII com a fundação do engenho de São Salvador em 1650 (Lamego et al.,1974). No início da década de 70 estavam em operação 24 unidades industriais, e atualmente são quatro usinas, sendo três

instaladas no município de Campos dos Goytacazes (São José, Coagro e Cana Brava) e uma em Cabo Frio (Agrisa) (Peixoto, 2005).

A drástica queda no quantitativo de usinas desta região é atribuída a uma gestão inadequada por parte dos proprietários em não adesão e investimento em novas tecnologias, pois, a garantia de uma lavoura de cana-de-açúcar bem sucedida está ligada aos diversos fatores, como a utilização de variedades resistentes às pragas e doenças, resistentes ao déficit hídrico, e também por possuir uma muda de ótima qualidade para plantio. Para isso, inovar o seu sistema de produção visando uma planta mais resistente, de qualidade e altamente produtiva é necessário, visto que as presentes mudas trazem consigo esse gargalo em sua cadeia produtiva.

Em um hectare de cana-de-açúcar no sistema convencional mecanizado são destinados em torno de 20 toneladas de mudas. Já no sistema com seccionamento do colmo esse consumo é reduzido para duas toneladas (Gomes, 2013).

A implantação de tecnologias como o MPB (Mudas Pré-Brotadas) com a utilização de minitoletes é uma alternativa para ajudar no aumento da produtividade da cultura (Zilliani, 2015). A utilização de minitoletes traz inúmeros benefícios para a cultura, destacando, maior produção, elevado padrão fitossanitário e plantas vigorosas (Landell et al., 2012). Proporciona ainda a redução no volume de colmos por hectare no plantio, redução de mão de obra e maior eficiência na logística. Assim, a utilização da técnica resulta economia de mudas, aumento da sanidade fitossanitária do material vegetativo e maior uniformidade no plantio (Xavier et al., 2014).

De qualquer forma, a utilização de bioestimulante no processo de produção de mudas, pode ser uma alternativa viável para as plantas superarem estresses abióticos, já que estes produtos possuem incremento hormonal e nutricional. Sendo assim, a aplicação de reguladores de crescimento nos estádios de plântula, assim como no tratamento de sementes, poderá estimular o crescimento radicular, favorecendo uma recuperação mais rápida das plântulas quando estas estiverem em condições desfavoráveis (Lana et al., 2009).

Diante do exposto, torna-se importante um estudo eficiente para analisar a propagação vegetativa da *Saccharum* sp. utilizando minitoletes, buscando o aperfeiçoamento de uma técnica ainda pouco explorada, utilizando

bioestimulantes, para a produção de mudas a partir de plantas matrizes, culminando em menos tempo de produção, comparado ao MPB tradicional. Aliado a isto, a baixa necessidade de recursos financeiros e estruturais para implementação desse tipo de protocolo utilizando minitoletes torna uma ferramenta de grande interesse para tais objetivos.

Um aprimoramento de nova técnica, segundo Jain et al. (2010), permite que aproximadamente 80% da massa do material utilizado na multiplicação convencional (toletes) seja poupada por meio do plantio de mudas pré-brotadas.

Em virtude dessas colocações, associada à falta de conhecimento disponível em relação aos aspectos inerentes ao recente desenvolvimento dessa técnica, tornam-se imprescindíveis estudos com propagação de mudas de cana-de-açúcar utilizando bioestimulantes, constituindo-se no objetivo principal do presente trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da Espécie

A cana-de-açúcar é uma planta com origem na Oceania, mais precisamente nas Ilhas de Papua, na Nova Guiné. Nesta região, além de crescer e se desenvolver em meio silvestre, era comumente utilizada como planta ornamental. Entretanto, foi na Índia que se obteve o primeiro relato de cana-de-açúcar como uma espécie de consumo humano (Batista, 2013).

As primeiras mudas de cana-de-açúcar chegaram ao Brasil em 1532 e vieram das Ilhas da Madeira e Açores onde as condições edafoclimáticas e ambientais eram muito parecidas com as do Brasil, e, tal fato impulsionou a criação dos primeiros engenhos açucareiros no país (Miranda, 2008; Ripoli et al., 2006).

A cana-de-açúcar é uma planta semiperene, pertencente à família Poaceae, e que possui metabolismo fotossintético C4, o que garante um grande armazenamento de sacarose nos tecidos dos colmos, tornando-a de extrema importância comercial (Tejera et al., 2007). Os seus estádios fenológicos podem ser divididos em brotação e emergência, perfilhamento, crescimento e maturação dos colmos (Gascho e Shih, 1983).

Essa planta cresce em formato de touceira, com folhas, colmos, e inflorescências compondo a sua parte aérea, raízes e rizoma constituindo sua parte subterrânea, que são de suma importância para que ocorra a formação dos perfilhos (Segato et al., 2006).

A cana-de-açúcar, assim como as demais plantas da família Poaceae, floresce, frutifica e morre, características estas que garantem a perpetuação da espécie. Possui inflorescência em forma de panícula aberta, chamada de bandeira ou flecha, entretanto, não é um parâmetro de interesse agrônomo expresso pela planta, que é de interesse do produto (Araldi et al., 2010). Ela é utilizada habitualmente em processos de melhoramento da espécie. Na produção comercial da espécie utiliza-se o seu rizoma para multiplicação reprodutiva. (Peixoto, 2017).

O seu sistema radicular é do tipo ramificado fasciculado, concentrando maior adensamento de raízes nas camadas mais superficiais do solo. Estima-se que cerca de 85% da massa radicular total se encontre nos primeiros 50 cm de profundidade e, cerca de 60%, nos primeiros 30 cm de profundidade (Marin, 2009).

2.2. Importância Socioeconômica

Após a primeira crise do preço do petróleo na década de 70, foi implantado no Brasil, o Programa Proálcool para diminuir a dependência das importações do petróleo. Essa implantação deu-se pelo país apresentar grande experiência na produção de biocombustível derivado da cana-de-açúcar, o etanol (Kohlhepp, 2010).

Os biocombustíveis são um dos exemplos de como a biomassa vegetal pode ser utilizada. São uma alternativa econômico ambiental quando se pensa em diminuir a queima de combustíveis fósseis, de uma forma sustentável diminuindo a dependência mundial, aliado a redução dos efeitos nocivos dos gases responsáveis pelo efeito estufa (Grasel et al., 2017).

No Brasil, os tipos de biomassa mais usados para produção de biocombustíveis são, a cana-de-açúcar, o girassol, a soja e o milho (Azevedo et. al., 2016). A cana-de-açúcar é amplamente indicada como uma grande cultura com alta eficiência para o setor de biocombustíveis devido à potencialidade para a produção de etanol. Além disso, há pesquisas para que encontrem alternativas para a geração de energia elétrica através da biomassa da cana-de-açúcar com o objetivo de diminuir os custos de produção. Dessa forma, operando com mais eficiência e contribuindo para aumentar ainda mais a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2017).

O etanol, biocombustível proveniente da cana-de-açúcar pode ser utilizado para as mais diferentes aplicações, desde preparações na indústria farmacêutica

aos componentes preservativos ou antissépticos. Entretanto a sua mais ampla utilização é no mercado de biocombustível veicular, desde a década de 70 (Pratto, 2019).

O uso do etanol tem inúmeras vantagens que vão do aspecto ambiental, como não agravamento de situações climáticas com a queima, ao econômico, que por muitas vezes pode ser mais barato por energia fornecida do que a gasolina, podendo vir dar uma certa independência ao país, em relação ao mercado de petróleo no mundo (NOVACANA, 2020).

São Paulo é o estado brasileiro responsável pela maior parte da produção de cana-de-açúcar e açúcar, com cerca de 55%. Em junho de 2020 foi produzido aproximadamente 75 mil kg/ha de cana-de-açúcar no território nacional, sendo a décima primeira cultura mais produzida. Já o estado do Rio de Janeiro possui, aproximadamente, 1.702.827 ha plantados com a cultura, tendo em junho de 2020 produzido aproximadamente 46 mil kg/ha, entretanto a maior parte concentrada na Região Norte e Noroeste Fluminense do estado, em que a maioria da produção é destinada à produção de álcool e açúcar (IBGE, 2020).

2.3. Propagação da Cultura

A multiplicação de cana-de-açúcar é realizada por meio de toletes, sendo eles colmos inteiros ou fracionados distribuídos sobre sulcos profundos de plantio. Uma evolução dessa técnica tradicional de propagação vegetativa de cana, utilizando toletes, pode ser modificada, com possibilidade de eliminação dos entrenós dos toletes de cana, usando apenas as gemas individualizadas, associadas às pequenas partes do tolete, denominado atualmente como mini rebolo ou mini tolete (May e Ramos, 2019).

Uma forma eficiente de reforma de canaviais é por meio das mudas pré-brotadas, conhecida como o sistema MPB, que consiste basicamente na produção de mudas de cana-de-açúcar vinda de um minitolete ou minirrebolo, enraizadas em tubetes, sob condições controladas de casa de vegetação e nutricional em seu substrato (Landell et al, 2012).

Sendo assim, houve o aprimoramento desta técnica em comparação ao sistema mecanizado com uso de 20 t ha⁻¹ de colmos (toletes), distribuindo 24-60

gemas por metro linear, sendo que o sistema MPB pode utilizar apenas 2 t ha⁻¹ de colmos, economizando até 90% de material propagativo (Landell et al., 2012).

2.4. Viveiro

A produção de mudas de plantas é o primeiro passo de um processo produtivo que compreende não só a economia, mas como também prover empregos para os setores produtivos devido à necessidade de cuidados minuciosos necessitando de mais mão de obra (Nunes e Santos, 2007).

O viveiro é o ambiente onde irá germinar todo tipo de planta. Nele as mudas de plantas são cuidadas até o momento que adquirem idade e tamanho suficientemente relevantes para serem levadas ao local definitivo, onde serão plantadas. Eles contam com diferentes tipos de infraestrutura, que vão depender do seu tamanho e de suas características, e da disponibilidade de receita do produtor (Oliveira et al., 2016).

Como é praticamente impossível produzir geneticamente uma variedade com todas as características desejáveis, a formação de viveiros é importante para controlar algumas doenças importantes, que são disseminadas principalmente por meio de mudas contaminadas. A maneira mais prática e econômica de se controlar essas doenças, vem da utilização de mudas oriundas de viveiros produzidos com gemas sadias e que receberão inspeções para eliminar as plantas que se apresentam doentes (Afonso, 2017).

2.5. Plantio convencional

A cana-de-açúcar pode ser plantada em qualquer época do ano, sendo que, para a produção de açúcar e etanol os períodos mais indicados são de janeiro a março (plantio cana de ano e meio) e outubro a novembro (plantio cana de ano) (Aguilar et al., 2011).

Dentre as culturas de larga escala, a lavoura canavieira, provavelmente, é a que utiliza o maior peso de material botânico para plantio por unidade de área 21 (Ripoli et al., 2007).

A cana-de-açúcar, quando cultivada comercialmente, é multiplicada de forma assexuada, por meio do plantio de um segmento de haste ou da haste inteira

do colmo (Hunsingi, 1993; Verna, 2004). Esses pedaços de colmos de cana-de-açúcar possuem entre 30 a 40 cm e compreendem três gemas e material de reserva composto por água e nutrientes, que são fundamentais para a brotação da nova planta, por meio do desenvolvimento do sistema radicular e da emergência do perfilho-mãe (Bonnett, 2014; Verna, 2004).

Esse sistema de plantio de cana-de-açúcar por meio de colmos é empregado pelos produtores de cana-de-açúcar no mundo há décadas, mesmo apresentando grande ineficiência qualitativa das características almejadas para uma muda de boa qualidade (Serafim et al., 2013; Furlani e Voltarelli, 1981; Verna, 2004).

As etapas de corte, carregamento e transporte dos colmos para realizar a operação de plantio, geram elevados custos no processo produtivo, e não há uniformidade nos *stands*, devido à baixa densidade de perfilhos. E também, possui certas desvantagens, como, o baixo índice de pegamento das brotações (Afonso, 2017).

2.6. Muda Pré-Brotada (MPB)

O sistema de MPB é um método de multiplicação desenvolvido pelo Programa Cana do Instituto Agrônomo – IAC (Campinas-SP), que consiste na utilização de um mini tolete ou mini rebolo para a produção de mudas de cana em ambiente controlado, envolvendo a brotação e estabelecimento antecipado (Landell et al., 2012), visando a redução da quantidade de material propagativo destinado ao plantio em até 80% (Jain et al., 2010), renovação e expansão de áreas de cana-de-açúcar, rendimento e uniformidade no plantio pela área plantada e controle fitossanitário das mudas nos viveiros.

O plantio de MPB em viveiros e o transplantio de mudas para o campo constituiu-se em uma técnica agrícola sustentável econômica e ambientalmente, sendo ainda capaz de elevar a produtividade e diminuir o custo de produção das mudas de cana-de-açúcar (Afonso, 2017).

Outra vantagem desse sistema é a economia no transporte de massas e combustíveis. No sistema de plantio de mudas pré-brotadas o transporte de massas se reduz a no máximo 2 t ha⁻¹ de colmos (Verna, 2004), enquanto no plantio convencional são consumidos de 12 a 20 t ha⁻¹ de colmos.

As mudas do MPB são produzidas em seis etapas (Landell et al., 2012):

- Estádio 1 – Despalha dos colmos, e extração dos mini rebolos.
- Estádio 2 - Tratamento térmico e/ou químico dos mini rebolos.
- Estádio 3 – Plantio dos mini rebolos com substrato, nas células das bandejas.
- Estádio 4 – Acondicionamento das bandejas ou tubetes em estufa agrícola de brotação com temperatura e umidade controladas.
- Estádio 5 - Acondicionamento das bandejas ou tubetes em estufa agrícola de pleno crescimento.
- Estádio 6 - Acondicionamento das bandejas ou tubetes em área agrícola de rustificação.

2.7. Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente - MEIOSI

O método consiste em plantar de forma intercalar um percentual da área de cana-de-açúcar, utilizando a sua própria produção como muda para o restante da área, de modo a passar por algumas adversidades climáticas enfrentadas pelo setor nos últimos anos e aumentar a velocidade de expansão do plantio de cana, podendo neste intervalo de tempo utilizar a área em rotação com outras culturas de ciclo curto (CTC, 2019).

O sistema MEIOSI possui potencial de produção de mudas de alta qualidade, redução dos custos de implantação do canavial, renda extra com a cultura em rotação ou, ainda, utilizando a área para a semeadura de espécies vegetais que serão utilizadas para cobertura do solo e adubação verde, preferentemente leguminosas, e a otimização da estrutura logística são vantagens desse processo (CTC, 2019).

2.8. Caracterização da Variedade

A variedade RB867515 foi desenvolvida pela Rede Interuniversitária para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro (RIDESA) e lançada oficialmente pela Universidade Federal de Viçosa em 1997. É a variedade mais cultivada no Brasil, ocupando mais de um quarto das áreas cultivadas, em um levantamento realizado pelo Censo Varietal IAC na safra de 2017/18 ocupou 26% da área cultivada (Braga

Junior et al., 2019). Esta variedade é resultante de um policruzamento, através da variedade RB72454 (progenitora) juntamente com o pólen de outras variedades, ao acaso, não sendo possível especificar o genitor (RIDESA, 2015).

A variedade RB867515 é caracterizada pela alta velocidade de crescimento, crescimento ereto, porte alto e fácil despalha (RIDESA, 2015). Possui boa capacidade de brotação, mesmo em plantios tardios e sob baixas temperaturas. Possuem entrenós cilíndricos com acentuada densidade, cor verde arroxeada que se intensifica quando ficam expostos ao sol. Zona radicular com largura média e sem a presença de enraizamento aéreo. As gemas possuem tamanho médio com formato pentagonal. Possui folhas de largura média, curvas e bordos com serrilhamento mais suave.

A variedade RB867515 possui boa tolerância aos períodos de estiagem, alto teor de sacarose, e boa brotação de soqueira, ainda que colhida crua (RIDESA, 2015). É resistente à ferrugem e tolerante ao carvão, escaldadura e mosaico. Estudos realizados em usinas e destilarias mostram que essa variedade se destaca em locais de solos com textura leve e média fertilidade.

2.9. Bioestimulantes na Agricultura

Atualmente são definidos como bioestimulantes o resultado da mistura de reguladores naturais ou sintéticos, microorganismos, compostos de natureza química como hormônios, aminoácidos, nutrientes e vitaminas (Santos et al., 2017).

Hoje, os bioestimulantes são caracterizados como um material que não se enquadra como fertilizante, entretanto, quando aplicado em pequenas doses, pode promover o crescimento de plantas. São classificados em três grupos: substâncias húmicas, produtos que contêm hormônios e produtos que contêm aminoácidos (Jardin, 2015).

Os bioestimulantes podem ser aplicados nas sementes ou diretamente nas plantas (Klahold et al., 2006), proporcionando uma maior qualidade à semente e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da planta (Rodrigues et al., 2015), podendo gerar um acréscimo na absorção da água e nutrientes pelas plantas, favorecendo um estabelecimento mais rápido e uniforme no campo (Lana et. al., 2009) além de maior resistência aos fitopatógenos, maior tolerância ao estresse hídrico e efeitos residuais de herbicidas (Vasconcelos et al., 2006).

Os bioestimulantes podem atuar na reativação de processos fisiológicos

em diversas fases do desenvolvimento, tendo influência no metabolismo das proteínas, possivelmente aumentando a taxa de síntese de enzimas envolvidas no processo de enraizamento, floração, frutificação de plantas e formação de brotos novos (Bourscheidt, 2011).

A definição de bioestimulantes não é específica e seu uso é recente, complicando a aceitação do conceito por parte dos órgãos regulamentadores, portanto faz-se necessário mais estudos e testes sobre o mesmo, para conhecer melhor seu efeito no metabolismo das plantas pois ainda há resultados muito controversos (Jardin, 2015).

2.10. Sync Cana MD®

Segundo a Compass Minerals Plant Nutrition (2020), *Sync Cana MD®* fazem com que os hormônios da planta, principalmente a auxina e citocinina, trabalhem de forma organizada. Possui também em sua formulação, micronutrientes blindados, mantendo o pH na faixa ideal de aplicação, como se fosse uma capa protetora, que promovem misturas seguras, mantendo a eficiência de defensivos adicionados à calda.

2.11. Stimulate®

O Stimulate® é um produto composto por 0,05 g.L⁻¹ de ácido indolbutírico (auxina), 0,09 g.L⁻¹ de cinetina (citocinina) e 0,05 g.L⁻¹ de ácido giberélico. Reguladores estes que estão envolvidos diretamente em incremento no crescimento e no desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células, proporcionando maior enraizamento, logo, aumentando também a absorção e utilização dos nutrientes (Taiz e Zeiger, 2010).

2.12. Reguladores de Crescimento na Agricultura

Os fitormônios ou hormônios vegetais atuam como mensageiros químicos. São produzidos intracelularmente e são capazes de ativar e inativar processos celulares de outras células do mesmo indivíduo vegetal através de interações com proteínas específicas que funcionam como receptores nas rotas para que ocorra a transmissão de sinais. Na maioria das vezes, os fitormônios são sintetizados

naturalmente em um tecido vegetal e agem em baixas concentrações sobre sítios alvo específicos em outro tecido de outro órgão do indivíduo (Stout et al., 2013).

Esses fitormônios, que também são considerados reguladores de crescimento nas plantas, se dividem em naturais ou sintéticos. Eles interagem com as plantas, alterando processos, podendo ser eles vitais e estruturais, interferindo na produtividade e na qualidade da muda da planta. As substâncias naturais são classificadas e consideradas em apenas cinco tipos de hormônios: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico, e inibidores de etileno (Cato, 2006).

Quando há a junção da aplicação de dois ou mais reguladores ou de reguladores com outras substâncias, passa a ser chamado de bioestimulante. Esse produto bioestimulante pode interferir diferentemente no crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão, diferenciação e o alongamento celular (Santos, 2019).

De modo a entender o potencial comercial de alguns produtos reguladores de crescimento, é preciso conhecer a ocorrência de hormônios naturais das plantas (Petri et al., 2012).

Os principais sítios de síntese de auxina são em tecidos meristemáticos de órgãos aéreos, no ápice caulinar das plantas e transportada do ápice para a base aos demais tecidos. Possui grande influência no tropismo vegetal, participando de praticamente todo o ciclo de vida, desde a germinação até a sua senescência. A auxina vai tornar a parede celular plástica, favorecendo a sua expansão. Quando produzida pelo meristema apical da planta é responsável pelo processo de inibição das gemas laterais, assim, quando se remove a gema apical as gemas laterais tendem a se desenvolver, podendo também ser utilizado para estimular a iniciação radicular (Silva et al., 2018).

Suas principais ações para a planta são a regulação da dominância apical, desenvolvimento de gemas florais, formação de raízes laterais e adventícias, diferenciação dos câmbios vasculares, desenvolvimento do fruto e atraso no processo da abscisão foliar (Stout et al., 2013).

As citocininas estão relacionadas à mobilização dos nutrientes, à dominância apical, ao desenvolvimento floral e ao retardamento da senescência foliar (Fosket e Kieber, 2013).

No sistema radicular são sintetizadas as citocininas, entretanto, o transporte em direção à parte aérea da planta é realizado principalmente pelo

xilema, porém em alguns casos as citocininas podem ser encontradas no floema, e isso é devido à translocação de assimilados de folhas em senescência para partes jovens da planta (Ferreira e Trojan, 2014).

A auxina e a citocinina pode atuar juntas para estimular a divisão celular, mas também atuam sem sinergismo como no controle da iniciação de ramos e raízes, assim como na dominância apical. Assim, quando há uma quantidade igual de ambos os hormônios, poderá ocorrer inibição no desenvolvimento de raízes e ramos (Kerbaudy, 2004).

2.13. *Herbaspirillum seropedicae*

Herbaspirillum seropedicae é uma bactéria diazotrófica endofítica, foi encontrada em associação com arroz, milho, cana-de-açúcar e em outras espécies de regiões tropicais, como são bananeiras e abacaxi. Por ser um organismo diazotrofo é capaz de reduzir N_2 a NH_3 em diversas faixas de pH, contribuindo com a fixação de nitrogênio (Baldani et al., 1986).

Os organismos de *H. seropedicae* podem ser encontrados no interior dos tecidos das plantas, que os diferem dos outros organismos diazotróficos não endofíticos, os quais se estabelecem na rizosfera e precisam competir com a microflora do solo por fontes de carbono (Urquiaga et al., 1992; Baldani et al., 1996). Bactérias de *H. seropedicae* colonizam o interior de tecidos vegetais sem causar sintomas de doenças (Döbereiner, 1992).

Estudos com a inoculação da bactéria *H. seropedicae* evidenciam efeito promotor de crescimento em cana-de-açúcar e, desta maneira, pode ser considerada uma ótima opção para incrementar um processo produtivo sustentável, pois, podem ter efeitos que elevam a produtividade e minimizam os custos com insumos (Chaves et al., 2015).

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar o crescimento inicial de mudas da cana-de-açúcar por meio da aplicação de bioestimulantes e bactéria promotora de crescimento vegetal, visando mudas de melhor qualidade e possível redução de tempo de viveiro.

3.2. Específicos

- Analisar o efeito da aplicação de bioestimulantes e inoculação com *H. seropedicae* HUENF19 no índice de velocidade de brotação e desenvolvimento inicial de mudas de cana-de-açúcar;
- Induzir a brotação das gemas laterais dos minitoletes com a aplicação do Sync Cana MD, do bioestimulante Stimulate[®], e da bactéria estimuladora de crescimento *Herbaspirillum seropedicae* e HUENF19.
- Avaliar a aplicação de bioestimulantes e da BPCV no crescimento, perfilhamento e enraizamento da muda de cana-de-açúcar.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área:

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP), da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, localizada na latitude 21°19'23" (S) e longitude 41°19'41" (W), no município de Campos dos Goytacazes - RJ. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período de estiagem no inverno e chuvoso no verão com temperatura média de 26°C e precipitação média anual de 1.400 mm, com concentração entre outubro e março e o período seco entre julho a setembro (Gama-Rodrigues et al., 2008).

Durante todo o período de estudo foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar na câmara de nebulização e na casa de vegetação, utilizando-se data logger modelo RHT10 (Extech Instruments), com programação de leitura a cada hora.

4.2. Obtenção do Material Propagativo:

Os materiais propagativos foram colmos da variedade de cana-de-açúcar RB867515, cana planta, coletados no campo experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), campus Campos dos Goytacazes.

Os colmos foram selecionados com idade de seis a dez meses e cortados em campo. Posteriormente foram subdivididos em minitoletes (uma gema) com o auxílio de um instrumento do tipo "guilhotina". Os mini toletes foram padronizados

de acordo com o tamanho (3 cm) e posição no colmo (gema do terço médio e terço superior), como mostra a Figura 1 e Figura 2:



Figura 1. Processo de seccionamento dos colmos em minitoletes de 3 cm.



Figura 2. Minitolete individualizado em tamanho de 3 cm de comprimento.

4.3. Preparação dos Inóculos e Inoculação dos Minitoletes

A cepa da bactéria promotora de crescimento vegetal (BPCV) HUENF19 utilizada está depositada na coleção de culturas do laboratório LBCT da UENF. A BPCV foi cultivada em meio de cultura líquido denominado DYGS (Dextrose Yeast Glutamato) e modificado por Baldani et al. (2014). Uma colônia dessa bactéria foi inoculada em meio DYGS e cultivada por 48h a 30°C em agitador rotativo a 175 rpm. Após verificação de pureza do pré-inoculante, 1 mL deste foi transferido para

100 mL do mesmo meio de cultura e mantido nas mesmas condições até que o crescimento de cada bactéria atingisse a densidade óptica (DO = 592 nm), representando a quantidade de 10^9 células mL^{-1} (Figura 3). O inóculo foi diluído em uma proporção de 1:100 mL para o posterior tratamento de uma parte das gemas.

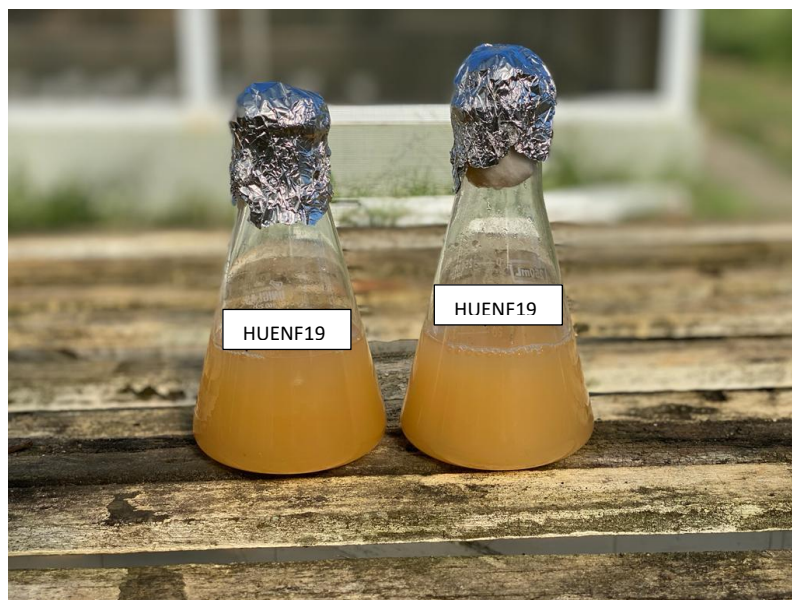


Figura 3: Inóculos da BCPV HUENF19 já preparados.

4.4. Preparação Inicial

Etapa I – Brotação

Esta etapa inicial consistiu em estimular a brotação das gemas e obtenção das mudas para os futuros transplantes (Experimento I e Experimento II). Foram utilizadas seis caixas plásticas de tamanho (1120cm² ou 40 cm x 28 cm) uma para cada tratamento (T1- Controle; T2- SYNC Cana MD; T3- Stimulate; T4- Inoculação BPCV HUENF 19, T5- SYNC Cana MD + BPCV HUENF19 e T6- Stimulate + BPCV HUENF 19), com 40 gemas em cada caixa, totalizando 240 gemas. Cada caixa foi preenchida com 3L de substrato Basaplant Florestal®, fazendo uma espécie de “cama” para poder receber as gemas, logo após foi realizada a aplicação dos tratamentos e, posteriormente, mais 3L de Basaplant

Florestal® foram colocados para recobrir as gemas. As caixas foram mantidas em casa de vegetação por um período de quinze dias.



Figura 4. Minitoletes seccionados sendo sobrepostos em caixa com substrato Basaplant Florestal®.

Etapa II – Transplântio

Após 15 dias do planto dos mini toletes, uma parte dos toletes brotados foi transplantada para as caixas (Experimento 1) e outra parte foi transplantada para os tubetes (Experimento 2).

4.5. Experimento I

O experimento I consistiu em duas etapas, sendo a primeira (brotação) como previamente descrita. Essa brotação foi realizada em caixas plásticas de tamanho (1120cm² ou 40 cm x 28 cm). Cada caixa foi preenchida com 3L de substrato Basaplant Florestal®, fazendo uma espécie de “cama” para poder receber as gemas. Logo após foi realizada a aplicação dos tratamentos e, posteriormente, mais 3L de Basaplant Florestal® foram colocados para recobrir as gemas. A duração desta etapa foi de 15 dias. Já a etapa II (transplântio - formação da muda), duas plantas de cada tratamento e de cada bloco foram transplantadas para caixas plásticas de mesmas dimensões supracitadas anteriormente.

Em ambas as etapas o substrato utilizado foi o Basaplant Florestal® que contém em sua fórmula: cascas de pinus, fibra de coco, turfa fibrosa, vermiculita,

adubação inicial com NPK e micronutrientes. Na segunda fase de caixas houve complementação nutricional através de fertilizante à base de NPK, em dosagem recomendada para a cultura, manualmente, com o auxílio de uma proveta graduada para aplicação.

4.6. Adubação

A adubação foi realizada seguindo as recomendações da Agência EMBRAPA de Informação e Tecnologia (AGEITEC, 2020), em que se deve fornecer de 100 a 150 kg/ha de P_2O_5 , 80 a 150 kg/ha de K_2O e 30 a 60 kg/ha de N.

Primeiramente o cálculo foi feito em kg/ha. Para fornecer 150 kg/ha de P_2O_5 e 30 kg/ha de N utilizou-se o fertilizante KRISTA MAP (KM) que possui 12% de N e 61% de P_2O_5 , portanto:

$$\begin{array}{r} 100\text{kg de KM} \text{ ----- } 61\text{kg de } P_2O_5 \\ x \text{ ----- } 150 \text{ kg de } P_2O_5 \\ x = 245,90 \text{ kg de KM para fornecer } 150 \text{ kg/ha de } P_2O_5 \end{array} \quad (1)$$

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg de KM} \text{ ----- } 12 \text{ kg de N} \\ 245,90 \text{ ----- } x \\ x = 29,5 \text{ kg/ha de N.} \end{array} \quad (2)$$

Para fornecer 80 kg/ha de K_2O utilizou-se o fertilizante KRISTALON que possui 36% de K_2O , 6% de N, 1,8% de Mg e 8% de S e 12% de P_2O_5 , portanto:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg de KRISTALON} \text{ ----- } 36 \text{ kg de } K_2O \\ x \text{ ----- } 80 \text{ kg} \\ x = 222,2 \text{ kg/ha de KRISTALON para fornecer } 80 \text{ kg/ha de } K_2O \end{array} \quad (3)$$

Com 222 kg/ha de KRISTALON também é fornecido 13,3 kg/ha de N, 4 kg/ha de Mg, 17,7 kg/ha de S e 26.6 kg/ha de P_2O_5 .

A cada semana foi realizada uma pulverização com ureia, com a concentração de 20g por litro de água, segundo o recomendado pelo 113º Documento do IAC (Aguiar, 2014).

4.7. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições, resultando em 24 caixas, sendo seis caixas por bloco consistindo nos tratamentos, e duas plantas dentro de cada tratamento, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1: Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) da fase 2 do Experimento I.

BLOCO 1	BLOCO 2
T4 - T6 - T5	T5 - T4 - T3
T1 - T2 - T3	T2 - T1 - T3
BLOCO 3	BLOCO 4
T1 - T2 - T3	T2 - T1 - T3
T5 - T4 - T3	T4 - T6 - T5

T1- Controle; T2- SYNC Cana MD; T3- Stimulate; T4- Inoculação BPCV HUENF 19, T5- SYNC Cana MD + BPCV HUENF19 e T6- Stimulate + BPCV HUENF 19

Os seis tratamentos que foram aplicados são: T1- Controle; T2- SYNC Cana MD; T3- Stimulate; T4- Inoculação BPCV HUENF 19, T5- SYNC Cana MD + BPCV HUENF19 e T6- Stimulate + BPCV HUENF 19. A aplicação dos tratamentos ocorreu simulando uma aspersão sobre as gemas com o auxílio de um borrifador (Figura 5), utilizando a dose do produto e volume de calda de acordo com o indicado na bula dos produtos, no caso os bioestimulantes comerciais. Sendo para o Sync Cana MD 1,6 ml do produto para 20 ml de volume de calda, e para o Stimulate 0,15 ml do produto para 20 ml de volume de calda (Figura 6). Já a aplicação do tratamento para a BPCV, foi de acordo com Chaves et, al. (2015) (Figura 7). O tratamento controle foi realizado colocando os mini toletes em imersão em água pelo tempo de 30 minutos, seguindo o mesmo tempo realizado para a inoculação. Os tratamentos que tinham a associação entre a BPCV e o produto bioestimulante, primeiro seguiram a recomendação de imersão por 30 minutos no inoculante da BPCV conforme proposto por Chaves et al. (2015) e, após, passaram para a aplicação com o auxílio de um borrifador para simular uma aspersão.



Figura 5. Aplicação dos tratamentos com Bioestimulantes comerciais (Synk Cana MD e Stimulate).



Figura 6. Diluição dos bioestimulantes comerciais na dosagem recomendada para a cultura.



Figura 7. Imersão dos mini toletes em solução de HUENF19 1:100 por 30 minutos.

Depois de dez dias de crescimento do perfilho principal de cada planta, estes foram cortados com o auxílio de uma tesoura de poda, devidamente desinfetada com álcool 70% para que não houvesse contaminação entre os tratamentos. Este procedimento teve como intuito a quebra de sua dominância apical, para estímulo ao perfilhamento, e posterior contagem do número de perfilhos. A complementação nutricional foi feita da mesma forma como citada anteriormente. Ao final de 30 dias as plantas foram retiradas para a realização das avaliações biométricas e fisiológicas, da muda.

4.8. Sombreamento, Irrigação e Poda

As mudas permaneceram acondicionadas na casa de vegetação protegidas com sombrite com 50% de sombreamento. A irrigação foi feita por aspersão, oito vezes ao dia com duração de um minuto e intervalo de duas horas entre uma irrigação e outra. A vazão de cada aspersor era de 1L por minuto. Foi realizada uma poda nas folhas das plantas dez dias após ao transplantio para estimular o desenvolvimento do sistema radicular.

4.9. Experimento II

Cinco plantas de cada caixa, provenientes da primeira etapa (brotação das gemas) do Experimento I foram retiradas e transplantadas para recipientes de 290 cm³ de volume (tubetes), compondo um delineamento de blocos ao acaso com

cinco repetições e seis tratamentos, sendo os mesmos supracitados no Experimento I, contendo quatro unidades amostrais cada tratamento, como apresentado na Tabela 2.

O substrato utilizado foi o Basaplant Florestal® que contém em sua fórmula: cascas de pinus, fibra de coco, turfa fibrosa, vermiculita, adubação inicial com NPK. Durante a condução do experimento houve complementação nutricional conforme descrito para o Experimento I, assim como o sombreamento e a irrigação. Ao final de um período de 30 dias foram realizadas as avaliações biométricas destrutivas, e fisiológicas de intensidade de verde (teor de clorofila na folha).

Tabela 2: Delineamento de blocos casualizados da etapa 2 do Experimento II.

BLOCO 1		BLOCO 2	
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5	T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5	T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5	T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5	T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6	T2 - T1 - T3 - T6 - T4 - T5
BLOCO 3		BLOCO 4	
T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1	T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1
T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1	T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1
T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1	T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1
T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1	T3- T1 - T4 - T2 - T6 - T5	T5 - T4 - T3 - T2 - T6 - T1
BLOCO 5			
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6			
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6			
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6			
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6			

T1- Controle; T2- SYNC Cana MD; T3- Stimulate; T4- Inoculação BPCV HUENF 19, T5- SYNC Cana MD + BPCV HUENF19 e T6- Stimulate + BPCV HUENF 19

4.10. Sombreamento, Irrigação e Poda

As mudas permaneceram acondicionadas em casa de vegetação, protegidas com sombrite com 50% de sombreamento. A irrigação foi feita por aspersão, oito vezes ao dia com duração de 1 minuto e intervalo de duas horas entre uma irrigação e outra. A vazão de cada aspersor era de 1L por minuto. Foi realizada uma poda nas folhas das plantas dez dias após o transplântio, para estimular o desenvolvimento do sistema radicular.

4.11. Controle de Pragas

Durante a condução do experimento ocorreu incidência de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), que foi solucionada com uma catação, e posterior aplicação de óleo de neem para prevenção.



Figura 8. Lagarta do Cartucho (*Spodoptera frugiperda*), encontrada em uma das mudas de cana-de-açúcar durante os experimentos.

4.12. Avaliações Biométricas

Foram avaliados em todos os experimentos (I e II), como descrito na metodologia citada anteriormente.

Parte Aérea:

O índice de velocidade de emergência das plantas (IVE) foi avaliado ao longo de dez dias pela contagem das plantas que foram emergências, a altura da planta (H, em cm); diâmetro do coleto (DC, em mm), número de folhas por planta (NF) e área foliar. Para a determinação da altura da planta foi utilizada régua graduada (mm), sendo a medida efetuada desde o colo da planta até a inserção da

folha mais velha. O diâmetro foi determinado a dois centímetros do substrato com um paquímetro digital. O número de folhas foi contado desde a folha basal até a última folha aberta. A área foliar foi determinada por meio de um medidor de área foliar de bancada modelo Li-3100 (Li-Cor, USA).

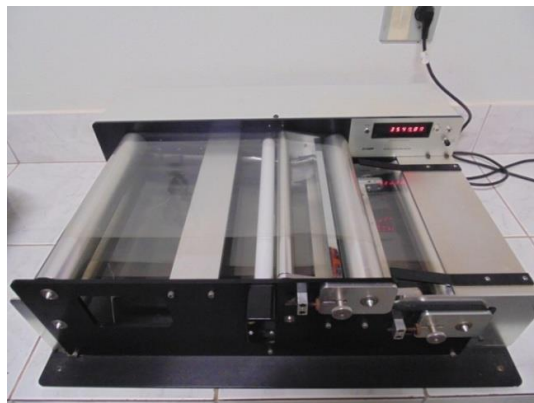


Figura 9. Medidor de área foliar modelo de bancada modelo Li-3100 (Li-Cor, USA).

Ao final do ciclo, foram avaliadas ainda matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do sistema radicular (MSR), e matéria seca do tolete (MSTo). Para a determinação da matéria seca, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel tipo *Kraft* e secas em estufa de circulação de ar forçada com temperatura $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até atingir peso constante. A MSPA e MSR foram determinadas em balança com precisão 0,0001 g.



Figura 10. Mensuração de massa seca das amostras dos experimentos.

Sistema radicular:

Para a quantificação das variáveis morfológicas da raiz: comprimento radicular (CR, em cm), volume radicular (VR, em cm³), diâmetro radicular (DR, em cm) e área superficial radicular (ASR, em cm²), quatro plantas de cada tratamento foram destruídas, e, os respectivos sistemas radiculares das plantas foram lavados em água corrente com auxílio de peneiras para retenção das raízes. Após a lavagem, as raízes foram colocadas em uma cuba de acrílico de 30 cm de largura e 40 cm de comprimento, contendo água destilada, sendo analisadas utilizando o *software* WinRhizo, conectado a um *scanner* profissional Epson XL 10000.

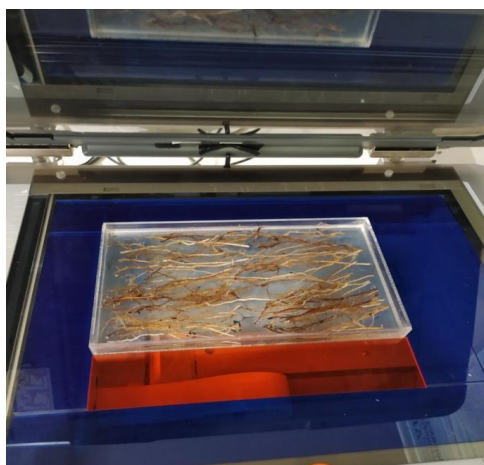


Figura 11. Utilização do scanner profissional Epson XL 10000.



Figura 12. Imagem das raízes das mudas de cana-de-açúcar, captadas através do *software* WINRHIZO.

4.13. Avaliações Fisiológicas

Foram avaliadas nos dois experimentos, como descrito na metodologia citada anteriormente.

A intensidade de verde nas folhas foi estimada por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD – 502 “*Soil Plant Analyser Development*” (Minolta Company, Japan). Foram realizadas três leituras na folha mais desenvolvida e determinada a média por planta.



Figura 13. Medição da intensidade de verde das plantas do experimento com auxílio do medidor de clorofila portátil modelo SPAD – 502 (*Minolta Company, Japan*).

4.14. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* estatístico Programa R® (R Core Team, 2020).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento I

5.1.1. Perfilhamento: Aos 15 dias após o corte do meristema apical, verificou-se que nenhuma planta emitiu perfilho. Esses dados corroboram com o trabalho de Sousa e Korndörfer (2010) que avaliaram diferentes bioestimulantes e a sua relação com a brotação da cana-de-açúcar, quando foram aplicados diretamente nos sulcos de plantio, não proporcionaram efeitos significativos da aplicação desses produtos no perfilhamento da cana.

5.1.2. Avaliações Morfológicas

Os tratamentos proporcionaram diferença estatística na variável índice de velocidade de emergência (IVE), onde o tratamento Stimulate[®]+HUENF19 proporcionou médias estatisticamente superiores às encontradas para os tratamentos Controle (T1), Sync (T2), Stimulate[®] (T3) e Sync+HUENF19 (T5), no entanto, não diferiu das médias obtidas no tratamento HUENF19 (T4). O tratamento T6 proporcionou incremento de 41,97% quando comparado às médias do tratamento T4, e 70,33% quando comparado às menores médias que foram obtidas no tratamento Sync Cana MD (T2) (Figura 14).

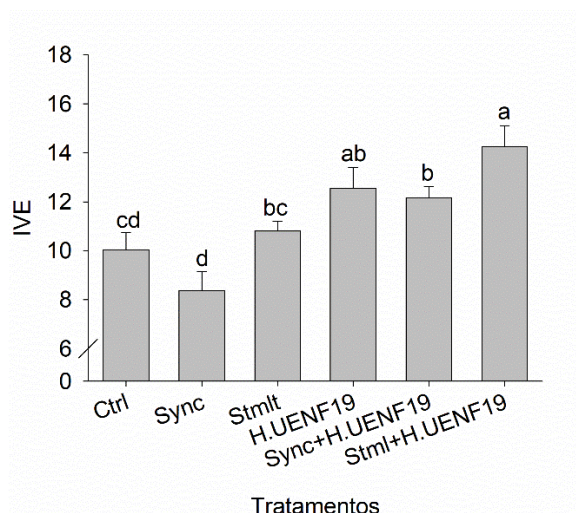


Figura 14. Índice de velocidade de emergência das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Para altura de planta (AP), verificou-se que também houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as médias dos tratamentos aplicados, porém, os tratamentos controle, Stimulate[®], HUENF19, Sync+HUEN19 e Stimulate[®]+HUENF19, apresentaram médias estatisticamente semelhantes entre si. E o tratamento Sync Cana MD (T2), proporcionou a menor média entre eles, sendo 28,45% inferior ao tratamento controle. O Sync Cana MD proporcionou redução da altura das plantas quando comparado aos outros tratamentos, e este resultado pode estar relacionado ao fato de que este bioestimulante tem como propriedade a formação de uma película ao entorno do minitolete, como se fosse uma capa protetora. Dessa forma, esta capa protetora pode ter dificultado as trocas gasosas dos mini toletes submetidos a este tratamento.

No parâmetro de diâmetro de caule, os tratamentos também diferiram entre si estatisticamente, entretanto, T1, T2, T4, T5 e T6 não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, porém, o tratamento controle apresentou a maior média quando comparada somente entre estes tratamentos, sendo então o tratamento controle (T1), 8,18% maior que o tratamento T5. É possível verificar que todos os demais tratamentos que possuem a BPCV em sua composição se mantiveram equivalentes (Figura 15). De acordo com Schlemper et. al. (2017), o efeito benéfico das bactérias promotoras de crescimento vegetal vai depender do

genótipo da planta hospedeira, da estirpe da bactéria, e também se os microrganismos se associaram à planta.

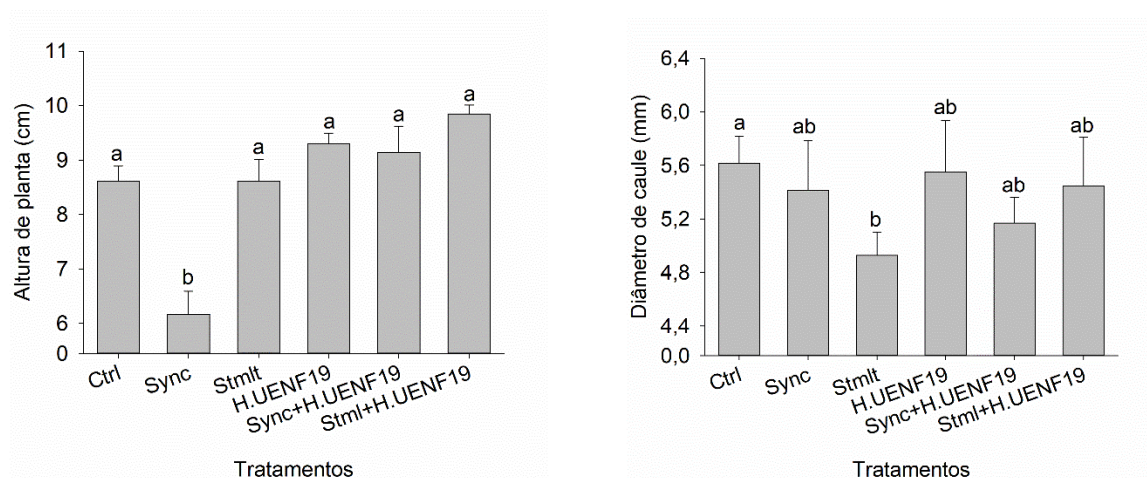


Figura 15. Altura de planta (cm) e Diâmetro de caule (mm) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

A massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), obtiveram diferenças estatísticas entre os seus tratamentos, em que se pode notar que o uso de bioestimulantes associado ao uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal apresentou incremento nessas variáveis. Quanto a MSPA, todos os tratamentos com HUENF19 em sua composição apresentaram melhores resultados, porém, não diferiram ($p < 0,05$) do tratamento controle.

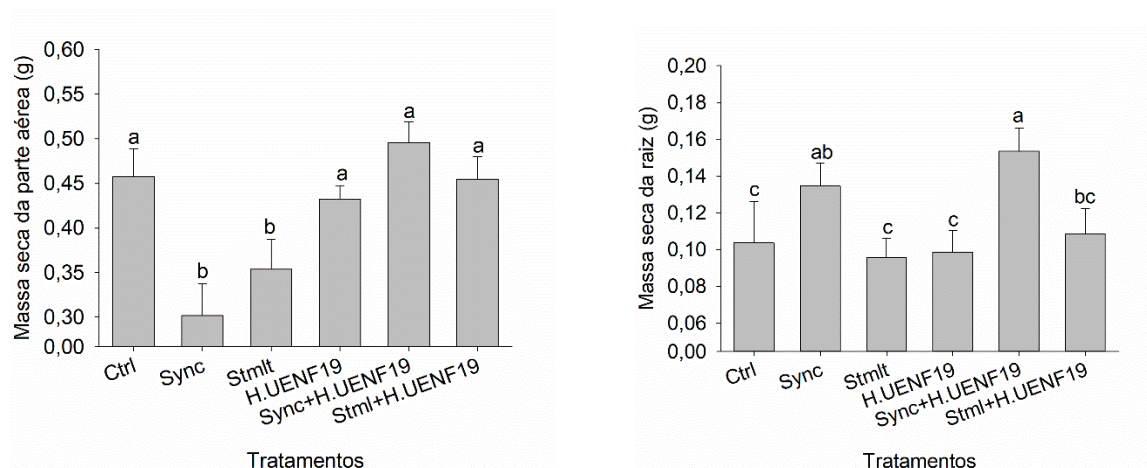


Figura 16. Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) e Massa Seca de Raiz (MSR) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Assim, o decréscimo no acúmulo de matéria seca na parte aérea dos tratamentos que receberam os bioestimulantes comerciais pode ser justificado, pelo menos em parte, pelo dreno de fotoassimilados promovidos pela competição com a flora bacteriana natural dos toletes, que pode ter sido colonizada durante a condução do experimento, de acordo com Marques et al. (2008).

Também foram obtidas diferenças estatísticas entre os tratamentos aplicados, quando avaliados os parâmetros de área foliar e número de folhas. Em relação à área foliar (AF), os tratamentos com a presença da HUENF19 foram iguais ao tratamento controle, entretanto, o tratamento Sync+HUENF19 quando comparado ao tratamento controle, apresentou 9,75% mais ganho em área foliar. Corroborando com Barbosa et al. (2018) que, em experimento utilizando BPCV e a variedade de cana RB867515, também obtiveram incremento positivo em área foliar (Figura 17).

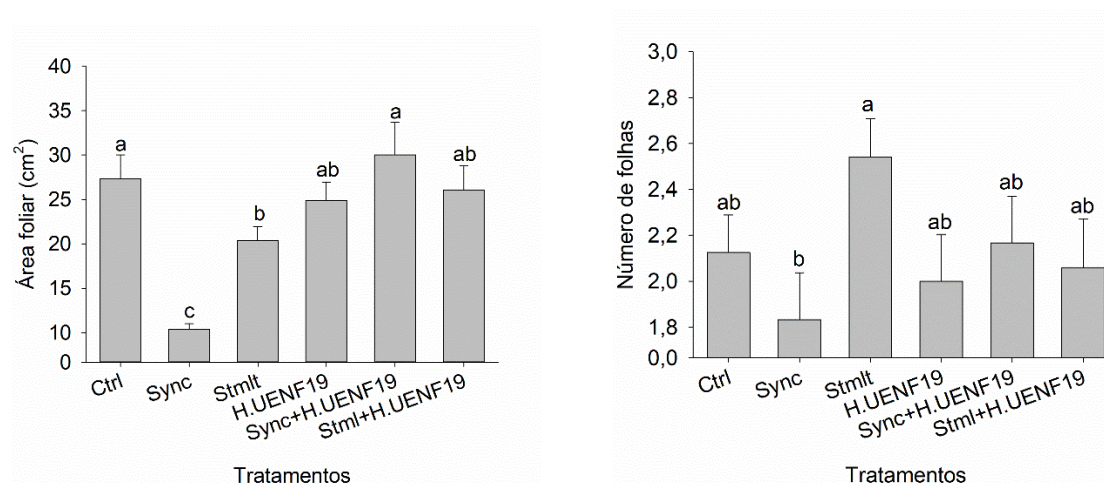


Figura 17. Área foliar (AF) e Número de Folhas (NF) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Para o número de folhas (NF), o tratamento com Stimulate e o tratamento com Sync Cana MD ($p < 0,05$) não diferiram dos demais tratamentos, contudo o tratamento Stimulate se destaca positivamente, em comparação ao Sync Cana MD. Baldotto et al. (2010), avaliando diferentes estirpes de bactérias promotoras de crescimento em abacaxizeiro detectaram interferência das bactérias nos valores de número de folhas.

Analisando os parâmetros de raiz, houve diferença estatística ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas, sendo o tratamento Sync+HUENF19 o que se destacou positivamente em comprimento radicular (CR), diâmetro radicular (DR), área radicular (AR) e volume radicular (VR) (Figura 18).

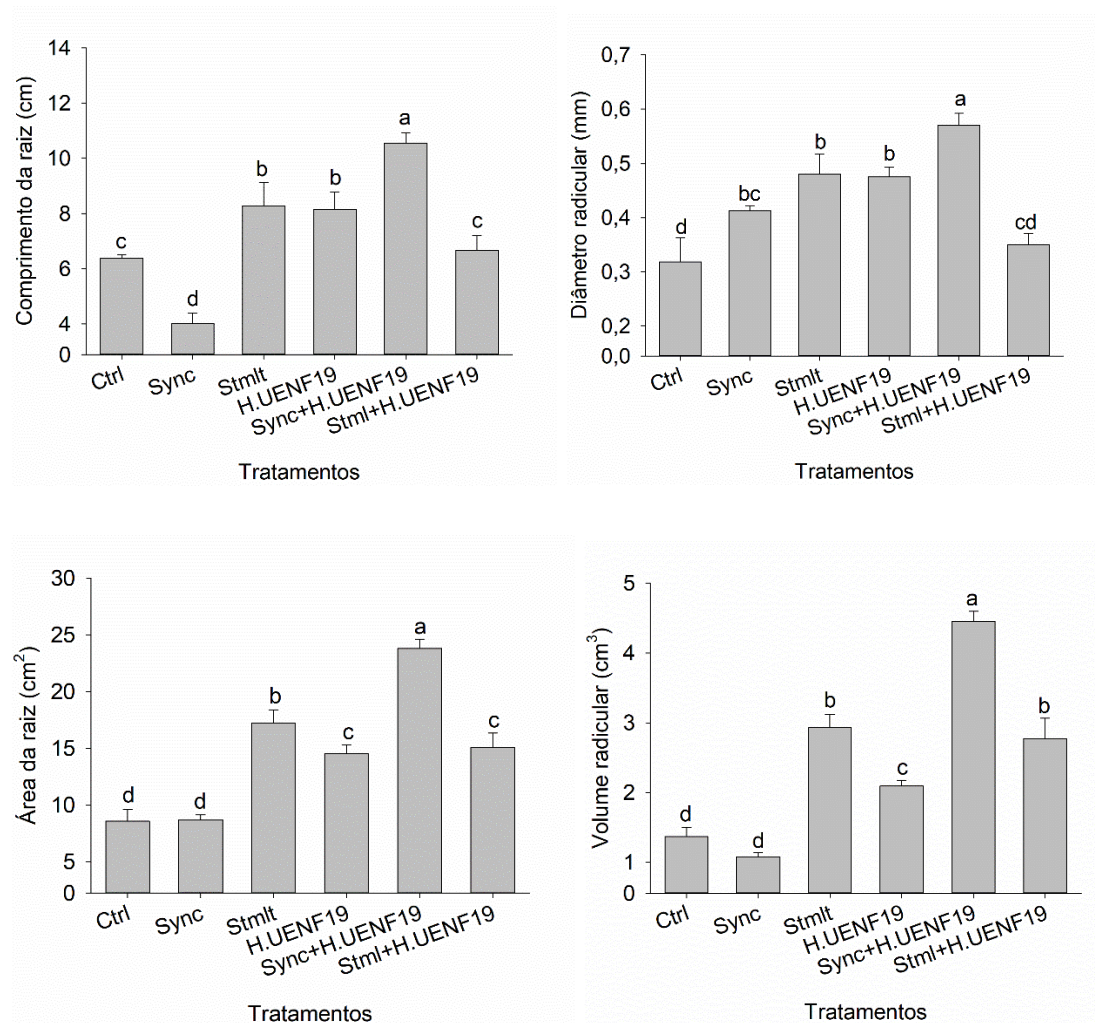


Figura 18. Comprimento da raiz (CR), diâmetro da raiz (DR), área da raiz (AR) e volume radicular (VR) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Segundo Soares. et al., (2021), durante o processo de enraizamento a planta necessita de quantidades diferenciadas de citocininas e auxinas, de acordo com a fase de crescimento. Na promoção da indução de raízes, a presença de auxina é um aviso para que aconteça a divisão celular, logo, a formação do novo meristema. Todavia, após a formação do primórdio radicular, a auxina pode-se tornar inibitória para o alongamento da raiz. Assim, o efeito do bioestimulante,

levando em consideração as suas substâncias de composição e concentração, em associação com a BPCV *H. seropedicae* promoveu o desenvolvimento de raízes. Na estimativa do teor de clorofila com o auxílio do SPAD, os tratamentos que se sobressaíram em comparação aos demais foram o controle, o Sync Cana MD + BPCV *H. seropedicae*, e o Stimulate + BPCV *H. seropedicae*, sendo estes iguais estatisticamente (Figura 19).

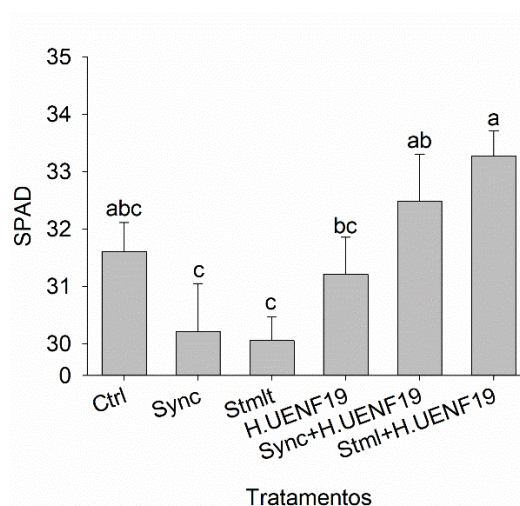


Figura 19. Intensidade de verde (SPAD) nas folhas das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Tal fato pode ser justificado devido aos bioestimulantes conterem em sua formulação fitormônios que contribuem para o retardamento da senescência das folhas, assim, mantendo o teor de clorofila ativo por mais tempo, segundo Davies (2004).

5.2. Experimento II

De acordo com os dados obtidos neste experimento, em relação à altura de planta (AP) e ao diâmetro de caule (DC), houve diferença estatística ($p > 0,05$), sendo os tratamentos que apresentaram maior desempenho para a variável altura de planta: o controle (T1), o Stimulate (T3), a HUENF19 (T4), T5, e HUENF19+Stimulate (T6) (Figura 20). Segundo Ramos et. al., (2015) o uso de bioestimulantes acelera a taxa de crescimento das plantas e estimula o seu potencial genético, entretanto, isto não foi observado neste experimento.

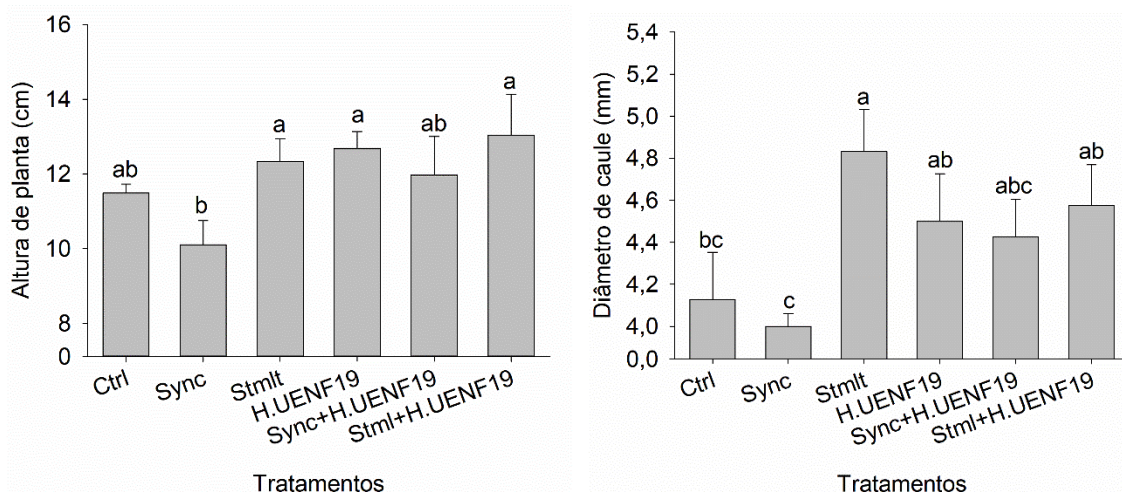


Figura 20. Altura Das plantas (AP) e Diâmetro das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento II. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Em relação à variável diâmetro de caule os tratamentos T3, T4, T5 e T6 não são diferentes estatisticamente entre si ($p > 0,05$), e o tratamento que obteve menor incremento em diâmetro do caule quando comparado ao tratamento controle foi o SYNC C. Já a produção de matéria seca tanto da parte aérea (MSPA) e matéria seca de sistema radicular (MSR), também obteve diferença significativa a 5% de probabilidade, sendo os tratamentos Stimulate (T3) e HUENF19+Stimulate (T6) os que apresentaram maiores médias, sendo 0,75 e 0,84 respectivamente (Figura 21).

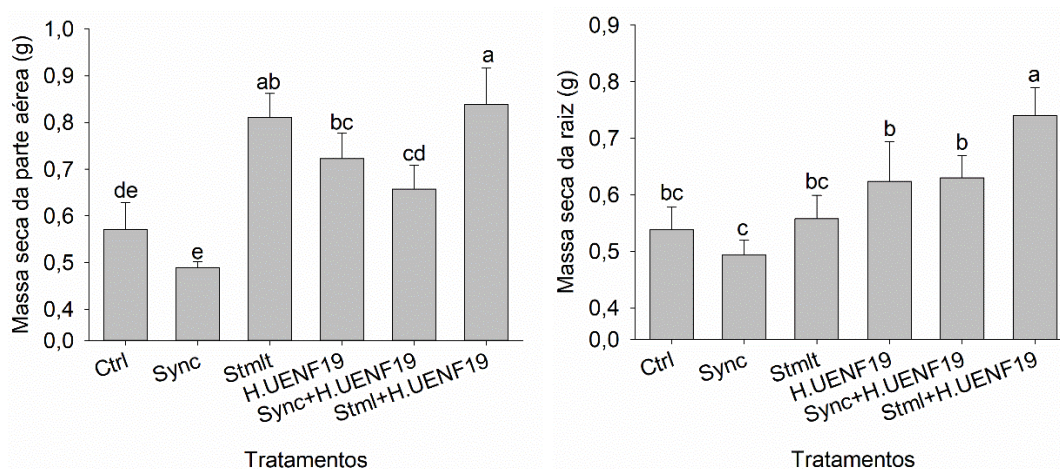


Figura 21. Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) e Massa Seca de Raiz (MSR) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento II. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Dessa maneira, faz-se entender que a inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) promoveu incrementos no crescimento de mudas de cana-de-açúcar, logo, essa tecnologia tem alto potencial em acelerar o crescimento das plantas, reduzindo assim, o período de permanência no viveiro (Matoso et al., 2020).

A área foliar (AF) e o número de folhas (NF) também diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Em que para a AF o HUENF19 (T4) e Stimulate+HUENF19 (T6), apresentaram maiores médias, sendo superiores aos demais tratamentos. Já em relação a variável número de folhas, os tratamentos com o bioestimulante Stimulate e a BPCV em sua composição, sendo T3, T4, T5 e T6, não diferiram significativamente ($p < 0,05$). Entretanto, os tratamentos Stimulate (T3) e Stimulate+HUENF19 (T6), mostraram-se aproximadamente 60% superiores aos tratamentos com menores médias, T1 e T2, respectivamente (Figura 22).

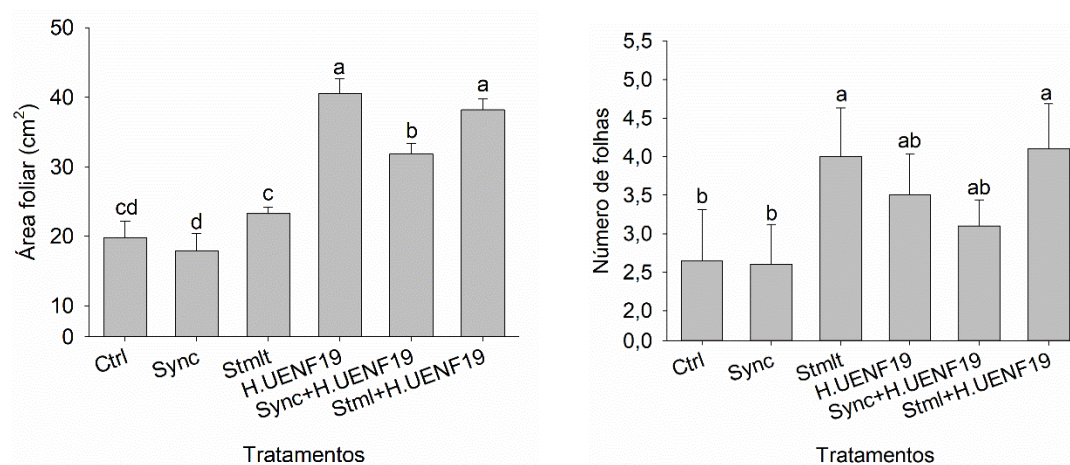


Figura 22. Área foliar (AF) e Número de Folhas (NF) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento II. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

As BPCV promovem a síntese de giberelinas e citocininas (GLICK, 2012), estes hormônios são responsáveis pelo alongamento celular e, tal fato desencadeia ganho em porte da planta, favorecendo assim a expansão de sua área foliar.

Quanto à área radicular (AR), não houve diferença estatística entre os tratamentos realizados, porém, já em relação ao diâmetro radicular (DR), ao comprimento de raiz (CR) e volume de raiz (VR), ocorreu diferença, onde os tratamentos que possuem a bactéria promotora de crescimento vegetal em sua composição apresentaram maiores médias (Figura 23), sendo o tratamento HEUNF19+Sync (T5) e HUENF19+Stimulate (T6), com valores iguais para ambos parâmetros, 0,86 cm de diâmetro e raiz (DR) e 0,82 cm de volume radicular (VR). De acordo com Santi et. al. (2013) a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal contribui positivamente para os parâmetros de CR e VR, e esse incremento pode ser associado à produção de auxinas pelas bactérias, aumentando assim a produção de raízes secundárias, e indiretamente a área de absorção de água e nutrientes pelas plantas.

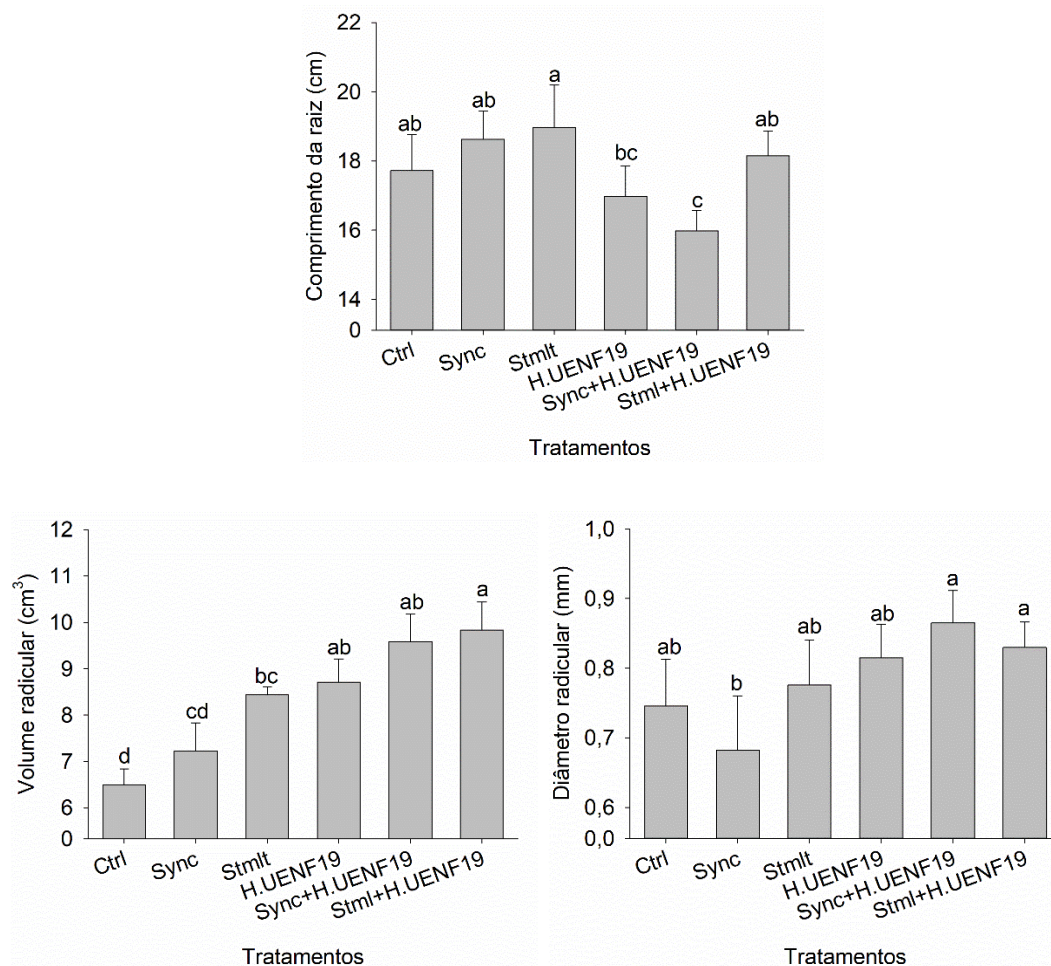


Figura 23. Comprimento da raiz (CR), diâmetro da raiz (DR) e volume radicular (VR) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento II. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Não houve efeito estatístico significativo em relação à área superficial de raiz, porém, é possível visualizar o destaque positivo (Figura 24) nas áreas superficiais de raízes, que foram submetidas aos tratamentos que possuíram tanto a BPCV quanto o Stimulate. Entretanto, a área superficial de raiz do tratamento Sync Cana MD apresentou menor incremento em relação aos outros tratamentos, justificando também a baixa conversão das plantas deste tratamento em área foliar, diâmetro de caule, e altura de planta. Porém, mesmo com seu baixo desempenho, ainda alcançou um ganho quando comparado ao tratamento controle.

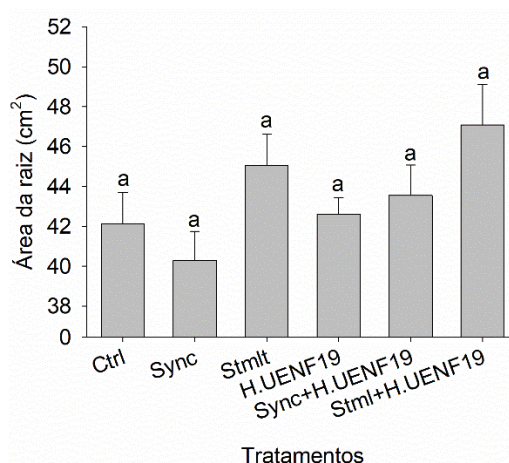


Figura 24. Área de raiz (AR) das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento I. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Quando analisada a estimativa do teor de clorofila (SPAD), a diferença estatística entre os tratamentos não foi observada, indicando que todos os tratamentos são iguais entre si. Porém o tratamento T5 obteve um incremento positivo no teor de clorofila (SPAD), quando se comparado ao tratamento controle. Tal feito pode ser explicado devido aos bioestimulantes conterem em suas formulações citocininas e giberelinas, que segundo Davies (2004), são fitormônios que retardam a senescência das folhas, favorecendo então a não degradação de clorofila.

Silva (2015), quando avaliou a resposta produtiva da cana-de-açúcar tratadas com Stimulate® observou efeito positivo de maneira geral. Nesse trabalho, entretanto, a aplicação do bioestimulante foi realizada sobre a cana soca e diferentes cultivares “IAC”.

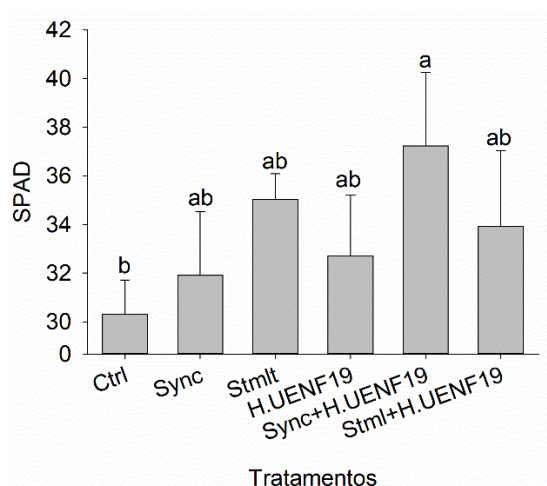


Figura 25. Intensidade de verde (SPAD) nas folhas das mudas da variedade RB867515 submetidas aos tratamentos do Experimento II. Letras diferentes nas colunas de cada tratamento indicam diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

O potencial de uso de reguladores vegetais na produção de mudas da cana-de-açúcar precisa estar associado à produtividade e à análise econômica do produtor, pois, existem variáveis fundamentais que devem ser analisadas previamente a uma tomada de decisão por parte deles, visando que os custos com a aplicação do produto sejam capazes de promover um retorno financeiro positivo e satisfatório com a otimização da produtividade. Segundo Miguel et al. (2019), o produtor precisa verificar se é rentável ou não a utilização dos bioestimulantes na fase de emergência das mudas para que não ocasione um aumento no custo total de produção, reduzindo o retorno financeiro.

Pelos resultados das pesquisas, indica-se que mais estudos sobre este assunto são de grande necessidade.

6. CONCLUSÃO

A aplicação do Stimulate[®], HUENF19, Sync+HUENF19 e Stimulate[®]+HUENF19 proporcionaram maiores altura de planta e diâmetro de colmo na fase inicial de crescimento vegetativo e produção de mudas de cana-de-açúcar.

A inoculação com *H. seropedicae* + Sync promoveu incremento em CR e VR, aumentando a produção de raízes secundárias, na fase inicial, entretanto após o transplântio este tratamento resultou em menor CR enquanto o VR não diferiu do controle

A inoculação da BPCV HUENF19 associada à utilização de Stimulate[®] apresentou maior conversão em biomassa vegetal durante o crescimento inicial de mudas de cana-de-açúcar, analisando os parâmetros de MSPA e MSR.

A aplicação de todos os tratamentos realizados no experimento não promoveu o perfilhamento da cana-de-açúcar no seu desenvolvimento inicial.

A aplicação de Sync Cana MD[®] apresentou melhor resultado na estimativa de teor de clorofila (SPAD), por conter auxinas e giberelinas em sua composição, prevenindo a precoce senescência das folhas.

A variedade RB867515 foi favorecida no período inicial da produção de mudas, possibilitando uma redução no tempo de viveiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC (2020). Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/clima_para_cana_000fhc5hpr702wyiv80efhb2aul9pfw4.pdf> Acesso em: junho 2020.
- Aguiar, D.A., Rudorff, B.F.T., Silva, W.F., Adami, Mello, M.P. (2011). Remote sensing images in support of environmental protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State. Brazil, *Remote Sensing*, 3 (12):2682-2703.
- Aguiar, A.T.E., Gonçalves, C., Paterniani, M.E.A.G.Z. (2014) Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 452 p.
- Araldi, R., Silva, F.M.L., Onoll, E.O., Rodrigues, J.D. (2010) Aspectos fisiológicos da produção de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, Santa Maria, 40 (3):694-702.
- Azevedo, A.N.G., Lima, B.G. de A. (2016) Biocombustíveis; Desenvolvimento e Inserção Internacional. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, 6 (1):77-100.
- Baldani, J. I., Baldani, V.L.D., Seldin, L., Doberreiner, J. (1986) Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a root-associated nitrogen fixing bacterium. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 36:86-93.
- Baldani, J.I., Reis, V.M., Videira, S.S., Boddey, H., Baldani, V.L.D. (2014) The art of isolating nitrogen-fixing bacteria from non-leguminous plants using N-free semi-solid media: a practical guide for microbiologists. *Plant and Soil*, 384 (2):413-431.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Olivares, F.L., Viana, A.P., Bressan-Smith, R. (2010) Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro

(*Ananas comosus* L. Merrill) cultivar Vitória durante a aclimatização. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:349-360.

Barbosa, A.F.C. (2018) *Desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas*. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Chapecó – RS, Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, 41 p.

Batista, L.M.T. (2013) *Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Brasília – DF, Universidade de Brasília – UNB, 125p.

Bonnett, G.D. (2014) Developmental stages (Phenology). In: Moore, P.H., Botha, F. C. Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology. 1. ed. Iowa: Wiley Blackwell.

Benefícios em usar etanol, NOVACANA. (2020). Disponível em: <www.novacana.com> Acesso em: maio de 2020.

Bourscheidt, C.E. (2011) *Bioestimulante e seus efeitos agrônômicos na cultura da soja (Glycine Max)*. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Ijuí – RS, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 35p.

Braga junior, R.L.C., Landell, M.G.A., Silva, D.N., Bidóia, M.A.P., Silva, T.N., Silva, V.H.P., Rodrigues, P.E., Carregari, H.R., Luz, A.M., Anjos, I.A. (2021) *Censo varietal IAC de cana-de-açúcar no Brasil - Safra 2017/18 e na região Centro Sul - Safra 2018/19*. Campinas: Instituto Agrônomo, 64p. online (Série Tecnologia APTA. Boletim técnico IAC, 221).

Cato, S.C (2006) *Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 74p.

Chaves, V.A., Santos, S.G., Schultz, N., Pereira, W., Sousa, J.S., Monteiro, R.C., Reis, V.M. (2015) Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39:1595-1602.

Compass Minerals Plant Nutritions. (2020) *Sync Cana | A perfeita sincronia entre a fisiologia e a nutrição do canavial*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bfKx5v2Gx00>>, Acesso em: agosto de 2020.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2017). *Perfil do setor do açúcar e do etanol no Brasil*, Brasília 1:1-64.

- Centro de Tecnologia Canaveieira-CTC. (2019) *Manual técnico de plantio de cana-de-açúcar em MEIOSI*. ed. fevereiro 2019, 1:1-12.
- Daros, E., Oliveira, R.A., Barbosa, G.V.S., (2015) RIDESA 2015: 45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar. 1. ed. Curitiba: Graciosa, 156p.
- Davies, P.J. Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action. 3. ed. Ithaca, NY, Ordrecht: Kluwer Academic Publishers, 750p.
- Döbereiner, J. (1992) Recent changes in concepts of plant bacteria interactions: endophytic N₂ fixing bacteria. *Environmental Science*, 44:310-313.
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural-EMATER. (2020) *Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola*. Disponível em: <<http://www.emater.rj.gov.br/areaTecnica/municipios.HTM>> Acesso em: agosto de 2020.
- Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação-FAO. (2020) *Crops and livestock Products*. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>> Acesso em: março de 2020.
- Ferreira, B.Z. (2014) *Hormônios de plantas: uma prospecção sobre suas descobertas e aplicações*. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Ponta Grossa – RS, Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, 48p.
- Fosket, D. E.; Kieber, J. Citocininas: reguladores da divisão celular. In: Taiz, L., Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, p. 619-645.
- Furlani, C.E.A., Voltarelli, M.A. (2015) Plantio mecanizado de cana-de-açúcar. In: Belardo, G.C., Cassia, M.T., Silva, R.P. *Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar*. 1. ed. Jaboticabal: SBEA, p. 259-272.
- Gama-Rodrigues, E.F., Gama-Rodrigues, A.C., Paulino, G.M., Franco, A.A. (2008) Atributos Químicos e Microbiológicos de Solos sob Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:521-1530.
- Gascho, G.J., Shih, S.F. (1983) Sugarcane. In: Teere, I.D., Peet, M.M. *Crop-water relations*. New York: A Wirley Interscience, p. 445-479.
- Glick, B.R. (2012) Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Scientifica*, v. 2012, Article ID 963401:1-12.
- Gomes, C. (2013) Sistema muda conceito de plantio. *A Lavoura*, Campinas, 2013, (696):38-39.

- Grasel, F.S., Stiehl, A.C.R., Bernardi, L.P., Herpich, T.L., Behrens, M. C., Andrade, J.B., Schultz, J., Mangrich, A.S. (2017) Inovação em Biorrefinarias I. Produção de Etanol de Segunda Geração a partir de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*) e Bagaço de Cana-de-Açúcar (*Saccharum officinarum*). *Revista Virtual de Química*, 9 (1):4-14.
- Hunsingi, G. (1993) *Production of sugarcane, theory and practice*. 1. ed. India: Advanced Series in Agricultural Sciences, 263p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2020) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola>> Acesso em: maio de 2020.
- Jain, R., Solomon, S., Skrivastava, A.K., Chandra, A. (2010) Sugarcane bud chips: A promising seed material. *Sugar Tech*, 12 (1):67-69.
- Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196:3-14.
- Kerbauy, G.B. (2004) *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Guanabara Koogan, 472p.
- Klahold, C.A., Guimarães, V.F., Echer, M.M., Klahold, A., Contiero, R.L., Becker, A. (2006) Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. *Acta Scientiarum Agronomy*. Maringá, 28 (2):179-185.
- Kohlhepp, G.; Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados* 24 (68):223-253.
- Lamego, A.R. (1974) *O homem e o brejo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Lidador, 297p.
- Lana, A.M.Q., Lana, R.M.Q., Gozuen, C.F., Bonotto, I., Trevisan, L.R. (2009) Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 25 (1):13-20.
- Landell, M. G. A.; Campana, M. P.; Figueiredo, P. (2012) *Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 16p. (Documento IAC, n.109).
- Marques, R.B.J., Canellas, L.P., Silva, L.G., Olivares, F.L. (2008) Promoção de enraizamento de microtoletes de Cana-de-açúcar pelo uso conjunto de Substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, 32:1121-1128.
- Matoso, E.S., Avancini, A.R., Maciel, K.F.K., Alves, M.C., Simon, E.D.T., da Silva, M.T., Dias, N.L., Silva, S.D.A. (2020) Influência do uso de um mix de bactérias

- diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. *Brazilian Journal of Development*, 6 (2):7261-7274.
- May, A., Ramos, N.P. (2019) *Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas*. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente/INFOTECA-E, 29p (Embrapa Meio Ambiente/INFOTECA-E. Circular Técnica, nº29).
- Miguel, F.B., Silva, J.A.A., Bárbaro, I.M., Esperancini, M.S.T.; Ticelli, M., Costa, A.G.F. (2019) Viabilidade econômica na utilização de um regulador vegetal em cana planta. *Informações Econômicas*, 39:53-59.
- Miranda, J.R. (2008) *História da cana-de-açúcar*. Campinas: Komedi, 167p.
- Marin, F.R; Pellegrino, G.Q.; Assad, E.D.; Pinto, H.S.; Zullo Junior, J. (2009) Cana de açúcar. In: Monteiro, J.E.B.A, *Agrometeorologia dos Cultivos O fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: INMET, 530p.
- Afonso, P.F.N (2017) *Avaliação econômica de sistemas de plantio de cana-de-açúcar na região Jaú*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, 76p.
- Nunes, M.U.C., Santos, J.R., (2007) *Tecnologia para produção de mudas de hortaliças e plantas medicinais em sistema orgânico*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 8p (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 48).
- Oliveira, M.C., Ogata, R.S., Andrade, G.A., Santos, D.S., Souza, R.M., Guimarães, T.G., Junior, M.C.S., Pereira, D.G.S., Ribeiro, J.F. (2016) *Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado*. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 124p.
- Peixoto, L. S. (2005) *Reestruturação e revitalização do setor sucroalcooleiro da região norte fluminense: proposta de desenvolvimento de um plano de negócios voltado para a produção e distribuição de aguardente de cana-de-açúcar de alta qualidade e açúcar mascavo para o mercado externo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 170p.
- Peixoto, P.H.P. (2017) *Propagação das Plantas Princípios e Práticas*. Universidade Federal de Juíz de Fora. Departamento de Botânica, 107p.
- Petri, J.L.; Couto, M.; Leite, G.B.; Schweitzer, B. (2012) Effect of thidiazuron (TDZ) in the fruiting of apple tree ‘Royal Gala’. *International symposium on orchard systems*. Stellenbosch, África do Sul. International Society for Horticultural Science.
- Pratto, B. (2019) *Estudo da produção de bioetanol e biobutanol a partir da palha de cana-de-açúcar*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – São Carlos – SP, Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, 138p.

- R Core Team (2020) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.r-project.org/>
- Ramos, A.R., Binotti, F.F.S., Silva, T.R., Silva, U.R. (2015) Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. *Revista Biociências*, 21 (1):76-88.
- Ripoli, T.C.C., Ripoli, M.L.C., Casagrandi, D.V.I., Yoshiro, B. (2006) Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. 1. ed. Piracicaba: 216 p.
- Ripoli, T.C.C., Ripoli, M.L.C., Casagrandi, D.V.I., Yoshiro, B. (2007) Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. 2. ed. Piracicaba: 198 p.
- Rodrigues, L.A., Batista, M.S., Alvarez, R.C.F., Lima, S.F., Alves, C.Z. (2015) Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. *Revista Nucleus*, 12 (1):207-214.
- Santi, C., Bogusz, D., Franche, C. (2013) Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Annals of Botany*, 111 (5):743-767.
- Santos, J.P., Borges, T.S., Silva, N.T., Alcantara, E., Rezende, R.M., Freitas, A. S. (2017) Efeito de bioestimulante no desenvolvimento do feijoeiro. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 15 (1):815-824.
- Santos, L.G. (2019) *Efeito do regulador de crescimento na germinação da alface*. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Vilhena – PA, Faculdade da Amazônia – FAMA, 20p.
- Schlemper, T.R., Leite, M.F.A., Lucheta, A.R., Shimels, M., Ouwmeester, H.J., Van veen, J.A., Kuramae, E.E. (2017). Rhizobacterial community structure differences among sorghum cultivars in different growth stages and soils. *FEMS Microbiology Ecology*, 93:1-11.
- Segato, S.V., Mattiuz, C.F.M., Mozambani, A.E. (2006) 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: Ed. Dos Autores, p. 19-36.
- Serafim, L.G.F., Stolf, R., Silva, J.R., silva, L.C.F., Maniero, L.A., Bassinelo, A.I. (2013) Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana-de-açúcar. *STAB*, 31 (3):22-25.
- Silva, P.B. (2015) *Aspectos Fisiológicos de seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Rio Largo – AL, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 97p.

- Silva, V.N., Hajar, A.S., Dotto, L., Senna, E.G., Menezes, H.M., Diniz, K.P. (2018) Efeito de biorregulador na germinação e crescimento de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* L.). *Revista Biociências*, 23 (1):69-75.
- Soares, D.C.O., Lima, S.F., Lima, A.P.L., Paula, J.A.F. (2021) Use of biochar and biostimulant in the production and quality of seedlings of *Sapindus saponaria* L. *Ciência Florestal*. 31 (1):106-122.
- Sousa, R.T.X., Korndörfer, G.H.W., Batista, D.R. (2010) Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar. *Bragantia*. 69:669-676.
- Stout, R.G., Bernasconi, P., Murphy, A. (2013) Auxina: o primeiro hormônio do crescimento vegetal descoberto. In: Taiz, L., Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 541-580.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 778p.
- Tejera, N.A., Rodés, R., Ortega, E., Campos, R., Lluch, C. (2007) Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. *Field Crops Research*, Amsterdam, 102:64-72.
- Urquiaga, S., Cruz, H.S., Boddey, R.M. (1992) Contribution of nitrogen fixation to sugarcane: Nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. *Soil Science Society*, 56:105-114.
- Vasconcelos, A.C.F. (2006) *Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e de soja*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 112p.
- Verna, R.S. (2004) *Sugarcane production technology in India*. Lucknow, India: International Book Distributing Co.
- Xavier, M.A., Landell, M.G.A., Campana, M.P., Figueiredo, P., Mendonça, J.R., Dinardo-Miranda, L.L., Scarpari, M.S., Garcia, J.C., Anjos, I.A., Azania, C.A.M., Brancalião, S.R., Kanthack, R.A.D., Aferrl, G., Silva, D.N., Bidóia, M.A.P., Campos, M.F., Perruco, D., Matsuo, R. S., Neves, J.C.T., Cassaneli Junior, J.R., Perruco, L., Petri, R.H., Silva, T. N., Silva, V.H.P., Thomazinho Junior, J.R., MigueL, P.E.M., Lorenzato, C.M. (2014) *Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar – mudas pré-brotadas (MPB)*. Campinas: Instituto Agrônômico. (Instituto Agrônômico de Campinas. Documentos IAC,113).
- Zilliani, R.R. (2015) *Influência de biorreguladores sobre a fisiologia e crescimento inicial de cana-de-açúcar submetida ao déficit hídrico*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Presidente Prudente – SP, Universidade do Oeste Paulista – UNIOESTE, 59p.

APÊNDICES

Tabela 1A. Altura de Planta (AP), diâmetro de colmo (DC), número de folhas (NF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento de raiz (CR), área de raiz (AR), diâmetro de raiz (DR), volume de raiz (VR), área foliar (AF) e teor de clorofila (SPAD), submetidas ao teste de médias. Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

	IVE (dap)	AP (cm)	DC (mm)	NF	MSPA (g)	MSR (g)	SPAD (%)
T1	10,03 cd	8,61 a	5,62 a	2,12 ab	0,45 a	0,10 c	31,60 abc
T2	8,36 d	6,16 b	5,42 ab	1,83 b	0,30 b	0,13 ab	30,20 c
T3	10,80 bc	8,62 a	4,93 b	2,54 a	0,35 b	0,09 c	30,05 c
T4	12,54 ab	9,30 a	5,55 ab	2,00 ab	0,43 a	0,09 c	31,21 bc
T5	12,16 b	9,14 a	5,16 ab	2,16 ab	0,49 a	0,15 a	32,48 ab
T6	14,24 a	9,85 a	5,44 ab	2,05 ab	0,45 a	0,10 bc	33,27 a
CV (%)	6,74	7,03	5,12	11,89	7,35	11,37	2,82
	MST (g)	CR (cm)	AR (cm ²)	DR (mm)	VR (cm ³)	AF cm ²	
T1	5,78 ab	6,37 c	8,56 d	0,31 d	1,36 d	27,36 a	
T2	6,46 a	4,01 d	8,68d	0,41 bc	1,07 d	10,35 c	
T3	5,49 b	8,29 b	17,20 b	0,48 b	2,93 b	20,33 b	
T4	6,10 ab	8,14 b	14,54 c	0,47 b	2,09 c	24,89 ab	
T5	6,21 ab	10,54 a	23,79 a	0,57 a	4,45 a	30,03 a	
T6	5,90 ab	6,67 c	15,07 c	0,35 cd	2,77 b	26,06 ab	
CV (%)	6,49	7,64	6,15	7,59	10,04	11,83	

T1= Controle; T2 = SYNC; T3= Stimulate; T4= HUENF19; T5= HUENF19 + SYNC; T6= HUENF19 + Stimulate

Tabela 2A: Altura de Planta (AP), diâmetro de colmo (DC), número de folhas (NF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento de raiz (CR), área de raiz (AR), diâmetro de raiz (DR), volume de raiz (VR), área foliar (AF) e teor de clorofila (SPAD), submetidas ao teste de médias. Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

	AP (cm)	DC (mm)	NF	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
T1	11,49 ab	4,13 bc	2,65 b	0,57 de	0,54 bc	5,35 a
T2	10,10 b	3,89 c	2,60 b	0,49 e	0,49 c	5,23 ab
T3	12,35 a	4,83 a	4,00 a	0,81 ab	0,56 bc	5,16 ab
T4	12,69 a	4,50 ab	3,50 ab	0,72 bc	0,62 b	5,22 ab
T5	11,98 ab	4,42 abc	3,10 ab	0,66 cd	0,63 b	5,51 a
T6	13,03 a	4,57 ab	4,10 a	0,84 a	0,75 a	4,92 b
CV(%)	8,61	6,8	17,2	8,18	8,82	3,61

	CR (cm)	AR (cm²)	DR (mm)	VR (cm³)	AF (cm²)	SPAD (%)
T1	17,72 ab	42,12 a	0,74 ab	0,74 ab	19,74 dc	30,29 b
T2	18,63 ab	40,28 a	0,68 b	0,68 b	17,91 d	31,90 ab
T3	18,95 a	45,04 a	0,77 ab	0,77 ab	23,24 c	35,02 ab
T4	16,97 bc	12,59 a	0,81 ab	0,81 ab	40,53 a	32,71 ab
T5	15,97 c	43,54 a	0,86 a	0,86 a	31,84 b	37,23 a
T6	18,15 ab	47,07 a	0,82 a	0,82 a	38,20 a	33,92 ab
CV(%)	4,85	7,54	8,88	8,17	7,19	8,59

T1= Control; T2 = SYNC; T3= Stimulate; T4= HUENF19; T5= HUENF19 + SYNC; T6= HUENF19 + Stimulate