

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

MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
UTILIZANDO SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
CANAVIEIRA COMO SUBSTRATO

Autora: Lidiane de Sousa Santos
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Rio Verde – GO
Dezembro – 2016

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

MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
UTILIZANDO SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
CANAVIEIRA COMO SUBSTRATO

Autora: Lidiane de Sousa Santos
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 do Cerrado.

Rio Verde - GO
Dezembro– 2016

Santos, Lidiane de Sousa

S237m Mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar utilizando subprodutos da indústria canavieira como substrato. / Lidiane de Sousa Santos. -- Rio Verde. -- 2016.

51f.: il.

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

Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano.

Bibliografia

1. *Saccharum sp.* 2. Propagação vegetativa. 3. Bagaço de cana-de-açúcar. 4. Torta de filtro. I. Título. II. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

633.61

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

**MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO
SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA CANAVIEIRA COMO SUBSTRATO**

Autora: Lidiane de Sousa Santos
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração Produção Vegetal do Cerrado

APROVADA em 02 de dezembro de 2016.

Dr^a. Tatiana M. Rodrigues

Avaliador interno

Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto

Avaliador interno

Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Presidente da banca

IF Goiano/ RV

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade que me foi concedida de estar concluindo mais uma etapa de aprendizagem na minha vida.

Agradeço aos meus pais: Joenildo e Cleide, que sempre acreditaram que eu seria capaz de realizar os meus sonhos. Obrigada pai, pelas orações, pelos conselhos e pela força concedida. Obrigada mãe, por nunca me desamparar nos momentos em que pensei que as minhas forças não seriam o suficiente.

Agradeço as minhas irmãs Larissa e Lauriane, por me amarem até mesmo naqueles momentos em que me tornei tão distante em virtude das atividades acadêmicas. Com este agradecimento já estendo o meu obrigada as minhas avós, tios, tias, primos, primas, minhas amigas e meus amigos de fé, que foram meu esteio durante a caminhada.

Obrigada Derivaldo, pelo companheirismo e por ter estado ao meu lado neste tão grandioso momento de conquistas.

Gratidão a Deus, pela vida do meu orientador Dr. Eduardo da Costa Severiano que teve a disponibilidade da orientação. Palavras seriam poucas para externar a minha gratidão por sua vida e de sua família. Em tudo Deus tem um propósito e tenho certeza que as lições que aprendi durante a convivência profissional e humana, levarei por todos os dias de minha vida.

Ao laboratório de Física do solo, eu ofereço essas páginas de minha dissertação. Obrigada Josué, Wainer e Dr. Tatiana, por sempre me ajudarem nos meus momentos de dúvidas e questionamentos. Aos alunos de iniciação científica deixo o meu reconhecimento de gratidão pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa. Marlete, Savio Renata e Lucas Lopes. Aos companheiros de pós-graduação, Nanda, Fausto, Aline, Lucas Freitas e Jordaanny. Obrigada pela amizade.

Agradeço ao pessoal dos laboratórios de Química agrícola, Fisiologia Vegetal e Cultura de Tecidos Vegetais, pelas dependências utilizadas.

Obrigada Dr. Aurélio Rubio Neto, pela ajuda e a dedicação e principalmente por ter aceitado a coorientação.

Meus agradecimentos à Capes, pela concessão da bolsa de mestrado e a todo departamento do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do IF - Goiano – Campus Rio verde, pela oportunidade concedida.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Lidiane de Sousa Santos, solteira, filha de Joenildo Miguel dos Santos e Cleide Maria de Sousa Santos. Nascida em 31 de janeiro de 1992, na cidade de Santa Helena de Goiás, Goiás, onde reside atualmente.

Em fevereiro de 2010 iniciou a graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) Campus Quirinópolis, Goiás, graduando-se em março de 2014. No mês de setembro de 2014 deu início ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, nível mestrado, na área de Física do Solo. A defesa da dissertação de mestrado ocorreu em dezembro de 2016, como requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE APÊNDICES.....	xi
LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	15
INTRODUÇÃO GERAL.....	16
1.1 Substrato para plantas	16
1.2 Sistema de mudas pré-brotadas (MPB).....	19
1.3 Referências bibliográficas	21
OBJETIVOS	25
CAPÍTULO I	26
2.1 Introdução	26
2.2 Material e métodos	27
2.2.1 Caracterização experimental	27
2.2.2. Análise dos substratos	29
2.2.3. Produção de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar	30
2.3 Resultados e discussão	31
2.3.1. Caracterização química e físico-hídrica dos substratos	31
2.4 Conclusão.....	44
2.5 Referências bibliográficas	44
2.6 APÊNDICES	49

ÍNDICE DE TABELA

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
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura ($^{\circ}$ C) de subprodutos da indústria canavieira durante o processo de compostagem.	28
Figura 2. Atributos químicos [(A) pH e (B) Condutividade elétrica] de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	32
Figura 3. Distribuição do tamanho de partículas de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	35
Figura 4. Densidade úmida (A) e seca (B) de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	36
Figura 5. Porosidade total dos substratos de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	37
Figura 6. Espaço de aeração (A) e capacidade de retenção de água (CRA a 10 hPa) (B) de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	38
Figura 7. Variáveis agronômicas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, cultivadas em substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	41
Figura 8. Variáveis produtivas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, cultivadas em substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.	42

ÍNDICE DE APÊNDICES

Anexo 1. Substratos orgânicos: (A) bagaço de cana; (B) torta de filtro; ↯ substratos minerais: (C) areia lavada; (D) subsolo.	50
Anexo 2 Etapas do desenvolvimento das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar: A) Etapa 1 – Corte dos minirrebolos; B) Etapa 2 – Tratamento químico; C) Etapa 3 – Brotação; D) Etapa 4 – Repicagem; E) Etapa 5 – Aclimação fase 1; F) Etapa 6 – Aclimação fase 2.	51

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

AD	gua Disponível	$m^3 m^{-3}$
Al ₂ O ₃	xido de alumínio	$kg kg^{-1}$
AP	Altura de planta	cm
C/N	Carbono/Nitrogênio	
CE	Condutividade Elétrica	$mS cm^{-1}$
CRA	Curva de Reteno de água	$m^3 m^{-3}$
DC	Diâmetro do Colmo	mm
DP	Densidade de Partículas	$kg dm^{-3}$
DS.	Densidade Seca	$kg m^{-3}$
DU	Densidade úmida	$kg m^{-3}$
EA	Espaço de Aerao	$m^3 m^{-3}$
Fe ₂ O ₃	xido de Ferro (III)	$kg kg^{-1}$
hPa	Hectopascal	
IN	Instruo Normativa	
Ki	Relao Molecular (SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	
Kr	Relao Molecular SiO ₂ : (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento	
MPB	Muda Pr-Brotada	
MSP	Massa Seca de Podas	g
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea	g
MSR	Massa Seca de Raiz	g
Nd	Nada Consta	

NF	Número de Folhas	
NP	Número de Perfilho	
pH	Potencial Hidrogeniônico	
PT	Porosidade Total	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
SiO ₂	Dióxido de Silício	kg kg^{-1}
t/ha	Toneladas por Hectare	Kg

RESUMO

SANTOS, LIDIANE DE SOUSA Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, dezembro de 2016. **Mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar utilizando subprodutos da indústria canavieira como substrato.** Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Coorientador: Dr. Aurélio Rúbio Neto

Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos e físico-hídricos de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções com a areia e subsolo, bem como sua utilização no desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB). A montagem dos tratamentos foi em delineamento inteiramente ao acaso com esquema fatorial 5x5, sendo cinco proporções [(0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1, base volumétrica (v:v)] de bagaço ou torta em cinco composições com areia ou subsolo [bagaço (areia), bagaço (subsolo), bagaço (torta), torta (subsolo) e torta (areia)], totalizando 25 tratamentos com três repetições. Como referencial aos substratos formulados, utilizou o comercial Trimix[®]. Avaliou-se os atributos químicos (pH e condutividade elétrica), físicos (densidade, porosidade total, espaço de aeração, capacidade de retenção de água e granulometria) para a caracterização do substrato e as variáveis agronômicas e produtivas para a caracterização do crescimento das MPB. Observou-se que os subprodutos torta de filtro e bagaço de cana-de-açúcar são recomendados na produção de substratos a serem utilizados na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas. Proporções volumétricas equivalentes entre torta e bagaço a 50% de cada promoveram o maior desenvolvimento e produção de biomassa de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum sp.*, propagação vegetativa, bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro.

ABSTRACT

SANTOS, LIDIANE DE SOUSA Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, december de 2016. **Pre-sprouted sugarcane seedlings using by-products from the sugar cane industry as substrate.** Advisor: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Co-advisor: Dr. Aurélio Rúbio Neto.

The objective of this study was to evaluate the chemical and physical-hydric attributes of sugarcane bagasse and filter cake substrates in different compositions and proportions with sand and ravine soil and their use in the development of pre-sprout seedlings of sugarcane (MPB). The treatments were arranged in a completely randomized design with 5x5 factorial scheme, being five proportions (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1, volumetric base (v: v)] of bagasse or cake in five compositions with soil or sand [bagasse (sand), bagasse (soil), bagasse (cake), cake (soil) and cake (sand)], totaling 25 treatments and 3 replicates. The chemical (pH and electrical conductivity) and physical attributes (density, total porosity, aeration space, water retention capacity and grain size) were evaluated for the substrate characterization and the agronomic and productive variables for the characterization of MPB growth. It was observed that the by-products of filter cake and sugarcane bagasse are recommended in the production of substrates to be used in the production of pre-sprout sugarcane seedlings from individualized gemstones. Greater development and biomass production of pre-sprouted sugarcane seedlings were observed with 50% of proportion of bagasse and cake.

KEY WORDS: filter cake, sugarcane bagasse, vegetative spread and *Saccharum sp.*

INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Substrato para plantas

O termo substrato refere-se ao ambiente de crescimento das plantas, que pode propiciar meios favoráveis ao seu crescimento, apresentando atributos como ancoragem, estrutura física para as raízes, porosidade para adequada retenção de água e se possível nível suficiente para nutrição e o desenvolvimento da planta (ZORZETO et al., 2014).

Um substrato pode ser decorrente da mistura de materiais e proporções, não tendo padrão ótimo para cada planta cultivada (FERMINO, 2003). Podem ser classificados em orgânicos ou minerais, naturais ou sintéticos, quimicamente ativos ou inertes. Contudo, destaca-se que grande parte dos substratos minerais são quimicamente inativo, já os de origem vegetal possuem maiores sítios de troca catiônica e são mais ativos por causa dos processos de decomposição, podendo fixar ou mineralizar nutrientes (ZORZETO, 2011).

A utilização de minerais como o solo na propagação de plantas, está sendo gradativamente substituído pela alta presença de patógenos. Este quadro intensificou-se a partir do ano de 2002, em decorrência da proibição do uso do produto químico brometo de metila usado na desinfestação é um dos principais contribuintes do efeito estufa. Faz-se necessário, portanto, o desenvolvimento de alternativas para a desinfestação do solo ou a substituição do mesmo como substrato (ZORZETO, 2011).

Schmitz et al. (2002) comentam que em alguns estados como o Rio Grande do Sul, ainda é comum a prática de alguns produtores de mudas usarem solo puro ou a mistura de solo com areia para a propagação de plantas, pela grande oferta e a maior viabilidade econômica. No entanto, quando utilizados sem a incorporação de materiais

alternativos, o crescimento das plantas pode ser prejudicado pela alta proliferação de doenças, pragas e plantas daninhas (TAVARES JÚNIOR, 2004).

Materiais usados como substratos podem ser caracterizados mediante uma série de propriedades físico-hídricas e químicas. A partir dessas propriedades torna-se possível mostrar as potencialidades e limitações das matérias-primas utilizadas na produção de mudas (MAPA, 2016).

Os métodos oficiais do Brasil, para a determinação dos parâmetros físicos e químicos em substratos para plantas são norteados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo regidos pelas Instruções Normativas (IN) n.º 14 de 15 de dezembro de 2004, n.º 17 de 21 de maio de 2007, n.º 31 de 23 de outubro de 2008 e a IN mais recente de n.º 5 publicada em de 10 de março de 2016. Porém, ainda existem escassez de dados referentes a caracterização física, química e biológica de diversas matérias-primas.

Entre as propriedades físicas mais importantes, encontram-se a densidade do substrato, a porosidade total, o espaço de aeração e a retenção de água (ZORZETO et al., 2014; FERMINO; KAMPF, 2012; ZORZETO, 2011; LACERDA et al., 2006). Para as características químicas, Lacerda et al. (2006) recomendam avaliações de pH e condutividade elétrica como essenciais, pois estão intimamente ligadas as informações de disponibilidade de nutrientes e desequilíbrios fisiológicos.

De acordo com a Normativa do MAPA n.º 5 de 10 de março de 2016, têm-se a seguintes definições dos atributos dos substratos:

- Potencial hidrogeniônico (pH) é escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade do substrato.
- Condutividade elétrica: Capacidade da solução de conduzir corrente elétrica pela presença de íons dissolvidos;
- Densidade: medida resultante da relação massa por volume;
- Capacidade de retenção de água (CRA): propriedade de um material reter água, determinado pela massa de água retida em relação à massa seca do produto;

Os valores da densidade volumétrica afetam a porosidade existentes no material e podem inferir na escolha de recipientes, bem como no manejo de irrigação (FERMINO; KÄMPF, 2012). O manejo de água disponível para a planta pode ser observado por meio do conhecimento da capacidade de retenção de água (FERMINO, 1996). Já as propriedades químicas podem também ser parâmetro para o auxílio do

viveirista, quanto ao manejo de adubação no substrato (LACERDA et al., 2006; FERRAZ et al., 2005; SCHMITZ et al., 2002).

Além dos atributos químicos e físicos determinados pelo MAPA, outro atributo físico usado na caracterização dos substratos é a granulometria (ZORZETO et al., 2014; ZORZETO, 2011; FERMINO, 2003). A granulometria corresponde a distribuição das partículas do material conforme seu tamanho. Tavares Júnior (2004) avaliou em mudas de café a aderência dos substratos as raízes durante a retirada das mudas dos tubetes e verificou que conforme aumentou o tamanho das partículas granulométricas, a integridade do conjunto muda-substrato não era afetada e não causava danos as raízes.

Alguns resíduos agroindustriais antes descartados de forma aleatória e prejudicavam o ambiente, estão sendo incorporados como substratos, a fim de minimizar os impactos ambientais (SANTOS, 2006). Dentre os resíduos com grande potencial de uso na produção de mudas, encontram-se o bagaço de cana-de-açúcar e a torta de filtro, subprodutos resultantes do processamento da cana-de-açúcar durante a fabricação de açúcar e álcool (NASCIMENTO et al., 2013).

A torta de filtro é resíduo oriundo do lodo da decantação proveniente da clarificação do caldo. Estudos demonstram que a torta de filtro possui importante função na complementação de nutrientes essenciais para o desenvolvimento de plantas, sendo um composto orgânico rico em fósforo, potássio, nitrogênio e cálcio, além de ter alta umidade de 70 a 80% quando incorporado ao solo (VAZQUEZ et al., 2015; SANTOS et al., 2010).

O bagaço de cana é um resíduo fibroso constituído de hemicelulose, celulose e lignina sendo o resultado da moagem da cana durante a extração do caldo (NASCIMENTO et al., 2013). Utilizando bagaço de cana como substrato no desenvolvimento de orquídeas, MEURER et al. (2008) observaram que o material possui alta retenção de água, proporcionando elevação da umidade relativa dentro do recipiente em períodos de déficits hídricos.

Em virtude do Brasil hoje ser o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2015), a quantidade de resíduos gerados como a torta de filtro e o bagaço de cana é imenso, sendo necessário, portanto estudos que aumentem o conhecimento sobre as propriedades físicas e químicas dos substratos, visando o melhor manejo no desenvolvimento das plantas.

1.2 Sistema de mudas pré-brotadas (MPB)

O substrato é de extrema importância no desenvolvimento das plantas, mas conhecer os padrões de crescimento e desenvolvimento do vegetal é essencial para o bom desempenho da cultura de interesse. Desse modo a produtividade está relacionada na interação dos fatores: planta, produção e manejo (MARAFON, 2012).

A cana-de-açúcar é amplamente cultivada e manejada no Brasil, de origem asiática pertencente à família Poaceae, que se adaptou as regiões de clima tropical do país (SALES, 2011). O plantio de cana no Brasil existe há mais de 500 anos, no entanto novas formas de propagação desta cultura vêm sendo estudadas no intuito de aumentar a produtividade (MARTINS et al., 2015).

Buscando solucionar os problemas enfrentados com o alto consumo de colmos e a incorporação deste na produtividade é que o Instituto Agrônômico (IAC) de Campinas lançou um sistema inovador de propagação da cana-de-açúcar (XAVIER et al., 2014; LANDELL et al., 2012). Este sistema difere do sistema convencional nas seguintes etapas: no sistema convencional abrem-se os sulcos e colocam os colmos sementes dentro; no sistema MPB entram as mudas pré-brotadas ao invés do colmo semente, ou seja, são levadas para o campo as mudas já prontas para o plantio (XAVIER et al., 2014).

Dentre as principais vantagens do MPB estão qualidade fitossanitária da muda e o menor volume de mudas a ser transportado para o campo de plantio. Para o plantio de um hectare de cana no sistema convencional usa-se de 18 a 20 toneladas, sendo que no MPB esse volume diminui para 2 toneladas. Em tese, a diferença de volume que seriam enterrados como mudas poderão ser utilizados na agroindústria, aumentando o lucro do setor sucroenergético (GOMES, 2013). Isto porque, com a adoção do sistema MPB, a indústria diminuiria à sua área de produção de mudas, destinando-a produção comercial para industrialização da cana-de-açúcar.

O sistema MPB aumenta a uniformidade nas linhas de plantio e conseqüentemente reduz falhas. A outra vantagem que pode ser citada é o uso de maquinários como a transplantadora de mudas, que tem custo bem menor em relação ao maquinário usado no sistema convencional. Este aspecto estimularia a indústria de maquinário ao desenvolvimento de máquinas compatíveis ao sistema MPB (GOMES, 2013).

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. Neste sistema são necessárias seis etapas em um período aproximado de 60 dias (XAVIER et al., 2014; LANDELL et al., 2012).

a) Etapa 1 – Corte dos minirrebolos

A seleção das gemas ocorre com idade fisiológica dos colmos de seis a 10 meses. Logo após a seleção, ocorre o corte do minirrebolo com o auxílio de uma guilhotina com lâmina dupla que permite um corte uniforme de 3 cm e ampla redução do material de reserva do colmo.

b) Etapa 2 – Tratamento químico

O sistema de proteção dos minirrebolos é realizado com produtos fitossanitários e complementares como, promotores de enraizamento, poderão ser utilizados com o objetivo de ampliar a sanidade e o vigor inicial das mudas.

c) Etapa 3 – Brotação

A etapa de brotação ocorre com uso do substrato comercial, são utilizadas bandejas de isopor dimensionadas para conter aproximadamente 80 minirrebolos e colocadas em casa de vegetação. Nesta fase, a irrigação é suficiente para garantir a manutenção do processo de pré-brotção. A duração desse período é variável – de 7 a 10 dias – em função da variedade e idade fisiológica da gema a ser utilizada.

d) Etapa 4 – Individualização ou repicagem

A individualização ou repicagem ocorre imediatamente após o período de pré-brotção. Nesta fase são utilizados tubetes, suportes e substrato. No substrato são adicionados fertilizantes com diferentes dinâmicas de liberação. As gemas que não brotarem durante a brotação são descartadas neste momento. Cada muda brotada é transplantada para o tubete seguindo a formulação de cada tratamento.

e) Etapa 5 – Aclimação fase 1

Após a individualização, os tubetes com gemas brotadas permanecem em aclimação em casa de vegetação por aproximadamente vinte e um dias, com redução de 50% da luminosidade. As lâminas e os turnos de irrigação são definidos de acordo com o desenvolvimento das plantas. Com o auxílio de uma tesoura desinfetada é realizado a primeira poda foliar e a aplicação de adubos foliares.

f) Etapa 6 – Aclimação fase 2

A etapa final do processo ocorre em bancadas a pleno sol. Nesta etapa, o objetivo principal é adaptar as mudas às condições de plantio no campo. No fim dessa

etapa, a muda está em condições de ser retirada do tubete, embalada e transportada para o plantio.

Após as seis etapas de execução citadas acima, a muda de cana já se encontra em condições de ser plantada em campo.

Por ter sido desenvolvido recentemente, não existem ainda muitos trabalhos na literatura sobre o sistema de multiplicação por mudas pré-brotadas, tampouco sobre qual o melhor substrato no desenvolvimento das mudas pré-brotadas. Diante de tais informações, justifica-se a relevância deste trabalho a fim de elucidar os estudos sobre a caracterização física e química dos subprodutos oriundos da indústria canavieira como substrato e o seu uso na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

1.3 Referências bibliográficas

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana de açúcar – Terceiro levantamento safra 2015/2016, **Conab**, v. 2, n. 3, 70p. 2015.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FERMINO, M. H.; KAMPF, A. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 75-79, 2012.

FERMINO, M.H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003, 90p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERMINO, M.H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. 1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.1996.

GOMES, C. Sistema muda conceito de plantio. **A lavoura**, n. 696. p. 38-39, 2013. Disponível em: http://sna.agr.br/uploads/ALavoura_696_38.pdf.

LACERDA, M. R. B; PASSOS, M. A. A; RODRIGUES, J. J. V. R; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Árvore**, Viçosa - MG, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. Sistema de Multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. **Revista Campinas: Instituto Agrônomo**, 2. ed. 16p. 2012. (Documentos IAC, 109).

MARAFON, A. C.; Análise Quantitativa de Crescimento em Cana-de-açúcar: uma Introdução ao Procedimento Prático. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Aracaju, dez. 2012. (Documentos 168).

MARTINS, A. P. C.; ALBRECHT, L. P.; CASTALDO, J.; CARNEIRO, A. R.; ZUCARELI, V. Novas tecnologias no plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, n. especial, p. 301-317, 2015.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016**. Ficam estabelecidas as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317444>. Acesso em 05 de junho de 2016.

MEURER, F. M.; BARBOSA, C.; ZONETTI, P. C.; MUNHOZ, R. E. F. Avaliação do uso de bagaço de cana-de-açúcar como substrato no cultivo de mudas de orquídeas. **SaBios**, v. 3, n. 2, p. 45-50, 2008.

NASCIMENTO, L. S.; NEVES, S. C. E.; CORREA, S. A. Utilização de bagaço e torta de filtro como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus*. **Revista Funec Científica - Multidisciplinar**, v. 2, n. 4, 2013.

SALES, C. R. G. **Respostas fisiológicas de dois genótipos de cana-de-açúcar submetidos a deficiência hídrica e a baixa temperatura do sistema radicular**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas – SP, 2011.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SANTOS, F. G. B. **Substratos para mudas utilizando resíduos agroindustriais**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife – PE, 2006.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

TAVARES JÚNIOR, J. E.; **Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café**. 2004, 59 p. Dissertação (Mestrado em agronomia). Escola superior de agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. 2004.

VAZQUEZ, G. H.; BORTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; BONINI, C. dos S. B., BONINI NETO, A. Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 1, p. 53-64, 2015.

XAVIER, M. A et al. **Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotação IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar – Mudas Pré-Brotadas (MPB)**. Campinas, 2014. (Documentos IAC,113)

ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, M. F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para planta e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch)**. 2011, 96 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico, Campinas – SP, 2011.

OBJETIVOS

- Caracterizar os atributos químicos e físicos dos substratos produzidos com subprodutos da indústria canavieira;
- Verificar qual a composição e a proporção ideal para o desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar;
- Avaliar as características biométricas das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar e a sua produção de matéria seca a fim de caracterizar o seu desenvolvimento em viveiro;

CAPÍTULO I

Mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar utilizando subprodutos da indústria canavieira como substrato

2.1 Introdução

O agronegócio da cana-de-açúcar se destaca como um dos mais promissores em contribuição para a economia mundial. O Brasil lidera o ranking em produção da cultura, tendo como principais produtos a geração de açúcar e álcool.

Nos últimos anos, os sistemas canavieiros têm passado por expressivas mudanças no que se diz respeito à propagação das plantas. Dentre as diversas tecnologias desenvolvidas, destaca-se o sistema de plantio por mudas pré-brotadas (MPB) oriundas de gemas individualizadas (XAVIER et al., 2014). Esse sistema se diferencia do tradicional por substituir os colmos sementes por mudas brotadas e enraizadas, que são levadas para o campo, ou seja, prontas para o plantio.

Com isso, há economia expressiva no uso de colmos (em torno de 90%), contribuindo para redução dos custos de produção da cultura, alta qualidade fitossanitária e maior padrão de uniformidade, proporcionando maior eficiência produtiva (LANDELL et al., 2012). Assim, o sistema de produção de cana-de-açúcar por MPB tem sido apontado como alternativa promissora para o incremento da produtividade sucroalcooleira em áreas já cultivadas, reduzindo a pressão por abertura de novas áreas para o cultivo e, conseqüentemente, preservação dos recursos naturais em áreas de vegetação nativa.

O êxito na produção canavieira por meio do sistema MPB corrobora com a qualidade da muda produzida em viveiro. Segundo Bezerra (2003), o substrato utilizado

no desenvolvimento das plantas é ponto chave no sucesso inicial da muda e o Brasil possui grande oferta de produtos resultantes de processos agroindustriais que apresentam potencial para serem usados como substratos.

Neste contexto, o estado de Goiás se destaca como o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil (CONAB, 2015) e, conseqüentemente, de resíduos canavieiros, notadamente o bagaço de cana e a torta de filtro que, por sua natureza sólida, podem ser usados na formulação de substratos para plantas (BONASSA et al., 2015).

Não existe um substrato ideal para o desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, bem como, utilizando resíduos provenientes da indústria canavieira. É importante considerar ainda a inexistência de substrato que atenda todas as condições e exigências da cultura em estudo, mas o que se procura é estabelecer aquelas características físicas e químicas que irão resultar em padrão de qualidade das mudas (BOENE et al., 2013).

Com base nesta afirmação, o presente trabalho tem por objetivo avaliar os atributos químicos e físico-hídricos de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções com a areia e o subsolo e a sua utilização no desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Caracterização experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, no município de Rio Verde, Goiás (17°48'S, 50°55'W e 748 m), de abril a setembro de 2015, utilizando subprodutos oriundos da cana-de-açúcar provenientes das Usinas Novo Fronteira Bioenergia S.A. e Vale do Verdão S.A., ambas localizadas no estado de Goiás.

Os substratos foram obtidos a partir de dois subprodutos da indústria canavieira (torta de filtro e bagaço de cana) e dois materiais de origem mineral [terra de subsolo, constituída pelo horizonte B de Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (GONÇALVES et al. 2014) e areia desinfestada com solução NaOH 1 mol L⁻¹] (Anexo 1 e Tabela 1).

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			
	Subsolo	Areia desinfetada	Bagaço de cana	Torta de filtro
Areia Muito Grossa, kg kg ⁻¹	24	74	nd	Nd
Areia Grossa, kg kg ⁻¹	19	262	nd	Nd
Areia Média, kg kg ⁻¹	257	431	nd	Nd
Areia Fina, kg kg ⁻¹	29	211	nd	Nd
Areia Muito Fina, kg kg ⁻¹	0	2	nd	Nd
Silte, kg kg ⁻¹	131	4	nd	Nd
Argila, kg kg ⁻¹	543	16	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.

Os subprodutos canavieiros passaram previamente por compostagem para bioestabilização das características químicas, físicas e microbiológicas (DA ROS et al.; 2015). O processo foi monitorado pela avaliação diária da temperatura até atingir o equilíbrio com a temperatura atmosférica (Figura 1).

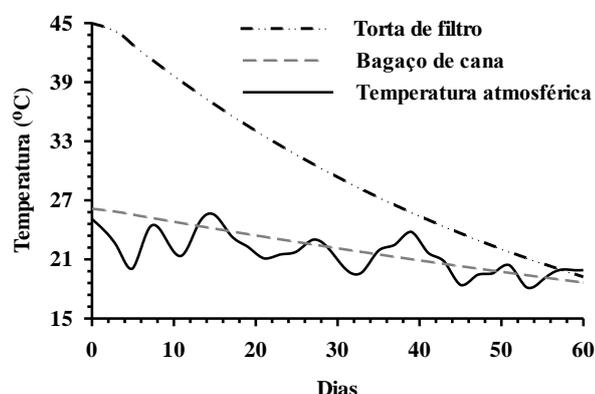


Figura 1. Temperatura (° C) de subprodutos da indústria canavieira durante o processo de compostagem.

Após a compostagem, os subprodutos foram passados em triturador forrageiro para destorroamento. Já o Subsolo, após secagem ao ar e a areia após a desinfestação, foram passadas por peneira de malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar.

A montagem dos tratamentos foi em delineamento inteiramente ao acaso com esquema fatorial 5x5, sendo cinco proporções [(0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1, base volumétrica (v:v)] de bagaço ou torta em cinco composições com areia ou subsolo [bagaço (areia), bagaço (subsolo), bagaço (torta), torta (subsolo) e torta (areia)], totalizando 25 tratamentos e três repetições.

Como referencial aos substratos formulados, utilizou o comercial Trimix[®], cuja sua composição é base de casca de arroz carbonizada, fibra de coco e vermiculita expandida.

As formulações dos substratos foram realizadas com o auxílio de betoneira em que, além das matérias-primas, foram adicionados os fertilizantes utilizados na adubação das mudas de cana-de-açúcar conforme recomendações de Landell et al. (2012), sendo adicionado a cada 100 litros de substrato as seguintes quantidades: 200 g de cloreto de potássio (58% de K₂O), 300 g de sulfato de amônio (20% de N e 20% de S), 200 g de termofosfato Yoorin (16% de P₂O₅ mais micronutrientes), 5g de Forthcote Minipril[®] (19% de N, 06% de K₂O, 10% de P₂O₅, 3,5% de S, com liberação em torno de três meses) e 5g de Forthcote Plus[®] (15% de N, 09% de K₂O, 12% de P₂O₅, 1,3 % de Mg, 6% de S, 0,05% de Cu, 0,46% de Fe, 0,06% de Mn e 0,02% de Mo, com liberação em torno de cinco meses).

2.2.2. Análise dos substratos

A avaliação química e físico-hídrica dos substratos foi realizada em conformidade às instruções normativas do MAPA em triplicata. As análises químicas de pH e condutividade elétrica (CE) seguiram a instrução normativa nº 17 de 2007 (MAPA-IN n.º17).

Os atributos físico-hídricos também foram avaliados conforme as instruções normativas do governo brasileiro, exceto a granulometria, realizada segundo Zorzeto et al. (2014). Para tanto, amostras dos substratos secas ao ar foram submetidas à

peneiramento mecânico por cinco minutos, utilizando a seguinte sequência de malha: 3,35 – 2,00 – 1,00 – 0,50 - 0,106 mm, sendo calculada a porcentagem das frações.

A determinação da densidade volumétrica seguiu o método da autocompactação (MAPA-IN n.º 31) e estimados aplicando-se as equações 1 e 2:

$$D. \text{ úmida } (kg \text{ m}^{-3}) = \text{massa úmida } (g) / \text{volume } (mL) * 1000 \quad \text{Eq. 1}$$

$$D. \text{ seca } (kg \text{ m}^{-3}) = D. \text{ úmida } (kg \text{ m}^{-3}) * (100 - \text{umidade atual } (\%) / 100) \quad \text{Eq. 2}$$

Para análise de retenção de água, preencheu-se anéis volumétricos de PVC de 50 cm³ com substratos na massa calculada pela densidade volumétrica. Os cilindros foram saturados por 24 horas com uma lâmina de água coberta até 1/3 da amostra.

Procedeu-se, então, à distribuição de poros por tamanho submetendo as amostras às tensões de 0 e 10 cm de altura de coluna de água (0 e 10 hPa) em funis de placa porosa (De Boodt e Verdonck, 1972; MAPA-IN n.º 31). Em seguida, as amostras foram secas em estufas a 65°C, por 24 horas, e pesadas para obtenção do conteúdo de água, em cada tensão e, ainda, da densidade seca do substrato.

Foram mensurados os seguintes atributos: porosidade total, que corresponde umidade presente nas amostras saturadas sob tensão 0 hPa; espaço de aeração (EA), que é a diferença entre a porosidade total e a umidade volumétrica de água retida na tensão de 10 hPa e capacidade de retenção de água a 10 hPa (CRA 10 hPa) que é a quantidade de água retida pelo substrato após ser submetido à tensão de 10 hPa.

2.2.3. Produção de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar

Na produção de MPB de cana-de-açúcar em função dos substratos formulados, seguiu o método desenvolvido pelo Centro de Cana do Instituto Agrônômico (IAC) seguindo as seis etapas (Anexo 2) descritas no manual de acordo com Landell et al. (2012) com duração de 64 dias. Utilizou a cultivar CTC-4, obtida na Usina Nova Fronteira Bioenergia S.A. A variedade escolhida apresenta boa adaptabilidade na região centro-oeste e ótimo índice de brotação.

As plântulas estabelecidas em caixas de brotação foram transplantadas aos 15 dias à tubetes de 290 cm³ contendo os tratamentos descritos no fatorial supracitado. As mudas receberam irrigação via aspersão durante todo o desenvolvimento de lâmina de 8 mm dia⁻¹. Durante a condução das mudas, foram realizadas podas foliares a cada 15 dias

intercaladas com adubações foliares de nitrato de cálcio e fosfato monoamônico (MAP), conforme recomendado por XAVIER et al. (2014).

As avaliações biométricas e avaliações de produção de matéria seca foram realizadas no final do experimento, no intuito de caracterizar o sistema MPB em fase de viveiro. A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de uma régua graduada medindo do nível do substrato até a folha +1 e esta é classificada de acordo com o sistema Kuijper, como sendo a primeira folha superior, completamente desenvolvida com lígula visível (MARAFON, 2012).

O diâmetro do colmo foi medido na base dos colmos a 2 cm acima do nível do substrato com paquímetro e o número de folhas e de perfilhos foi mensurado por meio de contagem, sendo este último considerado todo broto formado a partir do minirrebolo plantado, incluindo o colmo primário (BATISTA, 2013; SILVA, 2009).

Após o término da fase de viveiro, as mudas foram processadas para quantificação de matéria seca. As mudas foram retiradas do tubete e separadas em parte aérea e sistema radicular, sendo descartado o minirrebolo. O sistema radicular foi cuidadosamente lavado em água corrente, utilizando uma peneira de 0,105 mm para evitar a perda de raízes mais finas.

O sistema radicular e a parte aérea foram colocados em sacos de papel identificados e levados em estufa de circulação de ar a 65° C até atingir peso constante, quantificando matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR), respectivamente. Durante as podas foliares, a matéria verde retirada das plantas foi colocada em sacos de papel e levados a estufa para quantificação de matéria de massa seca total das podas (MSP).

Os resultados dos atributos dos substratos e das variáveis produtivas de MPB de cana-de-açúcar foram submetidos à análise de variância e de regressão, quando constatada significância.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1. Caracterização química e físico-hídrica dos substratos

Em relação ao pH, considera-se que valores em torno 5,5 a 7,0 promovem maior desenvolvimento às plantas o que está relacionado à solubilidade e

disponibilidade dos nutrientes (MENEZES JÚNIOR, 2000; FERMINO, 2003). Neste contexto, observa-se nesta pesquisa que a maioria dos substratos se destaca nesta faixa (Figura 2A), exceto em 0,75 de torta (subsolo) e nas proporções intermediárias de bagaço (torta), que apresentaram valores ligeiramente superiores ao limite considerado.

Em pH ácidos (abaixo de 5,5) as plantas estão mais suscetíveis a sofrer por toxidez de micronutrientes catiônicos (DAUDT et al., 2007) além de afetar, em condições severas [pH < 4,0, segundo Santos (2006)], a seletividade e a integridade da membrana celular, principalmente de células epidérmicas e corticais das raízes (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Observa-se então que somente os substratos com predomínio de subsolo [bagaço (subsolo) < 0,55 e Torta (Subsolo) = 0] apresentaram valores inferiores à referência (Figura 2A).

Considerando os valores de pH das matérias-primas utilizadas nas formulações (Tabela 1) em relação aos encontrados substratos (Figura 2A), constata-se o caráter acidificante dos fertilizantes utilizados adubação das mudas pré-brotadas, que corrobora com Braga (2016), avaliando o efeito da adubação de substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canvieira, observou a redução do pH em todos os substratos avaliados.

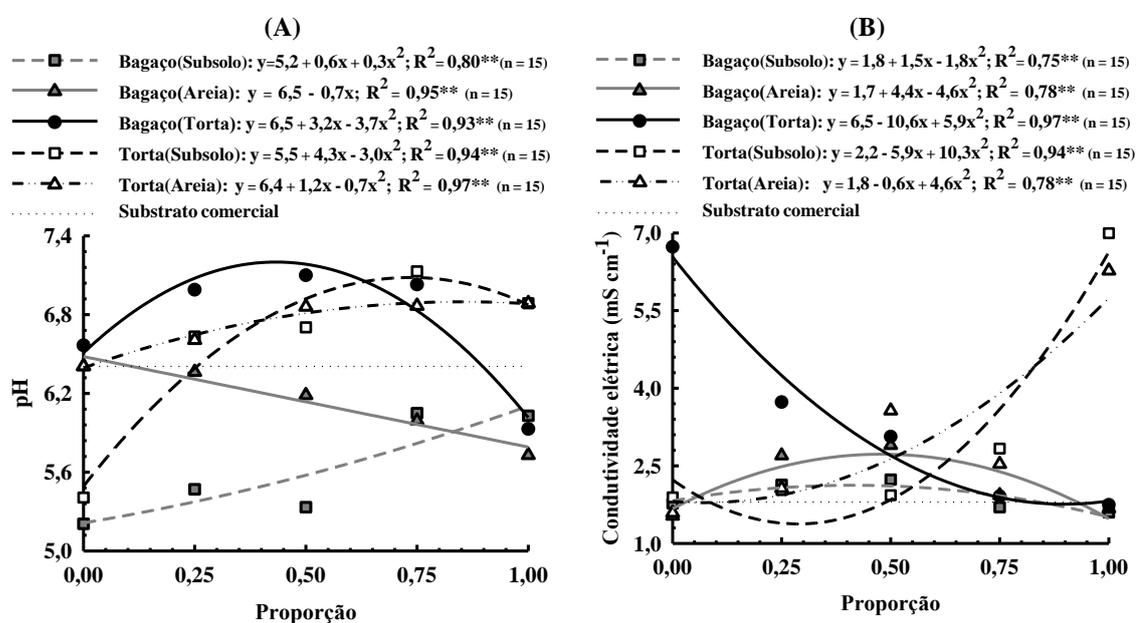


Figura 2. Atributos químicos [(A) pH e (B) Condutividade elétrica] de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.

Dentre as composições utilizadas, observa-se que o subsolo proporciona maior acidificação, que pode ser constatada pela expressiva queda do pH em substratos com predomínio deste material (Figura 2A), estando relacionado aos seus constituintes químicos e mineralógicos. Segundo Severiano et al. (2013), os Latossolos oxídicos da região do cerrado tem reduzidos teores de nutrientes e de matéria orgânica, notadamente no seu horizonte B, conferindo-o menor capacidade de tamponamento da solução.

Considerando a importância do pH do meio na dinâmica nutricional da planta e a possibilidade de redução à valores críticos, principalmente com a utilização de subsolo de Latossolo, faz-se necessário a realização de estudos complementares sobre o uso de corretivos de acidez em substratos para o sistema MPB, uma vez que nos procedimentos definidos por Landell et al. (2012) não contempla a utilização deste insumo.

A salinidade da água e do substrato, determinada por sua condutividade elétrica (C.E.) é o atributo químico associado a sais ionizados presentes na solução (TAIZ & ZEIGER, 2009). Os resultados demonstram de maneira geral, que todos os substratos proporcionaram resultados superiores que o encontrado no substrato comercial, utilizado neste estudo como referência (Figura 2B).

A análise da C.E. nos substratos formulados merece cautela, uma vez que, segundo Cavins et al. (2000), condutividade elétrica em torno de $1,25 \text{ mS.cm}^{-1}$ é considerada normal, alta a $1,75 \text{ mS.cm}^{-1}$ e extrema com valores superiores a $2,25 \text{ mS.cm}^{-1}$. Neste sentido, salienta-se que os elevados valores deste atributo observados na torta de filtro (tabela 1), associada à adubação do substrato promoveram valores próximos a 7,0 (Figura 2B), podendo levar a redução do desenvolvimento de plantas pela salinidade.

O eventual uso deste subproduto canavieiro (torta de filtro) como substrato deve-se, portanto, ser associado a outras matérias-primas com baixa C.E. Neste sentido, observa-se que sua formulação com bagaço, subsolo ou areia a partir da menor proporção (25 % de torta) contribuiu para redução de mais de 50% deste atributo. O presente estudo esclarece, então, a importância da caracterização química de resíduos agroindustriais na aplicação como substrato de plantas.

Destaca-se que as formulações sem torta de filtro se encontram dentro de faixas adequadas (Figura 2B). A torta de filtro é subproduto do processamento industrial da cana-de-açúcar, proveniente da filtração do caldo extraído no filtro rotativo, constituído por aproximadamente 85% matéria orgânica, e teores consideráveis de cálcio, nitrogênio, fósforo e potássio (BONASSA et al., 2015). A alta concentração de sais

presentes é resultado do alto acúmulo de nutrientes resultantes da filtragem do caldo e a adubação do substrato. Zorzeto (2011) comentam que estes fatores associados ao processo de decomposição da matéria orgânica em substância humificada durante a etapa de compostagem, aumenta os sítios de ligação de troca catiônica do substrato e faz com que o mesmo seja quimicamente ativo.

Resíduos orgânicos com alto teor de celulose, como o bagaço de cana, são menos propensos a sofrer decomposição e conseqüentemente originam substratos com baixa capacidade de troca catiônica e pouca liberação de nutrientes ao meio, ocasionando menores valores de C.E. (Figura 2B). MORGADO et al. (2000) afirmam que o bagaço de cana é pobre em nutrientes e Pagliarini et al. (2015), ao avaliarem a condutividade elétrica em substratos compostos por resíduos de celulose com solo e resíduos de celulose com areia, encontraram valores predominante baixos ($<1,25 \text{ mS.cm}^{-1}$) pela pouca interação da natureza química do resíduo de celulose com o solo e a areia.

Se por um lado as propriedades químicas podem ser modificadas com adubação e corretivos ou pela fertirrigação, os atributos físicos dos substratos não são facilmente modificados, pois estão associados à composição e arranjo das partículas do meio. Faz-se necessário, portanto, caracterizar a distribuição granulométrica das partículas dos substratos, visando a compressão do espaço poroso e retenção de água do meio (Figura 3).

Das matérias-primas utilizadas, o bagaço de cana possui maior tamanho de partículas. Conseqüentemente, os substratos formulados com predomínio deste subproduto atingiram maiores porcentagens de frações grosseiras (notadamente $> 2,00 \text{ mm}$) enquanto a sua ausência na formulação não afetou essas classes granulométricas (Figuras 3A e 3B).

Considerando os valores de referência do substrato comercial Trimix[®], este se destaca pelo predomínio de duas classes granulométricas intermediárias, sendo $2,00 - 1,00 \text{ mm}$ e $1,00 - 0,50 \text{ mm}$, comportamento este que não se assemelhou a nenhum dos 25 substratos avaliados, sendo o mais próximo o Bagaço (Torta) na proporção 0,5 (Figuras 3C e 3D). Isto se deve à natureza fina das demais matérias-primas, observando predomínio da fração $< 0,5 \text{ mm}$ em substratos com grandes proporções de torta, subsolo e areia (Figura 3E).

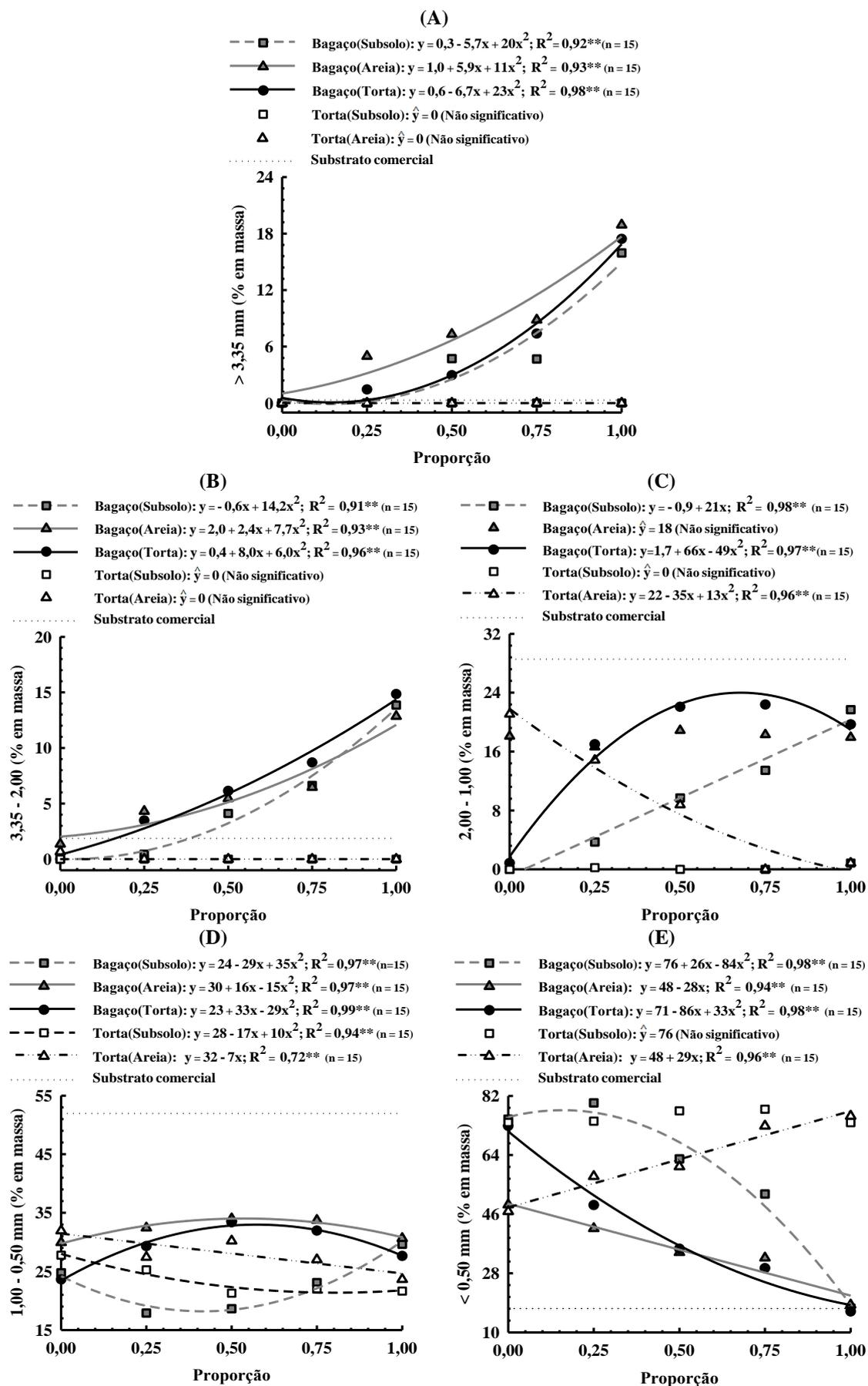


Figura 3. Distribuição do tamanho de partículas de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.

Ressalta-se a possibilidade de comprometimento do meio de crescimento de plantas associado ao aumento de densidade com a consequente redução do espaço poroso em substratos predominadas por partículas finas (Braga, 2016; WALLER & WILSON, 1984;) uma vez que partículas com diâmetros maiores são responsáveis pela formação macroporos que são ocupados por ar, enquanto partículas menores ou microporos que são ocupados por água.

Predomínio de partículas maiores (bagaço de cana) pode promover aeração excessiva no substrato, comprometendo o desenvolvimento das mudas pela baixa retenção de água. Faz-se necessário, portanto, validações experimentais relacionadas ao efeito da granulometria na aeração do meio e, conseqüentemente, no desenvolvimento de espécies de interesse e, no âmbito deste estudo, da cana-de-açúcar no sistema MPB.

Quanto à densidade úmida (DU) e seca (DS) dos substratos (Figura 4), verificou-se que as proporções ajustaram por regressão linear em função das proporções volumétricas. Esses resultados sugerem correlação direta da densidade da matéria-prima utilizada (Tabela 1) com o substrato e estão coerentes com os valores encontrados por Fermino & Kämpf (2012) para a areia, aqui com a maior densidade entre os materiais utilizados. Estes autores sugerem que, quanto maior for à densidade de um substrato maior deverá ser o recipiente utilizado.

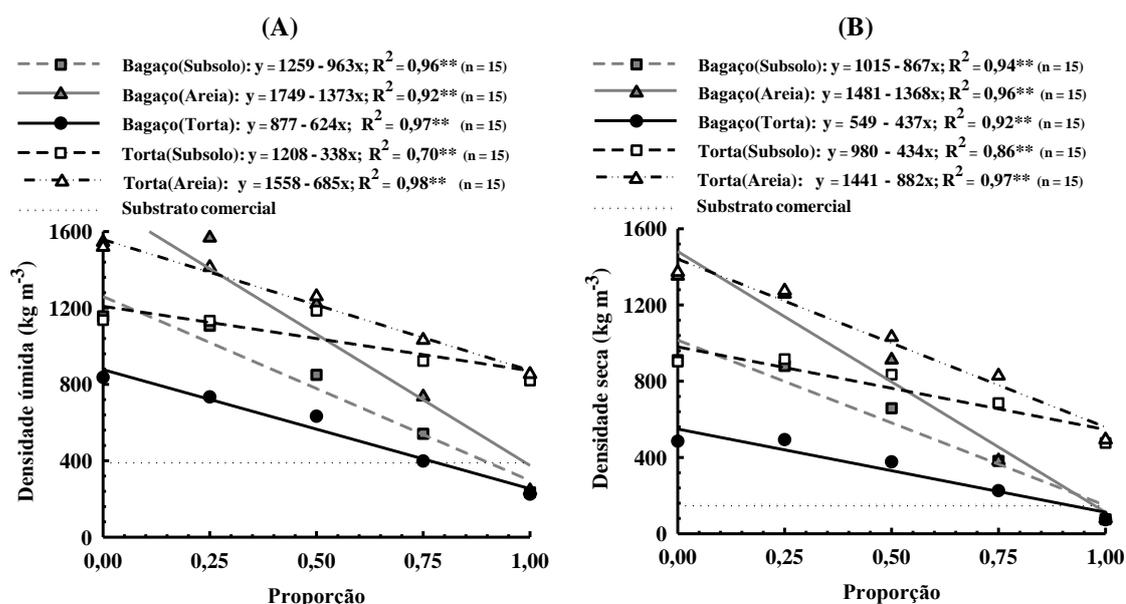


Figura 4. Densidade úmida (A) e seca (B) de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.

As maiores densidades encontradas na composição torta (areia) se deve à alta densidade da areia e, ainda, do ajuste as partículas e os espaços porosos entre os dois constituintes. Rigon et al. (2015), ao avaliarem a densidade de diferentes substratos, encontraram altos valores de densidade úmida para torta de filtro e areia (720 kg m^{-3} e 1650 kg m^{-3} , respectivamente) e intermediária para a mistura destes, que em sua pesquisa apresentou valor de 1180 kg m^{-3} .

As menores densidades ocorreram na composição bagaço (torta), notadamente nas maiores proporções de bagaço, inclusive menores que substrato comercial (Figura 4). Isto se deve à natureza orgânica das duas matérias-primas, que se destacam em relação às matérias minerais quanto ao atributo em questão (Tabela 1).

Quanto à densidade seca, as formulações se apresentam distintas variações, entre 76 a 1363 kg m^{-3} (Figura 4B). FERMINO (2003) considera adequados valores entre 400 a 500 kg m^{-3} e, portanto, somente torta de filtro dentre os avaliados. Com base nesses resultados, sugere-se esta matéria-prima como capaz de elevar a DS em substratos leves ou de reduzir nos pesados, além de contribuir para melhoria química de substratos pobres em nutrientes (Figura 3). Isto se deve à natureza física das partículas com diâmetro pequeno, porém de origem orgânica, que apresenta baixa densidade (Tabela 1).

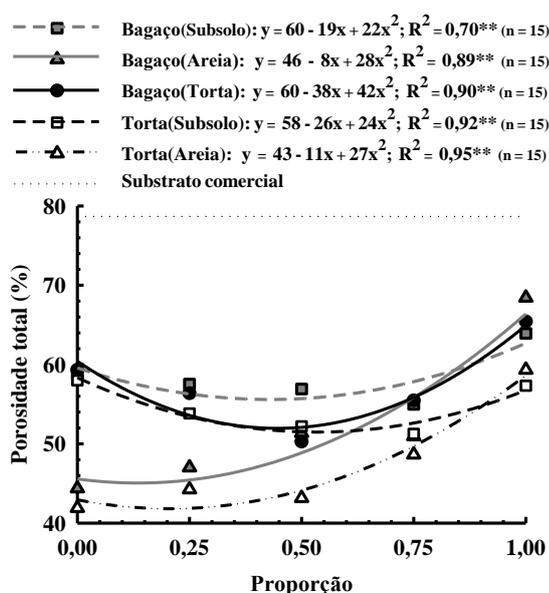


Figura 5. Porosidade total dos substratos de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.

Outro ponto importante da densidade é sua correlação negativa com a porosidade, que pode afetar o desenvolvimento das raízes (FERRAZ et al., 2005), notadamente em termos de raízes finas. Neste sentido, observam-se em todos os substratos formulados, porosidade inferiores a 75% (Figura 5), valor definido por Kämpf (2001) como adequado para o crescimento do vegetal em recipientes e coerentes aos avaliados por Rigon et al. (2015) em combinações torta/solo (1:1) e areia/torta (1:1), avaliadas por estes pesquisadores.

As propriedades físicas estão relacionadas à distribuição das partículas quanto ao tamanho. Ao promover a mistura de materiais distintos, aquelas que apresentam frações granulométricas maiores tenderão a promover maior porosidade total (Figura 5) e espaço de aeração (EA) (Figura 6A), enquanto as frações mais finas podem repercutir na maior capacidade de retenção de água (CRA) (Figura 6B), principalmente em substratos com partículas < 1 mm (ZORZETO et al., 2014; FERMINO, 2003).

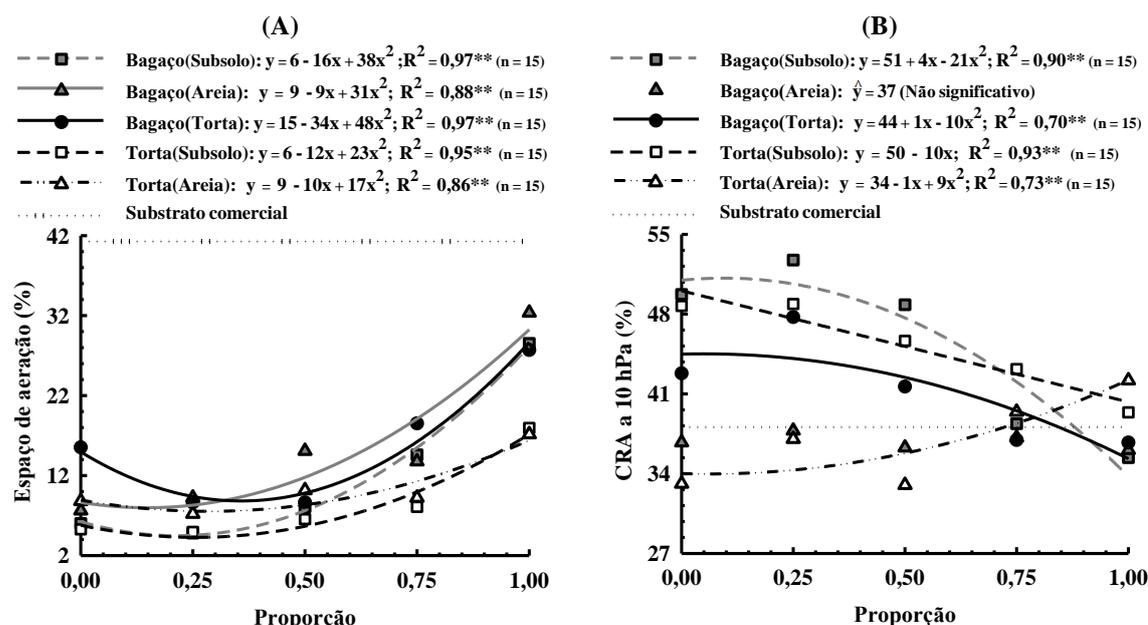


Figura 6. Espaço de aeração (A) e capacidade de retenção de água (CRA a 10 hPa) (B) de substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.

A EA apresentou ampla variação nos substratos formulados (5 a 32%), contudo inferior a observada no substrato comercial Trimix[®] (Figura 6A). Considerando os valores de referência para EA, definidos por De Boodt & Verdonck (1972), de 20 a 30% sendo como ideais para espaço de aeração, ressalta-se que apenas formulações contendo apenas bagaço de cana se enquadraram nesta faixa, ao passo que o substrato comercial

pode apresentar aeração excessiva o que, segundo Zorzeto et al. (2014), podem ocasionar deficiências hídricas para as plantas.

Salienta-se que as matérias-primas bagaço de cana seguida pela torta de filtro conferiram maiores valores do atributo em questão, com decréscimo polinomial com a redução destas em relação à areia ou, principalmente o subsolo, atingindo valores inferiores a 10% nas formulações com terra, a 30 % formulada com bagaço e 20 % com torta de filtro. Dessa maneira, faz-se necessário avaliar dos potenciais efeitos da má aeração no desenvolvimento de plantas a serem cultivadas nos substratos do presente estudo ou ainda, definir valores de referência para plantas específicas e no âmbito deste estudo, para a cana-de-açúcar.

Se por um lado a aeração do substrato pode ser comprometida por material argiloso e elevada densidade de partículas, como é o caso do subsolo (Tabela 1), há incremento na retenção de água, em decorrência da capacidade de adsorção das partículas finas. Neste sentido, observa-se aumento na CRA, inclusive superior ao substrato comercial, com o incremento de subsolo, seguido da torta de filtro, na formulação do substrato (Figura 6B).

Avaliando a retenção de água em substratos constituídos por subsolo, bagaço de cana e torta de filtro em proporções equivalentes dos três constituintes, Braga (2016) encontrou valores próximos a 50% de CRA, que corrobora com os resultados obtidos no presente trabalho. A elevada retenção no subsolo se dá pela sua textura argilosa, que em Latossolos da região do Cerrado, Severiano et al. (2013) verificaram aumento deste atributo em direção ao incremento no conteúdo de argila, que se deve ao aumento de poros texturais (poros intra-agregados) que estão interligados ao teor de argila (COOPER & VIDAL-TORRADO, 2005).

A análise crítica relacionada à distribuição do espaço poroso do substrato (Figura 6) sugere então a necessidade de se equilibrar a disponibilidade de água e ar, bem como dos outros fatores químicos, físicos e biológicos relacionados ao desenvolvimento das plantas. Nesta direção, os resultados indicam que composições de bagaço de cana-de-açúcar com torta de filtro com possam promoverem maior crescimento de plantas por apresentar elevada retenção de água quando em relação ao substrato comercial, sem comprometer drasticamente a aeração, como no caso do subsolo avaliado isoladamente.

As menores CRA ocorreram em substrato que continham maiores proporções de bagaço de cana (Figura 6B), corroborando assim com a distribuição de partículas de

maior diâmetro deste subproduto (ZORZETO, 2011). A areia apresentou comportamento intermediário, que se deve à sua granulometria também intermediária, entre o subsolo ou torta e o bagaço (Figura 2).

2.3.2. Desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB)

De maneira geral, observa-se que o desenvolvimento do MPB em função da composição do substrato variou na ordem: bagaço (torta) > torta (areia) > bagaço (areia) > bagaço (subsolo) > torta (subsolo) (Figuras 7 e 8).

Se por um lado, as plantas cultivadas no substrato comercial, utilizado como referencial, adquiriam maior altura ao final da fase de viveiro que os substratos formulados (Figura 7A), as composições bagaço (torta), torta (areia) e bagaço (areia) superaram no diâmetro do colmo (Figura 7B); torta (bagaço) e areia (torta) no número de folhas (Figura 7C) e; bagaço (torta) no número de perfilhos (Figura 7D).

Os maiores valores obtidos em todos os atributos avaliados e equivalentes a o substrato comercial (Figura 8) foram encontrados no tratamento bagaço (torta), cujo ponto de máxima produtividade ocorreu com proporção em torno de 0,55 (0,45). Na sequência, os substratos compostos por torta (areia) na proporção 0,48 (0,52), também se destacou, ressaltando o favorecimento da inserção da torta de filtro na formulação de substratos utilizados no MPB, e se deve, entre outros fatores, a elevada presença de nutrientes que, neste trabalho, pode ser indicada pela alta solubilidade de sais, conforme demonstrada pelos valores de C.E. (Tabela 1; Figura 2B).

Quando analisado os substratos contendo apenas as matérias-primas bagaço e areia, observa-se produção de massa seca intermediária, estando relacionada aos baixos valores de C.E., embora tenham se destacado pela baixa densidade (Figura 4) e/ou elevada porosidade total (Figura 5).

Em adição, a formulação torta (subsolo) apresentou o menor desempenho das mudas de cana-de-açúcar, reduzindo o desenvolvimento desde a primeira proporção da mistura dos constituintes e com comportamento semelhante para a composição bagaço (subsolo) (Figuras 7 e 8). Estes resultados esclarecem que o subsolo em estudo não deve ser utilizado em formulação de substratos para o MPB por comprometer o desenvolvimento das plantas.

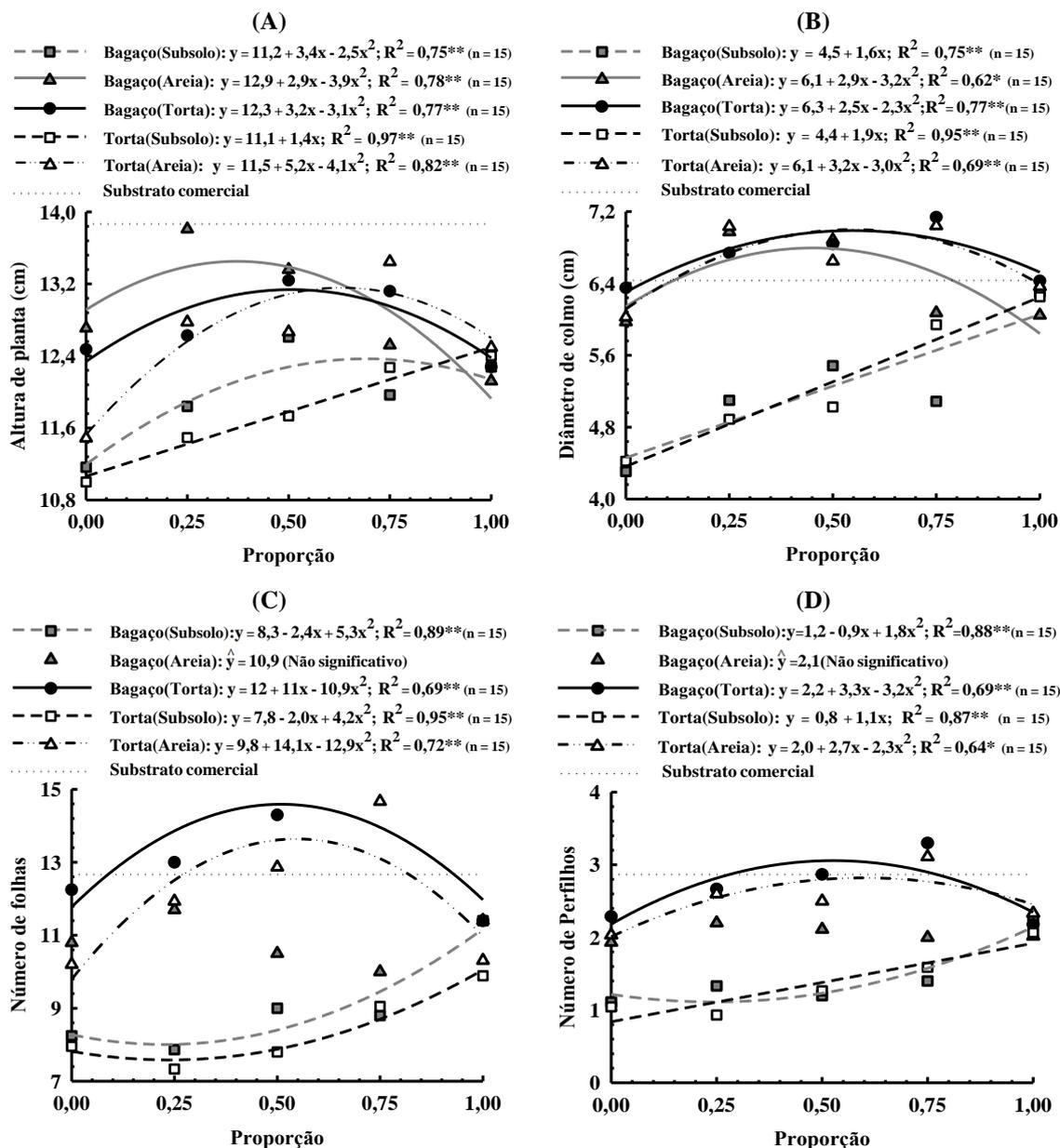


Figura 7. Variáveis agrônômicas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, cultivadas em substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo.

A baixa disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica, o alto teor de óxidos de ferro [responsáveis pela fixação do nutriente fósforo, segundo Camargo et al. (2010)] característicos dos solos do Cerrado (Tabela 1), bem como o reduzido espaço de aeração (Figura 6A), são fatores que explicam o baixo desenvolvimento das MPB que continham substratos com proporções de subsolo.

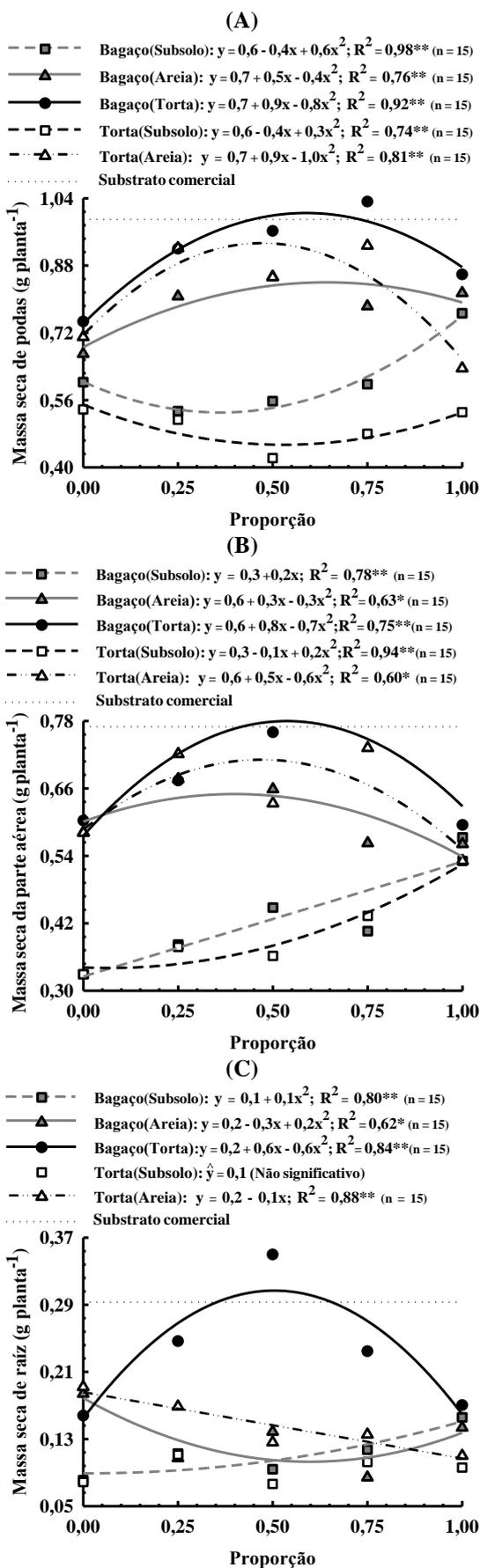


Figura 8. Variáveis produtivas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas, cultivadas em substratos de bagaço de cana e da torta de filtro em diferentes composições e proporções volumétricas com areia e subsolo

Conforme discutido anteriormente e confirmado pelos resultados do desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, faz-se necessário o equilíbrio entre os atributos químicos e físicos do substrato. Conceição et al. (2015) afirmam que alta retenção de água ocasiona baixo desenvolvimento de raízes, e se deve ao comprometimento do espaço poroso e conseqüentemente da oxigenação, reduzindo as trocas gasosas com o meio de crescimento.

Salienta-se que a máxima produtividade de MPB cultivadas na composição bagaço (torta) em proporções equivalentes [matematicamente correspondente a 0,55 (0,45) conforme a equação de regressão apresentada na figura 8B] é considerada satisfatória para a cultura em questão, considerando os resultados do substrato comercial, e também a literatura. Comparando com os resultados encontrados por Gírio et al. (2015) em condições de cultivo semelhante, observa-se a superioridade em todos os atributos avaliados aos do referido trabalho.

Este fato pode estar associado ao sinergismo entre as propriedades químicas e físicas das matérias-primas em questão. Se por um lado a torta de filtro aumenta a C.E. (Figura 2B), este subproduto reduz a densidade do mesmo (Figura 3). Por outro lado, o bagaço de cana contribuiu para melhoria da porosidade (Figura 4) e aeração (Figura 5). Quando formulado sob proporções equivalentes a 50% de cada, esta composição promove aumento de 10% na retenção de água em relação ao Trimix[®] sem, contudo, limitar a oxigenação do substrato.

Salienta-se, portanto, que o EA inferior a 20%, definidos por De Boodt & Verdonck (1972) como ideal para substratos, não limitou o MPB de cana-de-açúcar, em que a produção máxima ocorreu a 11% de aeração, considerando, portanto como ideal para a cultura. Esse valor corrobora como Severiano et al. (2009), que consideraram porosidade mínima de aeração de 10% para a cultura da cana-de-açúcar, embora o referido estudo tenha sido realizado a campo.

Na formulação de substratos para a produção de mudas, conforme já mencionado, é importante considerar que não existe um substrato que atenda a todas as condições e exigências da espécie em estudo, mas o que se procura é definir aquela cujas características físicas e químicas irão resultar na produção de mudas de qualidade (BOENE et al., 2013). Não se pode, portanto, utilizar valores de referências encontrados a luz da literatura como limitantes de crescimento encontrados nesta pesquisa.

Por fim, ressalva os prováveis benefícios fisiológicos ao desenvolvimento das plantas pela matéria humificada da torta de filtro. Segundo Busato et al. (2008), este

material apresenta capacidade de estimular o desenvolvimento vegetal, por promover melhoria na estrutura física, retenção de água e capacidade de troca de cátions. Observando substâncias húmicas isoladas, através do processo de compostagem em torta de filtro, Busato et al. (2010) observaram efeitos destas substâncias proporcionavam no desenvolvimento no sistema radicular de raízes laterais, considerando assim o seu uso como bioestimuladores de crescimento das plantas.

2.4 Conclusão

Os subprodutos torta de filtro e bagaço de cana são recomendados na formulação de substratos a serem utilizados na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar oriundas de gemas individualizadas;

Proporções volumétricas equivalentes de torta e bagaço a 50% de cada promoveram o maior desenvolvimento e produção de biomassa de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

2.5 Referências bibliográficas

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

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas hortaliças em ambiente protegido**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 72).

BOENE, H. C. A. M.; NOGUEIRA, A. C.; SOUSA, N. J.; KRATZ, D.; SOUZA, P. V. D. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 407 – 420, 2013.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K. D. A. FEIDEN, A.; TELEKEN, J. G.; FRIGO, E. P. Subprodutos gerados na produção de bioetanol: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p. 144-166, 2015.

BRAGA, N. C. C. **Produção de cana-de-açúcar com o uso de mudas pré-brotadas oriundas de gemas individualizadas utilizando subprodutos da indústria canavieira como substrato**. 2016, 48p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias-Agronomia). Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. 2016.

BUSATO, J. G.; ZANDONADI, D. B.; DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P. Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 206-212, 2010.

BUSATO, J. G.; ZANDONADI, D. B.; DOBBSS, L. B.; VELLOSO, A. C. X.; FAÇANHA, A. F.; CANELLAS, L. P. Humic-like substances isolated from residues of sugarcane industry as root growth promoter. **Bioresource Technology**, 2008.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

CAVINS, T.J.; WHIPKER B.E.; FONTENO, W.C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J.L. Monitoring and managing pH and EC using the Pour Thru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet / NCSU**, n. 590, 2000.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B Nítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 581-595, 2005.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana de açúcar – Terceiro levantamento safra 2015/2016, **Conab**, v. 2, n. 3, 70p. 2015.

CONCEIÇÃO, B. S.; LIMA, L. A.; SANT'ANA, J. A.; THEBALDI, M. S. Disponibilidade hídrica e cinética da liberação de potássio em diferentes substratos para produção de mudas. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 602-614, 2015.

DA ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAUFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA R. F.; SOMAVILLA, L. Uso de substrato compostado na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 549 – 558, 2015.

DAUDT, R. H. S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A. N. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 91-96, 2007.

DE BOODT, M.; VERDONCH, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 26, p. 37-44, 1972.

EPSTEIN, E & BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas – Princípios e Perspectivas**. 2º ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 209 - 214, 2005.

FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 75 – 79, 2012.

FERMINO, M.H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003, 90p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

GÍRIO, L. A. S. DIAS, F. L. F.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 33-43, 2015.

KÄMPF, A.N. Análise física de substratos para plantas. **Viçosa: SBCS**. 2001. v. 26, p. 5-7 (Boletim Informativo).

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P. Sistema de Multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. 2. ed. **Revista Campinas: Instituto Agrônomo**, 16p. 2013. (Documentos IAC, 109)

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 31, de 23 de outubro de 2008**. Altera subitens 3.1.2, 4.1, e 4.1.2, do anexo à Instrução Normativa DAS nº 17, de 21 de maio de 2007. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=407472077>. Acesso em: 30 de maio de 2016.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007**. Aprova Métodos Analíticos Oficiais para Análises de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma de anexo à presente Instrução Normativa. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes>. Acesso em 30 de maio de 2016.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; FERNANDES, H.S.; MAUCH, C.R.; SILVA, J.B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 164-170, novembro 2000.

MARAFON, A. C.; Análise Quantitativa de Crescimento em Cana-de-açúcar: uma Introdução ao Procedimento Prático. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. dez. 2012. (Documentos 168).

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 709-712, 2000.

PAGLIARINI, M. K.; CASTILHO, R. M. M.; MOREIRA, E. R.; ALVES, M. C. Caracterização física e química de substratos com diferentes proporções de resíduo de celulose. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 1, p. 33-38, 2015

RIGON, F. A.; BARBOSA, J. R. L.; CONTE, A. M.; SATO, R.; SILVA, R. Z. **Porosidade, densidade e capacidade de retenção de água em diferentes substratos.** In: Descobrimo a Ciência, V, 2015, Campus Luiz Meneghel (V Jornada de Iniciação Científica da UENP. 2015.

SANTOS, F. G. B. **Substratos para a produção de mudas utilizando resíduos agroindustriais.** 2006, 64 p. dissertação (Mestrado em ciência do solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2006.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; COSTA, K.A.P.; CARDUCCI, C.E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, p. 193-202, 2013.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; DIAS JÚNIOR, M. S. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 159-168, 2009.

SILVA, T., G., F. **Análise de crescimento, interação biosfera - atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no submédio do Vale do São Francisco.** 2009. 194f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4º ed. Porto Alegre: editora Artemed®, 2009. 819p.

WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, n. 150, p. 51-58, 1984.

XAVIER, M. A et al., **Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotação IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar – Mudas Pré-Brotadas (MPB).** Campinas. 2014. (Documentos IAC,113).

ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, M. F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p.300-311, 2014.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para planta e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch)**. 2011, 96 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico, Campinas – SP. 2011.

2.6 APÊNDICES



Anexo 1. Substratos orgânicos: (A) bagaço de cana; (B) torta de filtro; ⇨ substratos minerais: (C) areia lavada; (D) subsolo.



Anexo 2 Etapas do desenvolvimento das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar: A) Etapa 1 – Corte dos minirrebolos; B) Etapa 2 – Tratamento químico; C) Etapa 3 – Brotação; D) Etapa 4 – Repicagem; E) Etapa 5 – Aclimação fase 1; F) Etapa 6 – Aclimação fase 2.