

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
SOB ESTRESSE HÍDRICO E APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO (BPCV)

DANDARA LYONE SILVA DE OLIVEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
CAMPOS DOS GOYTACAZES
JUNHO-2021

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
SOB ESTRESSE HÍDRICO E APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO (BPCV)

DANDARA LYONE SILVA DE OLIVEIRA

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 Mestra em Produção Vegetal

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

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JUNHO - 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

O48

Oliveira, Dandara Lyone Silva de.

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB ESTRESSE HÍDRICO E APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO (BPCV) / Dandara Lyone Silva de Oliveira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

77 f. : il.

Inclui bibliografia.

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

Orientador: Silvio de Jesus Freitas.

1. Análises fisiológicas . 2. Trocas gasosas . 3. Déficit hídrico. 4. Inoculação. 5. *Saccharum officinarum*. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
SOB ESTRESSE HÍDRICO E APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO (BPCV)

DANDARA LYONE SILVA DE OLIVEIRA

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 09 de setembro de 2021.

Comissão Examinadora:

Ph.D. Miroslava Rakocevic (D.Sc., Ecofisiologia Vegetal) - UENF

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

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

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

Dedico,

Aos meus pais Gildo, Renata e Sidineia, pelos ensinamentos, conselhos, incentivos e apoio para que eu chegasse até aqui. Aos meus queridos irmãos Hairene e Agbara e avós Maria, Joelizia e Leocádia por todo amor. À toda minha família e amigos por todo apoio. Ao meu esposo pelo companheirismo e amor.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.”

Walter S. Landor

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais Gildo, Renata e Sidineia, por todo incentivo, força e apoio em todos os momentos durante minha caminhada.

Aos meus irmãos Hairene e Agbara, minhas avós Maria, Joelizia e Leocádia pelas orações,

Ao meu namorado Alberto por todo o apoio, amor e ajuda nos momentos difíceis,

Ao meu orientador e professor Silvio de Jesus Freitas pelo apoio e orientação,

À minha amiga, co-orientadora e professora Miroslava Rakocevic pela amizade, companheirismo, ensinamentos valiosos, correções e dedicação para a realização deste experimento.

Ao meu co-orientador Willian Pereira por todas as sugestões, ensinamentos, correções, empenho, zelo 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,

Ao meu amigo Patrick Barbosa por caminhar fielmente ao meu lado durante toda a

execução e avaliação do experimento, me ajudando em todos os momentos.

Aos amigos Danilo Baroni, Géssica Monteiro, Juliana Rezende e Guilherme Augusto por toda contribuição na execução do experimento e processamento dos dados.

Às minhas queridas amigas Jéssica Loss, Francielle Guimarães, Danielle Mendes, Cristina Santiago, Bruna Viana, Kíssila Mota e Giuliana Vaz que me ajudaram em vários momentos da execução deste estudo.

Aos colegas Laura Salomão, Detony, Waldiney e Leticia da Rocha pelo apoio durante a execução do experimento.

À UENF e UFRRJ *Campus* Campos dos Goytacazes pelo apoio e por conceder materiais e espaço para o desenvolvimento do experimento.

À CAPES pela bolsa de estudos.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Caracterização da espécie.....	5
3.2 Importância socioeconômica	6
3.3 Tipos de plantio	7
3.4 Sistema de mudas pré-brotadas (MPB).....	7
3.4.1 Primeira etapa - Preparo dos minirrebolos.	8
3.4.2 Tratamento das gemas	8
3.4.3 Terceira etapa - Brotação	8
3.4.4 Quarta etapa - Repicagem.....	9
3.4.5 Quinta etapa - Primeira fase de aclimação.....	9
3.4.6 Sexta etapa - Segunda fase de aclimação	9
3.4.7 Bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV).....	9
3.5 <i>Herbaspirillum seropedicae</i>	10

3.6	<i>Déficit</i> Hídrico	11
3.7	Caracterização dos genótipos	11
3.7.1	Cultivar (cv.) RB867515	11
3.7.2	Cultivar (cv.) RB108519	12
4.	MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1	Produção de mudas (1ª etapa)	14
4.1.1	Caracterização da área	14
4.1.3	Inoculação dos minitoletes	15
4.1.4	Brotação	15
4.1.5	Repicagem.....	16
4.1.6	Delineamento da 1ª etapa.....	16
4.1.5	Aclimatação das mudas	17
4.1.6	Adubação.....	17
4.1.7	Avaliações morfológicas	18
4.1.8	Análise estatística da 1ª etapa	20
4.2	Colunas de PVC (2ª etapa)	20
4.2.1	Coleta e análise do solo, enchimento dos canos e transplântio	20
4.2.2	Delineamento da 2ª etapa.....	21
4.2.3	Trocas gasosas.....	22
4.2.4	Avaliações morfológicas finais	25
4.2.5	Análises estatísticas da 2ª etapa.....	26
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1	Produção de mudas	27
5.2	Colunas de PVC.....	31
5.2.1	Aspectos morfológicos	31
5.2.2	Aspectos fisiológicos.....	37
6.0.	RESUMO E CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

APÊNDICES 60

RESUMO

Oliveira, Dandara Lyone Silva; Eng. Agrônoma, MS; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Desenvolvimento de Mudanças Pré-Brotadas de Cana-de-açúcar Sob Estresse Hídrico e Aplicação de Bactérias Promotoras de Crescimento (BPCV). Orientador: Silvio de Jesus Freitas.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), sendo responsável por 61,8% das exportações mundiais. No período do estabelecimento da cultura no campo é preciso condições ambientais favoráveis, preparo do solo correto, nutrição adequada e material propagativo de boa procedência, com seleção e controle fitossanitário rigoroso. Mudanças saudáveis e vigorosas diminuem as chances de falhas no estande de plantio, otimizando e aumentando o potencial produtivo. Com o objetivo de avaliar o crescimento inicial das mudas de duas variedades de cana-de-açúcar (RB108519 e RB867515), produzidas a partir da técnica das mudas pré-brotadas (MPB), submetidas ao estresse hídrico e a aplicação de BPCV, realizaram-se dois experimentos. Eles foram conduzidos na casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). O primeiro experimento foi disposto em delineamento de blocos ao acaso (DBC) com arranjo fatorial 2 x 2 (duas variedades x com e sem inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*) em quatro repetições, contendo cinco plantas por repetição. Os parâmetros avaliados foram: altura, diâmetro, massas secas da raiz, parte aérea e das podas foliares, área foliar, diâmetro radicular, comprimento radicular, volume radicular. A inoculação com *H. seropedicae* promoveu aumentos

em todos os parâmetros avaliados para a cv. RB867515, mas influenciou nenhum da cv. RB108519, indicando que as respostas à inoculação dependem da cultivar. O segundo experimento consistiu no transplântio de 40 mudas provenientes do primeiro experimento em canos de PVC. Os canos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com arranjo fatorial triplo 2 x 2 x 2, tendo oito tratamentos com cinco repetições, totalizando 40 parcelas. O primeiro fator foi apresentado por duas cultivares, segundo *déficit* hídrico através da suspensão da rega (com estresse) comparado com umidade próxima à capacidade de campo (sem estresse), enquanto o terceiro por inoculação com *H. seropedicae* e sem inoculação. Acompanhamos as trocas gasosas: a taxa fotossintética líquida (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 , (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$), transpiração foliar (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Através da razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e a condutância estomática (g_s) calculou-se a eficiência intrínseca do uso da água (iWUE, $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) e através da razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e concentração interna de CO_2 (C_i) calculou-se a eficiência intrínseca de carboxilação (iCE, $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{mol ar}^{-1}$). Foram acompanhados os parâmetros de fluorescência de clorofila, a eficiência fotoquímica do fotossistema II (razão F_v/F_m), índice fotossintético (PI) e a fluorescência inicial (F_0). As avaliações das trocas gasosas foram realizadas às 8:00 da manhã e às 12:00 da tarde, na última folha completamente expandida. Também foram realizadas avaliações de altura da planta, diâmetro do colmo e expansão foliar, pontualmente durante as avaliações das trocas gasosas. O *déficit* hídrico impactou na redução das trocas gasosas, no número de perfilhos e na massa seca de raiz da cv. RB867515. O *déficit* hídrico e a BPCV reduziram as trocas gasosas da cv. RB1108519, porém não em níveis prejudiciais, enquanto o *déficit* hídrico reduz os parâmetros morfológicos.

Palavras-chave: Análises fisiológicas, trocas gasosas, *déficit* hídrico, inoculação, *Saccharum officinarum*.

ABSTRACT

Oliveira, Dandara Lyone Silva; Agronomist, MS; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Development of Pre-Sprouted Sugarcane Seedlings Under Water Stress and Application of Growth Promoting Bacteria (BPCV). Advisor: Silvio de Jesus Freitas.

Brazil is the world's largest producer of sugarcane (*Saccharum officinarum*), accounting for 61.8% of world exports. During the period of establishment of the culture in the field, favorable environmental conditions, correct soil preparation, adequate nutrition and propagation material of good origin are necessary, with rigorous selection and phytosanitary control. Healthy and vigorous seedlings reduce the chances of failures in the planting stand, optimizing and increasing the productive potential. In order to evaluate the initial growth of seedlings of two sugarcane varieties (RB108519 and RB867515), produced using the pre-sprouted seedling technique (MPB), subjected to water stress and the application of BPCV, up two experiments. They were conducted in the greenhouse of the Agricultural Science and Technology Center of the Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). The first experiment was arranged in a randomized complete block design (CBD) with a 2 x 2 factorial arrangement (two varieties x with and without inoculation with *Herbaspirillum seropedicae*) in four replications, containing five plants per replication. The parameters evaluated were: height, diameter, dry mass of the root, shoot and leaf pruning, leaf area, root diameter, root length, root volume. Inoculation with *H. seropedicae* promoted increases in all parameters

evaluated for cv. RB867515, but influenced none of the cv. RB108519, indicating that the responses to inoculation depend on the cultivar. The second experiment consisted of transplanting 40 seedlings from the first experiment into PVC pipes. The pipes were arranged in a randomized block design with a 2 x 2 x 2 triple factorial arrangement, with eight treatments with five replications, totaling 40 plots. The first factor was presented by two cultivars, the second by water deficit through the suspension of irrigation (with stress) compared with humidity close to field capacity (without stress), while the third by inoculation with *H. seropedicae* and without inoculation. We followed the gas exchange: the net photosynthetic rate (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), internal concentration of CO_2 , (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), leaf transpiration (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Through the ratio between the net photosynthetic rate (A) and the stomatal conductance (g_s) the intrinsic efficiency of water use ($i\text{WUE}$, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) was calculated and through the ratio between the net photosynthetic rate (A) and internal CO_2 concentration (C_i) the intrinsic carboxylation efficiency ($i\text{CE}$, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) was calculated. Chlorophyll fluorescence parameters, photochemical efficiency of photosystem II (F_v/F_m ratio), photosynthetic index (PI) and initial fluorescence (F_0) were monitored. Gas exchange assessments were performed at 8:00 am and 12:00 pm, on the last fully expanded sheet. Evaluations of plant height, stem diameter and leaf expansion were also carried out, punctually during gas exchange evaluations. The water deficit impacted the reduction of gas exchange, the number of tillers and root dry mass of cv. RB867515. Water deficit and BPCV reduced gas exchange of cv. RB1108519, but not at harmful levels, while water deficit reduces morphological parameters.

Keywords: Physiological analyses, gas exchange, water deficit, inoculation, *Saccharum officinarum*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2020). Do caldo da cana-de-açúcar e dos resíduos líquidos e sólidos da moagem obtêm-se variáveis produtos, como rapadura, cachaça e como produtos destaques têm-se o açúcar e o etanol (CONAB, 2020).

A cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis, com o aumento da demanda mundial por etanol. Juntamente com as condições edafoclimáticas favoráveis e grandes áreas cultiváveis, o país se torna um importante participante na comercialização mundial de etanol de elevada competitividade, além de se destacar por produto ecologicamente correto que não afeta a camada de ozônio (CONAB, 2020).

No período do estabelecimento da cultura no campo é preciso condições ambientais favoráveis, preparo do solo correto, nutrição adequada e material propagativo de boa procedência, com seleção e controle fitossanitário rigoroso. Mudanças saudáveis e vigorosas diminuem as chances de falhas no estande de plantio, otimizando e aumentando o potencial produtivo. O uso de material propagativo livre de patógenos é um dos pontos mais importantes para o desenvolvimento inicial da cultura no campo. No sistema de mudas pré-brotadas (MPB), o risco de infestação de patógenos é reduzida, pois ocorre a seleção e tratamento das gemas antes que elas cheguem aos viveiros para a produção posterior das mudas de cana-de-açúcar (Landell et al., 2012).

Em lavouras de cana-de-açúcar comerciais, quando empregadas técnicas de plantio mais antigas, é comum que o volume de material propagativo utilizado fosse elevado, apresentando um valor referência de 12 a 15 gemas por metro de sulco (Coleti, 1987, Landell et al., 2012), apresentando de 8 a 12 t mudas ha para diminuir os riscos de falhas, utiliza-se um volume ainda maior podendo chegar de 15 a 21 gemas por metro linear, conferindo de 11 a 14 t ha⁻¹. O volume se tornou ainda maior com o desenvolvimento do sistema mecanizado, pois as falhas são frequentes e, com o objetivo de diminuir possíveis prejuízos, o uso de mudas se elevou para 20tha⁻¹, podendo atingir níveis superiores (Landell et al., 2012). Com o desenvolvimento da técnica do sistema de MPB, o volume de material propagativo pode ser reduzido a 2 t ha⁻¹, diminuindo cerca de 18 t ha⁻¹, aproveitando material qual pode ser destinado à indústria. Este sistema visa a padronização das mudas e redução de até 90% do material utilizado (Landell et al., 2013).

Um dos grandes desafios de viabilizar a técnica MPB é a disponibilidade hídrica no período do transplante, que se configura o período mais crítico para a muda, pois a planta vai para o campo com a área foliar e transpiração ativa (Martins et al., 2015). Por isso, seria indispensável um manejo de irrigação nesta fase, porém, nem todas as propriedades dispõem recurso hídrico para a realização deste tipo de manejo. Neste sentido é necessário diminuir a sensibilidade das mudas ao estresse hídrico. Uma das maneiras para conseguir isso seria a utilização de variedades de cana-de-açúcar tolerantes e/ou resistentes.

Plantas submetidas aos longos períodos de restrição hídrica no solo se adaptam para tolerar a seca. Ocorre redução da taxa fotossintética associada ao fechamento estomático devido às mudanças no status hídrico da folha, levando à redução da transpiração e à possibilidade de ocorrer morte por dessecação (Silva et al., 2009). A baixa disponibilidade hídrica ocasiona modificações no desempenho das plantas, e a capacidade de reverter tais modificações vai variar dependendo do genótipo, da duração, e severidade do estresse e da fase fenológica (Inman-bamber e Smith, 2005, Smit e Singels, 2006).

A inoculação com BPCV influencia positivamente a produção de fitormônios (Cassan et al., 2001), permitindo que ocorram alterações morfológicas e fisiológicas. O fornecimento de fitormônios reguladores de

crescimento como auxinas, citocininas e giberelinas, e a criação de condições mais favoráveis de crescimento das plantas, podem diminuir e até evitar os efeitos nocivos de estresses abióticos, possibilitando que a planta tenha maior tolerância ao estresse hídrico (Yakhin, 2017).

2. OBJETIVO

Avaliar o crescimento inicial das mudas de duas variedades de cana-de-açúcar, produzidas a partir da técnica do MPB, submetidas ao estresse hídrico e à aplicação de BPCV.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caracterização da espécie

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é originária da Ilha de Papua localizada em Nova Guiné, encontrada em ambientes silvestres e em jardins e moradias como planta ornamental. A expansão de espécie deu-se através das migrações náuticas dos habitantes do Oceano Pacífico, em ilhas do Sul do Pacífico, no Arquipélago da Malásia, Indochina, entre outros, até aparecer na Índia, onde foi selecionada para produção de açúcar (Miranda, 2008).

A cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma espécie semiperene, de família *Poaceae*. Caracterizada por grande acúmulo de sacarose nos tecidos dos colmos, no que foca a sua importância comercial. Devido ao seu metabolismo fotossintético C4, ela é altamente eficaz na transformação de energia solar em energia química (Vidal e Trezzi, 2011).

A cana-de-açúcar cresce em forma de touceira, com a parte aérea formada por folhas, colmos, inflorescências, e a subterrânea formada por raízes e rizoma (Mozambani et al., 2006). O ciclo produtivo desta espécie é dividido em quatro fases: a primeira consiste de emergências dos brotos primários, na segunda ocorre o perfilhamento e estabelecimento da cultura que compreende o período da emergência dos brotos ao final do perfilhamento, a terceira compreende crescimento intensivo que vai do final do perfilhamento até o início do acúmulo da sacarose, a quarta apresenta maturação em que o acúmulo de sacarose nos colmos se torna intenso (Segato et al., 2006).

Cana-de-açúcar é uma espécie alógama, a inflorescência é do tipo panícula, também chamada de flexa ou bandeira (Rodrigues, 1995). Quando cultivada comercialmente, essa espécie é multiplicada assexuadamente, por meio da propagação vegetativa, o que confere maior rapidez e uniformidade na produção das mudas.

Cana-de-açúcar é tolerante às temperaturas elevadas, apresentando produção até em regiões onde a temperatura média de verão chega a 47°C, necessitando de irrigação quando expostas a esta condição sem a distribuição. Em temperaturas inferiores a 21°C, consideradas baixas, ocorre a diminuição do crescimento dos colmos e promove um maior acúmulo de sacarose (Rodrigues, 1995).

3.2 Importância socioeconômica

Devido à valorização do açúcar na Europa, e com a necessidade de ocupar e desenvolver as terras, a cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil em 1532 por Martin Afonso de Souza na capitania de São Vicente, através de mudas da espécie vindas da Ilha da Madeira e Açores em Portugal, onde as condições ambientais eram semelhantes as do Brasil (Cruz, 2016).

A produção de biocombustíveis ganhou destaque a partir dos anos 70 de século XX, devido à crise que o setor petrolífero enfrentava. Após a criação do Plano Nacional de Produção de Álcool (Proálcool) em 1975, o setor sucroalcooleiro cresceu significativamente, de forma que o Brasil assumiu uma posição de destaque na produção de energias renováveis (Segato et al., 2006). A produção de biocombustíveis é uma alternativa sustentável de reduzir a dependência mundial dos combustíveis fósseis. (Grasel et al., 2017).

A cana-de-açúcar é uma das grandes opções para o setor de biocombustíveis devido à potencialidade para a produção de etanol e seus subprodutos. Além disso, buscam-se alternativas para a geração de energia elétrica através da cana-de-açúcar, com o objetivo de diminuir os custos produtivos, operar com mais eficiência, e contribuir para aumentar a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2020). O Brasil tem se destacado em projetos de crédito de carbono registrados na ONU, onde a maioria dos projetos estão relacionados à geração de energia elétrica provenientes do bagaço da cana-de-açúcar (Junqueira, 2006).

O Estado de São Paulo é responsável pela maior parte da produção brasileira de cana-de-açúcar e açúcar com cerca de 51% (CONAB, 2020). O estado do Rio de Janeiro possui, aproximadamente, 1.702.827 ha plantados com a cultura, a maior parte concentrada no Norte Fluminense, em que a maioria da produção é destinada à produção de álcool e açúcar (IBGE, 2017).

3.3 Tipos de plantio

A forma preferencial atualmente, de multiplicação da cana-de-açúcar, é através da utilização de toletes que são distribuídos sobre sulcos profundos de plantio, podendo ser colmos fracionados em 3-4 gemas ou colmos inteiros (May e Ramos, 2019).

Existem três tipos de plantios mais usuais atualmente no Brasil: o manual, o semi-mecanizado e o mecanizado. No sistema semi-mecanizado de plantio, apenas a sulcação é realizada de forma mecanizada, as demais operações são realizadas de forma manual, tais como a despalha e a distribuição das mudas (Lndell et al., 2012). O cobrimento das mudas e a aplicação de inseticidas são realizados com o auxílio de tratores equipados com cobridores de cana-de-açúcar, e se houver incidência de falhas, o repasse é realizado de forma manual (Ripoli, 2007). No sistema de plantio manual, utiliza-se 6 a 8 t ha⁻¹ de material propagativo (Xavier, 2014).

No sistema mecanizado de plantio todas as operações manuais são eliminadas, portanto a sulcação, adubação, distribuição de rebolos e cobrimento, são realizadas de forma mecanizada. Consequentemente, ocorre uma redução nos custos da implantação e facilita o gerenciamento do sistema (Pinto e Moraes, 1997). No sistema mecanizado de plantio, utiliza-se 18 a 20 t ha⁻¹ de material propagativo (Xavier, 2014). O custo com material propagativo é maior neste sistema em relação ao manual, sendo beneficiado apenas pela redução da mão de obra, gerando uma eficiência de campo de 75% (Pinto e Moraes, 1997). Muitas usinas estão retornando ao sistema manual de distribuição de toletes, devido ao alto gasto e custos com material propagativo no sistema mecanizado (May e Ramos, 2019).

3.4 Sistema de mudas pré-brotadas (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 no plantio até 80% (Jain et al., 2010), renovação e expansão de áreas de cana-de-açúcar (Tonelli et al., 2012), rendimento e uniformidade no plantio pela área plantada e controle fitossanitário das mudas nos viveiros. As mudas de MPB são produzidas em seis etapas (Landell et al., 2012).

3.4.1 Primeira etapa - Preparo dos minirrebolos.

Para produzir as mudas necessitam-se colmos com idade fisiológica de aproximadamente seis a dez meses, provenientes de viveiros básicos que passam por um rigoroso protocolo de qualidade e manejo. Inicialmente, realiza-se a despalha. Ela deve ser realizada fora do perímetro do viveiro, para evitar o transporte de fitopatógenos. O processo deve ser feito manualmente para evitar danos. Para realizar a retirada dos colmos, utiliza-se um instrumento de corte denominado “podão”, que deve ser desinfectado com produtos à base de amônia quaternária. Para a separação dos colmos em minirrebolos utiliza-se guilhotina com lâmina dupla. Recomendado é que a distância entre as lâminas para esse processo seja de 3 cm, já que esta etapa determina o tamanho do minirrebolo (Landell et al., 2012).

3.4.2 Tratamento das gemas

Tratamento das gemas consiste na imersão dos minirrebolos em uma solução à base de Azoxistrobina ou Pyraclostrobin 0,1%, por um período de três minutos. Outra alternativa é o tratamento térmico, com a temperatura de 52 °C aplicada por 30 minutos, ou de 50 °C por duas a três horas (Landell et al., 2012).

3.4.3 Terceira etapa - Brotação

Após o tratamento, os minirrebolos são transferidos para caixas plásticas contendo substratos, com capacidade para 80 unidades. Os minirrebolos devem ser totalmente cobertos pelo substrato e acondicionados em câmaras, ou casas de vegetação, submetidos à temperatura controlada de 32°C e à irrigação suficiente para completar o processo de pré-brotação. A duração da etapa varia de sete a dez dias, dependendo da variedade e idade fisiológica da gema (Landell

et al., 2012).

3.4.4 Quarta etapa - Repicagem

Logo após a pré-brotação, as gemas brotadas são individualizadas em tubetes contendo substratos e fertilizantes, para possibilitar melhores condições de enraizamento (Landell et al., 2012).

3.4.5 Quinta etapa - Primeira fase de aclimação

As mudas permanecem acondicionadas na casa de vegetação ou câmaras por um período de 21 dias. Elas deveriam ser protegidas com sombrite que permite 50% de sombreamento, qual será retirado no decorrer dos dias. As mudas pré-brotadas são submetidas à alta umidade relativa do ar para diminuir os efeitos prejudiciais impostos pelas altas temperaturas. Elas precisam de turnos de irrigação definidos de acordo com o desenvolvimento das plantas. Antes de avançarem para a segunda fase de aclimação, as plantas recebem uma poda, com o objetivo de estimular o crescimento radicular e minimizar as perdas de água (Landell et al., 2012).

3.4.6 Sexta etapa - Segunda fase de aclimação

As mudas são expostas a pleno sol, para simular a realidade do campo. Além disso, recebem quatro turnos de rega que totalizam 4 mm dia⁻¹ e um intenso manejo de podas foliares, totalizando três até o final desta etapa que é concluída com 21 dias. Posteriormente, a muda é retirada do tubete, embalada e encaminhada para o plantio (Landell et al., 2012).

3.4.7 Bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV)

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) possuem importância funcional dentre os microrganismos que habitam o solo (Olivares, 2009, Arruda et al., 2013). As BPCV's geralmente são encontradas em maior número nas raízes, mas também podem ser encontradas no caule e nas folhas. As BPCV's podem ser residentes epifíticas ou endofíticas (Mariano et al., 2004). As BPCV são encontradas em associação com espécies de gramíneas de importância comercial, dentre elas a cana-de-açúcar (Wei et al., 2014). As mais conhecidas são as dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*,

Klebsiella, *Burkholderia*, *Serratia*, *Gluconacetobacter*, *Azoarcus*, *Arthrobacter* e *Herbaspirillum* (Hardoim et al., 2008).

Os microrganismos endofíticos penetram e colonizam toda a planta e se estabelecem no interior de nichos protegidos do oxigênio. Um dos principais sítios de entrada utilizados pelas bactérias endofíticas são as injúrias resultantes da emergência das raízes laterais (Mitter et al., 2013), sem causar sintomas aparentes aos patógenos (Hardoim et al., 2008).

Os microrganismos endofíticos possuem grande potencial para fixação de nitrogênio, (Kennedy et al., 1997), solubilização de fosfato inorgânico, produção de ácido indol-acético (Kuklinsky Sobral et al., 2004, Pedrinho et al., 2010, Verma et al., 2001), aumento da absorção pelas raízes (Conn et al., 1997), maior tolerância ao estresse biótico e abiótico (Zahir et al., 2003, Santos et al., 2014) e também pode aumentar a expressão das aquaporinas (Zawoznik et al., 2011), que são proteínas de canal com papel importante no transporte de água e pequenas moléculas neutras por meio da membrana celular, agindo no controle do fluxo de água em condições adversas para a planta (Kaldenhoff e Fisher, 2006).

Houve um aumento nos estudos acerca da interação planta/microrganismos, com o objetivo de compreender os fatores envolvidos e trabalhar na seleção de estirpes que possam ser benéficas ao crescimento das grandes culturas (Ferreira et al., 2014), possuindo potencial de diminuir custos e impactos ambientais e aumentar a produtividade (Bhattacharyya e Jha, 2012).

3.5 *Herbaspirillum seropedicae*

Herbaspirillum seropedicae é uma bactéria diazotrófica endofítica que é encontrada em associação com arroz, milho, cana-de-açúcar e em outras espécies de regiões tropicais, como 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). *H. seropedicae* pode ser encontrada no interior dos tecidos das plantas, o fato que difere esta espécie dos outros organismos diazotróficos, 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 (Dobereiner, 1992).

3.6 Déficit Hídrico

A deficiência hídrica pode ser definida como a escassez de umidade, de tal forma que não atenda a demanda hídrica necessária para que a planta realize seus processos metabólicos essenciais e obtenha um crescimento normal (Li et al., 2009).

Algumas alterações fisiológicas e biométricas estão relacionadas à escassez de água, como por exemplo, a redução da condutância estomática, elevação do potencial hídrico da folha, fechamento parcial dos estômatos (Marcos et al., 2018), redução do turgor da célula (Monteiro et al., 2014) e até inibição da fotossíntese (Kim et al., 2017), induzindo redução do crescimento (Portes et al., 2006), aceleração na senescência e da abscisão das folhas (Taiz e Zeizer, 2017).

O consumo diário de água da cultura da cana-de-açúcar depende de alguns fatores, podendo variar de acordo com a variedade, condições edafoclimáticas de cultivo, estágio de desenvolvimento e da demanda evapotranspirométrica, assumindo um valor entre 2 e 6 mm⁻¹ por dia (Bernardo, 2006).

A tolerância à seca pode ser resultado de várias características, dentre elas as anatômicas, morfológicas e fisiológicas, que podem ser expressas simultaneamente e dependem da severidade e taxa de imposição do estresse hídrico, das condições nutricionais da planta, entre outros fatores. Desta forma é necessário adotar mais do que uma estratégia de adaptação à seca (Sambatt e Caylor, 2007).

A avaliação de variáveis morfológicas como altura da planta, área foliar, contagem do número de perfilhos e número de folhas verdes e avaliações fisiológicas como a fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração foliar (E), concentração interna de CO₂ (C_i), teor de clorofila, eficiência instantânea de carboxilação (iCE), e a eficiência intrínseca de uso da água ($iWUE$) são consideradas essenciais para realizar a diferenciação de cultivares tolerantes à restrição hídrica (Pincelli, 2010).

3.7 Caracterização dos genótipos

3.7.1 Cultivar (cv.) RB867515

A cv. 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 levantamento realizado pelo Censo Varietal IAC, a cv. RB867515 ocupou 26% da área cultivada na safra de 2017/18 (Junior et al., 2019). Esta cv. é resultante de um policruzamento, através da cv. RB72454 (progenitora) juntamente com o pólen de outras variedades, ao acaso, não sendo possível especificar o genitor (RIDESA, 2015).

A cv. RB867515 é caracterizada pela alta velocidade de crescimento, hábito de crescimento ereto, porte alto e fácil despalha (RIDESA, 2015). Possui boa capacidade de brotação, mesmo em plantios tardios e sob baixas temperaturas. Os colmos possuem entrenós cilíndricos com acentuada densidade, possuindo uma cor verde arroxeada que se intensifica quando ficam expostos ao sol. A zona radicular é de 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 bainha é longa com quantidade de cera regular e com pouca pilosidade nas folhas. Possui duas aurículas, uma lanceolada e outra transitória, sendo em tamanho médio e curta, respectivamente. O aspecto é liso e com pouca presença de cera.

A cv. 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 fertilidade média.

3.7.2. Cultivar (cv.) RB108519

A cv. RB108519 foi desenvolvida pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA) juntamente com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), e ainda não foi lançada oficialmente. A cultivar foi selecionada no Norte do estado do Espírito Santo (PORTAL UFRRJ, 2021). A cv. RB108519 é caracterizada pela sua ótima brotação, despalha e brotação de soqueira, possui crescimento inicial rápido, crescimento ereto, alto teor de açúcar e perfilhamento médio, fechamento das entrelinhas médio. É recomendada para locais com baixa fertilidade e com escassez hídrica, apresentando altos rendimentos agrícolas. Possui tolerância à ferrugem marrom,

ferrugem alaranjada, escaldadura, mosaico e carvão. A época de colheita compreende os meses de junho a outubro.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Produção de mudas (1ª etapa)

4.1.1 Caracterização da área

O estudo foi conduzido na casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada no Município de Campos dos Goytacazes, região Norte do Rio de Janeiro, a 11 m de altitude e coordenadas geográficas 21° 45' 15" S e 41° 1' 28" W. O clima da região é classificado por Köppen como tipo Am, tropical quente e úmido, com temperatura média de 24°C e precipitação média anual de 1.053 mm de maior concentração entre outubro e março, enquanto o período seco ocorre entre julho a setembro (Mendonça et al., 2007).

4.1.2 Aquisição e tratamento fitossanitário dos minitoletes

Os materiais propagativos, das cv RB108519 e RB867515, foram adquiridos através de uma parceria com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), *Campus* Campos dos Goytacazes.

Os minitoletes foram selecionados a partir de plantas com idade de seis a dez meses. As plantas foram cortadas com o auxílio de um instrumento do tipo "podão", previamente desinfestado com produtos à base de amônia quaternária. Após a seleção, os minitoletes foram individualizados, com o auxílio de uma guilhotina como proposto pela metodologia do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Os minitoletes não passaram por tratamento fitossanitário.

4.1.3 Inoculação dos minitoletes

Nesta etapa, utilizou-se a bactéria *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54, na concentração final de 10^8 mL⁻¹ de células no meio (Bac) (Figura 1) para o preparo da solução utilizada na inoculação das gemas. O inóculo foi diluído em uma proporção de 1/100 e, posteriormente, as gemas que compõem os tratamentos com inoculação foram mergulhadas na diluição por 30 minutos.



Figura 1. Erlenmeyer contendo solução com a bactéria *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54.

4.1.4 Brotação

Os minitoletes selecionados foram separados entre inoculados e não inoculados e dispostos em caixas plásticas (Figura 2), com capacidade de até 80 unidades de material propagativo, preenchidos com substrato comercial, próprio para a produção de mudas (Basaplant). As caixas, contendo os minitoletes, permaneceram em casa de vegetação por um período de 12 dias.



Figura 2. Gemas dispostas nas caixas de brotação.

4.1.5 Repicagem

Após 12 dias, os minitoletes brotados foram transplantados para tubetes preenchidos com Basaplant (Figura 3). Nesta fase foram excluídos minitoletes não brotados e plantas danificadas.



Figura 3. Mudas pré brotadas repicadas para os tubetes.

4.1.6 Delineamento da 1ª etapa

O experimento, nesta etapa, foi disposto em delineamento de blocos ao acaso (DBC) com arranjo fatorial 2x2, em que o primeiro fator foi composto por duas cultivares RB867515 (CV1) e RB108519 (CV2) e o segundo por plantas inoculadas (CI) e não inoculadas (SI), totalizando quatro tratamentos com quatro repetições, e cada repetição contendo seis plantas, totalizando 96 plantas. As mudas foram dispostas em bandejas. A esquematização dos tratamentos encontra-se na Tabela 1 e o desenho experimental na Figura 4.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos 1ª etapa

Tratamento	CV1	CV2	CB	SB
CV1CI	X		X	
CV1SI	X			X
CV2CI		X	X	
CV2SI		X		X

CV1: cv. RB108519, CV2: cv. RB867515, CB: com BPCV, SI: sem BBCV.

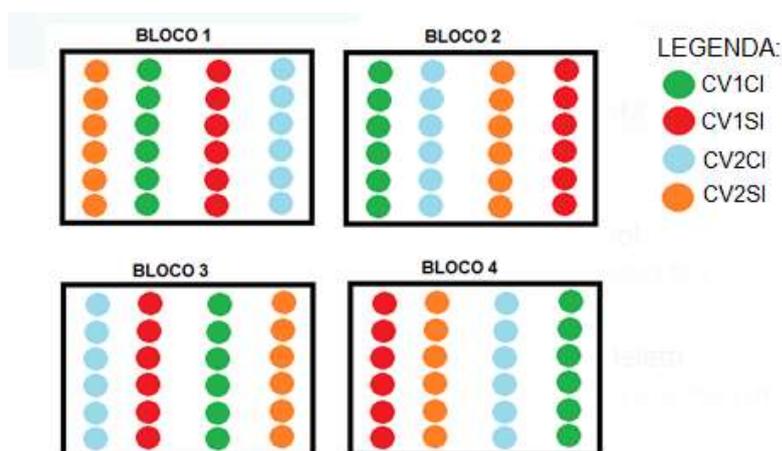


Figura 4. Desenho experimental – 1ª etapa.

4.1.5 Aclimação das mudas

As mudas permaneceram acondicionadas na casa de vegetação por um período de 50 dias, 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.

4.1.6 Adubação

A adubação foi realizada seguindo as recomendações da Agência EMBRAPA de Informação e Tecnologia (AGEITEC), em que deve-se 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:

$$\begin{array}{r} 100\text{kg de KM} \text{ ----- } 61\text{kg de } P_2O_5 \\ x \text{ ----- } 150 \text{ kg de } P_2O_5 \end{array} \quad (1)$$

$$x = 245,90 \text{ kg de KM para fornecer } 150 \text{ kg/ha de } P_2O_5$$

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

$$x = 29,5 \text{ kg/ha de N.}$$

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:

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ kg de KRISTALON} \text{ -----} 36 \text{ kg de K}_2\text{O} \\
 \times \qquad \qquad \qquad \text{-----} 80 \text{ kg}
 \end{array}
 \quad (3)$$

$x = 222,2 \text{ kg/ha}$ de KRISTALON para fornecer 80 kg/ha de K_2O

Com 222 kg/ha de KRISTALON também foram fornecidos $13,3 \text{ kg/ha}$ de N, 4 kg/ha de Mg, $17,7 \text{ kg/ha}$ de S e 26.6 kg/ha de P_2O_5 .

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

4.1.7 Avaliações morfológicas

Foram realizadas avaliações da altura das plantas (AP) e diâmetro dos colmos (DC) a cada sete dias. O DC foi mensurado por meio de um paquímetro digital de precisão. A AP foi determinada com auxílio de uma régua graduada, medindo da base do perfilho primário até a inserção das folhas. Foram realizadas três podas foliares, a primeira realizada dois dias após a repicagem, a segunda 19 dias após a primeira poda (Figura 5) e a terceira 19 dias após a segunda poda. O material de cada poda era identificado e levado para a estufa de circulação forçada, com temperatura regulada em 65°C por 72 horas, até que as amostras atingissem peso constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas com o auxílio de uma balança de precisão.



Figura 5. Mudas podadas aos 21 dias pós transplante para o tubete.

Passados os 50 dias, realizaram-se avaliações morfológicas finais em 56 mudas. Foram realizadas avaliações da altura da planta (AP, cm), DC, área foliar (AF), volume radicular (VR, cm³), comprimento radicular (CR, cm), diâmetro radicular (DR, mm), área da superfície radicular total (ASRT, cm²), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR).

Para a realização da análise do VR, CR e DR utilizou-se o sistema WINRHIZO, inicialmente foi necessário preparar o *scanner* (marca Epson, modelo *Perfection V800 Photo*) fornecido juntamente com *software* WINRHIZO. As amostras, uma por vez, foram depositadas na superfície do *scanner* (Figura 6), em seguida, a tampa do *scanner* foi fechada, para que as imagens não fossem significativamente influenciadas por iluminações externas. A aquisição das imagens e as análises foram feitas diretamente através do *software* do sistema WINRHIZO. Para isso, foi utilizada a opção de análise baseada em tons de cinza, assim como a opção de imagem de fundo branco e raízes escuras, em conformidade com as imagens produzidas (Figura 7).

Para a realização da medição de AF, utilizou-se o medidor de área foliar de bancada LICOR, modelo LI – 3100 em que as folhas eram passadas pelo leitor do aparelho, uma a uma.

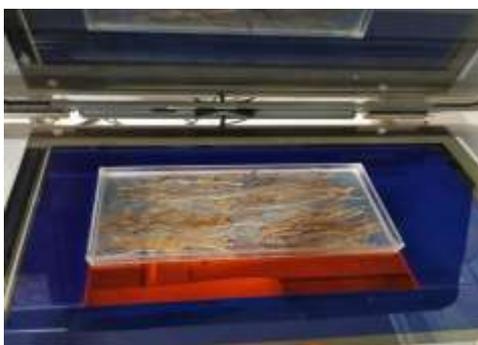


Figura 6. Amostras das raízes dispostas na superfície do *scanner*.



Figura 7. Imagem produzida através do software WINRHIZO.

4.1.8 Análise estatística da 1ª etapa

Cada variável estudada foi submetida à análise de variância (ANOVA) por meio do programa estatístico SISVAR 5.1 *Build 72* (Ferreira, 2007) com significância de 5% por meio do teste F. As médias foram comparadas usando o teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.2 Colunas de PVC (2ª etapa)

A 2ª etapa consistiu no transplante de 40 mudas do Experimento 1 em canos de PVC com dimensões de 1 metro de altura e 150 mm de diâmetro. Metade das mudas foram submetidas ao *déficit* hídrico.

4.2.1 Coleta e análise do solo, enchimento dos canos e transplante

O solo utilizado para o enchimento dos canos foi coletado em um barranco da fazenda experimental da UENF. Para o preparo do substrato, adicionou-se areia e solo na proporção de 3:1 (3L de solo para 1L de areia). Logo após o substrato foi homogeneizado e amostras foram retiradas para a realização da análise do mesmo. Teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH H₂O, saturação de alumínio (m%), CTC a pH 7 e saturação de bases (V%) encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Teores de P, K, Ca, Mg e valores de pH H₂O, m% e V% do substrato utilizado para o plantio das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar das cv. RB108519 e RB867515

Parâmetro analisado	Unidade	Resultado
P (Melich)	mg/dm ³	33
K	mg/dm ³	140
Ca	cmolc/cm ³	2,5
Mg	cmolc/cm ³	0,8
pH H ₂ O	-	5,6
M	%	3
V	%	59,9

Posteriormente, o substrato foi introduzido nos vasos e umedecido até atingir a capacidade de campo para a uniformização do mesmo. A regulação da umidade no solo foi realizada através do monitoramento de água no solo, realizado a partir da observação da percolação da água no fundo dos canos.

Após sete dias, as mudas provenientes da 1ª etapa, foram transplantadas para os vasos preenchidos (Figura 8). Nos primeiros 20 dias após o transplante, todos os vasos permaneceram na capacidade de campo para o estabelecimento das plantas nos canos. Não foi realizada a adubação, pois os teores de nutrientes estavam satisfatórios na análise.



Figura 8. Mudas recém transplantadas para os canos de PVC.

4.2.2 Delineamento da 2ª etapa

Os canos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso (DBC) com arranjo fatorial triplo $2 \times 2 \times 2$, oito tratamentos com cinco repetições, totalizando 40 parcelas. O primeiro fator foi composto por duas cultivares (cv. RB108519 e cv. RB867515), segundo fator testou efeito de *déficit* hídrico (substrato com umidade próxima à capacidade de campo - sem estresse ou *déficit* hídrico através da suspensão da irrigação - com estresse) e o terceiro fator por plantas inoculadas e não inoculadas. A esquematização dos tratamentos encontra-se na Tabela 3 e o desenho experimental na Figura 9.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos da 2ª etapa

Tratamento	CV1	CV2	SE	CE	SB	CB
T1- G1SESB	X		X		X	
T2- G1CECB	X			X		X
T3- G1CESB	X			X	X	
T4- G1SECB	X		X			X
T5- G2SESB		X	X		X	
T6- G2CECB		X		X		X
T7- G2CESB		X		X	X	
T8- G2SECB		X	X			X

CV1: RB108519, CV2: RB867515, CE: com estresse hídrico, SE: sem estresse hídrico, CB: com bioestimulante, SB: sem bioestimulante.

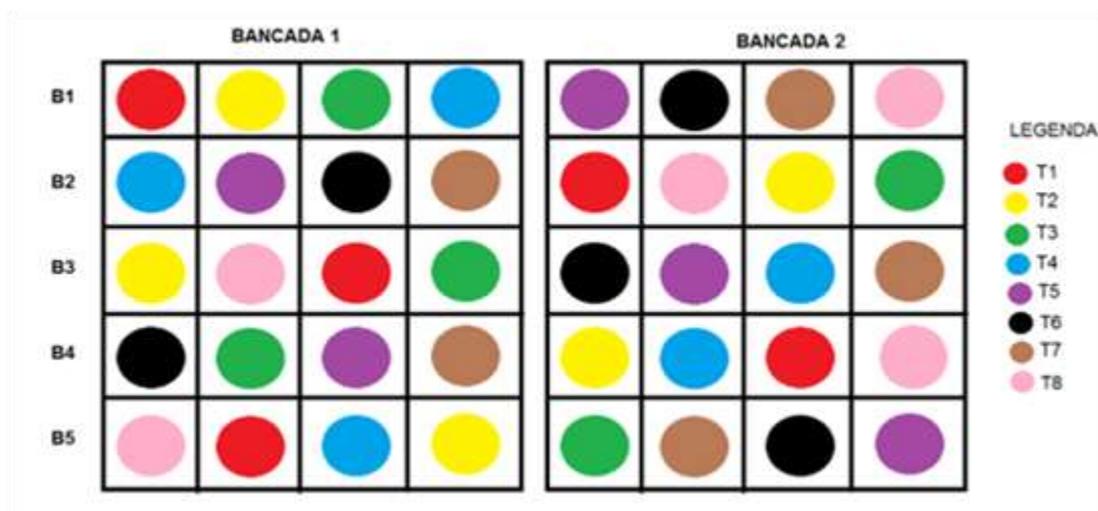


Figura 9. Esquema experimental – 2ª etapa.

4.2.3. Trocas gasosas

Avaliou-se a taxa fotossintética líquida (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 , (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$), e transpiração foliar (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Através da razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e a condutância estomática (g_s) calculou-se a eficiência intrínseca do uso da água ($i\text{WUE}$, $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) e através da razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e concentração interna de CO_2 , (C_i) eficiência intrínseca de carboxilação ($i\text{CE}$, $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{mol ar}^{-1}$). As avaliações das trocas gasosas foram realizadas às 8:00 da manhã e às 12:00 da tarde, na última folha completamente expandida, com a lígula aparente (folha +1), no terço médio da folha.

As avaliações de A , E , g_s e C_i foram realizadas por meio de um analisador de gás infravermelho (IRGA), modelo LI-6200 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) (Figura 10). A intensidade de luz fotossinteticamente ativa (PAR) foi regulada em $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com apoio de recurso externo de lâmpadas LED vermelhas e azuis.



Figura 10. Analisador de gás a infravermelho (IRGA), modelo LI-6200 (LI- COR, Lincoln, NE, USA).

A fluorescência de clorofila foi avaliada através de eficiência fotoquímica do fotossistema II (razão F_v/F_m), índice fotossintético (PI) e a fluorescência inicial (F_0). As medições foram realizadas em dois momentos, pontualmente durante as avaliações das trocas gasosas, com o auxílio do fluorímetro não modulado modelo *Pocket Pea* (*Plant Efficiency Analyser*, Hansatech, Inglaterra). Para tanto, antes das avaliações da emissão da fluorescência, a parte da folha amostrada foi adaptada ao escuro por 30 minutos, com auxílio de pinças especiais (*leafclips*) (Hansatech) e folhas de papel alumínio (Figura 11).



Figura 11. Pinças especiais (*leafclips*) (Hansatech) para adaptação no escuro, para medições de fluorescência de clorofila.

O primeiro dia de avaliação das trocas gasosas (dia 0) ocorreu 20 dias após o transplântio das mudas para as colunas de PVC, quando todas as mudas estavam irrigadas. Após as medições, a irrigação das plantas que seriam submetidas ao estresse hídrico foi suspensa e as demais plantas receberam a irrigação normalmente. Três dias após o dia 0 realizou-se a segunda avaliação (dia 3) e observou-se que a *A* das plantas já tinha sofrido uma queda. Seis dias após o dia 0 foi realizada a terceira avaliação (dia 6), quando às 12h, observou-se que 50% +1 das plantas dos tratamentos mantidos sem irrigação apresentavam elevada queda na *A*, portanto, a irrigação das plantas foi restabelecida. Um dia após o restabelecimento da irrigação, foi realizada a quarta avaliação (dia 7), com o objetivo de observar se as plantas já haviam iniciado o processo de recuperação da *A*. A última avaliação (dia 10) foi realizada três dias após o dia 7 e observou-se que, após a avaliação das 12h, as plantas já haviam recuperado a *A*. Enquanto o monitoramento da umidade dos substratos foi realizado através de um sensor de umidade portátil (modelo MO750, marca *Extech Advantage*) (Figura 12). As avaliações morfológicas de AP, DC, expansão foliar (EF) e contagem do número de perfilhos (NF, Figura 13) foram realizadas uma vez ao dia, juntamente com as avaliações fisiológicas.



Figura 12. Sensor portátil para determinar a umidade do solo.



Figura 13. Perfilhos secundários apontados com seta vermelha.

4.2.4 Avaliações morfológicas finais

Após 10 dias de avaliação as plantas foram retiradas para a realização das análises biométricas finais. Foram realizadas avaliações da AP, DC, AF e VR, MSR e MSPA.

Para a realização da análise do VR (cm^3) do Experimento 2, utilizou-se o sistema WINRHIZO. Inicialmente foi necessário preparar o *scanner* (marca Epson, modelo *Perfection V800 Photo*) fornecido juntamente com o *software* WINRHIZO. As amostras, uma por vez, foram depositadas na superfície do *scanner* e, em seguida, a tampa do *scanner* foi fechada, para que as imagens não fossem significativamente influenciadas por iluminações externas. A aquisição das imagens e as análises foram feitas diretamente através do *software* do sistema WINRHIZO (Figura 14). Para isso, foi utilizada a opção de análise baseada em tons de cinza, assim como a opção de imagem de fundo branco e raízes escuras, em conformidade com as imagens produzidas.

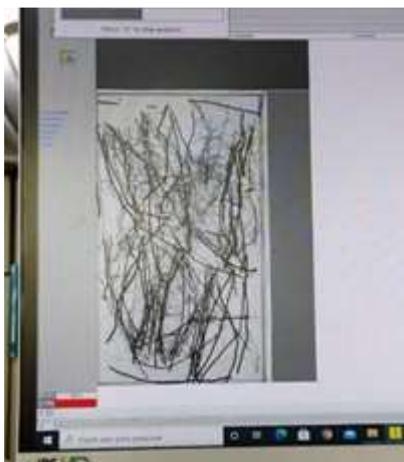


Figura 14. Análise de imagem realizada através do instrumento WinRHIZO.

4.2.5 Análises estatísticas da 2ª etapa

A comparação de médias de tratamentos e das suas interações foi realizada com análise de variância (ANOVA) por meio do programa estatístico SISVAR 5.1 *Build 72* (Ferreira, 2007) com significância de 5% por meio do teste F. As médias foram comparadas usando o teste de Tukey ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Produção de mudas

A cv. RB867515 apresentou médias superiores de AP, DC e AF sendo 16,9%, 13,5% e 36% maiores, respectivamente, em relação à cv. RB108519 (Tabela 4). A inoculação favoreceu a AP, DC e AF quando comparada ao controle, resultando em ganhos de 15,8%, 19,6% e 27,5%, respectivamente (Tabela 4). A inoculação com bactérias promotoras de crescimento (BPCV) tem evidenciado ganhos significativos no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar e a tecnologia tem potencial para acelerar o crescimento das plantas com a redução do tempo de permanência no viveiro (Gírio et al., 2015, Matoso et al., 2020).

A inoculação promoveu aumento de 26% na altura das plantas da cultivar cv. RB867515, enquanto o mesmo efeito não foi observado na cv. RB108519 (Figura 15). Bactérias diazotróficas promovem aumento na altura de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, no entanto, as respostas à inoculação dependem da cultivar (Matoso et al., 2020). Algumas bactérias são capazes de sintetizar giberelinas e citocininas (Glick, 2012), estes hormônios são ligados ao alongamento celular, promovendo incrementos no porte da planta.

Tabela 4. AP (cm), DC (mm), AF(cm²) de mudas de cana-de-açúcar de duas cultivares com e sem inoculação com BPCV.

Parâmetros	AP	DC	AF
Cultivar (Cv)			
RB867515	17,1±0,5 a	6,35±0,32 a	316,0±37,4 ^a
RB108519	14,2±0,1 b	5,49±0,29 b	200,1±46,6b
BPCV			
Controle	14,3±0,4 b	5,27±0,23 b	216,9±35,9b
Inoculado	17,0±1,1 a	6,56±0,26 a	299,2±52,5a
p valor			
Cv	0,0017	0,0101	0,0017
BPCV	0,0027	0,0008	0,0122
Cul x BPCV	0,003	0,3737	0,915
CV%	8,1	8,9	20,4

Letras diferentes na coluna indicam que houve diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre cultivares ou entre tratamentos de inoculação. CV: coeficiente de variação.

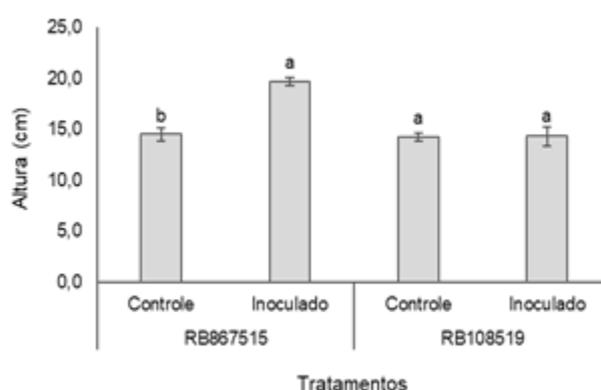


Figura 15. Altura das mudas das cultivares RB867515 e RB108619 com e sem inoculação. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indicam que houve diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

A cv. RB867515 mostrou médias 53%, 21,5% e 22% superiores de VR, DR e CR, respectivamente, em relação a cv.RB108519. A inoculação favoreceu o VR e CR, com incrementos de 26% e 17%, respectivamente, em relação ao controle (Tabela 5). O uso de BPCV pode favorecer o CR e VR, e pode estar relacionado à produção de auxinas pelas bactérias, o que aumenta a produção de raízes secundárias, aumentando a área de absorção de água e nutrientes pelas plantas (Radwan et al., 2004, Santi et al., 2013).

Tabela 5. Mudanças de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico

Parâmetros	VR	DR	CR
Cv			
RB867515	11,12±1,0 a	0,79±0,02 a	22,18±1,1 a
RB108519	5,25±0,3 b	0,62±0,01 b	17,30±0,8 b
BPCV			
Controle	6,97±1,0 b	0,69±0,03 a	17,89±1,0 b
Inoculado	9,40±1,4 a	0,72±0,04 a	21,59±1,2 a
p valor			
Cv	<0,0001	0,0003	0,0004
BPCV	0,0033	0,3349	0,0032
Cv x BPCV	0,0505	0,587	0,1736
CV%	21,76	10,35	10,7

Letras diferentes na coluna indicam que houve diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Estudando isoladamente o efeito da inoculação, observou-se um incremento de 28,3 % e 28,6 % na MSPA e MST, respectivamente. Não houve efeito da inoculação na relação parte aérea/raiz (Tabela 6). Em relação às cultivares, a cv. RB867515 apresentou as maiores médias em relação à MSPA, MST e PA:R, com um aumento de 25,3%, 30,12% e 39,29%, respectivamente (Tabela 6). A inoculação aumenta o acúmulo de matéria seca das raízes e da parte aérea da variedade durante o período de formação de mudas pré-brotadas (GÍRIO, 2015).

Tabela 6. Massa seca das podas (MSP, g), produção de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSR, g), massa seca total (MST, g) e relação parte aérea raiz (PA:R, g) de mudas de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV

Parâmetros	MSP	MSPA	MSR	MST	PA:R
Cv					
RB867515	4.62±0,65 a	1,38±0,11 a	0,28±0,02 a	1,66±0,13 a	8,22±0,46 a
RB108519	2.88±0,16 b	1,03±0,10 b	0,12±0,01 b	1.16±0,11 b	4,99±0,18 b
Inoculante					
Controle	2.95±0,21 b	1,01±0,07 b	0,16±0,02 b	1,17±0,07 b	6,56±0,57 a
Inoculado	4.55±0,65 a	1,41±0,12 a	0,23±0,04 a	1,64±0,16 a	6,65±0,81 a
p valor					
Cv	<0.0001	0,0054	<0,0001	0,0009	<0,0001
Inoc	0.0002	0,0022	0,0005	0,0013	0,8671
Cv x Inoc	0.0001	0,2032	0,0066	0,1172	0,5114
CV%	13,8	15,7	13,4	14,1	14,9

Valores médios de quatro repetições. Letras diferentes na coluna indicam que houve diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

A inoculação promoveu 51,84 % de aumento da MSP (Figura 16a) e 35,3% da MSR (Figura 16b) da cv. RB867515, enquanto esta resposta não foi observada na cv. BR108519. A variedade RB867515 é beneficiada com a inoculação de bactérias diazotróficas (Pereira et al., 2013). A diferença na resposta à inoculação pode estar relacionada às características de cada cultivar (Oliveira et al., 2006) como mostrado em nosso experimento. A inoculação com bactérias do gênero *Herbaspirillum* sp. mostra-se eficiente no desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar micropropagadas, incrementando a MSPA, MSR e MST (Matoso et al., 2020). O maior crescimento radicular é associado à produção de fitormônios pelas BPCV's (Vacheron et al., 2013).

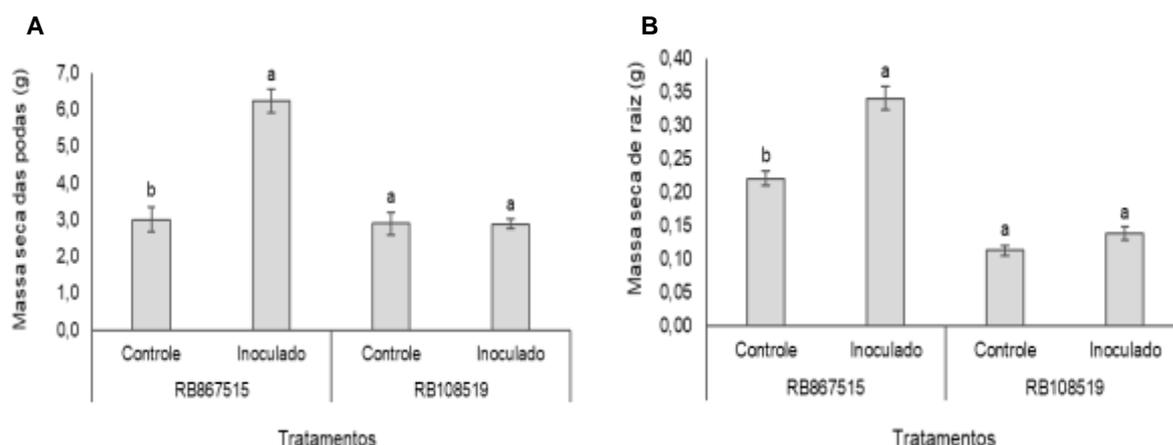


Figura 16. Massa seca das podas (a) e massa seca de raiz (b) das mudas de cultivares RB867515 e RB108519 com e sem inoculação. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indica que houve diferença entre os tratamentos, a 5% de probabilidade.

5.2 Colunas de PVC

5.2.1 Aspectos morfológicos

A inoculação promoveu um aumento de 32% no NP em relação ao controle (Tabela 7). O *déficit* hídrico, quando estudado isoladamente, promoveu uma redução de 6,4% na expansão foliar das plantas (Tabela 7). A redução da expansão foliar é um dos resultados do *déficit* hídrico, podendo ser considerado uma das primeiras defesas da planta contra a seca, com objetivo de diminuir a área de transpiração e o gasto metabólico, desta forma, a planta pode distribuir uma maior proporção de fotoassimilados para o sistema subterrâneo e, posteriormente, sustentar o crescimento das raízes (Taiz e Zeiger, 2017).

Tabela 7. Avaliação de AP (cm), DC (mm), NP e EF (cm) de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV e com e sem *déficit* hídrico.

Parâmetros	AP	DC	NP	EF
Cultivar (Cul)				
RB867515	39,9±1,1a	16,78±0,4a	5,4±0,5 ^a	125,9±2,3a
RB108519	37,6±0,9a	16,60±0,5a	3,4±0,4b	122,1±2,1a
Inoculante (Inoc)				
Controle	39,4±1,0a	17,01±0,5a	3,5±0,5b	123,8±2,1a
Inoculado	38,1±1,0a	16,37±0,4a	5,2±0,5 ^a	124,3±2,4a
Déficit(Def)				
Sem	41,0±1,2a	17,56±0,4a	5,1±0,5 a	128,1±1,5a
Com	36,6±0,6b	15,82±0,4b	3,7±0,4b	119,9±2,5b
p valor				
Cultivar	0,0594	0,7289	0,0016	0,1942
Inoculante	0,2818	0,2098	0,0059	0,8352
Déficit	0,001	0,0016	0,0207	0,0077
Cv x Inoc	0,0847	0,0047	0,6035	0,6037
Cv x Def	0,3874	0,9632	0,0447	0,8082
Inoc x Def	0,0272	0,0038	0,6035	0,3527
Cv x Inoc x Def	0,764	0,1365	0,3887	0,3706
CV%	9,7	9,5	41,4	7,3

Valores médios de quatro repetições. Letras diferentes na coluna indicam que houve diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Quanto à altura das plantas, não foi observado efeito da inoculação nas plantas que não foram submetidas ao *déficit* hídrico, e nas plantas submetidas ao *déficit* hídrico observou-se que a inoculação promoveu um atraso na altura em comparação ao controle (Figura 17a). O mesmo ocorreu com o diâmetro das plantas, em que a inoculação não promoveu aumento no diâmetro dos colmos das plantas sem *déficit* hídrico e, quando as plantas foram submetidas ao *déficit*, a inoculação causou um atraso no aumento de diâmetro das colmos (Figura 17b). A inoculação não beneficiou o DC da cv. RB867515 e promoveu um atraso no DC da cv. RB108519 (Figura 18). O efeito benéfico das BPCV's em condições de estresse depende do genótipo do hospedeiro, do tipo de bactéria, dos microorganismos associados à planta e das condições ambientais em que a interação ocorre (Schlemper et al., 2017). A inoculação com BPCV atrasam o crescimento do diâmetro do colmo em algumas cultivares (Matooso et al., 2020). Este efeito antagônico é atribuído à ocorrência de uma interação específica entre o hospedeiro

e alguns genótipos, consequência da troca de fotoassimilados e nutrientes entre hospedeiro e planta (Oliveira et al., 2009).

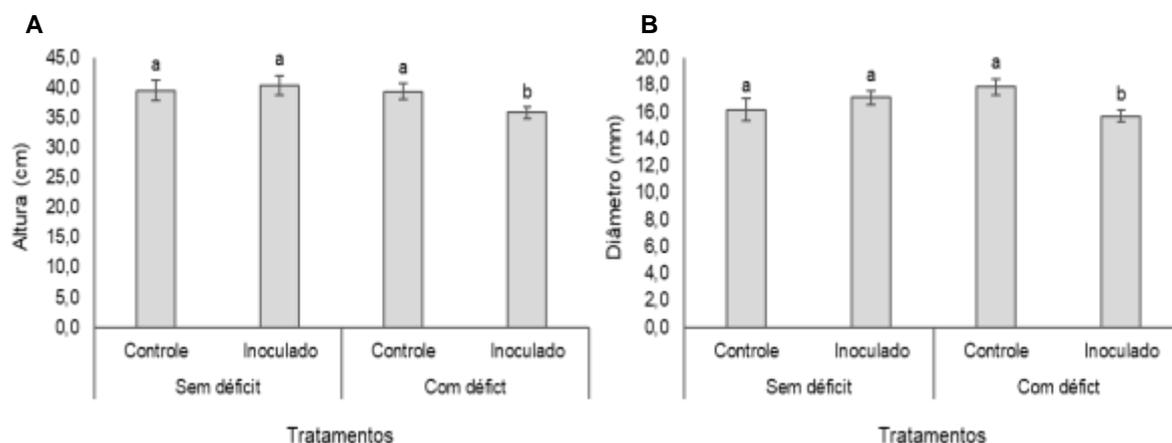


Figura 17. Interação entre a inoculação e déficit hídrico na altura (a) e diâmetro (b) das cultivares RB867515 e RB108619. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indica que houve diferença entre os tratamentos, a 5% de probabilidade

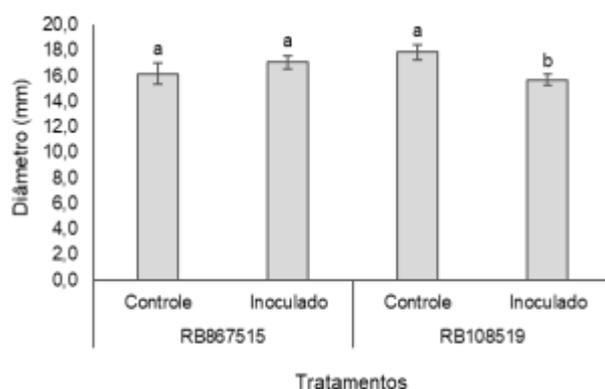


Figura 18. Interação entre a inoculação e as cultivares RB867515 e RB108519 diâmetro da base do perfilho. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indica que houve diferença entre os tratamentos, a 5% de probabilidade

Comparando o efeito de *déficit* hídrico de cada variedade, a cv. RB108519 se destacou, pois, apesar de apresentar menor perfilhamento em relação a cv. RB867515, a produção de perfilhos não foi afetada pelo *déficit* hídrico (Figura 19). Boas taxas de perfilhamento são importantes para a formação do potencial produtivo, pois influencia no diâmetro e altura dos colmos (Silva et al., 2010). Na fase do perfilhamento, a restrição hídrica pode afetar a emissão de perfilhos, pois pode interromper a divisão celular, e a diferenciação e crescimento de tecidos (Bbezuidhout et al., 2003). Portanto, o melhoramento de cultivares que sejam menos sensíveis ao *déficit* hídrico, torna-se importante para a manutenção do potencial produtivo e, neste sentido, a cv. RB108519 torna-se promissora.

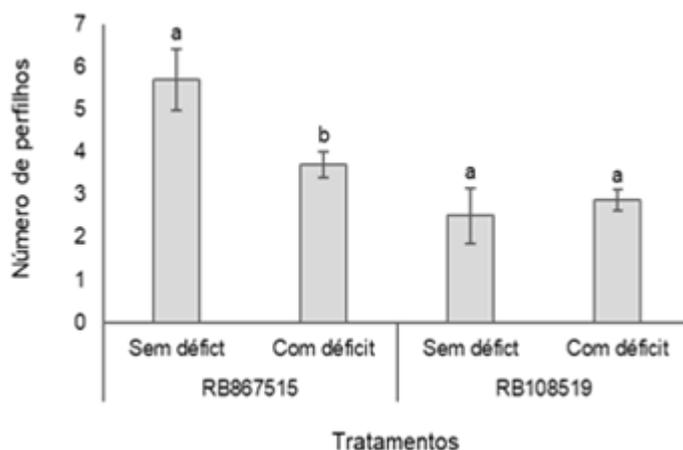


Figura 19. Número de perfilhos das cultivares RB867515 e RB108619 com e sem déficit hídrico. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indica que houve diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade

O *déficit* hídrico reduziu 23%, 17,4%, 32% e 20,7% da MSF, MSPA, MSR e MST (Tabela 8). Plantas de cana-de-açúcar, submetidas ao *déficit* hídrico podem apresentar uma redução de 35% da fitomassa, por causa de decréscimo na taxa de divisão e alongamento celular, altura e área foliar, estando associados às respostas fisiológicas para evitar efeitos do estresse hídrico (Inman-Bamber, 2004). A cv. RB867515 mostrou maiores médias 32,8%, 27,5%, 47,4% e 32% de MSPE, MSPA, MSR e MST, respectivamente, em relação a cv. RB108519 (Tabela 8). A MSR das plantas inoculadas apresentou um incremento de 16,6% em relação ao controle.

Tabela 8. Produção de massa seca de folha (MSF, g), perfilhos (MSPE, g), parte aérea (MSPA, g), raiz (MSR, g) e total (MST, g) de mudas de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV e com e sem *déficit* hídrico.

Fatores	MSF	MSPE	MSPA	MSR	MST
Variedade					
RB867515	9,27±0,5a	15,35±0,9 a	24,60±1,0a	7,48±0,5a	32,08±1,5a
RB108519	7,52±0,6b	10,31±0,5 b	17,82±1,3b	3,93±0,4b	21,75±1,6b
Inoculante					
Controle	8,66±0,6a	11,74±1,0a	20,39±1,5a	5,19±0,6b	25,57±2,0a
Inoculado	8,13±0,5a	13,92±1,0a	22,03±1,3a	6,23±0,6a	28,26±1,8 ^a
Déficit hídrico					
Sem	9,47±0,6a	13,77±1,2a	23,24±1,5a	6,80±0,7a	30,02±2,1 ^a
Com	7,32±0,4b	11,89±0,8a	19,19±1,1b	4,62±0,4b	23,80±1,5b
p valor					
Variedade (Var)	0,0102	0,0002	0,0002	<0,0001	<0,0001
Inoculante (Inoc)	0,4151	0,0702	0,316	0,0466	0,1601
Déficit (Def)	0,0022	0,1139	0,0177	0,0002	0,0033
Var x Inoc	0,02	0,4251	0,6888	0,7065	0,7767
Var x Def	0,3979	0,0876	0,3583	0,0065	0,1247
Inoc x Def	0,2512	0,8807	0,7207	0,2397	0,4954
Var x Inoc x Def	0,5601	0,2122	0,5107	0,7361	0,6288
CV%	25,57	28	24,01	27,65	23,8

Valores médios de quatro repetições. Letras diferentes na coluna indicam que houve diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

A inoculação promoveu um atraso na MSF da variedade cv. RB867515 e não proporcionou aumentos significativos na MSF da cv. RB108519 (Figura 20). Esse resultado corrobora com o de Gírio et al. (2015) em que a inoculação não favorece a produção de MSF.

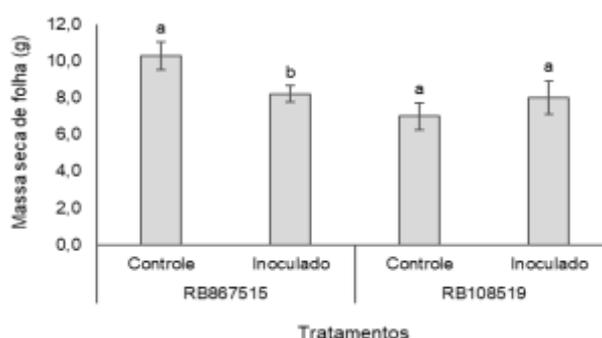


Figura 20. Massa seca de folhas das cultivares RB867515 e RB108619 com e sem inoculação. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indica que houve diferença entre os tratamentos, a 5% de probabilidade

O *déficit* hídrico não afetou a produção de massa seca das raízes da cv. RB108519, enquanto este efeito não foi observado na cv. RB867515, pois a produção de raízes foi menor entre as plantas submetidas ao *déficit* hídrico (Figura 21). A produção de raízes durante períodos de estresse hídrico é essencial para a sobrevivência da planta (Burkart et al., 2004). As plantas possuem mecanismos complexos para tolerar o estresse hídrico e outros estresses, essas estratégias são diferentes entre os genótipos (Inman-Bamber et al., 2005).

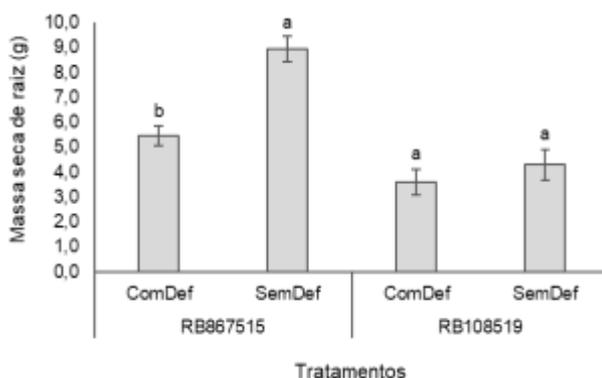


Figura 21. Massa seca de raiz das cultivares RB867515 e RB108619 com e sem déficit hídrico. Letras diferentes nas colunas dentro de cada cultivar indica que houve diferença entre os tratamentos, a 5% de probabilidade

A fase inicial do desenvolvimento e estabelecimento da cana-de-açúcar no campo é a mais afetada pela deficiência hídrica, pois reduz o desenvolvimento radicular e a emissão de perfilhos e a sobrevivência dos mesmos, afetando de forma direta o número final de colmos (Ribeiro, 2012). No presente estudo a cv. RB867515 mostrou-se mais sensível em relação à emissão radicular e de perfilhos nos tratamentos com *déficit* hídrico, diferente da cv. RB108519 que manteve a produção quando submetida às mesmas condições. Plantas que são submetidas à restrição hídrica nas fases iniciais, desenvolvem maior capacidade de resistir ao *déficit* hídrico do que as que recebem de forma repentina (Monti et al., 2007). A inoculação não auxiliou as plantas deste experimento quando submetidas ao *déficit* hídrico, podendo estar associada à dificuldade de colonização em solos com pouco conteúdo de água, que tendem a ter a temperatura mais elevada, tornando-se um local menos favorável aos microrganismos (Pereira et al., 2016).

O estudo dos mecanismos que as plantas utilizam para tolerar a restrição hídrica, é importante para a seleção de novos genótipos, com o objetivo de promover uma exploração economicamente viável. O desenvolvimento de cultivares menos sensíveis aos efeitos da restrição hídrica é de suma importância

para os setores produtivos que utilizam a cana-de-açúcar como matéria prima.

5.2.2 Aspectos fisiológicos

Nos três primeiros dias de restrição de água, o *déficit* hídrico não causou alterações nas trocas gasosas, A , E , g_s e G_i , para a cv. RB867515. As diferenças significativas desses parâmetros entre as plantas irrigadas e não irrigadas foram verificadas no dia 6 após a interrupção da irrigação, e no dia 7, um dia após o restabelecimento da irrigação (Figura 22). Verificou-se uma diminuição de A nos tratamentos submetidos ao *déficit* hídrico (coDS e inDS) no dia 6, último dia antes do restabelecimento da irrigação (Figura 22a). Os tratamentos coDS e inDS apresentaram valores entre 0,34 e 3,5 mol m⁻² s⁻¹, enquanto os tratamentos irrigados (coWW e inWW) apresentaram valores entre 32,6 e 33,8 mol m⁻² s⁻¹. Em situações de restrição hídrica severa os valores de A podem atingir valores menores que 5 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (Gonçalves et al., 2010).

Em condições de boa disponibilidade hídrica esse valor varia entre 30 a 60 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, podendo chegar a 80 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ em casos extremos em que, além de boa disponibilidade hídrica, as plantas possuam boa radiação para saturação do processo fotossintético e temperaturas ótimas (Larcher, 2006). A restrição hídrica ocasiona modificações nos processos ecofisiológicos, dentre eles, a redução das trocas gasosas e limitações na divisão celular (Fatima et al., 2019). A diminuição da atividade fotossintética, em condições de *déficit* hídrico, ocorre de forma paralela à redução do volume celular, juntamente com a diminuição da turgescência (Larcher, 2004). A redução das trocas gasosas implica na redução do acúmulo de biomassa (Larcher, 2006, Chaves et al., 2009).

No dia 7, um dia após a reidratação, foram verificados sinais de recuperação da A nos tratamentos coDS e inDS (Figura 22a), apresentando valores entre 8,16 e 11,17 mol m⁻² s⁻¹. A recuperação de A completa foi observada no dia 10, quatro dias após o restabelecimento da irrigação, em que os valores de A nos tratamentos coDS e inDS estavam entre 27,2 e 32,20 mol m⁻² s⁻¹, não diferindo dos tratamentos coWW e inWW que apresentaram valores entre 33,1 e 37,4 mol m⁻² s⁻¹. A recuperação é um aspecto importante pois, em casos de restrição hídrica, o balanço de carbono não depende apenas de quanto a taxa fotossintética cai durante o estresse, mas também da sua capacidade de recuperação após o restabelecimento da água (Sapeta et al., 2013).

Resposta semelhante foi observada em relação ao g_s (Figura 22b) que decresceu paralelamente a A . No primeiro dia de avaliação, notou-se que o valor de g_s do inDS estava 15% menor que a média do coWW. Esta diferença pode ser associada às condições de inoculação que não promoveu abertura estomática, mas a reduziu, BPCV são capazes de sintetizar fitormônios, dentre eles o ácido abscísico (ABA) (Cohen et al., 2015), que está diretamente envolvido com o fechamento estomático (Taiz e Zeiger, 2017).

A queda acentuada de g_s foi observada nos tratamentos coDS e inDS no dia 6, em que os valores variaram entre 0,02 e 0,03 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ enquanto os tratamentos coWW e inWW apresentaram valores entre 0,22 e 0,21 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. O primeiro sinal de aclimatação das plantas em relação à restrição hídrica e/ou altas temperaturas, é observado através do fechamento estomático, reduzindo paralelamente a taxa fotossintética e a transpiratória (Hueso et al., 2012, Lissner et al., 2012), agindo como resposta estratégica da planta para evitar a perda de água e consequente desidratação dos tecidos via transpiração (Kudoyarova et al., 2013). Com o fechamento estomático e redução da taxa de assimilação do CO_2 (Endres et al., 2010), ocorre limitações no acúmulo de biomassa das plantas (Paiva et al., 2005).

Um dia após o restabelecimento da irrigação, as plantas que foram submetidas ao *déficit* hídrico apresentaram aumento na condutância estomática (Figura 22b), os valores obtidos foram entre 0,06 e 0,08 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A recuperação completa de g_s foi observada no dia 10 do experimento, no tratamento coDS, pois não apresentou diferença em relação aos tratamentos coWW e inWW. Apenas o tratamento inDS não apresentou recuperação completa em relação ao coWW, essa diferença pode estar relacionada tanto ao aumento da concentração de ABA em condições de *déficit* hídrico, podendo ocorrer um aumento de até 50 vezes na concentração do fitormônio (Taiz e Zeiger, 2017), quanto ao fator inoculação que também pode aumentar essas concentrações.

A E foliar (Figura 22c) seguiu um comportamento semelhante a A e g_s , apresentando uma queda significativa no dia 6, com valores variando entre 1,04 e 0,70 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nos tratamentos coDS e inDS. Em contrapartida, os tratamentos coWW e inWW variaram entre 5,02 e 5,19 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A relação nos valores de E foliar e g_s é esperada à medida que ocorre o fechamento estomático, considerando a redução do fluxo de vapor d'água para a atmosfera e,

consequentemente, da transpiração (Gonçalves et al., 2010). Plantas em situação de *déficit* hídrico tendem a reduzir a transpiração para diminuir a perda de água. Através da regulação da abertura estomática, a planta tem a capacidade de modular as taxas transpiratórias conforme as necessidades de seu balanço hídrico (Larcher, 2006). O início da recuperação da taxa de transpiração foi observado no dia 7, em que foram verificados valores entre 1,85 e 2,34 nos tratamentos coDS e inDS (Figura 21b). A recuperação completa de coDS foi observada no dia 10, através do valor obtido 5,03, que não diferiu dos valores de inWW e coWW, que variaram entre 5,03 e 5,57. Como esperado, devido a transpiração ser modulada através da abertura e fechamento estomático, a transpiração do tratamento inDS não se recuperou completamente quando comparado ao tratamento coWW, porém não diferiu do tratamento inWW.

Verificou-se um aumento de C_i nos tratamentos coDS e inDS no dia 6, com valores entre 375 e 379 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, enquanto os tratamentos coWW e inWW apresentaram valores entre 82 e 96 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$. Valores altos de C_i , associados à queda de g_s , podem indicar uma redução na eficiência de carboxilação (Leidi et al., 1993), pois induzem o fechamento estomático parcial e, consequentemente, E (Luttge, 2004). Consideramos que o aumento do C_i foi relacionado à queda da atividade das enzimas envolvidas no processo de fixação de CO_2 na etapa carboxilativa das células do mesófilo, que ocorre em situações de restrição hídrica, indicando a presença de limitações na etapa metabólica do ciclo de Calvin-Benson e afetando a fase bioquímica da fotossíntese (Ghannoum, 2009, Mejia-de-Tafur et al., 2017).

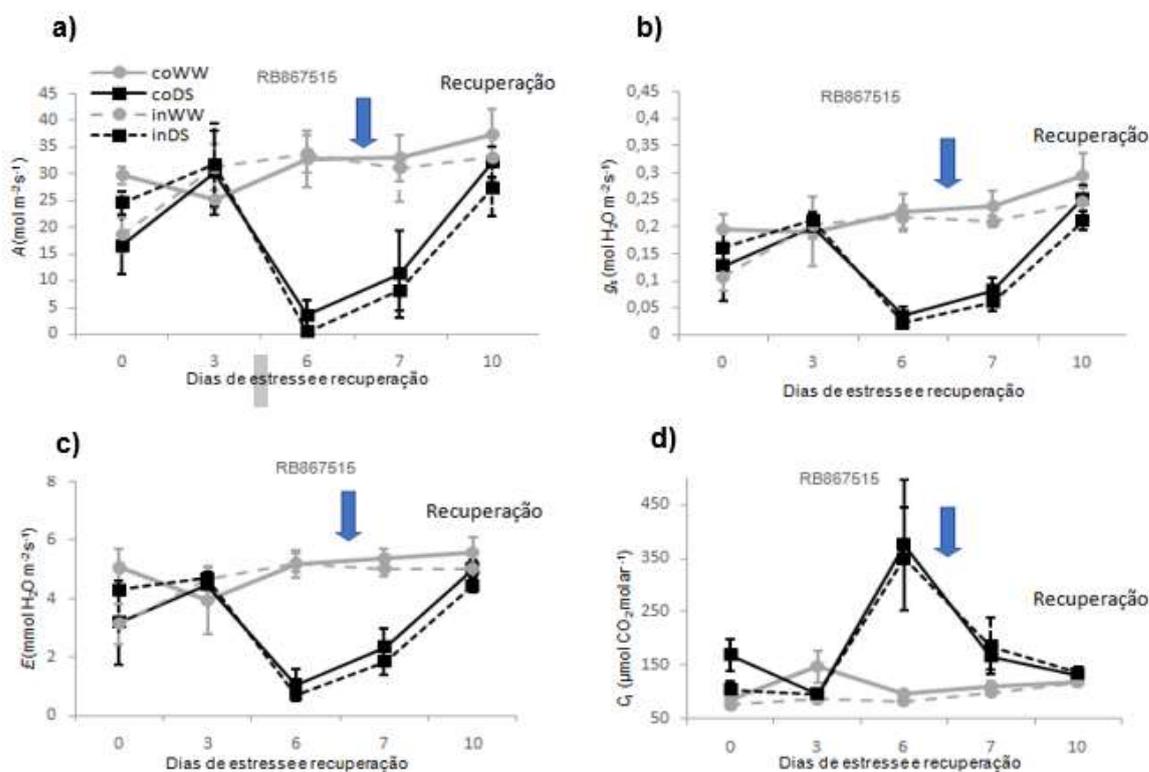


Figura 22. Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A, a), taxa de transpiração (E, b), Condutância estomática (gs, c) e concentração intercelular de CO₂ (C_i, d), para a cultivar de cana-de-açúcar RB867515 com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico. coW: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e com déficit hídrico, inWW: inoculado e irrigado, inDS: inoculado e com déficit hídrico. As barras representam o erro padrão da média (n=4), enquanto a flexa azul indica momento de re-irrigação.

A iCE sofreu uma queda no dia 6 nos tratamentos coDS e inDS, os valores obtidos variaram entre 0,009 e 0,04 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ enquanto os tratamentos coWW e inWW apresentaram valores entre 0,33 e 0,41 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ (Figura 23a). A fotossíntese é afetada com a diminuição da atividade da enzima Rubisco (Ribulose 1-5 bifosfato carboxilase oxigenase) e de sua concentração (Grassi e Magnani, 2005), pois esta enzima é encarregada de fixar o CO₂ nas plantas, e em condições de restrição hídrica sua atividade carboxilase é afetada por diversos fatores, dentre eles a diminuição da regeneração da Ribulose 1,5 bisfosfato (RuBP), da alta concentração de inibidores, modificação do pH do estroma, consequentemente prejudicando as reações do Ciclo de Calvin-benson (Yordanova e Popova, 2007, Galmes et al., 2013, Adam e Murthy, 2014).

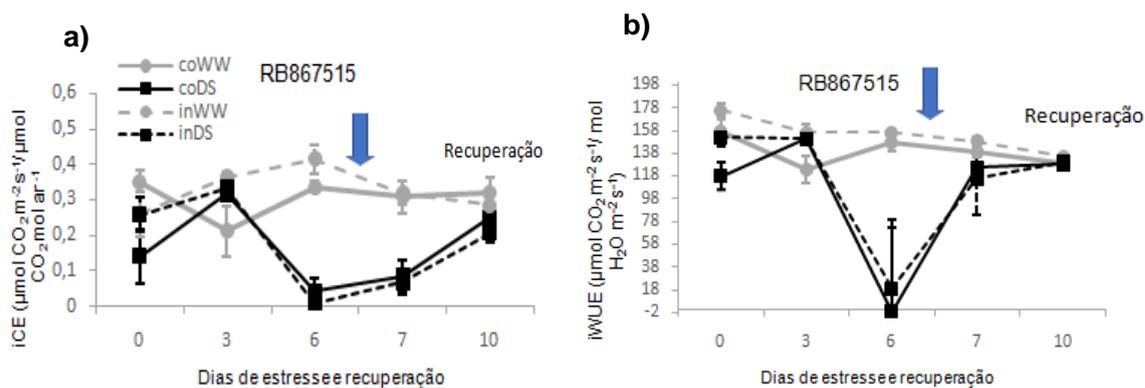


Figura 23. Eficiência intrínseca de carboxilação (iCE, a) e eficiência intrínseca do uso da água (iWUE, b), para a cultivar de cana-de-açúcar RB867515 com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico. coWW: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e com déficit hídrico, inWW: inoculado e irrigado, inDS: inoculado e com déficit hídrico. As barras representam o erro padrão da média (n=4), enquanto a flexa azul indica momento de re-irrigação.

A relação F_v/F_m dos tratamentos coDS e inDS sofreu uma queda no dia 6 e 7 (Figura 24a), apresentando valores entre 0,70 e 0,73 no dia 6 e entre 0,66 e 0,69 no dia 7. O PI apresentou comportamento semelhante, apresentando queda no dia 6 e 7 (Figura 24b). A diminuição destes parâmetros indica que houve um dano fotoinibitório nos centros de reação do fotossistema 2 (PSII) e foi acompanhada pela elevação do valor de F_0 (Figura 24c), resultante da diminuição acentuada da cadeia transportadora de elétrons (Osdmond, 1994, Wright et al., 1995). Nesta situação, as espécies reativas de oxigênio (ERO's) são produzidas em maior quantidade que os sistemas antioxidativos, diminuindo a eficiência dos processos pois consome energia, além de causar danos celulares (Kudoyarova et al., 2013). As plantas dos tratamentos coWW inWW apresentaram valores constantes de F_v/F_m durante todo o estudo, variando entre 0,75 a 0,79. Plantas que possuem seu aparelho fotossintético intacto apresentam valores de 0,75 a 0,85 de razão F_v/F_m (Bolhar-Nordenkamp et al., 1989). A redução da eficiência fotoquímica pode diminuir a atividade de enzimas envolvidas no Ciclo de Calvin-Benson e provocar acúmulo de aminoácidos e ácidos orgânicos (Wright et al., 1995).

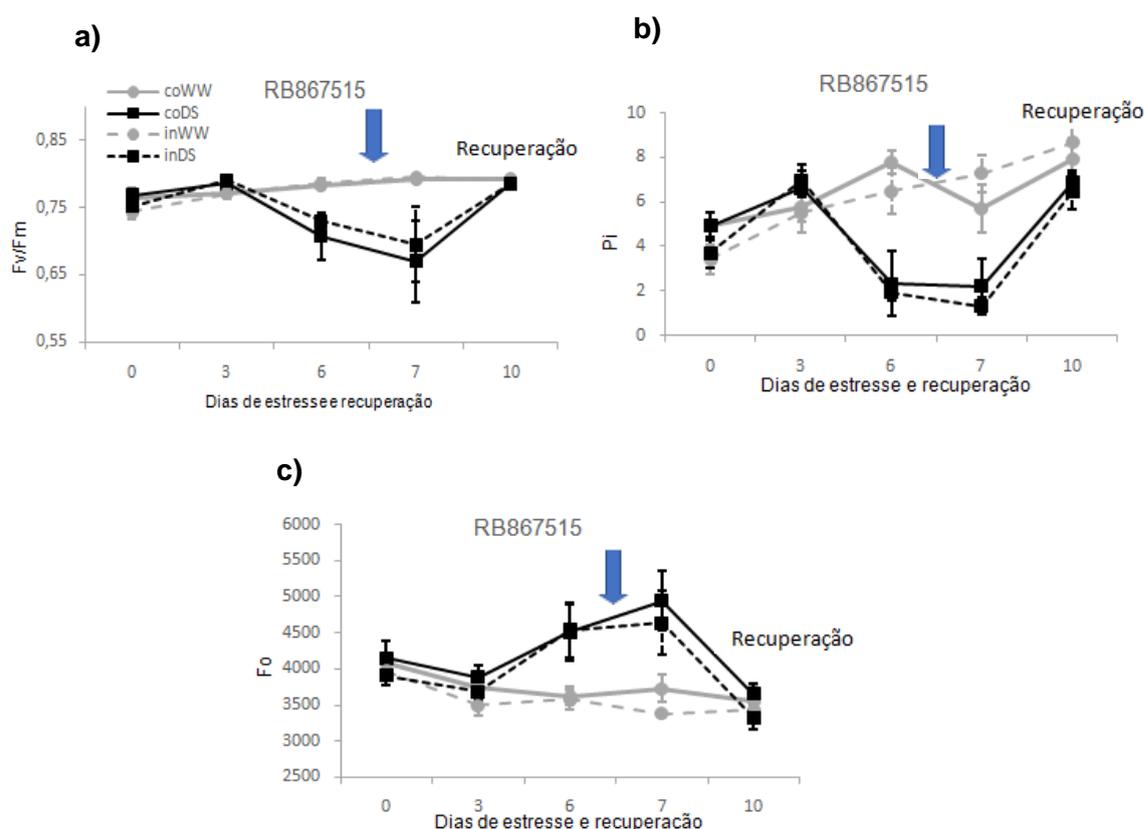


Figura 24. Eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m , a), índice fotossintético (PI, b) e fluorescência inicial (F_0 , c) para a cultivar de cana-de-açúcar RB867515 com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico. coWW: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e com déficit hídrico, inWW: inoculado e irrigado, inDS: inoculado e com déficit hídrico. As barras representam o erro padrão da média ($n=4$), enquanto a flexa azul indica momento de re-irrigação.

As análises das trocas gasosas, A , g_s , E e C_i , para a cv. RB108519, estão sendo representadas nas Figuras 25a, 25b, 25c e 25d, respectivamente. Não foi observada diferença de A nos tratamentos coWW, coDS, inDS no dia 0 para as médias variarem entre 22 e 25 mol $m^{-2} s^{-1}$ (Figura 27a). O tratamento inWW apresentou 15 mol $m^{-2} s^{-1}$ de média, sendo inferior em relação aos tratamentos coWW, coDS, inDS. No dia 3 não houve diferença entre os tratamentos, os valores de A obtidos variaram entre 26,4 e 34 mol $m^{-2} s^{-1}$. No dia 6 os tratamentos coWW e coDS não apresentaram diferença, os valores obtidos foram 32 e 38 mol $m^{-2} s^{-1}$. O tratamento inWW mostrou a média de 25 mol $m^{-2} s^{-1}$ não diferindo de coWW, porém mostrou a média menor que coDS. inDS resultou uma média de 17 mol $m^{-2} s^{-1}$ não diferindo de inWW, porém menor que coWW e coDS (Figura 25a). A planta possui mecanismos para manter uma elevada atividade

metabólica em condições de restrição hídrica moderada e em situações mais severas de estresse. A tendência é que ocorra a diminuição da atividade metabólica (Gaspar et al., 2002).

No primeiro dia de avaliação, os tratamentos coWW, coDS e inDS não apresentaram diferença em g_s , variando entre 0,18 a 0,20 mol H₂O m⁻² s⁻¹ (Figura 25b). Apenas o tratamento inWW apresentou g_s média de 0,09 mol H₂O m⁻² s⁻¹, valor inferior aos demais tratamentos. Isso pode estar associado ao provável aumento de ABA fornecido pela BPCV (referência sobre inoculação e BPCV), que é o fitormônio que regula a abertura e fechamento estomático (referência sobre ABA e fechamento estomático sob seca). No segundo dia de avaliação das trocas gasosas os tratamentos não apresentaram diferença entre si, com médias variando entre 0,18 a 0,25 mol H₂O m⁻² s⁻¹. A queda de g_s foi observada no dia 6 entre os tratamentos inWW e inDS, que apresentaram média de 0,17 e 0,12 mol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente, em relação ao tratamento coDS que apresentou média de 0,26 mol H₂O m⁻² s⁻¹. A g_s no coWW apresentou média de 0,21 mol H₂O m⁻² s⁻¹, não diferindo de inWW. A queda de inDS em relação a coWW e coDS pode estar associada ao aumento da concentração de ABA, causada pela restrição hídrica (Oliveira et al., 2011) e devido à capacidade da BPCV sintetizar fitormônios o ABA.

O início da recuperação de g_s para o tratamento inDS foi verificado no dia 7, um dia após a reidratação do solo, apresentando média de 0,15 mol H₂O m⁻² s⁻¹, menor que coWW, que apresentou média de 0,27 H₂O m⁻² s⁻¹, porém não diferiu de inWW, que apresentou média de 0,14 H₂O m⁻² s⁻¹, e de coDS em que o valor observado foi de 0,23 H₂O m⁻² s⁻¹ (Figura 27b). A recuperação completa foi observada no dia 10, em que nenhum dos tratamentos apresentou diferença, as médias observadas estavam entre 0,24 a 0,33 H₂O m⁻² s⁻¹. Os parâmetros A e g_s podem ser utilizados como indicadores de tolerância aos estresses abióticos pois estão ligados à produção de compostos orgânicos (Ferreira et al., 2017).

A E seguiu comportamento semelhante ao de g_s . em que no primeiro dia de avaliação os tratamentos coWW, coDS e inDS não apresentaram diferença, com médias variando entre 4,5 e 4,9 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, enquanto inWW apresentou média 0,12 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, sendo inferior aos demais tratamentos (Figura 25c). No dia 3 os tratamentos não diferiram entre si na E , as médias observadas variaram entre 4,17 e 5,23 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. No dia 6, coWW e coDS

não apresentaram queda de E e não diferiram entre si, os valores observados foram 5,6 e 5,8 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente. O tratamento inWW apresentou média de E de 4,5 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, não diferindo de coWW, porém menor que a média de coDS. Foi observada uma queda de E para inDS no dia 6, o valor observado foi de 3,96 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, diferindo dos demais tratamentos. A abertura e fechamento estomático modulam a E de acordo com a capacidade e necessidade do seu balanço hídrico, evitando que as plantas se desidratem (Zhang et al., 2010, Kudoyarovva et al., 2013), um controle estomático eficiente permite que os tecidos foliares permaneçam apropriadamente hidratados (Franco et al., 2007). A recuperação de E foi observada no dia 10, quando os tratamentos não apresentaram diferença entre as médias, que variaram entre 5,01 e 5,78 mmol H₂O m⁻² s⁻¹.

Não foi observada diferença nos valores C_i entre os tratamentos coWW, coDS e inDS, as médias variaram entre 131 e 156 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (Figura 25d). Para o tratamento inWW observou-se o valor 97 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, inferior aos demais tratamentos. Os valores de C_i são regulados pela fotossíntese (CO₂ consumido), pela respiração, fotorrespiração e pelo influxo de CO₂ externo por meio dos estômatos. A diminuição de C_i pode estar relacionada à diminuição de g_s modulada por uma resposta hormonal, resultando em uma queda na entrada e assimilação de CO₂ e nos valores de A (Magalhães Filho et al., 2008). Não foram observadas diferenças de C_i nos dias 3, 6, 7 e 10.

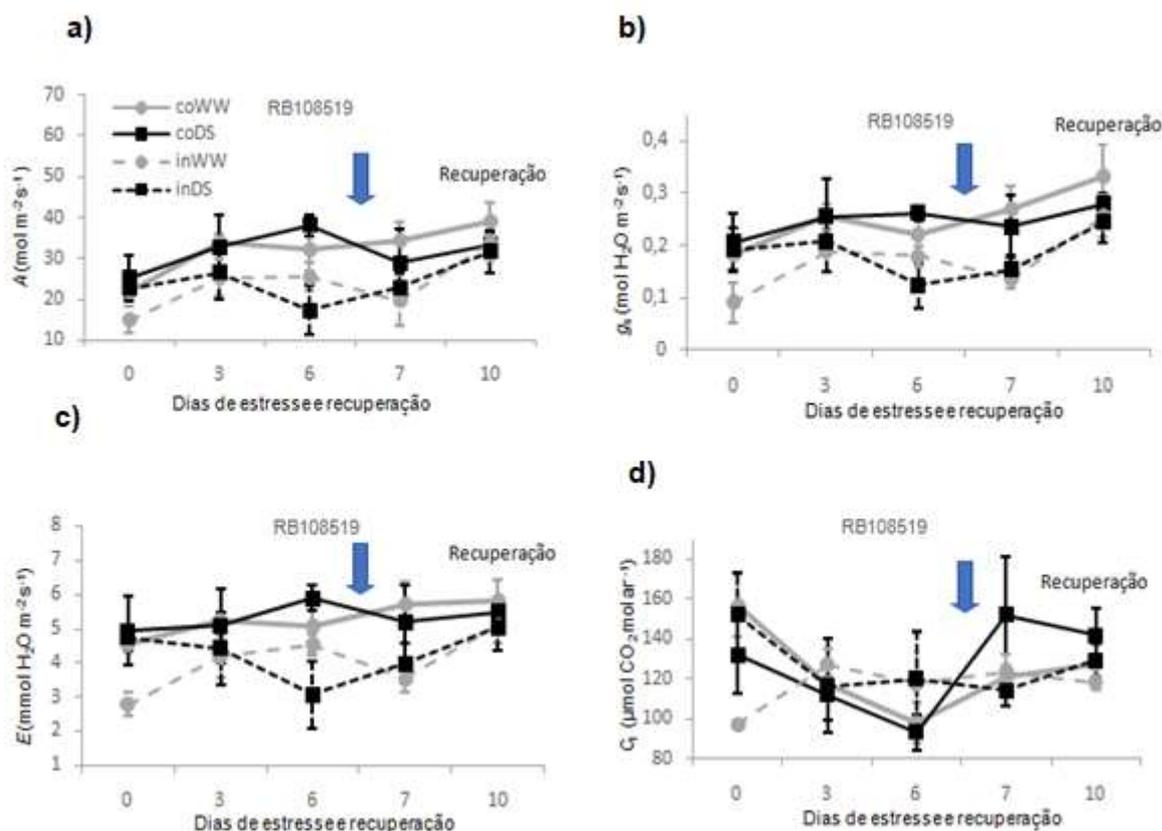


Figura 25. Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A , a), Condutância estomática (g_s , b), taxa de transpiração (E , c) e concentração intercelular de CO_2 (C_i , d), para a cultivar de cana-de-açúcar RB108519 com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico. coWW: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e com déficit hídrico, inWW: inoculado e irrigado, inDS: inoculado e com déficit hídrico. As barras representam o erro padrão da média ($n=4$), enquanto a flexa azul indica momento de re-irrigação.

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos para iCE nos dias 0 e 3, as médias variaram entre $0,14$ e $0,18 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ e $0,20$ e $0,28 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, respectivamente (Figura 26a). No dia 6 não foram observadas diferenças entre os tratamentos coWW e coDS, as médias foram $0,34$ e $0,42 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, respectivamente. O tratamento inWW apresentou média de $0,24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, não apresentando diferença em relação coWW, porém menor que coDS. Em relação ao tratamento inDS a média observada foi de $0,16 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, não diferindo de inWW, porém menor que coWW e coDS.

Quanto a $iWUE$ não foram observadas diferenças entre os tratamentos coDS, coWW e inDS no dia 0, as médias encontradas variaram entre 120 e 132 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (Figura 26b). O tratamento inWW mostrou a maior média, o valor observado foi $164 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Não foram observadas diferenças

entre os tratamentos nos dias 3 e 6, as médias variaram entre 133 e 141 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ e 141 e 148 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, respectivamente (Figura 26b). Valores mais altos de *iWUE* estão ligados às plantas tolerantes à baixa disponibilidade hídrica do solo (Ferreira et al., 2012).

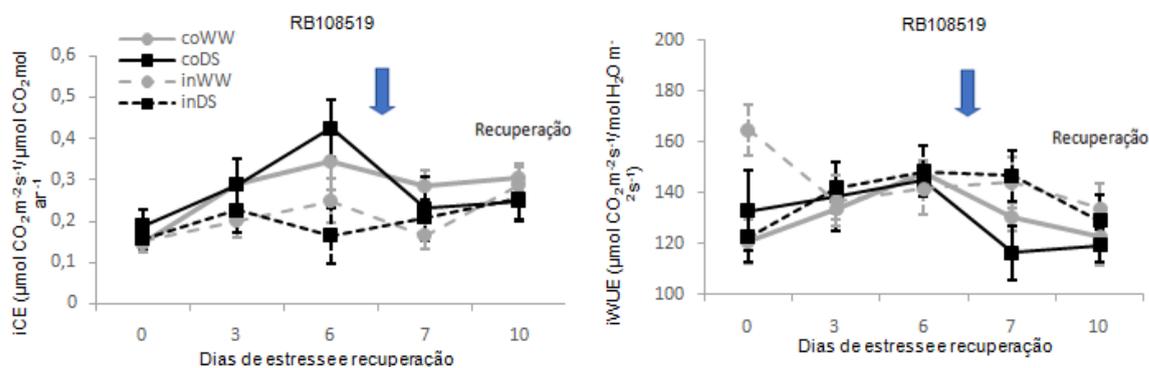


Figura 26. Eficiência intrínseca de carboxilação (*iCE*, a) e eficiência intrínseca do uso da água (*iWUE*), para a cultivar de cana-de-açúcar RB108519 com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico. coWW: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e com *déficit* hídrico, inWW: inoculado e irrigado, inDS: inoculado e com *déficit* hídrico. As barras representam o erro padrão da média ($n=4$), enquanto a flexa azul indica momento de re-irrigação.

A relação F_v/F_m dos tratamentos não apresentou diferença em todos os dias das avaliações, os valores variaram entre 0,70 e 0,79 (Figura 27a). A variável PI, mostra que no dia 0 os valores não diferiram, porém no dia 3 os tratamentos coWW e coDS não diferiram, apresentando valores entre 8,18 e 7,7, sendo superiores aos tratamentos inWW e inDS que apresentaram médias 6 e 6,6, respectivamente (Figura 27b). Dia 6 os tratamentos coWW e coDS não apresentaram diferença de PI, assim como inDS não diferiu de coDS e inWW, porém apresentou média inferior a coWW. O tratamento inWW representou a média de PI superior ao coWW. As médias de PI observadas para coWW, coDS, inWW e inDS, no dia 6, foram 8,2, 6,6, 5,9 e 5,5, respectivamente. No dia 7 houve uma queda de PI de coDS e inDS, ambos não apresentando diferença, tendo valores de 5 e 4,3, respectivamente. PI de coWW e inWW não diferiram, os valores obtidos foram 6,3 e 6,7. A média de inDS foi inferior à de inWW, porém não diferiu de coWW. No último dia de avaliação os tratamentos não apresentaram diferença entre si, as médias variaram entre 6,2 e 7,5. As folhas de plantas que possuem seu aparelho fotossintético intacto apresentam valores de 0,75 a 0,85 de razão F_v/F_m (Bolhár-Nordenkamp et al., 1989). Os resultados indicam a baixa precisão da razão F_v/F_m para estimar a

eficiência quântica do PSII, enquanto PI apresentou resultados mais completos que a razão F_v/F_m , pois avalia os PSII e PSI e pode avaliar o comportamento da planta durante o estresse hídrico, essa variável leva em consideração três componentes independentes: a densidade dos centros de reação ativos, a eficácia no transporte de elétrons após Q_a ter sido reduzida e a probabilidade de que um fóton absorvido seja capaz de reduzir Q_a (Strasser et al., 2000). A elevação do valor de F_0 pode indicar que houve uma diminuição na cadeia transportadora de elétrons.

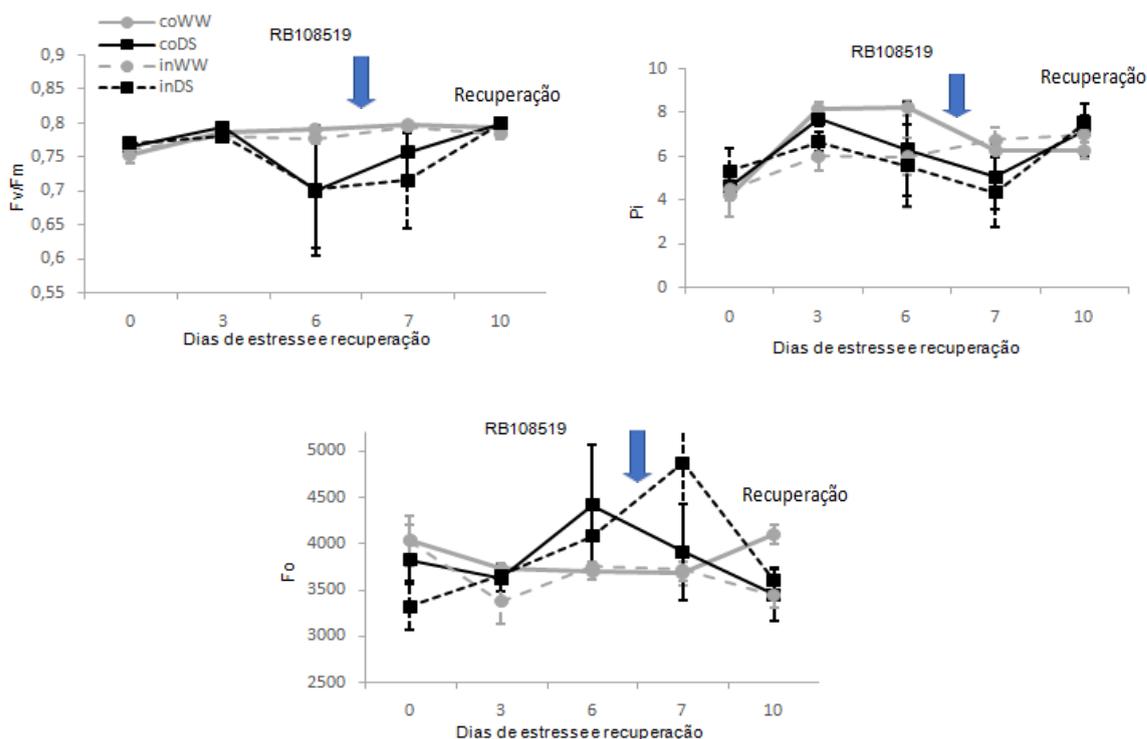


Figura 27. Eficiência quântica máxima do FSII (f_v/f_m , a), índice fotossintético (PI, b) e fluorescência inicial (F_0 , c) para a cultivar de cana-de-açúcar RB867515 com e sem inoculação com BPCV e com e sem déficit hídrico. coWW: sem inoculação e irrigado, coDS: sem inoculação e com déficit hídrico, inWW: inoculado e irrigado, inDS: inoculado e com déficit hídrico. As barras representam o erro padrão da média ($n=4$), enquanto a flexa azul indica momento de re-irrigação.

6.0. RESUMO E CONCLUSÕES

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis. A cultivar RB867515, atualmente, é a mais cultivada no Brasil, enquanto a RB108519 é uma variedade recém lançada pela UFRRJ. O custo com material propagativo, devido a alta demanda nos sistemas de plantio utilizados atualmente, sanidade dos mesmos e uniformidade no estande de plantio são fatores limitantes para o sucesso da atividade, neste sentido o IAC a técnica do MPB para minimizar tais limitações.

A utilização de BPCV pode contribuir com a diminuição do tempo das mudas no viveiro, por apresentar uma interação planta/microorganismos no crescimento das mesmas, além de auxiliar na mitigação de efeitos causados pelo déficit hídrico, um fator prejudicial no pegamento das mudas nas primeiras semanas pós plantio. Com a hipótese que houvera diferenciação na sensibilidade de variedades no estresse hídrico, a qual pode ser modificada com BPCV no período do transplante, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial das mudas de duas variedades de cana-de-açúcar, provenientes do sistema MPB, submetidas ao estresse hídrico e aplicação de BPCV.

A primeira etapa do trabalho foi conduzida na casa de vegetação da UENF, que consistiu na produção de mudas. As mesmas foram dispostas em delineamento de blocos ao acaso (DBC) com arranjo fatorial 2 x 2 (duas

variedades x com e sem inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*) em quatro repetições, contendo cinco plantas por repetição. Os parâmetros avaliados foram: altura, diâmetro, massas secas da raiz, parte aérea e das podas foliares, área foliar, diâmetro radicular, comprimento radicular, volume radicular.

Nesta etapa pode-se concluir que a utilização de BPCV na fase de mudas proporciona melhor desenvolvimento para a cv. RB867515, apresentando valores maiores de AP, DC e AF quando comparadas ao controle, enquanto não interfere no desenvolvimento da cv. RB108519. A inoculação favoreceu o VR e CR, com incrementos de 26% e 17%, respectivamente, em relação ao controle.

A segunda etapa, consistiu no transplântio das mudas ,produzidas na etapa anterior, para canos de PVC com 1m de comprimento de 150mm. Os canos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com arranjo fatorial triplo 2 x 2 x 2, tendo oito tratamentos com cinco repetições, totalizando 40 parcelas. O primeiro fator foi apresentado por duas cultivares, segundo déficit hídrico através da suspensão da rega (com estresse) comparado com umidade próxima à capacidade de campo (sem estresse), enquanto o terceiro por inoculação com *H. seropedicae* e sem inoculação.

Foram avaliadas as trocas gasosas: a taxa fotossintética líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂, transpiração foliar, eficiência intrínseca do uso da água e a eficiência intrínseca de carboxilação. Foram acompanhados os parâmetros de fluorescência de clorofila, a eficiência fotoquímica do fotossistema II, índice fotossintético e a fluorescência inicial. Também foram realizadas avaliações de altura da planta, diâmetro do colmo e expansão foliar, pontualmente durante as avaliações das trocas gasosas.

Nesta etapa, conclui-se que o *déficit* hídrico induz menor crescimento de cv. RB867515, com redução no número de perfilhos e na massa seca da raiz. A aplicação de BPCV em conjunto com o *déficit* hídrico promove reduções na altura e no diâmetro do colmo. A ocorrência de *déficit* hídrico na cv. RB867515 é prejudicial para as trocas gasosas. A aplicação de *déficit* hídrico na cv. RB108519 não afeta o seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, S., Murthy, S.D.S. (2014) Effect of Cold Stress on Photosynthesis of Plants and Possible Protection Mechanisms. In: Gaur, R .K., Sharma, P. *Approaches to Plant Stress and their Management*. Springer India,. 219-226.
- AGEITEC. Árvore do conhecimento cana-de-açúcar: correção e adubação. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_6_711200516715.html> Acesso em: 11/09/2020.
- Arruda, L., Beneduzi, A., Martins, A., Lisboa, B., Lopes, C., Bertolo, F., Passaglia, L.M.P., Vargas, L.K. (2013) Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. *Applied Soil Ecology*, 63:15-22.
- Baldani, J.I., Baldani V.L.D., Seldin, L, Döbereiner, J. (1986). Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a root-associated nitrogen fixing bacterium. *Intl. J. Sys. Bact.*, 36:86-93.
- Bernardo, S. (2006) Manejo da irrigação na cana-de-açúcar, *Alcoolbrás*, São Paulo, 106:72-80.
- Bezuidenhout, C.N., Oleary, G.J., Singels, A., Bajic, V.B.A. (2003) Process based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane. *Crops and Agricultural Systems*, 76(2):589-599.
- Bhattacharyya, P.N., Jha, D.K. (2012) Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal Microbiology Biotechnology*, Dordrecht, 28(4):1327–1350.

- Braga Junior, R.L.C., Landell, M.G.A., Silva, D.N., Bidóia, M.A.P., Silva, T.N., Thomazinho, Júnior, J.R., Silva, V.H.P., Anjos, I.A. (2019) Censo varietal IAC de cana-de-açúcar no Brasil - Safra 2017/18 e na região Centro Sul - Safra 2018/ Campinas: Série Tecnologia APTA. Boletim técnico IAC, 221 Instituto Agrônômico, 64 p. online.
- Bolhàr-Nordenkamp, H.R., Long, S.P., Baker, N.R. (1989) Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology* 3:497- 514.
- Burkart, S., Manderscheid, R., Weigel, H.J. (2004) Interactive effects of elevated atmospheric CO₂ concentrations and plant available soil water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, 21(4):401-417.
- Cassan, F., Bottini, R., Schneider, G., Piccoli P. (2001) Azospirillumbrasilense and Azospirillumlipoferum hydrolyze conjugates of GA(20) and metabolize the resultant aglycones to GA(1) in seedlings of rice dwarf mutants. *Plant Physiology*, 125:2053– 2058.
- Cohen, A.C., Bottini, R., Pontin, M., Berll, F.J., Moreno, D., Boccanlardo, H., Travaglia, C.N., Piccoli P.N. (2015) *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of Arabidopsis thaliana to drought mainly via enhancement of ABA levels. *Physiologia Plantarum*, 153(1):79-90.
- Coleti, J.T. (1987) Técnica cultural de plantio. In: Paranhos, S.B. Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill,.284-332 p.
- CONAB | Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar | v. 7 - Safra 2020/21, n.1 - Primeiro levantamento, maio de 2020. Disponível em: file:///D:/Downloads/CanaZ1oZlevantamentoZ-Z2-11.pdf. Acesso em: agosto 2019.
- Conn, K.L., Nowak, J., Lazarovits, G. A. (1997) Gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 43:801-808.
- Cruz, C.H.B. et al. (2016) Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro. Luís Augusto Barbosa Cortez (org.) São Paulo: Blucher, 224p.
- Döbereiner, J. (1992) Recent changes in concepts of plant bacteria interactions: endophytic N₂ fixing bacteria. *Cience Culture*, 44:310-313.

- Endres, L., Silva, J.V., Ferreira, V.M., Barbosa, G.V.S. (2010) Photosynthesis and water Relations in Brazilian Sugarcane. *The Open Agriculture Journal*, 4:31-37.
- Fátima, R.T., Jesus, E.G., Guerrero, A.C., Rocha, J.L.A., Brito, M.E.B. (2019) Adubação silicatada como atenuante do estresse hídrico no crescimento e trocas gasosas do alface. *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(2):170–179.
- Ferreira, E.P.B., Knupp, A.M., Martin-DidoneT, C.C.G., (2014) Crescimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 30(3):655-665.
- Ferreira, H.S.T., Tusunada, S.M., Bassi, D., Araujo, P., Matiello, L., Guidelli, G.V., Righetto, G.L., Gonçalves, V.L., Lakshmanan, P., Menossi, M. (2017) Sugarcane Water Stress Tolerance Mechanisms and its Implications on Developing Biotechnology Solutions. *Frontiers in Plant Science*, 8:215:220.
- Ferreira, M.J., Gonçalves, J.F.C., Ferraz, J.B.S. (2012) Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-Amazônia em área degradada e submetidas à adubação. *Ciência Florestal*, 22(2):393-401.
- Franco, A.C., Matsubara, S., Orthen, B. (2007) Photoinhibition, carotenoid composition and the co-regulation of photochemical and non-photochemical quenching in neotropical savanna trees. *Tree Physiology*, 27:717-725.
- Galmés, J., Aranjuelo, I., Medrano, H., Flexas, J. (2013) Variation in Rubisco content and activity under variable climatic factors. *Photosynthesis Research*, 117:73-90.
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J.F., Dommes, J. (2002) Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation*, 37:263–285.
- Ghannoum, O. (2009) C4 photosynthesis and water stress. *Annals of Botany*, 103:635–644.
- Gírio, L.A.S., Dias, F.L.F., Reis, V.M., Urquiaga, S. (2015) Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(1):33-43.
- Glick, B.R. (2012) Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Scientifica*, 2012:963401.

- Gonçalves, E.R., Ferreira, V.M., Silva, J.V., Endres, L., Barbosa, T.P., Duarte, W.D.G. (2010) Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(4):378-386.
- 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.
- Grassl, G., Magnani, F. (2005) Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. *Plant Cell Environment*. 28:834–849.
- Hardoim, P.R., Van Overbeek, L.S., Elsas, J.D. (2008) Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, Netherlands, 16(10):463–471.
- Hueso, S., García, C., Hernández, T. (2012) Severe drought conditions modify the microbial community structure, size and activity in amended and unamended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 50:167–173.
- IBGE Cartograma - Cana-de-açúcar do Brasil por Quantidade produzida, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76434. Acesso em agosto de 2020.
- Inman-Bamber, N.G. (2004) Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. *Field Crops Research*, 89:107-122.
- Inman-Bamber, N.G., SMITH, D.M. (2005) Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, 92:185-202.
- Jain, R., Solomon, S., Skrivastava, A.K., Chandra, A. (2010) Sugarcane bud chips: s promising seed material. *Sugar Tech*, 12(1):67-69.
- Kaldenhoff, R., Fischer, M. (2006) Review: Aquaporins in plants. *Acta Physiologica*, 187:169-176.
- Kennedy, I.R., Pereg-Gerk, L.L., Wood, C., Deaker, R., Gilchrist, K., Katupitiya, S. (1997) Biological nitrogen fixation in nonlegumes field crops: facilitating the evolution of in effective association between *Azospirillum* and wheat. *Plant and Soil*, 194:65-79.

- Kim, Y., Khan, A.L., Waqas, M., Lee, I. (2017) Silicon regulates antioxidante activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. *Frontiers in Plant Science*, 8:510.
- Kudoyarova, G.R., Kholodova, V.P., Veselov, D.S. (2013) Current State of the Problem of Water Relations in Plants under Water Deficit. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60(2):165–175.
- Kuklinsky-Sobral, J., Araújo, W.L., Mendes, R., Geraldi, I.O., Pizziranikleiner, A.A., Azevedo, J. L. (2004) Isolation and characterization of soybean-associated bacteria and their potential for plant growth promotion. *Environmental Microbiology*, 6:1244-1251.
- Landell, M.G.A., Campana, M.P., Figueiredo, P. (2013) Sistema de Multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas-pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. 2. ed. rev. Campinas: Instituto Agrônômico. 16p. (Documentos IAC, 109)
- Landell, M.G.A., Campana, M.P., Figueiredo, P., Xavier, M.A., Anjos, I.A., Dinardomiranda, L.L., Scarpari, M.S., Garcia, J.C., Bidóia, M.A.P., Silva, D.N., Mendonça, J.R., Kanthack, R.A.D., Campos, M.F., Brancalião, S.R., Petri, R.H., Miguel P.E.M. (2012) Sistema de multiplicação de canadeaçúcar com uso de mudas prébrotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Ribeirão Preto: Instituto Agrônômico de Campinas. 17p. (IAC. Documentos, 109).
- Larcher, W. (2006) Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Ed. Rima. 529p.
- Leidi, E.O., Lopez, J.M., Lopez, M., Gutierrez, J.C. (1993) Searching for tolerance to water stress in cotton genotypes: photosynthesis, stomatal conductance and transpiration. *Photosynthetica*, 28:383-390.
- Li, Y.P., Ye, W., Wang, M., Yan, X.D. (2009) Climate change and drought: a risk assessment of crop-yield impacts. *Climate Research*, 39:31–46.
- Lisar, S.Y.S., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M., Rahman, I.M.M. (2012) Water stress in plants: causes, effects and responses. Rijeka: Intech Europe. p.1-16.
- Luttge, U. (2004) Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM) *Annals of Botany*, Oxford, 93(6):629-652.
- Magalhães Filho, J.R., Amaral, L.R.D., Machado, D.F.S.P., Medina, C.L., Machado, E.C. (2008) Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxertos. *Bragantia*, 67:75-82.

- Marcos, F.C.C., Silveira, N.M., Mokochinski, J.B., Sawaya, A.C.H.F., Marchiorl, P.E.R., Machado, E.C., Souza, G.M., Landell, M.G.A., Ribeiro, R.V. (2018) Drought tolerance of sugarcane is improved by previous exposure to water déficit. *Journal of Plant Physiology*, 223:9-18.
- Mariano, R.L.R. (2004) Importância de Bactérias Promotoras de Crescimento e de Biocontrole de Doenças de Plantas para uma Agricultura Sustentável. Recife: *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 1:89-11.
- Martins, A.P.C., Albrecht, L.P., Castaldo, J., Carneiro, A.R., Zucareli, V. (2015) Novas tecnologias no plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) *Journal of Agronomic Sciences*, 4:301-317.
- Matoso, E.S., Avancini, A.R., Maciel, K.F.K., Alves, M.C., Simon, E.D.T., DA Silva, M.T., Anjos, S.D. (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. Embrapa Meio Ambiente-Circular Técnica (INFOTECA-E).
- Mejía-de-Tafur, M.S., Riaño-Herrera, N.M., Urrego-Mesa, J.B., Ibarra-Espinosa, D.M., Zapata-Duque, C.M. (2017) Effect of soilwater availability on gas exchange in young trees of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Acta Agronômica*, Palmira, 66(4):549-557.
- Mendonça, J.C., Souza, E.F., Bernardo, S., Sugawara. M.T., Peçanha. A.L., Gottardo. R.D. (2007) Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em campos dos Goytacazes , RJ. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola*, 11(5):471-475.
- Miranda, J.R. (2008) História da cana-de-açúcar. Campinas: Komedi, 167p.
- Mitter, B. Advances in Elucidating Beneficial Interactions Between Plants, Soil, and Bacteria. In: Sparks, D. L. (2013) (Ed.). *Advances in Agronomy*, Vol 121. San Diego: Elsevier Academic Press Inc, p.381-445. (Advances in Agronomy).
- Monteiro, J.G., Cruz, F.J.R., Nardin, M.B., Santos, D.M.M. (2014) Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49:18-25.

- Monti, A, Barbanti, L, Venturi, G. (2007) Photosynthesis on individual leaves of sugar beet (*Beta vulgaris*) during the ontogeny at variable water regimes. *Annals of Applied Biology*, 151:155-165.
- Mozambani, A.E. (2006) et al. História e morfologia 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: *Cadernos Planalsucar*, 11-18.
- Oliveira, A.K.M., Gualtieri, S.C.J., Bocchese, R.A. (2011) Gas exchange of potted *Tabebuia aurea* plants under hydric stress. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33(4): 641- 647.
- Oliveira, A.L.M., Schmid, M, Reis, V.M., Baldani, J.I., Hartmann, A. (2009) Colonization of sugarcane plantlets by mixed inoculations with diazotrophic bacteria. *European Journal of Soil Biology*, 45(1):106-113.
- Oliveira, A.L.M., Canuto, E.L., Urquiaga, S, Reis, V.M., Baldani, J.I. (2006) Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. *Plant and Soil*, 284(1/2):23-32.
- Osmond, C.B. (1994) What is photoinhibition? Some insights from comparisons of sun and shade plants. In: Baker, N.R., Bowyer, J.R. Photoinhibition and photosynthesis: from molecular mechanisms to the field. Oxford: Bios Scientific Publ. chap. 1, 1-24.
- Paiva, A.S., Fernandes, E.J., Rodrigues, T.J.D. (2005) Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, 25(1):161-169.
- Pedrinho, E.A.N., Júnior, R.F.G., Campanharo, J.C., Alves, L.C., Lemos, E.G.M. (2010) Identificação e avaliação de Rizobactérias isoladas de raízes de Milho. *Bragantia*. Campinas, 69:905-911.
- Pereira, C.S., Serafim, R.C., Zanotto, I.B., Fiorini, I.V. (2016) Germinação e crescimento inicial de plantas de soja submetidas ao déficit hídrico. *Global Science and Technology*, Rio Verde, 9(1):33-40.
- Pereira, W., Leite, J.M., Hipólito, G.S., Santos, C.L.R., Reis, V.M. (2013) Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. *Revista Ciência Agronômica*, 44:363-370.
- Pincelli, R.P. (2010) Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas. 65p. Dissertação

(Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

- Pinto, A.C.P., Moraes, E.E. (1997) Equipamentos Distribuidor de Toletes para plantio de cana-de-açúcar. In: Seminário COOPERSUCAR de tecnologia agrônômica, 7. Piracicaba. 1997. Anais ... Piracicaba: COOPERSUCAR. p. 213-231.
- Portal UFRRJ. UFRRJ lança variedade de cana junto à rede de pesquisa de universidades federais. Postado em 13/04/2021. Disponível em <<https://portal.ufrrj.br/ufrrj-lanca-variedade-de-cana-junto-a-rede-de-pesquisa-de-universidades-federais/>> Acesso em maio de 2021.
- Portes, M.T., Alves, T.H., Souza, G.M. (2006) Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understory and gap conditions. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Londrina, 18(4):491-512.
- Radwan, T.E.S.E.D., Mohamed, Z.K., Reis, V.M. (2004) Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(10):987-994.
- RIDESA (2015) : 45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 25 anos de Ridesa / Edelclaiton Daros, Ricardo Augusto de Oliveira, Geraldo Veríssimo de Souza Barbosa, organizadores. – 1. ed. – Curitiba: Graciosa,. 156 p.
- Rippoli, T.C.C., Ripoll, M.L.C., Casagrandi, D.V., Ide, B.Y. (2007) Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. 2ª ed. Piracicaba, 197 p.
- Rodrigues, J.D. (1995) Fisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu: Instituto de Biociência, 101 p.
- Sambatti, J., Caylor, K.K. (2007) When is breeding for drought tolerance optimal if drought is random quot,. *New Phytologist*, 175(1):70-80.
- Santi, C., Bogusz, D., Franche, C. (2013) Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Annals of Botany*, 111(5):743-767.
- Santos, D., Siqueira, D.L., Salomão, L.C. C., Cecon, P.R., Oliveira, G.P., Machado, D.L.M., Zucoloto, M. (2014) Teores de carboidratos e fluorescência da clorofila a em folhas de limeiras ácidas 'Tahiti' submetidas ao anelamento e incisão anelar de ramos. *Ciência Rural*, 44(10):1725-1731.

- Sapeta, H., Costa, J.M., Lourenço, T., Maroco, J., Linde, P., Oliveira, M.M. (2013) Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. *Environmental and Experimental Botany*, 85:76-84.
- Schlemper, T.R., Leite, M.F.A., Lucheta, A.R., Shimels, M., Bouwmeester, 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: 2, p. 19-36.
- Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., Vale, F.H.A., Araujo, F.P.A., Pimenta, M.A. (2009) Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Londrina, 21(1):33-42.
- Silva, M.A., Cato, S.C., Costa, A.G.F. (2010) Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. *Ciência Rural*, 40:774-780.
- Smit, M.A., Singels, A. (2006) The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*, 98:91-97.
- Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Srivastava, A. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M., Pather, U., Mohanly, P. (2000) Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation. London: Taylor and Francis, p.445-483.
- Taiz, L., Zeiger, E. Fisiologia vegetal. (2017) 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 858p.
- Tonieli, A.E., Paixão, A.C.S, Vanzella, C.A., Ortolan, M.C.A, Scchieri, M.S., Bisson. O. (2012) Sistema de produção de Mudanças MPB – Mudanças pré brotadas. *Revista canavieiros*, 24p.
- Urquiaga, S., Cruz, H.S., Boddey, R.M. (1992) Contribution of nitrogen fixation to sugarcane: Nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:105-114.
- Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M.L., Touraine, B., Moënnelocoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., Prigent-combaret, C. (2013) Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science*, 4:1-19.

- Verma, S.C., Ladha, J.K., Tripathi, A.K. (2001) Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. *Journal of Biotechnology*, 91:127-141.
- Vidal, R.A., Trezzi, M. M. (2011) Origem da cultura e sua importância. In Teoria e prática do manejo de infestantes da cultura da cana-de-açúcar no Brasil. Porto alegre. 136p.
- Wei, C.Y., Lin, L., Luo, L.J., Xing, Y.X., Hu, C.J., Yang, L.T., Li, Y.R. (2014) Endophytic nitrogen-fixing *Klebsiella variicola* strain DX120E promotes sugarcane growth. *Biology and Fertility of Soils*, 50:657–666.
- Xavier, M.A. (2014) Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotção IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar - Mudas-pré-brotadas (MPB) Campinas: Instituto Agrônomo,. 22p (Documentos IAC, 113).
- Yakhin, O.I. Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. (2017) Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front. Plant Sci.* 7:2049.
- Yordanova, R.Y., Popova, L.P. (2007) Flooding-induced changes in photosynthesis and oxidative status in maize plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29:535- 541.
- Zahir, Z.A., Arshad, M., Frankenberger, J.R.W.T. (2003) Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81:97-168.
- Zawoznik, M.S., Ameneiros, M., Benavides, M.P., Vázquez, S., Groppa, M.D. (2011) Response to saline stress and aquaporin expression in *Azospirillum* inoculated barley seedlings. *Applied microbial and cell physiology*. 90(4):1389-1397.

APÊNDICES

Tabela 1A- Resumo da análise de variância (ANOVA) da altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC) e (AF) de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios		
		AP	DC	AF
Bloco	3	1,38 ^{ns}	0,37 ^{ns}	49375,3 ^{ns}
Cv	1	31,64 [*]	2,91 [*]	53768,33 [*]
BPCV	1	27,30 [*]	6,64 [*]	27084,93 [*]
Cv*BPCV	1	26,26 [*]	0,24 ^{ns}	33,35 ^{ns}
Erro	9	1,62	0,27	2767,22
Médiageral	-	15,65	5,92	258,09
CV%	-	8,1	8,9	20,38

** significativo a 0,05 de probabilidade, ns não significativo, pelo teste F., GL: Grau de liberdade, CV: coeficiente de variação.

Tabela 1B - Resumo da análise de variância (ANOVA) do volume radicular (VR), diâmetro radicular (DR) e comprimento radicular (CR) de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios		
		VR	DR	CR
Bloco	3	1,58 ^{ns}	0,005 ^{ns}	4,93 ^{ns}
Cv	1	137,94 [*]	0,11 [*]	95,25 [*]
BPCV	1	23,61 [*]	0,004 ^{ns}	54,83 [*]
Cv*BPCV	1	8,35 ^{ns}	0,001 ^{ns}	8,55 ^{ns}
Erro	12	1,67	0,004	4,08
Média geral	-	8,18	0,7	19,74
CV%	-	21,76	10,35	10,7

** significativo a 0,05 de probabilidade, ns não significativo, pelo teste F., GL: Grau de liberdade, CV: coeficiente de variação.

Tabela 1C- Resumo da análise de variância (ANOVA) da altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de perfilhos (NF) e expansão foliar (EF) de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV e com e sem *déficit* hídrico.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios			
		AP	DC	NF	EF
Bloco	4	8,71 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,27 ^{ns}	155,47 ⁿ
Cv	1	55,22 ^{ns}	0,30 ^{ns}	40,00 [*]	144,40 ⁿ
BPCV	1	14,16 ^{ns}	4,10 ^{ns}	28,90 [*]	3,60 ^{ns}
Def	1	193,60 [*]	30,43 [*]	19,60 [*]	672,40 [*]
Cv * BPCV	1	45,79 ^{ns}	23,57 [*]	0,90 ^{ns}	22,50 ^{ns}
Cv * Def	1	11,02 ^{ns}	0,0055 ^{ns}	14,40 [*]	4,90 ^{ns}
BPCV * Def	1	77,84 [*]	24,82 [*]	0,90 ^{ns}	72,90 ^{ns}
Cv * BPCV * Def	1	1,29 ^{ns}	5,85 ^{ns}	2,50 ^{ns}	67,60 ^{ns}
Erro	28	14,3	5,85	3,26	67,6
Média Geral	-	38,8	16,69	4,4	124,05
CV %	-	9,7	9,5	41,4	7,28

** significativo a 0,05 de probabilidade, ns não significativo, pelo teste F., GL: Grau de liberdade, CV: coeficiente de variação.

Tabela 1D. Resumo da análise de variância (ANOVA) da massa seca das podas (MSP, g), produção de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSR, g), massa seca total (MST) e relação parte aérea e raiz (PA:R, g) de mudas de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV.

FV	GL	Quadrados Médios				
		MSP	MSPA	MSR	MST	PA:R
Bloco	3	0,49 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,37 ^{ns}
Cv	1	12,50*	13,26*	0,09*	1,00*	41,79*
BPCV	1	10,35*	0,64*	0,21*	8,89*	0,02 ^{ns}
Cv*BPCV	1	10,57*	0,06 ^{ns}	0,009*	0,12 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Erro	9	0,27	0,03	0,0007	0,04	0,97
Média geral	-	3,75	1,21	0,2	1,41	6,6
CV%	-	13,8	15,7	13,4	14,51	14,9

** significativo a 0,05 de probabilidade, ns não significativo, pelo teste F., GL: Grau de liberdade, CV: coeficiente de variação.

Tabela 1E. Resumo da análise de variância (ANOVA) da produção de massa de matéria seca de folha (MSF), massa seca de perfilhos (MSPE), massa seca de parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST)) de mudas de duas cultivares de cana-de-açúcar com e sem inoculação com BPCV.

FV	GL	Quadrados Médios				
		MSF	MSPE	MSPA	MSR	MST
Bloco	4	1,24 ^{ns}	9,32 ^{ns}	18,05 ^{ns}	2,91 ^{ns}	34,20 ^{ns}
Cv	1	30,38 ^{ns}	247,5*	429,74*	126,5*	1022*
BPCV	1	2,80 ^{ns}	50,37 ^{ns}	35,36 ^{ns}	10,56*	84,56 ^{ns}
Def	1	46,95*	38,27 ^{ns}	183,91*	48*	419,9*
Cv * BPCV	1	24,61*	10,07 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,31 ^{ns}	3,32 ^{ns}
Cv * Def	1	3,06 ^{ns}	44,92*	30,01 ^{ns}	21,22*	101,1 ^{ns}
BPCV * Def	1	5,61 ^{ns}	0,11 ^{ns}	6,50 ^{ns}	3,43 ^{ns}	19,37 ^{ns}
Cv * BPCV * Def	1	1,60 ^{ns}	19,53 ^{ns}	6,91 ^{ns}	0,23 ^{ns}	9,70 ^{ns}
Erro		4,6	13,2	25,64	2,48	40,6
Média Geral	-	8,38	12,78	21,09	5,69	26,78
CV %	-	25,57	28,41	24,01	27,65	23,79

** significativo a 0,05 de probabilidade, ns não significativo, pelo teste F., GL: Grau de liberdade, CV: coeficiente de variação.