

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS- AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR EM SUBSTRATOS COMERCIAIS E
ALTERNATIVOS COM SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
CANAVIEIRA

Autora: Nanda Cristina da Cunha Braga
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Rio Verde- GO
Abril – 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS- AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR EM SUBSTRATOS COMERCIAIS E
ALTERNATIVOS COM SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
CANAVIEIRA

Autora: Nanda Cristina da Cunha Braga
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano –Campus Rio Verde - Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde - GO
Abril – 2016

Braga, Nanda Cristina da Cunha

B813p Produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canavieira / Nanda Cristina da Cunha Braga. Rio Verde.-2016.

50f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agronomia) – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, 2016.

Orientador: Doutor em Ciência do Solo. Eduardo da Costa Severiano.

Bibliografia

1. Propagação vegetativa. 2. *Saccharum sp.* 3. Resíduos sucroalcooleiro. 4. Caracterização física. 5. Caracterização química. I Título. II. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR EM SUBSTRATOS COMERCIAIS E
ALTERNATIVOS COM SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
CANAVIEIRA

Autora: Nanda Cristina da Cunha Braga
Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 05 de abril de 2016.

Dr. Itamar Pereira de Oliveira
Avaliador externo
PNPD/IF Goiano/RV

Dra. Tatiana Michlovská Rodrigues
Avaliadora externa
PNPD/IF Goiano/RV

Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano
Presidente da banca
IF Goiano/RV

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, e me deu força para conseguir chegar até este momento.

Ao meu filho Lucas, por me encher de inspiração e coragem, sempre alegre e sorridente, que iluminou de maneira especial os meus pensamentos me levando a buscar mais conhecimentos.

Aos meus pais, Gaspar e Francisca, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, também ao meu irmão Gaspar Júnior, pelo apoio de sempre e pelo exemplo de disciplina e determinação.

A todos os familiares que me apoiaram nesta caminhada, e também ao meu esposo Diego.

Ao pessoal do laboratório de Física do Solo, principalmente ao Wainer, José Fausto, Josué, Lidiane, Marlete, Renata, Aline, Sávio, Lucas Lopes e Lucas Freitas. Não seria possível citar todos neste momento, mas agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para o andamento e conclusão deste trabalho.

As parceiras deste trabalho Lidiane e Dr.^a Tatiana que me ajudaram sempre que precisei, além da amizade, aprendizado e companhia nas horas difíceis do trabalho.

Ao professor e orientador Dr. Eduardo da Costa Severiano, pela aceitação em me orientar e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao coorientador professor Dr. Aurélio Rubio Neto, que acrescentou e contribuiu para o meu crescimento acadêmico.

Ao Dr. Itamar Pereira de Oliveira e Dr.^a Tatiana Michlovská Rodrigues por terem aceitado fazer parte deste momento tão especial, como membros da banca avaliadora.

Ao laboratório de Química Agrícola, de Análise de Solo e Tecido Foliar, de Cultura de Tecidos Vegetais e de Forragicultura e Pastagens no IF Goiano/Rio Verde- GO.

A empresa Nova Fronteira Bioenergia S.A, pela disponibilidade da estrutura de coleta, tratamento fotossanitário da cana-de-açúcar e pela doação do bagaço e da cana-de-açúcar; e à Usina Vale do Verdão S.A, pela doação da torta de filtro.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao programa de pós-graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, pela oportunidade deste.

BIOGRAFIA DO AUTOR

NANDA CRISTINA DA CUNHA BRAGA, filha de Gaspar Moreira Braga e Francisca Cândida da Cunha, nasceu em Estrela do Norte, Estado de Goiás, em 14 de agosto de 1988.

Em fevereiro de 2010, iniciou na Graduação de Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Goiás - Unidade de Porangatu, GO, graduando-se em dezembro de 2013 na Unidade de Quirinópolis, GO.

Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia com área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado em nível de Mestrado, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia, em abril de 2016.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Substratos para plantas	1
1.2 Tipos de substratos	3
1.3 Caracterização física e química dos substratos	3
1.4 Cana-de-açúcar	4
1.5 Sistema de Mudanças pré-brotadas (MPB) oriundas de gemas individualizadas na produção de cana-de-açúcar	5
1.6 Referências bibliográficas	7
OBJETIVO GERAL	11
Produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canavieira	12
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	14
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
1.4 CONCLUSÃO	24
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Caracterização física e química das matérias-primas utilizadas na formulação de substratos alternativos utilizados na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas.....	28
TABELA 2 Análise de variância, médias gerais e coeficientes de variação para as variáveis produtivas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, em função do tipo de substrato e da posição de origem da gema.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Distribuição do tamanho de partículas de substratos comerciais (TRIMIX [®] e BIOPLANT [®]) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].....	29
FIGURA 2. Caracterização física [(a) Densidade úmida e (b) seca] de substratos comerciais (TRIMIX [®] e BIOPLANT [®]) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].....	29
FIGURA 3. Caracterização físico-hídrica [(a) Porosidade total: 0hPa, (b) capacidade de retenção de água: 10 hPa, (c) água remanescente < 100 hPa e (d) espaço de aeração entre 0 e 10 hPa] de substratos comerciais (TRIMIX [®] e BIOPLANT [®]) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].....	30
FIGURA 4. Caracterização química [(a) pH e (b) condutividade elétrica] de substratos comerciais (TRIMIX [®] e BIOPLANT [®]) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].....	31
FIGURA 5. Caracterização do minirrebolos de cana-de-açúcar utilizados na produção de mudas pré-brotadas [(a) Massa seca, (b) índice de velocidade de brotação e (c) porcentagem de brotação].....	32

FIGURA 6. Variáveis produtivas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, cultivadas em substratos comerciais (TRIMIX® e BIOPLANT®) e produzidos utilizando subprodutos da indústria canavieira [terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].....33

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

Símbolo, Sigla, Abreviação e Unidade	Significado	Unidade
%	Porcentagem	
AD	gua Disponível	$m^3 m^{-3}$
Al_2O_3	xido de alumínio	$kg kg^{-1}$
AP	Altura de planta	Cm
AR	gua Remanescente	$m^3 m^{-3}$
Bn	Número de brotações	
C.V,	Coefficiente de variação	
C/N	Carbono/Nitrogênio	
CE	Condutividade Elétrica	$Ms cm^{-1}$
cm^3	Centímetros cúbicos	
CRA	Curva de Retenção de água	$m^3 m^{-3}$
DP	Densidade de Partículas	$kg dm^{-3}$
DS.	Densidade Seca	$kg m^{-3}$
DU	Densidade úmida	$kg m^{-3}$
EA	Espaço de Aeração	$m^3 m^{-3}$
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	
Fe_2O_3	xido de Ferro (III)	$kg kg^{-1}$
hPa	Hectopascal	
IAC	Instituto Agronômico de Campinas	
IN	Instrução Normativa	

IVB	Índice de Velocidade de Brotação	
Ki	Relação molecular ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)	
Kr	Relação molecular $\text{SiO}_2 \ominus \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$)	
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento	
MI	mililitros	
mm	milímetros	
MPB	Muda Pré-Brotada	
MSP	Massa Seca de Podas	G
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea	G
MSR	Massa Seca de Raiz	G
N	Número de observações experimentais	
Nd	Não determinado	
NF	Número de Folhas	
Nn	Número de dias do plantio	
NP	Número de Perfilho	
Ns	Não significativo	
P	Posição	
P	Probabilidade	
Ph	Potencial Hidrogeniônico	
PT	Porosidade Total	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
Rpm	Rotação por minuto	
S	Substrato	
SiO_2	Dióxido de Silício	kg kg^{-1}
t ha^{-1}	Toneladas por hectare	

RESUMO

BRAGA, NANDA CRISTINA DA CUNHA, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, abril de 2016. **Produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canavieira.** Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Coorientador: Dr. Aurélio Rubio Neto.

Neste trabalho, objetivou-se identificar a melhor posição da gema para a produção de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar e desenvolver substratos para a produção de MPB de cana-de-açúcar a partir de subprodutos da indústria canavieira. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde-Goiás. No experimento de produção de MPB oriundas de gemas individualizadas, foi utilizado delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2x4, com três repetições, com total de 24 unidades experimentais compostas por 5 tubetes cada. Foram avaliadas duas posições da cana-de-açúcar para obtenção dos minirrebolos contendo uma gema, sendo base e ápice da cana-de-açúcar e quatro substratos sendo dois comerciais (TRIMIX[®] e BIOPLANT[®]) e dois substratos formulados utilizando subprodutos da indústria canavieira como substrato: [ABATO: areia de rio lavada, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro e; TEBATO: terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro. Ambas formulações foram preparadas em proporções volumétricas iguais. As avaliações física e química dos substratos foram realizadas em triplicata, seguindo as instruções normativas definidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para as características físicas foram determinadas a densidade volumétrica úmida e seca, curva de retenção de água e granulometria. E para

as características químicas foram o Ph e a condutividade elétrica. Após a aquisição dos minirrebolos, seleção e tratamento fitossanitário da cultivar CTC-4, em casa de vegetação, os mesmos foram acondicionados em caixas com substrato BIOPLANT[®] para a brotação e análise do índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação e massa seca dos minirrebolos. Após a brotação, as gemas foram individualizadas em tubetes contendo os substratos. Depois de concluída a fase de produção de MPB foram avaliadas as características biométricas (número de folhas, altura de plantas, massa seca da parte aérea, de raízes e de podas). Os resultados dos atributos físicos e químicos dos substratos e das variáveis produtivas de MPB de cana-de-açúcar foram submetidos à análise de variância empregando o teste Tukey ($p < 0,05$) quando constatada significância. Os substratos avaliados proporcionaram ambientes de crescimento radicular contrastantes no que se refere aos seus atributos físicos e químicos. As MPB de cana-de-açúcar apresentam desempenho superior em substratos de baixa densidade e elevada aeração, com destaque para o TRIMIX[®], independentemente da posição de obtenção do minirrebolo.

PALAVRAS-CHAVES: propagação vegetativa, *Saccharum sp*, resíduos sucroalcooleiro, caracterização física, caracterização química

ABSTRACT

BRAGA, NANDA CRISTINA DA CUNHA, Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology– Campus Rio Verde, April 2016. **Production of pre-sprouted sugarcane seedlings in commercial and alternative substrates with by-products from the sugar cane industry.** Advisor: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Co-Advisor: Dr. Aurélio Rubio Neto.

In this work, the objective was to identify the best position of the gem for the production of pre-sprouted seedlings (MPB) of sugarcane and to develop substrates for the MPB production of sugarcane from by-products of the sugarcane industry. The experiment was carried out at the Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus, Rio Verde-Goiás. In the experiment of MPB production from individualized gemstones, a completely randomized design was used in a 2x4 factorial scheme, with three replicates, with a total of 24 experimental units composed of 5 tubes each. Two sugarcane positions were evaluated to obtain the mini balls containing one gem, being the base and apex of sugarcane and four substrates being two commercial (TRIMIX® and BIOPLANT®) and two formulated substrates using by-products of the sugar cane industry as substrate: [ABATO: washed river sand, sugar cane bagasse and filter cake; TEBATO: ravine earth, sugar cane bagasse and filter cake. Both formulations were prepared in equal volumetric ratios. The physical and chemical evaluations of the substrates were carried out in triplicate, following the normative instructions defined by the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. For physical characteristics the wet and dry volumetric density, water retention curve and

granulometry were determined. And for the chemical characteristics were the pH and the electrical conductivity. After the acquisition of mini ball, selection and phytosanitary treatment of CTC-4 cultivar in greenhouse, they were packed in boxes with BIOPLANT® substrate for sprouting and analysis of sprouting rate (IVB), sprouting percentage and Dry mass of the mini balls. After sprouting, the buds were individualized in tubes containing the substrates. After the MPB production phase, the biometric characteristics (number of leaves, height of plants, dry mass of shoots, roots and prunings) were evaluated. The results of the physical and chemical attributes of the substrates and the productive variables of MPB of sugarcane were submitted to the analysis of variance using the Tukey test ($p < 0.05$) when found significant. The substrates evaluated provided contrasting root growth environments with respect to their physical and chemical attributes. The MPB of sugarcane presents superior performance in substrates of low density and high aeration, especially TRIMIX®, independently of the obtained position of the mini tree.

KEY WORDS: Vegetative propagation, *Saccharum sp*, sugar residues, physical characterization, chemical characterization

INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Substrato para plantas

É denominado “substrato para plantas” um substituinte do solo que tem a função de receptor e gerenciador de água, nutrientes e ar, com a função de sustentação das plantas em recipientes. O substituinte do solo pode ser de origem mineral, orgânica ou sintética, sendo utilizado puro ou em misturas. Em relação aos aspectos físicos podem variar na aparência, forma, tamanho e peso, e aos aspectos químicos podem ser ativos ou inertes.

É de fundamental importância conhecer as propriedades físicas e químicas dos constituintes do substrato, estas informações permitirão direcionar para as necessidades de cultivo em recipiente de determinada planta (Fonteno 2016; Fermino and Kämpf 2012). A caracterização física e química dos constituintes do substrato e/ou sua formulação final é imprescindível para definir melhor o uso e manejo adequado, para compreender e padronizar insumos, permitindo que os produtores tenham o poder de decisão mais assertivo em adquirir e utilizar o substrato, fazendo com que as indústrias melhorem a qualidade do produto no mercado e dá condições ao poder público de fiscalizar a veracidade das informações nas embalagens (Fermino and Kämpf 2012; Zorzeto et al. 2014).

No Brasil, os métodos oficiais para a determinação dos parâmetros físicos em substratos para plantas foram publicados na Instrução Normativa n.º 17 (IN n.º 17), de 21 de maio de 2007 (Brasil 2007), alterada pela Instrução Normativa n.º 31 (IN n.º 31), de 23 de outubro de 2008 (Brasil 2008). A IN n.º 17 traz métodos para análise física e química de substratos para plantas e condicionadores de solos, dentre os quais estão o

da preparação inicial do material e os dos atributos: umidade, densidade e capacidade de retenção de água. A IN n.º 31 altera a IN n.º 17 com relação aos métodos de avaliação de densidade e de capacidade de retenção de água. Os métodos oficiais do Brasil não consideram atributos como granulometria, densidade de partícula e porosidade. As definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas foram publicadas na Instrução Normativa n.º 14 (IN n.º 14), de 15 de dezembro de 2004 (Brasil 2004). As regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura foram publicadas na Instrução Normativa n.º 5 (IN n.º 5), de 10 de março de 2016 (Brasil 2016).

A dinâmica de cultivo em solo e em substrato possui divergências, pois o cultivo em recipientes com substratos apresenta grandes limitações. Isso, porque se fez necessário ter maior mobilidade de plantas de um local para outro, ou porque o solo de uma determinada região não apresentava condições ideal de cultivo como a salinização e presença de patógenos (Abad et al. 1993). Muitos substratos inicialmente utilizavam como base frações do solo ou sua totalidade. Entretanto, a desinfecção do solo usado como substrato se tornou oneroso e trabalhoso depois da proibição do uso do brometo de metila determinado pelo Protocolo de Montreal, de acordo com a Instrução Normativa Conjunta n.º 1 de 10 de setembro de 2002 (Brasil 2002), por ser um gás potencialmente destruidor da camada de ozônio. Desta maneira impôs aos produtores procurarem meios alternativos para substituição do solo.

Com a preocupação da conservação ambiental pela sociedade, esta tem cobrado das indústrias a encontrarem meios para diminuir o impacto de seus resíduos gerados nos processos industriais de produção. O descarte dos resíduos agroindustriais em aterros são onerosos e exigem manutenção constante, além de apresentarem grande risco ambiental. Deste modo, as indústrias têm buscado formas de aproveitamento de seus resíduos na agricultura (Amaral et al. 1996). A indústria canavieira é produtora de grandes quantidades de resíduos no processamento da cana para produção de etanol e açúcar e tem como destaque o bagaço-de-cana e a torta de filtro. Estes resíduos são encontrados em alta disponibilidade nas usinas de cana-de-açúcar. Trabalhos desenvolvidos para a produção de mudas por Serrano et al. (2006) com maracujá e por Freitas et al. (2006) com eucalipto obtiveram êxito com o uso de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro.

1.2 Tipos de substratos

Os substratos podem ser classificados como orgânicos, minerais ou sintéticos, quimicamente ativos ou inertes. Os materiais orgânicos têm origem em resíduos vegetais, sujeitos à decomposição, e podem ser mais ou menos quimicamente ativos devido aos sítios de troca iônica, com capacidade de adsorver ou liberar nutriente no meio de cultivo. No entanto, substratos minerais são quimicamente inativos ou inerte, com exceção de alguns materiais que possuem alta capacidade de troca de cátions (Zorzeto 2011).

Existe grande dificuldade em encontrar as características físicas e químicas pretendidas em um único componente de substrato, sendo necessário realizar mistura de componentes para a aquisição do substrato com as características químicas e físicas pretendidas.

1.3 Caracterização física e química dos substratos

O substrato deve ser caracterizado mediante suas propriedades, sendo elas, físicas, hídricas, químicas ou biológicas. No cultivo em recipiente, independentemente do substrato utilizado existe grande limitação na expansão das raízes pelo reduzido espaço. O limite do volume exige que o substrato seja apto em manter água disponível, sem o comprometimento da concentração do oxigênio. Desta maneira, a caracterização física do substrato é realizada com base na densidade volumétrica, porosidade e curva de retenção de água (Kampf 2008). Diante das informações de cada propriedade é permissível preconizar qualidade e propor usos e limitações do substrato.

A densidade de um substrato é estabelecida como a massa de material sólido por unidade de volume. A densidade é uma importante propriedade para o manejo, uma vez que o substrato é transportado e manipulado, portanto seu peso ser levado em conta (Cardoso et al. 2010). A porosidade total é o volume de substrato não ocupado por partículas e sendo a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra. É uma característica que tende a sofrer variações com o passar do tempo de cultivo, pela acomodação das partículas no recipiente (Zorzeto 2011).

O espaço de aeração é expresso pelo volume que contém ar depois que o substrato foi saturado com água e após drenagem a 10 hPa de tensão. A capacidade de

retenção de água é fracionada entre água facilmente disponível (volume liberado entre 10 hPa e 50 hPa de tensão), água tamponante (volume liberado entre 50 hPa e 100 hPa de tensão) e água remanescente (volume que permanece no substrato após aplicação de tensão 100 hPa) (De Boodt and Verdonck 1972).

Para a caracterização química dos substratos, destacam-se duas propriedades: Ph e condutividade elétrica (CE). O Ph interfere de forma direta da solubilidade e na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Índices inapropriados podem prejudicar o desenvolvimento da planta, como exemplo, a acidez em excesso, que provoca redução da disponibilidade de nutrientes disponíveis e aumenta a absorção de alumínio e manganês, sendo elementos tóxicos às plantas (De Boodt and Verdonck 1972).

De acordo com Santana et al. (2007), a cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível à salinidade e sua produção pode ser reduzida em 50% com CE em torno de 10,4 Ms cm^{-1} no solo. Já Martinez (2002) comenta que CE em substratos acima de 3,5 Ms cm^{-1} é considerada bem elevada para a maioria das espécies.

No Brasil, a Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007 (Brasil 2007), recomenda que o Ph e a condutividade elétrica (CE) sejam determinados no mesmo extrato que emprega a relação de 1:5 (substrato:água) em volume, sendo que a dosagem do volume de substrato é feita em massa calculada pela densidade úmida.

1.4 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) pertence à família das Poaceae, classificada como cultura semiperene e é considerada uma planta com metabolismo fotossintético de fixação de CO_2 através de compostos de quatro carbonos, de origem na Nova Guiné. As primeiras mudas de cana-de-açúcar chegaram ao Brasil por volta de 1502. Somente em 1532 é que o cultivo comercial teve início de fato com a introdução de variedades oriundas da Ilha da Madeira por Martim Afonso de Souza (Figueiredo 2008). Desde então a cultura foi difundida pelo Brasil e tem aumentado sua produção consideravelmente até os dias atuais.

Com a crise do petróleo, na década de 1970, o Brasil se tornou o maior produtor mundial de etanol. Em 1975 com a criação do Plano Nacional de Produção de Álcool (Proálcool), ocorreu crescimento significativo do setor sucroalcooleiro,

proporcionando ao Brasil grande destaque na produção de energias renováveis (Segato et al. 2006).

Segundo Segato (2006) a cana-de-açúcar tem quatro estádios fenológicos: a brotação e emergência dos brotos; perfilhamento e estabelecimento da cultura; período de grande crescimento; e maturação.

Desde os primeiros plantios das primeiras mudas no Brasil, a forma como a cana-de-açúcar é plantada quase não mudou. O sistema de plantio mais comum é o sistema convencional, em que o sulco é aberto e os colmos segmentados são plantados (Landell et al. 2012). Apesar que, nos últimos anos houve o surgimento de estudos e pesquisas a fim de desenvolver novos sistemas de plantio, e o setor produtivo sucroalcooleiro vêm adotando sistemas de plantio mais modernos e tecnológicos visando maior rentabilidade.

1.5 Sistema de Mudas pré-brotadas (MPB) oriundas de gemas individualizadas na produção de cana-de-açúcar.

O sistema de produção da cana-de-açúcar, semelhante as demais culturas agrícolas, pode ser prejudicado por diversos fatores, dentre eles, ser intrínseco à planta, ao solo, às práticas culturais e principalmente às condições climáticas (Bonnet et al. 2006; Gilbert et al. 2006).

Com a adoção do plantio mecanizado, tornou frequente as falhas populacionais, as quais são responsáveis por prejuízos significativos na produtividade do canavial. Para contornar tal situação, houve a necessidade do aumento considerável do volume de mudas a ser utilizado por área, sendo superior a 20 t.ha⁻¹. Com isso, acarreta em gasto significativo de colmos, os quais poderiam ser melhor utilizados na indústria. Ademais, essa prática aumenta o risco de disseminação de pragas e doenças oriundas da muda, complicando o manejo posterior.

Devido a problemática do grande volume de mudas/colmo utilizadas no plantio, vem desenvolvendo estudos com o objetivo de reduzir esse volume a partir de uso de novas tecnologias e desta maneira a agregar ganhos significativos na produção.

O sistema de muda pré-brotada (MPB) originadas a partir de gemas individualizadas de cana-de-açúcar é uma tecnologia de multiplicação que visa a produção rápida de mudas, desenvolvido pelo Programa Cana do Instituto Agrônômico

– IAC. O sistema MPB permite a redução do volume de mudas, com produção rápida, melhor controle na qualidade de vigor, elevado padrão fitossanitário, que proporciona canaviais de excelente padrão clonal. Também, permite melhor distribuição espacial das mudas nas áreas de produção, com melhor aproveitamento dos recursos hídricos e nutricionais e reduz a competição intraespecífica estabelecida em canaviais com excesso de mudas, situação comum em áreas comerciais com plantio mecanizado (Landell et al. 2012; Xavier et al. 2014).

Para iniciar a produção de mudas pelo sistema MPB, são utilizados colmos produzidos em viveiros básicos, os quais são submetidos previamente aos manejos e protocolos de qualidade. No sistema MPB são necessárias seis etapas, as quais são realizadas num período de 60 dias aproximadamente (Landell et al. 2012).

1) Etapa 1 – Retirada dos colmos, corte e preparo dos minirrebolos

Essa etapa deverá ser realizada a partir de viveiros básicos, com idade fisiológica de 6 a 10 meses, em que se pode aproveitar ao máximo todas as gemas ao longo do colmo. Procedimento que possibilita a seleção das gemas mais vigorosas.

b) Etapa 2 – Tratamento das gemas

O tratamento fitossanitário dos minirrebolos é realizado com produtos à base de Azoxistrobina ou Pyraclostrobin a 0,1% na solução. O método utilizado para a desinfecção é a imersão em solução por 3 minutos. Outros tratamentos complementares como, promotores de enraizamento, poderão ser utilizados com o objetivo de aumentar e ampliar a sanidade e o vigor das mudas.

c) Etapa 3 – Brotação

Será conduzida em casa de vegetação climatizada em que caixas plásticas vazadas para drenos serão utilizadas para a brotação dos minirrebolos. Estes serão acondicionados sobre substrato dentro das caixas de brotação que serão posteriormente cobertos com uma fina camada de substrato.

Durante este período que pode levar de 7 a 10 dias, dependendo da variedade e da idade fenológica da gema, ser o suficiente para alcançar com êxito a máxima brotação.

d) Etapa 4 – Individualização ou repicagem

A individualização ocorre logo após a brotação e os minirrebolos brotados são acondicionados em tubetes.

e) Etapa 5 – Aclimação fase 1

Após a individualização, os tubetes com o material vegetal brotado permanecerá por um período de 21 dias em casa de vegetação climatizada. Será mantida elevada umidade relativa do ar e frequente irrigação por nebulização intermitente na casa de vegetação, afim de reduzir ao máximo os danos provocados pelas temperaturas altas e garantir o bom desenvolvimento das mudas individualizadas.

f) Etapa 6 – Aclimação fase 2

A finalização da aclimação é basicamente o processo de rustificação das mudas individualizadas que consiste na retirada das mudas da casa de vegetação e a sua permanência ao pleno sol sob bancadas.

Este procedimento visa provocar a rustificação, ou seja, a adaptabilidade da muda às condições de pleno sol encontrada no campo. Existe um controle da lâmina de irrigação durante este período, que é de 21 dias. Ao final desta etapa, as mudas estarão prontas para ir para o campo.

O sistema de MPB de cana-de-açúcar propõe aumentar a economia de colmos na implantação do canavial, levar mudas já formadas ao campo, proporcionar homogeneidade e sanidade inicial do canavial.

1.6 Referências bibliográficas

- Abad, M.; Martinez, P. F. and Martinez, J.(1993). Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 11, 141-154.
- Amaral, R. D., Barros, N. F., Costa, L. M. and Fontes, M. P. F. (1996). Efeito de um resíduo da indústria de zinco sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20, 433-440.
- Bonnet, G. D., Hewitt, M. L. and Glassop, D. (2006). Effects of high temperature on the growth and composition of sugarcane internodes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57, 1087-1095. <http://dx.doi.org/10.1071/AR06042>
- Brasil (2002). Instrução Normativa Conjunta n.º 1, de 10 de setembro de 2002. Autorização do uso do brometo de metila até 31 de dezembro de 2015 nos tratamentos quarentenários e fitossanitários para fins de importação e exportação, para as culturas autorizadas na monografia do brometo de metila. *Diário Oficial da União, Brasília*, 11 Set. 2002. Seção 1, p. 11; [acessado 15 Jan. 2016].

<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2958>

Brasil (2004). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa N.º 14, de 15 de dezembro de 2004. Aprova as Definições e Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do anexo desta instrução normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 dez. 2004. Seção 1, p.24. [acessado 04 Jan. 2016].

<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10433>

Brasil (2007). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N.º 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8. [acessado 04 Jan. 2016].

<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17762>

Brasil (2008). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N.º 31, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA n.º 17, de 21 de maio de 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 out. 2008. Seção 1, p.20. [acessado 04 Jan. 2016].

<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19154>

Brasil (2016). Instrução Normativa n.º 5, de 10 de março de 2016. As regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. [acessado 12 Mar. 2016].

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317444>

Cardoso, A.F., Charlo, H. C. O., Ito, L. A., Corá, J. E. and Braz, L. T. (2010). Caracterização física do substrato reutilizado da fibra da casca de coco. Horticultura Brasileira, 28, 2, 385-392.

De Boodt, M. and Verdonch, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. Acta Horticulturae, 26, 37-44.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5>

- Fermino, M. H., and Kämpf, A. N. (2012). Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. *Horticultura Brasileira*, 30, 1, 75–79. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000100013>
- Figueiredo, P. (2008). Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In Dinardo-Miranda, L. L., Vasconcelos, A. C. M. and Landell, M. G. A. (Eds.), *Cana-de-açúcar* (p.29-44) Campinas: Instituto Agrônomo.
- Fonteno, W. C. (2016). A common misconception about substrates. [acessado 11 Fev. 2016]. https://projects.ncsu.edu/project/hortsublab/pdf/Grower_Article.PM.pdf.
- Freitas, T. A. S., Barroso, D. G., Carneiro, J. G. A., Penchel, R. M. and Figueiredo, F. A. M. M. A. (2006). Mudanças de Eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore*, 30, 4, 519-258. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000400004>
- Gilbert, R. A., Shine Júnior, J. M., Miller, J. D. and Rainbolt, C. R. (2006) The effect genotype, environmental and time of harvest on sugarcane yields in Florida, SA. *Field Crops Research*, 95, 156-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.02.006>
- Kämpf, A. N. (2008). Materiais regionais como alternativa ao substrato. In: Encontro Nacional sobre substratos para plantas – Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC.
- Landell, M. G. A., Campana, M. P., Figueiredo, P. (2012). Sistema de Multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Campinas: Instituto Agrônomo. Documentos IAC, 109
- Martínez, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: Furlani, A. M. C., Bataglia, O. C., Abreu, C. A., Abreu, C. A., Furlani, P. R., Guaggio, J. A., and Minami, K. (Coords.). (2002) Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas. Campinas, Documento IAC, 70.
- Santana, M. J., Carvalho, J. A., Souza, K. J., Sousa, A. M. G., Vasconcelos, C. L., and Andrade, L. A. B. (2007). Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 5, 1470-1476. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000500030>

- Segato, S.V., Mattiuz, C. F. M., and Mozambani, A. E. (2006). Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: Segato, S. V., Pinto, A. S., Jendiroba, E., and Nóbrega, J. C. M. (Org.). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: 2, 19-36.
- Serrano, L. A. L., Silva, C. M. M., Ogliari, J., Carvalho, A. J. C. DE, Marinho, C. S. and Detmann, E. (2006). Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Revista Brasileira de Fruticultura, 28, 3, 487-491. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000300032>
- Xavier, M. A., Landell, M. G. A., Campana, M. P., Figueiredo, P., Mendonça, J. R., Dinardo-Miranda, L. L., Scarpari, M. S., Garcia, J. C., Anjos, I. A., Azania, C. A. M., Brancalião, S. R., Kanthack, R. A. D., Aferri, G., Silva, D. N., Bidóia, M. A. P., Campos, M. F., Perruco, D., Matsuo, R. S., Neves, J. C. T., Cassaneli Junior, J. R., Perruco, L., Petri, R. H., Silva, T. N., Silva, V. H. P., Thomazinho Junior, J. R., Miguel, P. E. M., and Lorenzato, C. M. (2014). Fatores de Desuniformidade e *Kit* de Pré-Brotção IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar – Mudas Pré-Brotadas (MPB). Campinas: Instituto Agrônômico. Documentos IAC,113.
- Zorzeto, T. Q. (2011). Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa*Duch.) Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). IAC.
- Zorzeto, T. Q., Dechen, S. C. F., Abreu, M. F., and Fernandes Júnior, F. (2014). Caracterização física de substratos para plantas. Bragantia, 73, 3, 300-311. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0086>

OBJETIVOS

- Verificar o melhor substrato para produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar a partir de subprodutos da indústria canavieira;
- Avaliar as características biométricas das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar a fim de caracterizar o seu desenvolvimento em viveiro;
- Desenvolver substratos para produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar a partir de subprodutos da indústria canavieira;
- Caracterizar a composição do substrato quanto às características físico-hídricas e químicas.

Produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canavieira

(Normas de acordo com a revista Bragantia)

RESUMO

A agroindústria canavieira é grande produtora de resíduos orgânicos, que podem ser utilizados como substratos na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar visando a redução de custos de produção e a sustentabilidade do setor sucroalcooleiro. Assim, objetivou-se identificar a melhor posição de origem do minirrebolo para a produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB) e os efeitos de substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canavieira na produção de MPB de cana-de-açúcar. Para tanto, realizou um experimento fatorial 4x2, sendo quatro substratos: dois comerciais (TRIMIX[®] e BIOPLANT[®]) e dois substratos formulados a partir do bagaço da cana e da torta de filtro (ABATO e TEBATO) combinados com rebolos provenientes da região basal e apical. Avaliou-se as propriedades químicas e físico-hídricas dos substratos e o desenvolvimento das MPB. Os substratos proporcionaram ambientes de crescimento radicular contrastante em relação às propriedades físicas e químicas. O uso de subprodutos na formulação de substratos para produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar pode ser utilizado, embora o substrato comercial TRIMIX[®] condiciona desempenho superior as mudas, independente da posição de origem do minirrebolo.

Palavras-chave: propagação vegetativa, *Saccharum sp*, resíduos sucroalcooleiro, caracterização física; caracterização química.

1.1 INTRODUÇÃO

O agronegócio canavieiro brasileiro é o maior do mundo, com previsão de aumento de 2,4 milhões de toneladas na safra 2016/17 e produção total estimada de 37,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (*Saccharum sp*) (USDA, 2016). Isso tem levado à geração de novas tecnologias de produção voltadas ao aumento de produtividade e enfoque à preservação dos recursos naturais e ciclagem de energia e matéria.

A agroindústria canavieira é produtora de grandes quantidades de resíduos orgânicos. Segundo Nogueira and Garcia (2013), cada tonelada de cana produz, entre outros, cerca de 250 kg de bagaço e 40 kg de torta de filtro, que possuem expressivo risco de poluição, quando não gerenciados corretamente. Considerando a expectativa anual da safra brasileira, a correta destinação desses resíduos assume relevância agrícola e ambiental.

Os subprodutos podem diminuir os custos de produção e melhora a imagem institucional dos empreendimentos perante a sociedade (Nascimento et al. 2013). Nos últimos anos e em virtude dos altos custos com insumos minerais, há possibilidade de utilizá-los como agente condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Almeida Junior et al. 2011), e como substratos na produção de mudas.

Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, como o sistema de propagação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB) oriundas de gemas individualizadas. Este sistema visa a multiplicação da cana em tubetes, gerando economia de mudas, sanidade, uniformidade no plantio e ainda, a possibilidade de levar para o campo menor volume de material em relação ao sistema convencional de propagação da cultura (Landell et al. 2012; Xavier et al. 2014). Entretanto, trabalhos científicos sobre essa técnica de propagação são escassos e ainda ausentes para determinação substrato adequado.

As propriedades físicas do meio de crescimento das mudas merecem destaque, pois propriedades químicas podem ser alteradas com fertilizantes e corretivos. A porosidade e o espaço de aeração devem ser adequados para favorecer as trocas gasosas e a capacidade de retenção de água. Ademais, parte dessa água deve estar disponível às plantas e atenção deve ser dada a densidade do substrato no manejo dos recipientes e na adequada sustentação das plantas (Fermino and Kämpf, 2012).

As hipóteses testadas foram: a) a origem da gema (região basal e apical) afeta a qualidade da muda no sistema de produção de MPB de cana-de-açúcar e, dessa forma,

constituir fonte de variação em outros estudos; b) o uso de subprodutos da indústria canavieira (bagaço e torta de filtro) como substratos proporcionam desempenho semelhante aos substratos comerciais no processo de produção de mudas. Com base nas hipóteses, objetivou-se avaliar a melhor posição de origem da gema e os efeitos de substratos comerciais e com subprodutos da indústria canavieira na produção de MPB de cana-de-açúcar, caracterizando-os inicialmente.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Rio Verde (GO; 17°48'S, 50°55'W e 748 m). Na condução do experimento de produção de MPB de cana-de-açúcar, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Landell et al. (2012), em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2x4, com três repetições compostas por cinco tubetes cada.

Utilizaram duas posições da cana-de-açúcar para obtenção dos minirrebolos, basal (metade interior) e apical (metade superior) do colmo e quatro substratos: dois comerciais (TRIMIX® e BIOPLANT®) e dois formulados utilizando subprodutos da indústria canavieira [ABATO: areia de rio lavada, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro e; TEBATO: terra de subsolo constituída pelo horizonte B de Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa (Gonçalves et al. 2014), bagaço e torta]. As formulações foram preparadas em proporções volumétricas iguais dos constituintes (1:1:1).

A caracterização física e química das matérias-primas utilizadas na formulação dos substratos alternativos é apresentada na tabela 1. Os subprodutos *in natura* inicialmente foram submetidos ao processo de compostagem, mantendo a umidade e aeração constante, monitorada pela determinação diária da temperatura da pilha e considerada estabilizada quando as temperaturas internas e externas se equilibraram.

Os substratos comerciais foram constituídos das seguintes matérias-primas, segundo o fabricante: - TRIMIX®: casca de arroz, vermiculita e fibra de coco e; - BIOPLANT®: casca de pinus, fibra de coco, vermiculita e nutrientes. Após a obtenção dos substratos comerciais e formulados, foram obtidas três amostras, que foram submetidas à secagem natural ao ar durante 72 horas, visando a realização das análises de caracterização do ambiente de crescimento das plantas.

A avaliação física dos substratos foi realizada em triplicata, seguindo as instruções normativas (MAPA-IN) definidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A densidade volumétrica úmida (DU) foi determinada através do método da autocompactação (Brasil 2008). Após esse procedimento, as amostras foram submetidas à estufa, a 65°C, até massa constante (Brasil 2007) e os valores foram utilizados na determinação da densidade volumétrica seca (DS).

Para determinação dos atributos físico-hídricos amostras de substratos foram acondicionadas em cilindros de PVC, dimensões de 4 cm de diâmetro e 5 cm de altura e submetidas à saturação com água destilada por 24 horas e às tensões de 10 e 100 hPa (De Boodt and Verdonck 1972; Brasil 2008). Foram determinados: - porosidade total (PT), considerada a umidade volumétrica presente nas amostras saturadas (tensão 0 hPa); - Curva de retenção de água (CRA), considerada a umidade presente nas amostras a 10 hPa; - Espaço de aeração (EA), representa pela diferença entre a porosidade total e a umidade na tensão de 10 hPa e; - Água remanescente (AR), sendo o volume de água retido à tensão de 100 hPa.

A análise granulométrica foi realizada pela agitação mecânica dos substratos seco ao ar por cinco minutos, utilizando as seguintes malhas: 3,35 – 2,00 – 1,00 – 0,50 – 0,106 mm. Sob o material retido em cada peneira foi determinado a percentagem da fração conforme Zorzeto et al. (2014). A caracterização química dos substratos também foi realizada em triplicata, conforme MAPA (Brasil 2007). Para tanto uma alíquota de 60 mL e aferida pela densidade do substrato em 300 mL de água destilada foi levada ao agitador tipo Wagner à rotação de 40 rpm por uma hora. Posteriormente, a solução foi filtrada e em seguida realizada a leitura do pH e da condutividade elétrica.

Os minirrebolos utilizados na produção das mudas foram da variedade de cana CTC-4, obtidos na Usina Nova Fronteira Bioenergia S.A, localizada no município de Quirinópolis (GO). Após o corte dos minirrebolos, foi realizada seleção manual no intuito de eliminar gemas com dano mecânico ou com sintomas de ataque de patógenos. Em seguida os minirrebolos, foram pesados e acondicionados em caixas de brotação. Durante período de 15 dias, foi analisado o índice de velocidade de brotação (IVB) conforme metodologia de Gírio et al. (2015).

As mudas obtidas foram submetidas à poda foliar e transplantadas em tubetes de 290 cm³ contendo os substratos conforme os tratamentos descritos, preenchidos por

autocompactação (Brasil 2008). Estas receberam os tratos culturais durante o todo o desenvolvimento, conforme Landell et al. (2012).

As mudas permaneceram em aclimação na casa de vegetação por 30 dias e na sequência, levadas às bancadas a pleno sol por mais 35 dias para a rustificação. Neste período, foram realizadas podas e adubações foliares a cada 14 dias. O material cortado foi utilizado na determinação da produção de matéria seca de podas foliares (MSP).

Concluída as etapas de produção, as mudas foram submetidas à última poda e às avaliações de altura da planta da base à extremidade, número de folhas e de perfilhos. Em seguida, foram coletadas, lavadas com água para retirada do substrato e separadas em parte aérea e raiz, as quais foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas para obtenção da matéria seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR).

Os resultados dos atributos dos substratos e das variáveis produtivas de MPB de cana-de-açúcar foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey ($p < 0,05$) quando constatada significância, empregando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os substratos avaliados apresentaram diferenças quanto ao tamanho de partículas, com predomínio de frações finas, notadamente entre 0,5-1,00 mm para o TRIMIX®, < 1,00 mm para o BIOPLANT® e ABATO, enquanto para o TEBATO as frações < 0,5 mm (Figura 1). Para os substratos formulados, o comportamento deve-se à maior proporção e densidade de matéria-prima finas (areia, terra e torta), em relação ao bagaço, que possui baixa densidade (Tabela 1).

A granulometria é importante na qualidade física do material, tendo influência determinante sobre o arranjo das partículas e o espaço poroso. Salienta-se que partículas com maior diâmetro estão associadas à formação de poros de aeração, enquanto partículas de menor diâmetro são responsáveis pela formação de microporos, ocupados por água (Zanetti et al., 2003).

Destaca-se que o comportamento dos demais atributos físico-hídricos dos substratos podem ter sido influenciados pela granulometria (Figura 1), e pela composição das matérias-primas utilizadas (Tabela 1). Logo a DU (Figura 2a) apresenta o ABATO como material de maior valor (aproximadamente 1100 0 kg m⁻³), seguido de TEBATO, TRIMIX® e BIOPLANT® (entre 400 a 800 kg m⁻³).

Comportamento semelhante foi observado para a DS (Figura 2b). Observa-se, portanto, que a presença de materiais de origem mineral e de granulometria fina ($< 2,0$ mm) contribuiu para a elevação dos valores de densidade do substrato. Por outro lado, os comerciais apresentam consideráveis proporções de partículas finas e de baixa densidade (Figura 2). Esses resultados corroboram com Zorzeto et al. (2014) em substratos à base de fibra de coco, casca de pinus e casca de arroz.

A elevada densidade dos substratos de ABATO e TEBATO, segundo Severiano et al. (2013), deve-se a menor porosidade intra-microagregados em frações de areia, com relação inversa ao conteúdo de argila em Latossolos oxídicos da região dos cerrados. Em adição, observa-se que, mesmo os substratos formulados com $\frac{2}{3}$ de subprodutos canavieiros de origem orgânica, tiveram suas densidades fortemente influenciadas pela areia e pela terra de subsolo.

Os substratos comerciais TRIMIX[®] e BIOPLANT[®] destacaram-se em porosidade total (aproximadamente $0,78 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), sendo inversamente proporcional à densidade, pois este atributo corresponde ao volume não ocupado por frações sólidas. Já os formulados TEBATO e ABATO possuíam porosidade, aproximadamente, 24% inferiores aos comerciais (Figura 3a).

Os substratos formulados apresentaram valores de PT inferiores a $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Figura 3a), podendo comprometer o desenvolvimento das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, visto que, para serem considerados ótimos para produção de mudas, busca-se valores entre $0,75$ a $0,90 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, para melhor aeração, infiltração de água e drenagem (Lemaire, 1995).

Quanto à CRA (> 10 hPa), o TEBATO teve maior volume ($0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), seguido pelo BIOPLANT[®] ($0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), TRIMIX[®] ($0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e ABATO ($0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Figura 3b). Este comportamento deve-se às partículas de argila presente na terra de subsolo utilizada em sua formulação (Tabela 1).

Avaliando a retenção de água em Latossolos oxídicos da região do cerrado e, portanto, semelhante ao material de solo utilizado na formulação do TEBATO, Severiano et al. (2013) demonstraram que a retenção de água aumenta em direção ao incremento no conteúdo de argila. Isto se deve ao aumento de poros texturais (poros intra-agregados), o principal fator associado à retenção de água em solos da região do Cerrado.

O comportamento intermediário dos substratos comerciais foi relacionado, provavelmente, à presença da vermiculita, que após a sua expansão térmica, adquire elevada capacidade de retenção de água (Ferraz et al. 2005) (Figura 3b). Esses resultados sugerem que a incorporação da terra de subsolo em substratos formulados a partir de subprodutos da indústria canavieira pode minimizar os efeitos deletérios do stress hídrico sob o desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar. Por outro lado, ressalta-se a necessidade do correto manejo da irrigação de mudas produzidas em substratos com menor retenção de água (TRIMIX[®] e ABATO).

O ABATO apresentou o maior valor de AR ($0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), seguido pelo BIOPLANT[®] ($0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), TEBATO ($0,28 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e TRIMIX[®] ($0,26 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Figura 3c). Considerando que esta água é retida sob elevada energia matricial, o que limita o acesso às plantas, reforça-se a cautela quanto à reposição hídrica nestes substratos e, ainda, a necessidade de estudos de irrigação em MPB de cana-de-açúcar.

O EA variou de 0,08 a $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Figura 3d), sendo o valor ideal para o cultivo de 0,20 a $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (De Boodt and Verdonck, 1972). O menor valor foi obtido para o substrato TEBATO ($0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Já o ABATO, com $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, está dentro do valor ideal para cultivo.

Os maiores EA foram obtidos nos substratos comerciais TRIMIX[®] e BIOPLANT[®] ($0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,36 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente). Valores estes, que foram superiores aos valores de referência, proporcionam maior espaço de enraizamento e exploração do maior meio de crescimento vegetal. Entretanto, essa característica deve ser avaliada em plantas de interesse (e.g da cana-de-açúcar), uma vez que também podem promover menor contato substrato-raiz, e absorção de água e nutrientes.

Além das diferenças nos atributos físico-hídricos, os químicos também foram afetados pelos substratos (Figura 4), observando redução do pH (Figura 4a) e elevação da condutividade elétrica (Figura 4b) com a adubação de plantio. Para o pH, os valores obtidos estão coerentes aos encontrados por Ludwig et al. (2014) e podem ser utilizados no cultivo das plantas sem comprometer a disponibilidade de nutrientes do meio.

Considerando o nível ótimo teórico para o valor do pH de substratos entre 5,2 e 6,3, segundo Abad et al. (1993), o BIOPLANT[®], seguido do TRIMIX[®], ambos após a adubação se enquadraram nesse intervalo. Dessa forma, espera-se que, do ponto de vista de acidez, os substratos comerciais possam contribuir para o melhor desenvolvimento

das MPB de cana-de-açúcar, o que, segundo Kämpf (2000), está associado tanto à disponibilidade de nutrientes quanto à biologia dos microrganismos do substrato.

O pH próximo a 7,0 observados nos substratos formulados com de subprodutos da indústria canavieira pode levar a redução na disponibilidade de micronutrientes, notadamente. De acordo com De Boodt and Verdonck, (1972) valores inadequados de pH podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente sob acidez excessiva. Plantas cultivadas nessas condições têm baixa disponibilidade de nutrientes, além de sujeitarem à maior absorção de elementos tóxicos como Al e Mn.

A condutividade elétrica do substrato teve comportamento inverso ao pH, em que a adubação promoveu seu aumento considerável (Figura 4b). De acordo com Santana et al. (2007), a cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível à salinidade e sua produção pode ser reduzida em 50% com valores em torno de 10,4 mS cm⁻¹ no solo. Já Martinez (2002) considera valores superiores a 3,5 mS cm⁻¹ em substratos bem elevada e pode comprometer o crescimento de mudas.

Observou-se que os minirrebolos da região basal são maiores por se tratar de material mais velho fisiologicamente e que, portanto, submetido ao maior acúmulo de fotoassimilados (Figura 5a). Entretanto, o maior acúmulo de reservas orgânicas não implicou em maior brotação. Tanto para o índice de velocidade de brotação (Figura 5b) quanto para a porcentagem de brotação (Figura 5c), os minirrebolos obtidos no ápice sobressaíram ligeiramente em relação aos de origem basal.

Em sistemas convencionais de plantio de cana-de-açúcar, é utilizado colmos contendo aproximadamente 3 gemas da base cruzado com colmos do ápice, em um sistema denominado “pé com ponta”. Isto se deve ao fato das mudas oriundas da base conter maior acúmulo de sacarose, consumida no metabolismo vegetal durante a brotação e, conseqüentemente, garantindo maior uniformidade ao canavial.

Para o sistema MPB de propagação da cana-de-açúcar, os resultados da Figura 5 sugerem comportamento inverso, uma vez que gemas apicais proporcionaram maior brotação em relação às basais. Considera-se, portanto, que as gemas oriundas do ápice atingiram maturidade fisiológica e, por estarem submetidas ao menor tempo de exposição aos agentes deletérios no campo (e.g.: seca, ataque de pragas), estavam mais vigorosas.

Outro fator que influencia a brotação de gemas é a dominância apical exercida pela gema do ápice. A cana produz auxinas que se movem do topo para a base, inibindo a brotação das gemas laterais e, assim, gemas próximas ao ápice brotam mais rapidamente por possuírem maior quantidade desse hormônio (Segato et al. 2006). Por isso, ressalta-se a vantagem de se utilizar mudas convencionais de cana-de-açúcar pela quantidade de reserva de sacarose no colmo, que é eliminada no MPB por ocasião do corte dos minirrebolos e eliminação dos internódios, destacando, portanto neste sistema, a qualidade da gema. Entretanto, faz-se necessário constatar se o maior desempenho na etapa de brotação por mudas obtidas a partir de gemas do ápice implicará em mudas de maior qualidade no final do processo produtivo.

Desta forma, observa-se na tabela 2, que a análise de variância para as variáveis produtivas das mudas pré-brotadas no final do processo não demonstrou significância quanto à posição de origem do minirrebolo, com exceção à massa seca de raízes (MSR) que foi demonstrada interação com o substrato.

Por outro lado, os substratos afetaram o crescimento da planta em quase todas as variáveis analisadas, exceto para o perfilhamento, com valor médio de 2,5 perfilhos por planta e que, provavelmente é atribuída à elevada variabilidade deste atributo, observado pelo coeficiente de variação (22,88%). Esse comportamento pode estar associado à variedade avaliada ou ainda à variabilidade dos dados, associada à presença ou não de perfilho visível em decorrência de eventuais diferenças de profundidade de transplante ou a perda de substrato por salpicamento durante a irrigação.

Embora exista diferença no crescimento inicial da muda, após o período de 60 dias de produção de mudas essas diferenças foram suprimidas. Ressalta-se, portanto, que a fase de brotação, equivalente a 25% do ciclo da muda (15 dias), reflete o balanço fisiológico e fitossanitário do minirrebolo.

Após eliminação das gemas não brotadas, as mudas desenvolveram uniformemente quanto à posição de origem, tendo seu desenvolvimento afetado pelo substrato utilizado em seu meio de crescimento. Isto por que, após transplante das mudas, o seu crescimento passa a ser regulado exclusivamente pelas relações substrato-planta-atmosfera, com dependência das raízes para absorção de água e nutrientes e da parte aérea para produção de fotoassimilados.

Verificou-se diferença no crescimento das mudas em função dos substratos avaliados. Este fato é positivo para se ter canaviais uniformes, não demonstrando necessidade de estratificação da posição de origem para a produção de mudas, sendo, portanto, o colmo da cana aproveitado integralmente no MPB.

Embora não avaliado a origem da gema da cana-de-açúcar, Gírio et al. (2015) avaliaram três níveis de reservas nas gemas e demonstraram minirrebolos com maior quantidade de reserva com maior potencial de produção quando comparados com mudas oriundas de gemas menores, demonstrando que a reserva orgânica dos minirrebolos têm influência direta sobre a brotação e crescimento inicial da planta.

Considerando a fenologia da cana-de-açúcar, os colmos de uma soqueira possuem idades diferenciadas de acordo com o ciclo de perfilhamento da cultura, tendo os primeiros perfilhos submetidos a acúmulos de biomassa por maior tempo em relação aos perfilhos mais jovens. Salienta-se que em um mesmo colmo, as gemas apicais são menores do que as da base, porém dentro de uma mesma touceira é possível que rebolos em um perfilho primário tenha maior reserva orgânica, comparativamente aos rebolos da região basal de colmos que foram desenvolvidos posteriormente.

Destaca-se que, tendo colmos com idades diferentes na mesma touceira, não se pode comparar ao trabalho de Gírio et al. (2015), uma vez que se espera gemas das regiões basal e apical distribuídas nos três níveis de reserva. Sugere-se, portanto, que a idade da gema tem maior relevância na brotação e, uma vez brotada, o que diferencia o desenvolvimento é a quantidade de reserva orgânica, dada sua influência nos processos de diferenciação celular e, conseqüentemente, crescimento vegetal.

Observa-se que em todos os atributos de crescimento e desenvolvimento, o substrato TRIMIX[®] destacou-se em relação aos demais substratos, por comportamento superior ou igual. Este substrato proporcionou maior produção de massa seca de parte aérea (Figura 6b) e altura de planta (Figura 6d), maior produção de matéria seca de podas foliares juntamente com o substrato BIOPLANT[®] (Figura 6a) e maior número de folhas, juntamente com BIOPLANT[®] e TEBATO (Figura 6e). Em relação à produção de massa seca de raízes (Figura 6c), a interação entre substrato e posição de origem da planta apresentou maiores resultados para o TRIMIX[®] e ABATO para minirrebolos da região apical em relação à basal.

A superioridade do substrato TRIMIX[®] no crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar encontradas no presente trabalho (Figura 6) deve ser compreendida por meio dos seus atributos físico-hídricos e químicos. Embora tenha sido verificado teve os menores valores de densidade (Figura 2) e retenção de água menor que o TEBATO (Figura 3b), pH (Figura 4a) e CE (Figura 4b) intermediários, o substrato TRIMIX[®] apresentou o maior espaço de aeração (Figura 3d).

A maior retenção de água em um substrato é fundamental para o adequado crescimento e desenvolvimento vegetal. Embora apresentando estes atributos inferiores ao TEBATO, o manejo de podas foliares e de irrigação, definidos por Landell et al. (2012), é suficiente para suprimir eventuais deficiências de retenção de água pelo substrato, levando amenização do efeito da retenção de água.

Por outro lado, Ludwing et al. (2014), ressaltam que o crescimento de plantas em pH em torno de 7,0 promovem desordens nutricionais em termos de deficiência de micronutrientes (notadamente o Ferro), enquanto em pH abaixo de 5,0 apresentaram níveis tóxicos de manganês, situações que levam a menor produção de fitomassa. Neste contexto, destaca-se o pH do TRIMIX[®], em torno de 6,0 (Figura 4a).

Em contrapartida, o elevado espaço de aeração (Figura 3d), pode ter contribuído para o maior enraizamento e, conseqüentemente, exploração do volume do substrato no recipiente. Por se tratar de uma espécie com morfologia radicular fasciculada, sugere que o maior espaço vazio presente após a drenagem da água da irrigação possa ter estimulado o crescimento radicular, conforme expresso na Figura 6c.

Considerando a relevância das podas no manejo do MPB, destaca-se que mudas produzidas no substrato TRIMIX[®] superaram as produzidas nos substratos formulados na MSP, com desempenho igual às mudas produzidas no BIOPLANT[®] (Figura 6a) este, por sua vez, apresentou EA ligeiramente inferior ao TRIMIX[®].

A muda pré-brotada é constituída pela parte aérea e o sistema radicular, para fins de produção cana-de-açúcar. Nesse sentido mudas com maior biomassa de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR), como as que utilizaram como substrato TRIMIX[®] corresponde a plantas com maior vigor para o crescimento inicial da muda no campo. Este fato é de fundamental importância quando se considera a principal época de plantio da cana-de-açúcar na região centro-sul do país acontecendo nos períodos de fevereiro e março, caracterizado pelo fim do período chuvoso na região.

A MSR foi a única variável com interação entre substrato e origem da planta apresentou maiores resultados para o TRIMIX[®] e ABATO para minirrebolos da base em relação ao ápice (Figura 6c) e tendo, de maneira geral, o substrato TRIMIX[®] se destacado em relação aos demais, conforme o desdobramento estatístico. Isso ressalta a importância do trabalho de Gírio et al. (2015), em que gemas com maior reserva orgânica proporcionaram melhores resultados (Figura 5a).

Embora a gema apical tenha maior qualidade fisiológica no início, o que sustenta a muda durante a fase de produção não é o vigor, e sim a reserva orgânica do tolete para sua capacidade de desenvolvimento e crescimento. Os resultados gerais das variáveis produtivas sugerem que este efeito é suprimido durante o processo de produção do MPB.

Avaliando o desempenho do MPB (Figura 6), considerando as variáveis produtivas, e comparando com os resultados encontrados por Gírio et al. (2015), afirma-se que as mudas tiveram desempenho iguais ou superiores em todos substratos avaliados, com destaque ao TRIMIX[®]. Isto por que a produção de massa seca (raiz e parte aérea) foi semelhante aos obtidos no BIOPLANT[®], TEBATO e ABATO, sendo 50% superior no TRIMIX[®], em condições de cultivo semelhante, quando comparados com mudas produzidas sem inoculação com microrganismos do referido trabalho.

Por fim, salienta-se que mesmo apresentando desempenho inferior ao substrato TRIMIX[®], o uso de subprodutos da indústria canavieira como substrato no sistema MPB apresentou desempenho considerado satisfatório quando associado a areia (ABATO) ou a terra de subsolo (TEBATO) e semelhante ao substrato comercial BIOPLANT[®], este último muito utilizado na horticultura brasileira. Dessa forma, faz-se necessário a realização de estudos complementares visando a definição de formulações, caracterização química e físico-hídrica e desempenho da cana-de-açúcar no MPB, tendo como base, o uso do bagaço de cana e torta de filtro como meio de cultivo.

Embora encontradas diferenças em termos de qualidade de mudas produzidas em diferentes substratos, faz-se necessário avaliar o desempenho das mesmas em condições de canaviais de campo. Isto por que as mudas serão submetidas aos fatores bióticos e abióticos que podem potencializar ou até mesmo neutralizar os efeitos obtidos em viveiros. Faz-se necessário então, a realização de pesquisas em campo avaliando a produtividade e, principalmente, a longevidade de canaviais oriundos de MPB.

1.4 CONCLUSÃO

Os substratos avaliados proporcionaram ambientes de crescimento radicular contrastantes no que se refere aos seus atributos físico-hídricos e químicos;

O uso de subprodutos da indústria canavieira na formulação de substratos para produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar é possível, embora o substrato comercial TRIMIX[®] apresenta desempenho superior, independente da posição de do minirrebolo.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M.; Martinez, P. F. and Martinez, J. (1993). Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 11, 141-154.
- Almeida Junior, A. B., Nascimento, C. W. A., Sobral, M. F., Silva, F. B. V., and Gomes, W. A. (2011). Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 10, 1004–1013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011001000003>
- Brasil (2007). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N° 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8. [acessado 04 Jan. 2016]. <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17762>
- Brasil (2008). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N.º 31, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA n.º 17, de 21 de maio de 2007. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 24 out. 2008. Seção 1, p.20. [acessado 04 Jan. 2016]. <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19154>
- De Boodt, M. and Verdonch, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, 26, 37-44. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. (2011). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos. 230 p.
- Fermino, M. H., and Kämpf, A. N. (2012). Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. *Horticultura Brasileira*, 30, 1, 75 – 79. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000100013>
- Ferraz, M. V., Centurion, J. F., and Beutler, A. N. (2005). Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 27, 2, 209-214. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i2.1483>

- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecologia*, 35, 6, 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Gírio, L. A. S., Dias, F. L. F., Reis, V. M., Urquiaga, S., Schultz, N., Bolonhezi, D., and Mutton, M. A. (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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000100004>
- Gonçalves, W. G., Severiano, E. C., Silva, F. G., Costa, K. A. P., Guimarães Júnnyor, W. S., and Melo, G. B. (2014). Least limiting water range in assessing compaction in a Brazilian Cerrado latosol growing sugarcane. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 432-443. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200008>
- Kämpf, A. N. (2000). Seleção de materiais para uso como substrato. *In*: Kämpf, A. N. and Fermino, M. H. (Ed.). *Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre, Gênese.
- Landell, M. G. A., Campana, M. P., Figueiredo, P. (2012). Sistema de Multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Campinas: Instituto Agrônomo. Documentos IAC, 109.
- Lemaire, F. (1995). Physical, chemical and biological properties of growing medium. *Acta Horticulturae*, 396, 273-284.
- Ludwig F., Fernandes D. M., Guerrero, A. C., Villas Bôas, R. L. (2014). Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gerbera de vaso. *Horticultura Brasileira*, 32, 2. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000200011>
- Martínez, P. F. Manejo de substratos para horticultura. *In*: Furlani, A. M. C., Bataglia, O. C., Abreu, C. A., Abreu, C. A., Furlani, P. R., Guaggio, J. A., and Minami, K. (Coords.). (2002) *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas*. Campinas, Documento IAC, 70.
- Nascimento, L. S., Neves, S. C. E., and Corrêa, S. A. (2013). Utilização de bagaço de cana e torta de filtro como substrato orgânico para a produção de mudas de *Eucalyptus*. *Revista Funec Científica-Multidisciplinar*, 2, 4.
- Nogueira, M. A. F. S. and Garcia, M. S. (2013). Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato

- Grosso do Sul. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, 17, 17, 3.275-2.283. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010444>
- Santana, M. J., Carvalho, J. A., Souza, K. J., Sousa, A. M. G., Vasconcelos, C. L., and Andrade, L. A. B. (2007). Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. Ciência e Agrotecnologia, 31, 5, 1470-1476. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000500030>
- Segato, S.V., Mattiuz, C. F. M., and Mozambani, A. E. (2006). Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: Segato, S. V., Pinto, A. S., Jendiroba, E., and Nóbrega, J. C. M. (Org.). (2006). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: 2, 19-36.
- Severiano, E. C., Oliveira, G. C., Dias Junior, M. S., Curi, N., COSTA, K. A. P., and Carducci, C. E. (2013) Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. Soil Research, 51, 193-202. <http://dx.doi.org/10.1071/SR12366>
- USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service – Sugar: World Market and Trade, Maio de 2016. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/sugar.pdf>. [acessado 09 Nov. 2016]
- Xavier, M. A., Landell, M. G. A., Campana, M. P., Figueiredo, P., Mendonça, J. R., Dinardo-Miranda, L. L., Scarpari, M. S., Garcia, J. C., Anjos, I. A., Azania, C. A. M., Brancalião, S. R., Kanthack, R. A. D., Aferrri, G., Silva, D. N., Bidóia, M. A. P., Campos, M. F., Perruco, D., Matsuo, R. S., Neves, J. C. T., Cassaneli Junior, J. R., Perruco, L., Petri, R. H., Silva, T. N., Silva, V. H. P., Thomazinho Junior, J. R., Miguel, P. E. M., and Lorenzato, C. M. (2014). Fatores de desuniformidade e *kit* de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar – mudas pré-brotadas (MPB). Campinas: Instituto Agrônômico. Documentos IAC,113.
- Zanetti, M., Fernandes, C., Cazetta, O. J., Corá, J. E., and Mattos Júnior, D. (2003). Características físicas de substratos para produção de mudas cítricas sob telado. Laranja, 24, 2, 519-530.
- Zorzeto, T. Q., Dechen, S. C. F., Abreu, M. F., and Fernandes Júnior, F. (2014). Caracterização física de substratos para plantas. Bragantia, 73, 3, 300-311. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0086>

Tabela 1. Caracterização física e química das matérias-primas utilizadas na formulação de substratos alternativos utilizados na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas.

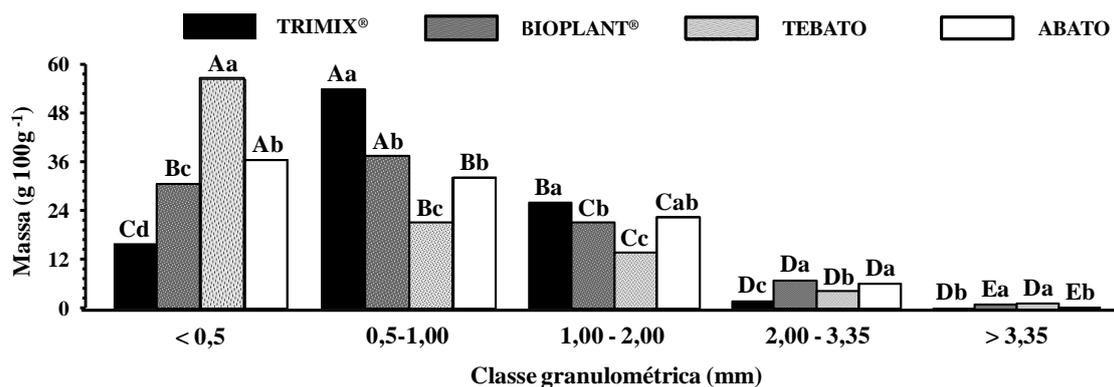
Atributo avaliado	Matéria-prima			
	Terra de subsolo	Areia Lavada	Bagaço de cana	Torta de filtro
Areia, kg kg ⁻¹	326	979	Nd	Nd
Silte, kg kg ⁻¹	131	4	Nd	Nd
Argila, kg kg ⁻¹	543	17	Nd	Nd
SiO ₂ , kg kg ⁻¹	91	Nd	Nd	Nd
Al ₂ O ₃ , kg kg ⁻¹	191	Nd	Nd	Nd
Fe ₂ O ₃ , kg kg ⁻¹	211	Nd	Nd	Nd
Ki	0,80	Nd	Nd	Nd
Kr	0,47	Nd	Nd	Nd
DP, kg dm ⁻³	2838	2652	Nd	Nd
DU, kg dm ⁻³	1141	1530	235	835
DS, kg dm ⁻³	906	1361	75,96	484,15
pH	7,18	9,93	6,98	7,53
C.E., mS cm ⁻¹	0,05	0,30	0,05	2,0
Relação C/N	Nd	Nd	95	25

Atributos determinados de acordo com (EMBRAPA, 2011): Textura do solo: Areia (2,00–0,05 mm), silte (0,05–0,002 mm) e argila (<0,002 mm), determinada pelo método da pipeta. Teores de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ extraídos do ataque sulfúrico; Ki: relação molecular (SiO₂/Al₂O₃); Kr: relação molecular SiO₂: (Al₂O₃ + Fe₂O₃); DP: Densidade de partículas; Atributos determinados de acordo com MAPA-IN n.º 17: DU: Densidade volumétrica úmida; DS Densidade volumétrica seca; pH (adimensional); C.E.: condutividade elétrica; nd: não determinado.

Tabela 2. Análise de variância, médias gerais e coeficientes de variação para as variáveis produtivas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, em função do tipo de substrato e da posição de origem da gema.

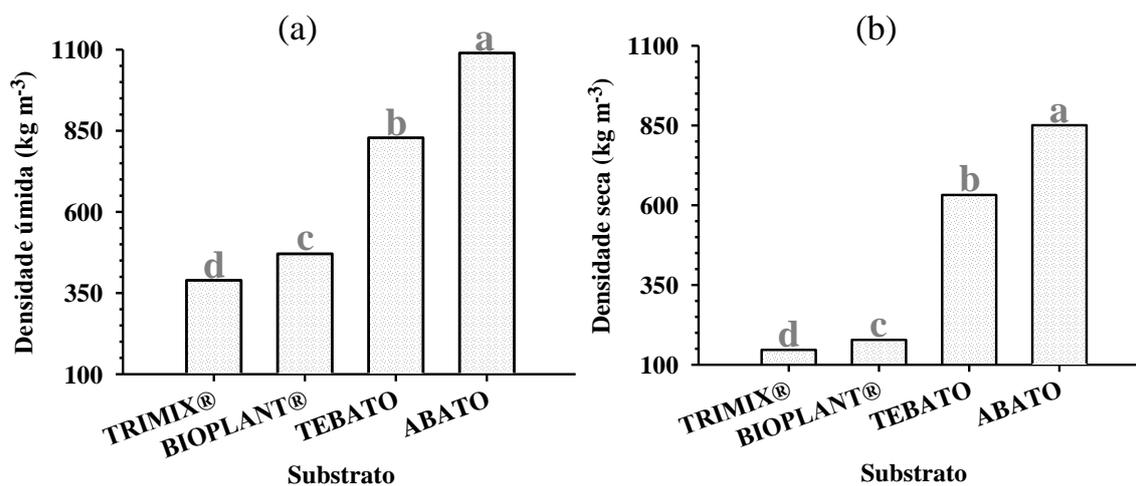
Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	MSPA ⁽¹⁾	MSP ⁽²⁾	MSR ⁽³⁾	AP ⁽⁴⁾	NF ⁽⁵⁾	NP ⁽⁶⁾
Substrato (S)	0,047**	0,131**	0,005**	7,230**	8,686**	0,295 ^{ns}
Posição (P)	0,009 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,004**	0,429 ^{ns}	0,735 ^{ns}	0,375 ^{ns}
S x P	0,003 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,003**	0,377 ^{ns}	2,162 ^{ns}	0,433 ^{ns}
Resíduo	0,003	0,009	0,001	0,583	2,130	0,325
Média Geral	0,62	0,80	0,23	14,87	11,36	2,49
C.V.	9,25	11,79	12,88	5,14	12,85	22,88

⁽¹⁾ Massa seca da parte aérea; ⁽²⁾ Massa seca das podas foliares; ⁽³⁾ Massa seca de raízes; ⁽⁴⁾ Altura de plantas; ⁽⁵⁾ Número de folhas; ⁽⁶⁾ Número de perfilhos. ^{ns} Não significativo. ** Significativo a (p < 0,01) pelo teste F.



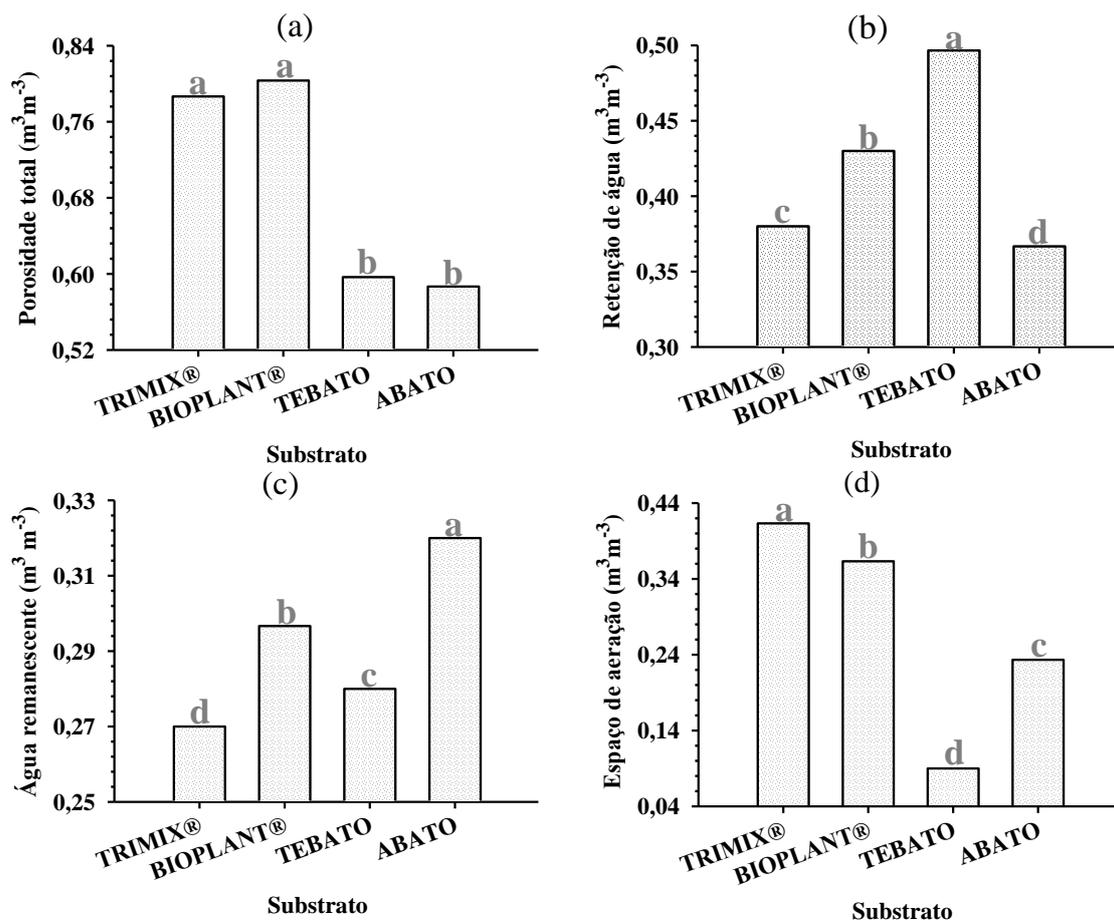
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre os substratos e minúsculas entre classe granulométrica não diferem entre si.

Figura 1. Distribuição do tamanho de partículas de substratos comerciais (TRIMIX® e BIOPANT®) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].



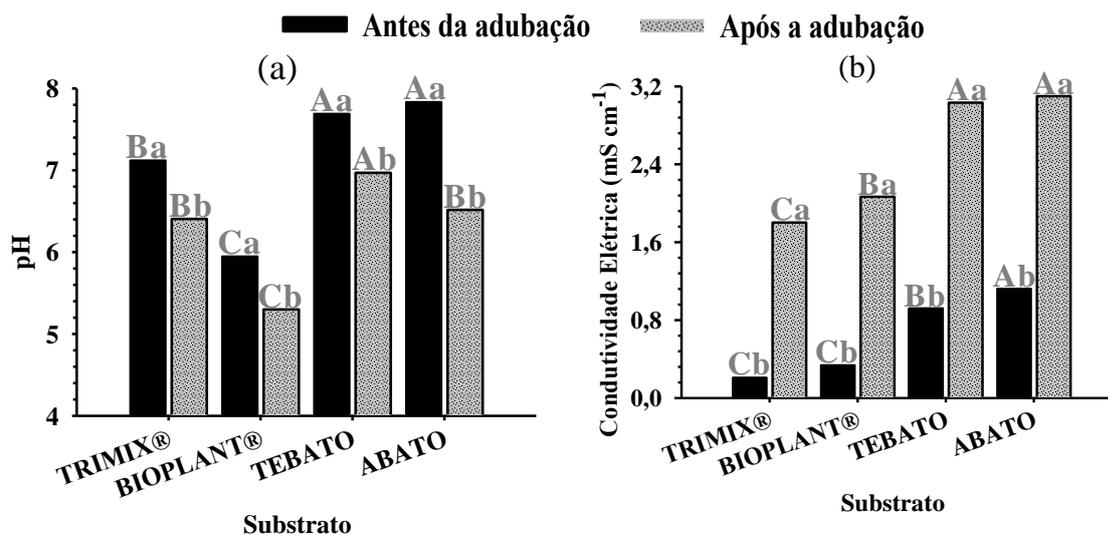
Em cada variável, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

Figura 2. Caracterização física [(a) Densidade úmida e (b) seca] de substratos comerciais (TRIMIX® e BIOPANT®) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].



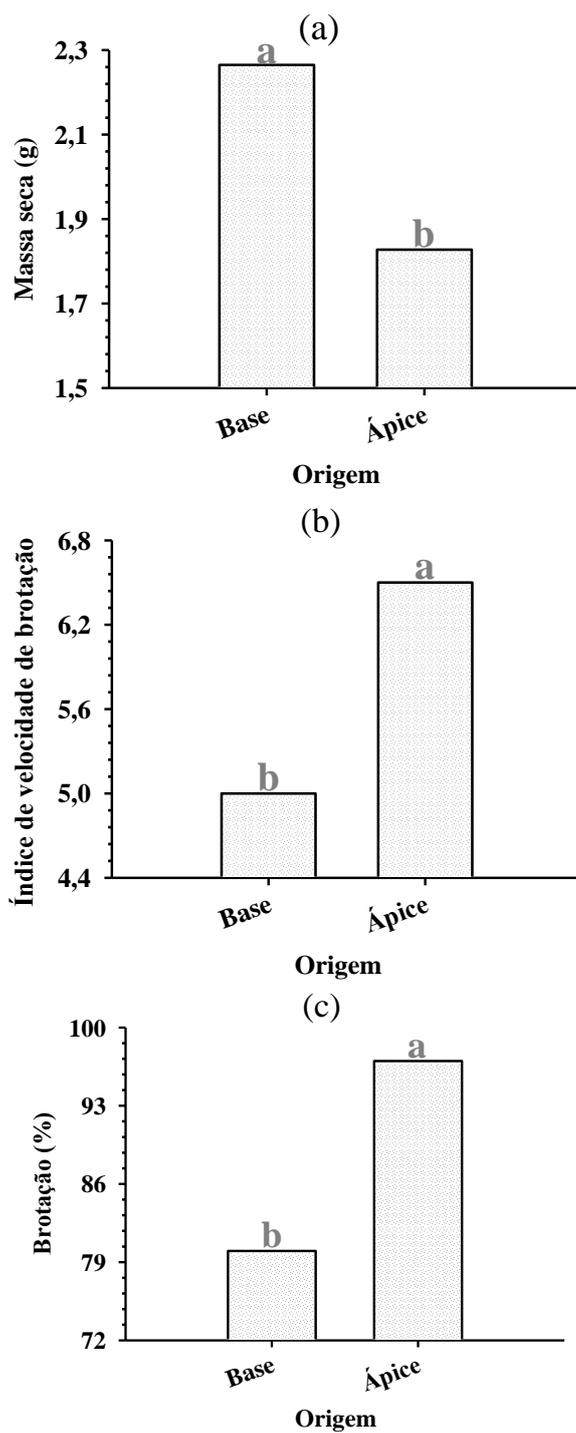
Em cada variável, Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

Figura 3. Caracterização físico-hídrica [(a) Porosidade total: 0hPa, (b) capacidade de retenção de água: 10 hPa, (c) água remanescente < 100 hPa e (d) espaço de aeração entre 0 e 10 hPa] de substratos comerciais (TRIMIX® e BIOPLANT®) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].



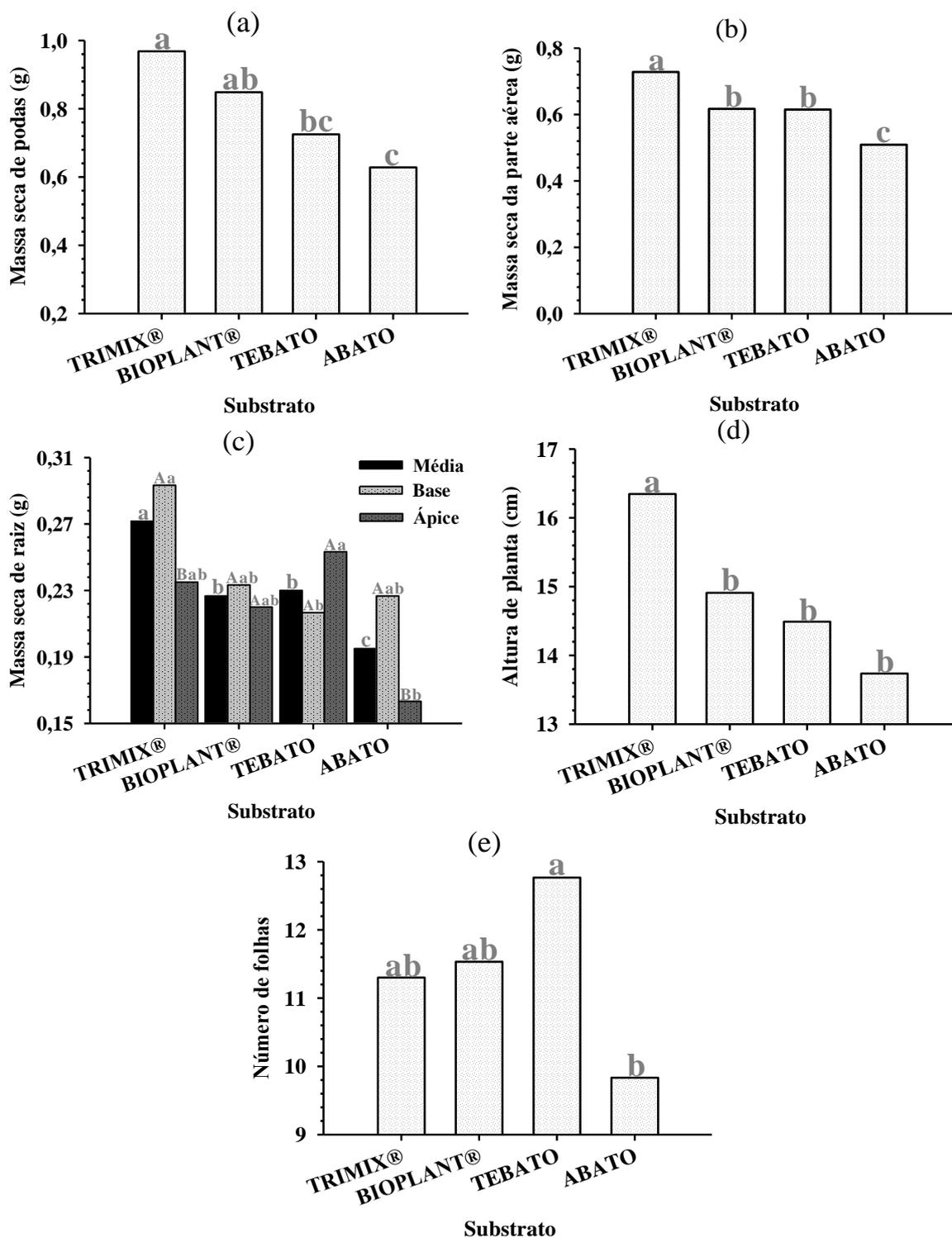
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre os momentos da adubação (antes e após) e minúsculas entre substratos não diferem entre si.

Figura 4. Caracterização química [(a) pH e (b) condutividade elétrica] de substratos comerciais (TRIMIX® e BIOPANT®) e à base de terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

Figura 5. Caracterização do minirrebolos de cana-de-açúcar utilizados na produção de mudas pré-brotadas [(a) Massa seca, (b) índice de velocidade de brotação e (c) porcentagem de brotação].



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre posições de origem e minúsculas entre substratos não diferem entre si.

Figura 6. Variáveis produtivas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, cultivadas em substratos comerciais (TRIMIX® e BIOPLANT®) e produzidos utilizando subprodutos da indústria canieira [terra de subsolo, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (TEBATO) e areia, bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro (ABATO) formulados na proporção 1:1:1].