

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

**Compostos orgânicos a base de resíduos agrícolas como substrato para
produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante**

Thaís Wacholz Kohler

Pelotas, 2020

Thaís Wacholz Kohler

**Compostos orgânicos a base de resíduos agrícolas como substrato para
produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Pesq. Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva
Coorientadora: Prof. Dr^a. Vanessa Sacramento Cerqueira

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

K11c Kohler, Thaís Wacholz

Compostos orgânicos a base de resíduos agrícolas como substrato para produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante / Thaís Wacholz Kohler ; Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, orientador ; Vanessa Sacramento Cerqueira, coorientadora. — Pelotas, 2020.

82 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Mudas pré-brotadas. 2. Insumos alternativos. 3. Resíduos agrícolas. I. Silva, Sérgio Delmar dos Anjos e, orient. II. Cerqueira, Vanessa Sacramento, coorient. III. Título.

CDD : 630.2745

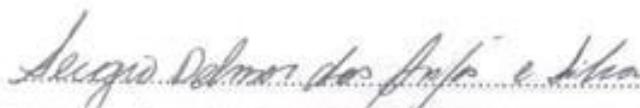
Autora: Thaís Wacholz Kohler

Titulo: Substratos a base de compostos orgânicos para produção de mudas de Cana-de-açúcar e Capim-elefante

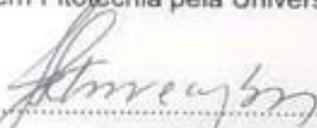
Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 20/02/2020

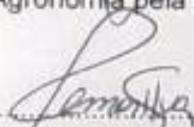
Banca examinadora:



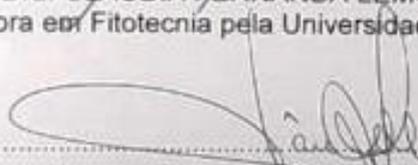
Prof. Dr. SÉRGIO DELMAR DOS ANJOS E SILVA (Orientador)
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Prof. Dr. JOSÉ ERNANI SCHWENGBER
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.



Prof. Dra. CLAUDIA FERNANDA LEMONS E SILVA
Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Prof. Dra. TÂNIA BEATRIZ GAMBOA ARAUJO MORSELLI
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me iluminou e possibilitou minha chegada até aqui.

Aos meus pais e irmã que sempre me apoiaram e me guiaram. Obrigada por acreditarem em mim e por tudo que fizeram para me proporcionar um futuro melhor.

Ao meu noivo, pela compreensão, companheirismo e amizade em todos os momentos bons ou difíceis.

Ao meu orientador Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, agradeço a oportunidade de inserção no grupo da Agroenergia, pela confiança, pelas oportunidades oferecidas e pela contribuição em minha vida profissional.

A minha coorientadora Dr^a Vanessa Sacramento Cerqueira, pelo apoio e incentivo ao trabalho.

A Cândida Monteiro, pela amizade e apoio.

Aos amigos e colegas Adilson, Luíze, Lucas e William, por toda ajuda durante essa jornada, e especialmente pela amizade e incentivo em todos os momentos. A Roberta Kunde, amiga e conselheira para todas as horas, minha eterna gratidão.

A todos professores do programa de pós-graduação em sistemas de produção agrícola familiar.

A Embrapa Clima Temperado pela infraestrutura para realização deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

Finalmente, minha singela gratidão a todas as pessoas que de alguma forma, ajudaram através de ensinamentos, ideias, sugestões, ações, amizade e energias positivas e que contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Muito obrigada a todos.

“Lembre-se: Você é do tamanho dos seus sonhos.”

Roberto Shinyashiki

RESUMO

KOHLER, Thaís Wacholz. **Compostos orgânicos a base de resíduos agrícolas como substrato para produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante.** 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2020

O objetivo do trabalho foi determinar o potencial de três compostos orgânicos na elaboração de substratos para a produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante, caracterizando-os quanto a aptidão sanitária e avaliando a eficiência agrônômica. As matérias primas para o processo de compostagem foram: Composto orgânico 1- bagaço e palha de cana-de-açúcar, serragem e esterco bovino; composto orgânico 2- bagaço e palha de cana-de-açúcar, casca de acácia e cama de aviário; e composto orgânico 3- bagaço e palha de cana-de-açúcar, serragem e torta de tungue. Os compostos foram caracterizados quanto a teores de nutrientes, medidas de pH e condutividade elétrica (CE) e a presença de agentes patogênicos. Posteriormente, adicionou-se diferentes proporções de cinza de casca de arroz e casca de arroz carbonizada aos compostos, resultando em 12 diferentes substratos. Para fins de comparações de resultados utilizou-se o substrato comercial Turfa Fertil®. Os substratos foram caracterizados quanto aos parâmetros físico-hídricos. Os ensaios de eficiência agrônômica dos substratos, foram conduzidos em casa de vegetação, localizada na Sede da Embrapa Clima Temperado. As mudas das espécies estudadas foram produzidas a partir de minitoletes individualizados de colmos. A individualização dos toletes foi feita com o auxílio de um sistema de guilhotina com lâmina dupla, os quais foram plantados em tubetes (175 cm³) contendo os diferentes substratos. Para produção das mudas de cana-de-açúcar foram utilizados os genótipos RB867515 e RB966928. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e treze tratamentos. As variáveis agrônômicas avaliadas foram porcentagem de brotação, número de folhas, diâmetro do colo, altura da parte aérea, comprimento de raiz, massa fresca e seca da parte aérea e massa seca da raiz, relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz e estabilidade de torrão. Os resultados obtidos indicaram que dois dos compostos produzidos são aptos para a utilização na agricultura de acordo com os limites máximos de agentes patogênicos estabelecidos na legislação vigente. Os compostos propostos apresentam teores de nutrientes, pH e CE satisfatórios assim como os substratos para as características físico-hídricas, refletido no desenvolvimento das mudas das espécies estudadas, em que os substratos a base de compostos orgânicos apresentam respostas agrônômicas iguais ou superiores ao substrato comercial, sendo o substrato com 100% composto orgânico 2 e o substrato com 75% composto orgânico 2 + 12,5% cinza de casca de arroz + 12,5% casca de arroz carbonizada os que apresentam melhor potencial para produção de mudas das duas espécies.

Palavras-chave: Mudas pré-brotadas. Insumos alternativos. Resíduos agrícolas.

ABSTRACT

KOHLER, Thaís Wacholz. **Organic Compounds based on agricultural residues as substrate for sugarcane and elephant grass seedlings production**. 2020. 82 f. Dissertation (Master Degree em Agronomia) – Post-Graduation Program in Family Agricultural Production Systems. Federal University of Pelotas, 2020.

The objective of the work was to determine the potential of three organic compounds in the preparation of substrates for the production of sugarcane and elephant grass seedlings, characterizing them in terms of sanitary aptitude and evaluating agronomic efficiency. The raw materials for the composting process were: Organic compound 1- sugarcane bagasse and straw, sawdust and bovine manure; organic compound 2- sugarcane bagasse and straw, acacia bark and poultry litter; and organic compound 3- sugarcane bagasse and straw, sawdust and tung beans. The compounds were characterized for nutrient content, pH and electrical conductivity (EC) and the presence of pathogenic agents. Subsequently, different proportions of rice husk ash and carbonized rice husk were added to the compounds, resulting in 12 different substrates. For the purpose of comparing results, the commercial substrate Turfa Fértil® was used. The substrates were characterized in terms of physical-hydric parameters. The agronomic efficiency tests of the substrates were conducted in a greenhouse, located at the Embrapa Temperate Agriculture Research Center. The seedlings of the studied species were produced from individualized small stalks of culms. The individualization of the stalks was made with the aid of a guillotine system with double blade, which were planted in tubes (175 cm³) containing the different substrates. For the production of sugarcane seedlings were used the genotypes RB867515 and RB966928. The experimental design used was in randomized blocks with four replicates and thirteen treatments. The agronomic variables evaluated were percentage of sprouting, number of leaves, stem diameter, shoot height, root length, fresh and dry weight of shoot and root dry weight, dry weight ratio of shoot and root and root ball stability. The results obtained indicated that two of the compounds produced are suitable for use in agriculture according to the maximum limits of pathogenic agents established in the current legislation. The proposed compounds present satisfactory levels of nutrients, pH and EC as well as the substrates for the physical-hydric characteristics, reflected in the development of seedlings of the studied species, in which the substrates based on organic compounds present agronomic responses equal or superior to the commercial substrate, the substrate with 100% organic compound 2 and the substrate with 75% organic compound 2 + 12.5% rice husk ash + 12.5% carbonized rice husk have the best potential for seedling production of both species.

Keywords: Pre-sprouted seedlings. Alternative inputs. Agricultural waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Leiras de compostagem com suas respectivas camadas e resíduos.	28
Figura 2 – Baia de madeira com impermeabilização com lonas (a), montagem da leira de compostagem (b) e adição de água sobre a leira (c).	29
Figura 3- Leira de compostagem disposta sobre lona.....	30
Figura 4- Método de digestão em chapa de aquecimento (a) e quantificação por ICP-OES utilizando equipamento MP-AES 4200.	31
Figura 5- Determinação de pH e condutividade elétrica de compostos orgânicos e substratos.....	31
Figura 6- Carbonizador (a); casca de arroz carbonizando (b).	32
Figura 7- Amostra alocada no suporte para proveta a 10 cm de altura (A), pesagem da amostra em balança de precisão (B) e materiais postos a saturar imersos em água a 1/3 da altura do cilindro.	34
Figura 8 - Monitoramento da temperatura das diferentes leiras de compostagem ao longo de 210 dias, (média dos dois termômetros).....	36
Figura 9- Potencial Hidrogeniônico em diferentes substratos a base de CO.	41
Figura 10- Condutividade Elétrica em diferentes substratos a base de CO.	42
Figura 11 - Caracterização físico-hídrica de substratos à base de compostos orgânicos, cinza de casca de arroz e casca de arroz carbonizada.	45
Figura 12 - Uso de guilhotina manual de lâmina dupla no corte dos minitoletes (a), minitoletes individualizados (b) disposição dos minitoletes uniformes em tubetes (c).	48
Figura 13- Mudanças de cana-de-açúcar (genótipo RB966928), 70 DAP em diferentes substratos.....	54
Figura 14- Mudanças de cana-de-açúcar (genótipo RB867515), 70 DAP em diferentes substratos.....	58
Figura 15- Mudanças de capim-elefante BRS Kurumi, aos 50 dias em diferentes substratos.....	62
Figura 16- Mudanças de capim-elefante BRS Capiacu aos 50 dias em diferentes substratos.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resíduos agroenergéticos e agrícolas e seus respectivos volumes, utilizados para realização das compostagens	28
Tabela 2- Composição dos substratos propostos a base de três compostos orgânicos, casca de arroz carbonizada (CAC) e cinza de casca de arroz (CCA).	33
Tabela 3 - Caracterização química de três diferentes compostos orgânicos e substrato comercial turfa fértil.	37
Tabela 4 - Agentes patogênicos em compostos orgânicos a base de resíduos agroindustriais, e limites máximos permitidos pelas legislações vigentes.....	39
Tabela 5 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF.), parte massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), em mudas de cana-de-açúcar genótipo RB966928 aos 70 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico.	50
Tabela 6 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF.), parte massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), em mudas de cana-de-açúcar genótipo RB867515 aos 70 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico.	56
Tabela 7 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), parte massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), em mudas de capim-elefante BRS Kurumi aos 50 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico.	60
Tabela 8 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF.), parte massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), em mudas de capim-elefante BRS Capiçu aos 50 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico.	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Compostagem	16
2.2. Substratos.....	18
2.3. Aptidão Agrícola dos Compostos Orgânicos	21
2.4. Cultura da Cana-de-açúcar.....	22
2.5. Capins-elefante: Cultivares BRS Capiapu e BRS Kurumi.....	24
2.6. Sistemas de produção a partir de minitoletes	24
3. CAPÍTULO I. Caracterização química e patogênica de compostos orgânicos e físico-hídrica de substratos.....	26
3.1. Introdução.....	26
3.2. Material e métodos	27
3.2.1. Processo de compostagem	27
3.2.2. Caracterização química e patogênica dos Compostos Orgânicos.....	30
3.2.3. Caracterização físico-hídrica, pH e CE de substratos alternativos à base de Compostos Orgânicos	32
3.3. Resultados e discussão	34
3.3.1. Monitoramento da temperatura das leiras de compostagem.....	34
3.3.2. Caracterização química dos Compostos Orgânicos e do substrato comercial	36
3.3.3. Caracterização de agentes patogênicos em Compostos Orgânicos.....	39
3.3.4. Potencial Hidrogeniônico e Condutividade elétrica dos substratos a base de COs.....	40
3.3.5. Caracterização físico-hídrica dos substratos formulados a partir de diferentes COs, CCA e CAC.....	42
3.4. Conclusões	46

4. CAPÍTULO II. - Desempenho agronômico de mudas de cana-de-açúcar e capins-elefante conduzidas em substratos a base de Compostos Orgânicos	47
4.1. Introdução	47
4.2. Material e métodos	48
4.3. Resultados e discussão	50
4.3.1. Desempenho agronômico de mudas de cana-de-açúcar variedade RB966928.....	50
4.3.2. Desempenho agronômico de mudas de cana-de-açúcar variedade RB867515.....	55
4.3.3. Desempenho agronômico de mudas de capim-elefante anão BRS Kurumi	59
4.3.4. Desempenho agronômico de mudas de capim-elefante BRS Capiacu	63
4.4. Conclusões	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

1. INTRODUÇÃO GERAL

Vivemos em uma era de crescente aumento populacional e a demanda por recursos e insumos, principalmente na agricultura, é cada vez maior. Geralmente os insumos utilizados para produção agrícola geram custos adicionais ao produtor, especialmente para o agricultor familiar. Outro problema ocasionado pelo aumento populacional e conseqüentemente das atividades agrícolas e pecuárias, assim como da indústria de transformação de seus produtos, é a geração de grandes quantidades de resíduos orgânicos. O descarte irregular dos resíduos da agroindústria tem causado sérios problemas no solo, em águas superficiais e subterrâneas (ANTUNES & BARBOSA, 2013).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com cerca de 641 milhões de toneladas processadas na safra 2017/2018, segundo dados divulgados pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Em virtude da diversidade de materiais produzidos a partir da cana-de-açúcar, como o etanol, açúcar, energia, cachaça, rapadura, esta possui grande importância econômica (SILVA et al., 2016).

Como consequência do processamento industrial da cana, são produzidos coprodutos como a vinhaça (10 a 14 litros de vinhaça para cada litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas da destilaria); palha e bagaço (280 kg de bagaço por tonelada de colmo de cana colhida), torta de filtro (30 a 40 kg por tonelada de cana moída), entre outros resíduos como cinzas, águas de lavagem e melaço (ASSAD, 2017).

Devido as características físicas e químicas, esses materiais encontram um vasto campo de utilização, dentre eles, na produção de ração animal, na produção de energia térmica, na indústria química, na fabricação de papel, papelão e aglomerados, como material alternativo na construção civil, na produção de biomassa microbiana e mais recentemente, na produção de álcool via bagaço e palha de cana (PAOLIELLO, 2006; DRABER, 2013).

Porém, é possível utilizar esses resíduos, que muitas vezes são vistos como um problema, como substitutos para insumos comerciais, desde que esses atendam normas que garantam a segurança agrícola e ambiental. Sabe-se que uma parte considerável destes coprodutos é composta por materiais orgânicos ricos em nutrientes (MARTINAZZO et al., 2015), por isso tem se pesquisado alternativas de

tratamento e reaproveitamento desses produtos, entre elas a utilização como insumo para substratos de algumas culturas como a alface, mudas de amendoim-bravo, flor-de-mel, entre outras (SPIER, et al., 2009; LARANGEIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2016), porém, há poucos relatos na literatura sobre a utilização como insumo para produção de substratos para cana-de-açúcar e capim-elefante (MORGADO et al., 2000; LIMA, 2016).

Com base nisso, a compostagem apresenta-se como uma opção de tratamento de baixo custo e eficiente. Grande parte dos substratos são produzidos utilizando-se turfa como componente principal, porém busca-se alternativas como substituto para esse material devido a questões ambientais (BAUMGARTEN, 2002; BEOZZI, 2013). Neste contexto, os compostos orgânicos apresentam-se como uma matéria-prima alternativa para formulação de substratos. Segundo diversos autores, as características físicas e químicas apresentadas por substratos formulados a partir de compostos orgânicos podem ser consideradas adequadas para o desenvolvimento de mudas de diversas espécies (MARQUES, 2016; PAIVA, 2017, WATTHIER ET AL., 2017).

A produção de cana-de-açúcar no RS tem grande importância para a agricultura familiar, servindo de matéria-prima para produção de diversos produtos artesanais, sendo mais uma alternativa de renda dentro da propriedade e também muito utilizada na alimentação animal.

Sabe-se que em muitas propriedades agrícolas familiares, além da agricultura também está presente a pecuária leiteira e de corte, portanto há uma preocupação com a alimentação desses animais e com a escolha de forrageiras que atendam sua necessidade nutricional. Dentre as opções ao produtor destaca-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*). Essa espécie é uma gramínea perene originária da África que apresenta elevada produção de forragem de ótimo valor nutritivo (GOMIDE et al., 2015). Entre as cultivares da espécie encontram-se o capim-elefante anão BRS Kurumi e o capim-elefante BRS Capiaçú.

Para produção de mudas das duas espécies citadas é possível a utilização do sistema de mudas pré-brotadas. O sistema consiste na produção de mudas a partir de uma única gema, reduzindo o volume de material de propagação utilizados e melhor controle na qualidade de vigor (LANDELL et al., 2012).

A utilização de mudas de boa qualidade influenciará no sucesso de implantação de um cultivo (DIAS et al., 2010), devendo apresentar parte aérea vigorosa, bom sistema radicular e ausência de anormalidades fisiológicas. Para isso, alguns fatores são de grande importância, como o substrato, o volume do recipiente, e o manejo das mudas. Dentre esses, um dos mais importantes é a composição dos substratos, uma vez que a germinação de sementes, iniciação radicular e enraizamento de estacas estão diretamente ligados às características químicas, físicas e biológicas do substrato (CALDEIRA et al., 2000).

Com base nisso, o objetivo do trabalho é determinar o potencial de três COs na elaboração de substratos para a produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante, caracterizando-os quanto a aptidão sanitária e avaliando a eficiência agrônômica para produção de mudas das espécies acima citadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Compostagem

Segundo a resolução do Conama nº 481, de outubro de 2017 (CONAMA, 2017), define-se compostagem como um processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem.

Atualmente esse processo é largamente utilizado para destinação e tratamento dos mais diversos tipos de resíduos, entre eles: resíduos sólidos urbanos, de unidades de alimentação e nutrição, lodos de estação de tratamento de esgoto, entre outros (PICCOLI et al., 2018; ALVES & UENO, 2015; CORRÊA & RICCI, 2017).

A eficácia do processo de compostagem é influenciada por diversos fatores como temperatura, suprimento de oxigênio, umidade, relação C/N, dimensão das partículas e o grau de compactação (PEREIRA NETO, 2007; KIEHL, 2004). A degradação biológica que ocorre no processo de compostagem pode ser descrita segundo um paralelo feito entre a atividade microbiológica e a temperatura (PEREIRA NETO, 2007). A partir desta relação Kiehl (2004), destaca três fases da compostagem.

No início do processo de compostagem, ou fase mesofílica, que ocorre entre 20°C a 45°C, os microrganismos mesófilos são predominantes, sobretudo as bactérias, que metabolizam principalmente os nutrientes mais facilmente encontrados. Os microrganismos mesófilos transformam o carbono do material orgânico em energia utilizando o oxigênio disponível, liberando CO₂, água e calor (INÁCIO & MILLER, 2009). O metabolismo destes organismos e seu crescimento eleva a temperatura, o que leva a sucessão dos microrganismos mesófilos pelos termofílicos, dando origem à fase termofílica.

A fase termofílica ocorre entre 45°C a 65°C, onde há intensa atividade microbiológica, elevado consumo de oxigênio e produção de vários ácidos minerais e orgânicos; a temperaturas alcançada nessa fase garante quase total erradicação de plantas daninhas e patógenos (SCHALCH et. al, 2015).

Na fase final ou de maturação, a temperatura baixa quase à ambiente, a quantidade de oxigênio requerida é menor, o processo torna-se mais lento. Quando completa-se a decomposição microbiológica a matéria orgânica é transformada em húmus, juntamente ocorre a mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, que passam da forma orgânica para a inorgânica, ficando disponíveis às plantas (KIEHL, 2004). A presença de certos microrganismos pode ser usada como um indicador do estágio e da qualidade do processo (BHATIA et al., 2013; PEPE et al., 2013). Por exemplo, a predominância de bacilos ou actinobactérias pode ser usada como indicador de um bom processo de compostagem (SUNDBERG et al., 2013).

Outro fator de extrema importância para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos durante o processo é a umidade, que deve variar entre 50% e 60% (VALENTE et al., 2009). Baixos teores de umidade inibem a atividade microbiológica e teores acima de 65% podem resultar em decomposição lenta, condições de anaerobiose, produção de chorume e odores indesejáveis (PEREIRA NETO, 2007). O excesso de umidade afeta diretamente a aeração das leiras, reduzindo a concentração de oxigênio, que é de vital importância para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos (KIEHL, 1985). O revolvimento das leiras é uma forma de fornecer oxigenação para os microrganismos atuantes na compostagem, podendo ser realizado de forma manual com auxílio de pás, enxadas e garfos, ou de forma mecânica utilizando máquinas revolvedoras, pás carregadeiras e caçambas processadoras (VALENTE et al., 2009).

O tamanho de partícula dos materiais utilizados também afeta o processo de compostagem, pois está relacionado a compactação, porosidade, capacidade de aeração, e o ataque microbiológico está relacionado a superfície específica do material a ser compostado. Partículas menores favorecem a ação dos microrganismos por prover maior superfície de ação do substrato (VALENTE et al., 2009). Porém, essas partículas não devem ser muito pequenas, pois podem formar uma massa compacta e reduzir a porosidade (BERNAL et al., 2009).

Entre os nutrientes mais importantes para a atividade dos microrganismos estão o carbono (C) e nitrogênio (N). O C é utilizado como fonte energética e material básico para construção de células microbianas, enquanto o N é importante para a produção de proteínas, ácidos nucleicos e aminoácidos e para o crescimento

e funcionamento celular (SIERRA et al., 2013). Portanto, a relação C/N deve ser determinada no material a ser compostado, para efeito de balanço de nutrientes, e também no produto final, para efeito de qualidade do composto (VALENTE et al., 2009).

Diversos pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1 (BERNARDI, 2011; VALENTE et al. 2009) visto que os microrganismos absorvem C e N da matéria orgânica na relação 30/1. Das 30 partes de C assimiladas, 20 são eliminadas na atmosfera na forma de gás carbônico e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular durante a decomposição (KIEHL, 2004). A relação C/N tem influência direta sobre o tempo de maturação do composto.

O correto dimensionamento das leiras é também de suma importância para a compostagem de resíduos orgânicos. Segundo Rodrigues et al. (2006), uma leira de compostagem deve ter um tamanho suficiente para impedir a rápida dissipação de calor e umidade e, ao mesmo tempo, permitir uma boa circulação de ar.

2.2. Substratos

Uma das maneiras de incrementar a produtividade das lavouras é com o uso de mudas de qualidade. Para obtenção das mesmas, diversos aspectos devem ser analisados, entre eles a escolha de um bom substrato, que atenda as características químicas e físicas necessárias para a respectiva cultura.

Define-se substrato como o meio em que as raízes crescem e fornecem a quantidade de água, oxigênio e nutrientes necessários para as plantas (CARNEIRO, 1995). E além de fornecer os nutrientes e umidade necessários para o bom desenvolvimento da cultura, o substrato deve estar livre de patógenos, pragas, sementes de espécies invasoras e substâncias nocivas ao desenvolvimento das plantas (CUNHA et al., 2006).

O substrato para a produção de mudas tem por finalidade garantir, em um curto período e com baixo custo, o desenvolvimento de uma planta com qualidade. Podem ser compostos por um único material ou pela formulação de diferentes tipos de materiais, com disponibilidade de aquisição, fácil manuseio e transporte (DELARMELINA et al., 2013).

Dentre estes materiais podemos destacar os de fonte orgânica, como fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus, compostos orgânicos, bagaço de cana-de-açúcar, húmus de minhoca e biossólidos (KRATZ & WENDLING, 2016; SILVA, 2018). Esses resíduos orgânicos quando utilizados na composição de substratos, promovem o crescimento dos organismos, melhoram o nível de fertilidade e aumentam a capacidade de troca de cátions, afetando diretamente a qualidade das mudas (KNAPIK et al., 2005).

Essa técnica tem minimizado o impacto ambiental que seria provocado com a disposição inadequada destes resíduos na natureza, conferindo assim um caráter cada vez mais sustentável às atividades de produção de mudas (NEVES et al. 2010).

Segundo levantamento realizado por Martinazzo et al. (2015), existem diversas fontes de coprodutos potencialmente aproveitáveis para a agricultura no Rio Grande do Sul, entre essas fontes encontra-se a cadeia produtiva de arroz. Segundo dados da Conab (2019) foram produzidas 10,4 milhões toneladas de arroz no Brasil na safra 2018/2019, das quais aproximadamente 82% no Rio Grande do Sul. Dentre os coprodutos gerados durante o beneficiamento do arroz estão a casca, que representa em torno de 20% do peso de grãos; a cinza que, por sua vez, representa em torno de 20% do peso da casca (WALTER, 2008; VIEIRA et al., 2011). Atualmente existem diversas pesquisas relacionadas ao uso desses coprodutos como componentes para substratos (GUASSO et al., 2018; NEUTZLING et al. 2018; SILVA, 2018).

De modo geral, resíduos agroindustriais vêm sendo progressivamente utilizados na agricultura como uma alternativa para minimizar o impacto ambiental provocado por tais e gerando economia aos produtores. Sabe-se que a busca por insumos alternativos na agricultura é crescente, entre eles o uso de substratos alternativos. Grande parte dos substratos são produzidos utilizando-se turfa como componente principal, porém busca-se alternativas como substituto para esse material devido a questões ambientais (BAUMGARTEN, 2002). Entre as alternativas podemos destacar o uso dos compostos orgânicos, os quais podem atender essa demanda, fornecendo nutrientes e características físicas necessárias para o desenvolvimento de diversas culturas. Existe também evidências de que os compostos podem estimular a proliferação de antagonistas a organismos

fitopatogênicos, ajudando a controlar algumas doenças do sistema radicular (DE BRITO & GAGNE, 1995; MANDELBAUM & HADAR, 1997; LIEVENS, 2001).

Para Fermino (2014), entre as propriedades físicas mais importantes em um substrato, encontram-se a densidade, porosidade total, aeração e retenção de água. A densidade é a relação entre a massa e o volume. Para Bellé (1995), materiais muito leves, com baixa densidade, fornecem pouca estabilidade para as plantas, e materiais muito pesados, com densidade alta, possuem pouca porosidade, prejudicando o crescimento radicular. De modo geral os valores de densidade devem ser estipulados de acordo com o recipiente que será utilizado para produção de mudas. Considera-se como referência para substrato utilizado em células e bandejas valores de densidade entre 100 e 300 kg m⁻³; para vasos de até 15 cm de altura, de 250 a 400 kg m⁻³; para vasos de 20 a 30 cm, de 300 a 500 kg m⁻³; para vasos maiores, de 500 a 800 kg m⁻³ (FERMINO, 2003).

De acordo com Fermino (2003), a porosidade é o grau de agregação e estruturação das partículas que compõem o substrato, devendo apresentar equilíbrio entre os microporos que aumentam a capacidade de retenção de água e diminuem o espaço de aeração, e os macroporos que aumentam o espaço de aeração do substrato. Ou seja, a porosidade é uma relação entre os espaços ocupados por ar, água e as raízes, e é determinada pelo arranjo das partículas sólidas.

De Boodt & Verdonck (1972) consideram valores adequados para porosidade total entre 80 a 90%. Baixa porosidade pode interferir negativamente nas trocas gasosas, na drenagem e movimentação da água. Por isso, substratos com porosidade elevada facilitam a aeração do sistema radicular, porém podem resultar em baixa retenção de água (ZORZETO, 2014), fato que resulta em formulação pouco resiliente a estresses hídricos.

O conhecimento sobre a capacidade de retenção de água de um substrato é de suma importância, pois permite uma programação mais adequada do manejo da irrigação das culturas. Através desses valores é possível estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, pois espaço de aeração insuficiente e alta retenção de água podem reduzir a oxigenação para as raízes e dificultar seu desenvolvimento (LUDWIG et al., 2008).

A capacidade de retenção de água divide-se entre água facilmente disponível (AFD) (água liberada entre 10 hPa e 50 hPa de tensão), água tamponante (AT) (água liberada entre 50 hPa e 100 hPa de tensão) e água remanescente (AR) (água que permanece no substrato após aplicação de 100 de hPa de tensão) (DE BOOT. & VERDONCK, 1972). Para os mesmos autores os valores ideais de AFD variam entre 20% e 30%; para AT 5% e AR entre 20% e 30%.

As propriedades químicas dos substratos referem-se, principalmente, ao valor de pH, a capacidade de troca de cátions (CTC) e condutividade elétrica (CE). O pH se relaciona diretamente com a disponibilidade de nutrientes, o excesso ou deficiência de nutrientes e a acidez estão entre as características químicas que mais influenciam o desenvolvimento das raízes (ALMEIDA, 2005). Segundo Araújo (2003), o nível adequado de pH em água no ambiente radicular deve ficar entre 5,0 e 6,0.

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução e fornece um parâmetro da estimativa da salinidade do substrato (WILSON, 1984). Para Carneiro (1995) a CTC é uma valiosa informação do potencial de fertilidade de um substrato.

O teor de matéria orgânica também se destaca, pois atua nos substratos melhorando diversas propriedades físicas e químicas, como o aumento da capacidade de retenção de água, da porosidade total e do espaço de aeração e diminuição da densidade (MENEZES JUNIOR, 2000).

2.3. Aptidão Agrícola dos Compostos Orgânicos (COs)

A palavra composto é originária do latim “*compositu*”, que significa um complexo de vários elementos juntos (DINIZ et al., 2007). Conforme a resolução do Conama nº 481, de outubro de 2017 (CONAMA, 2017), define-se composto como um produto estabilizado, oriundo do processo de compostagem, podendo ser caracterizado como fertilizante orgânico, condicionador de solo e outros produtos de uso agrícola. A adubação orgânica com compostos orgânicos e esterco animal tem sido amplamente utilizada na produção vegetal, com o objetivo de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos e melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (COSTA et al., 2011; STEINER et al., 2011). Quando comparada com adubações químicas, a compostagem reduz em até três ou quatro vezes os

custos de produção, portanto, sendo muito rentável, além de ser uma prática sustentável (DINIZ et al., 2007).

A adubação orgânica é um método de fertilização dos solos utilizado há milhares de anos. Em 1888 essa prática começou a ganhar espaço no Brasil a partir do Instituto Agrônomo de Campinas, que incentivou os produtores a produzirem os estrumes nacionais em substituição aos fertilizantes minerais importados. A partir de então surgem outros trabalhos como a produção de matéria orgânica em fazendas de café, dentre outros (KIEHL, 1985).

De acordo com Do Nascimento et al. (2005), a utilização de CO no solo proporciona muitos benefícios, como a melhora da qualidade do solo, favorecendo a retenção de água e a drenagem, além de melhorar sua aeração; redução da erosão, pois aumenta a capacidade de infiltração de água no solo; favorece a vida da macrofauna, devido a presença da matéria orgânica, acarretando na redução de incidências de doenças de plantas.

Os COs tem sido amplamente utilizados em sistemas orgânicos de produção, fornecendo os nutrientes necessários para o desenvolvimento de diversas culturas. Além da riqueza nutricional há na literatura evidências de que os compostos podem estimular a proliferação de antagonistas a organismos fitopatogênicos, ajudando a controlar algumas doenças do sistema radicular (DE BRITO & GAGNE, 1995; MANDELBAUM & HADAR, 1997; LIEVENS, 2001).

2.4. Cultura da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertencente à classe das Monocotiledôneas, família Poaceae (Gramínea), gênero *Saccharum* e espécie *Saccharum* spp., foi introduzida no Brasil por Martin Afonso de Souza, em 1532, na capitania de São Vicente através de mudas provenientes da Ilha da Madeira (CESNIK & MIOCQUE, 2004).

A cultura da cana-de-açúcar é de grande importância econômica, presente em mais de 130 países (FAOSTAT, 2016). Atualmente, o Brasil apresenta-se como o maior produtor mundial da cultura, seguido pela Índia. Segundo dados da CONAB (2019), a produção de cana-de-açúcar no país, na safra 2018/19, foi de 620,44 milhões de toneladas e a área colhida foi de 8,59 milhões de hectares.

No Rio Grande do Sul (RS), a área cultivada com cana-de-açúcar é de cerca de 12,769 mil hectares (IBGE, 2019), produtividade média estimada é de 41,8 t/ha e

produção de 446,392 toneladas (CONAB, 2019), ou seja, é um dos estados com menor representatividade em termos de área cultivada, e a maior parte desse cultivo encontra-se no âmbito da agricultura familiar, sendo de grande importância econômica e social para o estado, em virtude da diversidade de produtos obtidos como o etanol, açúcar, energia, cachaça, rapadura e alimentação animal.

No estado há 31.070 estabelecimentos que produzem cana-de-açúcar, segundo dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2019). Dentre os principais produtos estão o melado, a rapadura e aguardente. A produção e comercialização desses produtos são importantes para a agricultura familiar, contribuindo para a agregação e geração de renda e oportunidade de trabalho no meio rural podendo ser um incentivo para a permanência do Agricultor Familiar no campo (RUGERI, 2015).

Além de servir como matéria-prima para produção de produtos a cana-de-açúcar pode ser utilizada como forragem. No RS a cultura atinge a sua maturidade no inverno, período no qual há redução na produção de algumas plantas forrageiras em função da ocorrência de baixas temperaturas, podendo ser utilizada como uma importante fonte de forragem nestes períodos (LEMÕES, 2018).

Como consequência do processamento industrial da cana, são produzidos coprodutos como o bagaço, que é responsável por 25 a 30% em peso da cana moída, que pode ser utilizado na alimentação animal, energia térmica (TACHIZAWA, 2011), como componente de substratos (KOHLENER et al., 2017); vinhoto, rico em substâncias orgânicas e minerais, com predominância de potássio, utilizado para adubação dos canaviais; torta de filtro, resíduo rico em minerais e matéria orgânica, que pode ser utilizada para a alimentação de animais ou como adubo (CAPUTO et al., 2008; CIB, 2009; ANDREOTTI et al., 2015).

É possível utilizar esses resíduos, que muitas vezes são vistos como um problema, como substitutos para insumos comerciais, desde que atendam normas que garantam sua segurança agrícola e ambiental. Parte considerável destes coprodutos é composta por materiais orgânicos ricos em nutrientes, por isso pesquisa-se alternativas de reaproveitamento desses produtos, entre elas a utilização como insumo para substratos de algumas culturas como a alface, mudas de amendoim-bravo, flor-de-mel, entre outras (SPIER, et al., 2009; LARANGEIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2016). Dentre as alternativas de tratamento a compostagem apresenta-se como uma opção de baixo custo e boa eficiência.

2.5. Capins-elefante: Cultivares BRS Kurumi e BRS Capiáçu

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) é uma gramínea perene originária da África que apresenta elevada produção de forragem de ótimo valor nutritivo (GOMIDE et al., 2015), entre as cultivares da espécie encontram-se a anão BRS Kurumi e a BRS Capiáçu.

A cultivar BRS Kurumi, desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de capim-elefante da Embrapa, apresenta porte baixo, sendo adaptado para uso sob pastejo, touceiras de formato semiaberto, folha e colmo de cor verde e internódio curto. O capim-elefante anão é caracterizado pelo curto comprimento dos entrenós, com isso a planta demora a elevar seu meristema apical, proporcionando maior relação folha/colmo (SILVA et al., 2009). O capim Kurumi apresenta crescimento vegetativo vigoroso, com rápida expansão foliar e intenso perfilhamento. A cultivar é propagada por estacas vegetativas da subdivisão do caule, e as gemas têm excelente capacidade de germinação (GOMIDE et al., 2015).

Segundo Gomide et al. (2011), a cultivar BRS Kurumi tem potencial de produção de matéria seca de 29,25 t ha⁻¹ ano, dos quais 70% estão concentrados na estação chuvosa. Além da alta produtividade, a BRS Kurumi é uma forragem com alto valor nutricional, o teor de proteína bruta chega a 18-20% na matéria seca e digestibilidade *in vitro* varia em torno de 70% (GOMIDE et al., 2015).

A cultivar BRS Capiáçu, obtida pelo programa de melhoramento do capim-elefante conduzido pela Embrapa, é indicada para a produção de silagem e também para ser fornecida picada verde no cocho. A produção de massa seca chega a ser até 30% superior em relação aos demais capins do gênero, alcançando até 50 t de matéria seca por hectare. Apresenta maior produção de matéria seca, a custo inferior ao milho e à cana-de-açúcar. Além do elevado potencial produtivo, apresenta resistência ao tombamento, ausência de joçal (pêlos), facilidade para colheita mecanizada e permite três a quatro cortes por ano (PEREIRA et al., 2016).

2.6. Sistemas de produção a partir de minitoletes

O plantio convencional mecanizado da cana-de-açúcar é realizado através da propagação vegetativa de segmentos de colmos contendo em média 3 gemas. Nesse sistema a quantidade de colmos utilizadas pode atingir valores superiores a

20 t/ha⁻¹, ou seja, um gasto excessivo de colmos que poderiam ser destinados à indústria, além de aumentar o risco de difusão de pragas (LANDELL et al., 2012).

Alternativamente ao sistema de plantio convencional, o sistema de produção de mudas via minitoletes consiste na produção de mudas a partir de uma única gema (SILVA et. al., 2016). A utilização de gemas únicas na propagação da cana parte da premissa de que um pequeno volume de tecido e um único primórdio radicular aderido à gema são suficientes para garantir a emergência da cana-de-açúcar (DILLEWIJN, 1952).

O programa Cana do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) desenvolveu métodos para reduzir o volume de mudas necessário para a multiplicação de novas variedades, com o objetivo de incorporação de ganhos produtivos. Destaca-se o sistema de Muda Pré-Brotada (MPB), reduzindo o volume de mudas utilizados e melhor controle na qualidade de vigor, resultando em canaviais de excelente padrão clonal e, portanto, com maior homogeneidade (LANDELL et al., 2012).

Para produção de mudas a partir do sistema MPB utiliza-se colmos de cana-de-açúcar despalhados e a individualização das gemas é realizada através de um sistema de guilhotina com lâmina dupla (3 cm) devidamente desinfestado. Posteriormente esses toletes são plantados em substrato para brotação e crescimento das mudas, as quais permanecem em ambiente protegido por aproximadamente 45 dias. Em seguida passam por duas fases de aclimação, a primeira em tela de sombreamento e a segunda a céu aberto, estando, após esse período, aptas a serem levadas para o campo (LANDELL et al., 2012).

Nesse sistema o consumo de material de propagação cai de 20 t/ha⁻¹, no sistema convencional, para 2 t/ha⁻¹ no MPB (GOMES, 2013). Comparativamente, o sistema convencional de plantio necessita de 12 a 18 gemas por metro linear, enquanto para o sistema de mudas via minitoletes a recomendação de plantio é de 2 a 3 mudas por metro linear (SILVA et al., 2016).

3. CAPÍTULO I. Caracterização química e patogênica de compostos orgânicos e físico-hídrica de substratos

3.1. Introdução

A crescente preocupação ambiental com a destinação e tratamento de resíduos e a busca por insumos alternativos e de baixo custo, fazem da compostagem uma excelente tecnologia que atenda a ambas demandas. Os compostos orgânicos (COs) são utilizados na agricultura há centenas de anos com o objetivo de aumentar a produção agrícola e a qualidade do solo, além de causar menores impactos edáficos, climáticos e econômicos (SILVA et al., 2013). Além da aplicação no solo, os COs apresentam-se como excelente matéria-prima para formulação de substratos (DE MARCO, 2017; DO CARMO et. al., 2019).

Os COs para serem utilizados como substrato devem possuir boas propriedades físicas, como alta capacidade de reter a umidade e drenar o excesso de água (CORTI & CRIPPA, 1998). Assim como os COs, o substrato também deve possuir características físicas e químicas adequadas para a respectiva cultura a que se destina, como reter água sem diminuir a disponibilidade de oxigênio para as raízes, possibilitando o crescimento e a atividade do sistema radicular das plantas (PAULUS et al., 2011), além de atender normas que garantam sua segurança sanitária e ambiental.

O substrato pode ser obtido através da combinação de diferentes materiais com um determinado objetivo (KAMPF, 2005; KLEIN, 2015), e deve estar livre de agentes patogênicos capazes de causar danos ao homem, animais e plantas.

O reaproveitamento de resíduos na agricultura, além de promover benefícios ambientais, através de sua destinação adequada, também pode trazer economia ao produtor, através da substituição de insumos comerciais. Geralmente os insumos utilizados para produção agrícola geram custos adicionais, especialmente para o agricultor familiar. Na elaboração de substratos, para Caldeira et al. (2014), é necessário identificar matérias-primas regionais e de baixo valor econômico, considerando que alguns materiais estão concentrados em regiões específicas do país.

No caso do Rio Grande do Sul, existem fontes orgânicas com potencial de aproveitamento (MARTINAZZO et al., 2015), como os coprodutos da cadeia produtiva do arroz, tanto a casca de arroz carbonizada (MEDEIROS et al., 2008), quanto a cinza de casca de arroz (GUERRINI & TRIGUEIRO, 2004), apresentam potencial para produção de substratos com baixo custo e eficiência satisfatória.

Segundo dados do Instituto Riograndense do Arroz, a produção de arroz no RS na safra 2018/19 foi de 7.241.458 toneladas. O beneficiamento desse produto gera coprodutos, dos quais a casca representa em torno de 20% do peso de grãos e a cinza representa em torno de 20% do peso da casca (MARTINAZZO et al., 2015).

Além dos coprodutos da cadeia produtiva de arroz, também podemos destacar outros coprodutos de ocorrência regional com potencial agrícola, como os resíduos da indústria sucroalcooleira, especialmente o bagaço de cana-de-açúcar, o qual se produz em torno de 280 kg para cada tonelada de cana processada (ASSAD, 2017); da indústria madeireira e esterco bovino, suíno e avícola (MARTINAZZO et al, 2015).

Sabe-se que a maioria desses resíduos são ricos em nutrientes, por isso tem se pesquisado alternativas de tratamento e reaproveitamento desses produtos (MARTINAZZO et al., 2015). Com base nisso a compostagem apresenta-se como uma opção de tratamento, de baixo custo e eficiente (PEREIRA NETO, 2007).

Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de uso de diferentes COs como matéria-prima na formulação de substratos para produção de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante. Para tal considerou-se o seu enquadramento na legislação ambiental vigente e as características químicas dos COs e físico-hídricas das matérias-primas e dos substratos propostos.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Processo de compostagem

Para a realização da compostagem foram utilizados resíduos agroenergéticos (palha e bagaço de cana-de-açúcar), cama-de-aviário, esterco bovino, casca de acácia e serragem, os quais foram distribuídos em três leiras, conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Resíduos agroenergéticos e agrícolas e seus respectivos volumes, utilizados para realização das compostagens. Pelotas, 2018.

Resíduos	Volume (m ³)		
	Leira I	Leira II	Leira III
Palha Cana-de-açúcar	0,5	1,5	0,5
Bagaço de Cana-de-açúcar	1,0	1,0	2,0
Esterco de gado	1,0	-	-
Serragem	1,5	-	1,0
Cama de aviário	-	1,0	-
Casca de acácia	-	0,5	-
Torta de Tungue	-	-	0,5

No dia 17 de agosto de 2018 foram montadas as leiras de compostagem (Figura 1), nas quais os materiais foram distribuídos em camadas, considerando seus respectivos volumes.



Figura 1- Leiras de compostagem com suas respectivas camadas e resíduos. Pelotas, 2018.

As três leiras de compostagem foram montadas em baias de madeira forradas com lonas plásticas, medindo 1,20 m x 1,30 m x 2,60 m (L x A x C), em ambiente protegido do tipo telado coberto (Figura 2).

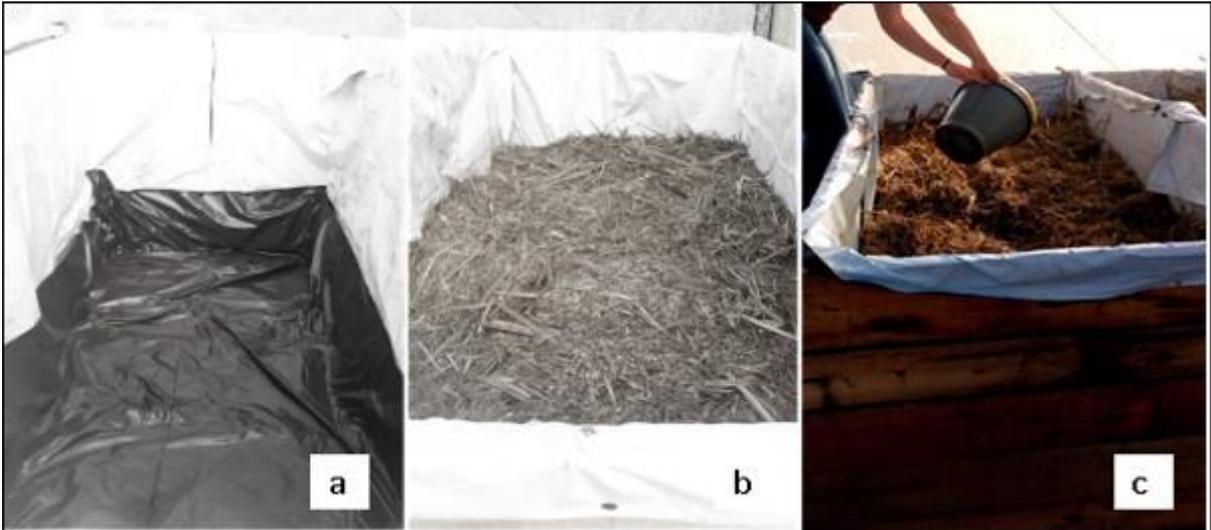


Figura 2 – Baia de madeira com impermeabilização com lonas (a), montagem da leira de compostagem (b) e adição de água sobre a leira (c).

Fotos: Thaís W. Kohler, 2018.

O processo de compostagem teve duração de 210 dias. Durante o processo houve o monitoramento da temperatura, ajustes de umidade e revolvimento das leiras. Para o acompanhamento da temperatura foram alocados dois termômetros em diferentes pontos da leira, os quais foram feitas leituras semanais. O controle de umidade foi realizado semanalmente com adição de água, quando necessário, mantendo-se a umidade entre 40 e 60%. As leiras foram revolvidas a cada 30 dias para manutenção da aeração e aceleração do processo de compostagem.

No dia 07 de dezembro de 2018, 112 dias após a montagem das leiras, devido à dificuldade para a manutenção (monitoramento da umidade, escoamento do chorume e revolvimento), optou-se por retirá-las das baias de madeira e dispô-las sobre lonas no piso, mantendo o manejo (Figura 3).

No dia 15 de março de 2019, 210 dias após a montagem inicial das leiras os COs foram peneirados, mantendo uma granulometria máxima de 10 mm. Considera-se como CO1, CO2 e CO3 os compostos oriundos do processo de compostagem das leiras I, II e III respectivamente.

Posteriormente, foram coletadas amostras representativas de cada CO para realização da caracterização química e de agentes patogênicos.



Figura 3- Leira de compostagem disposta sobre lona.

Fonte: Thaís W. Kohler, 2019.

3.2.2. Caracterização química e patogênica dos Compostos Orgânicos

Para caracterização química dos COs foram coletadas amostras de diferentes pontos de cada leira, as quais foram misturadas e homogeneizadas. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 60°C, moídas e passadas em peneira com malha de 0,5 mm, juntamente com uma amostra do substrato comercial (SC) Turfa Fértil® utilizado como testemunha no presente trabalho.

A caracterização química dos COs e do SC foi realizada na Central Analítica da Embrapa Clima Temperado. Utilizou-se o método de digestão em chapa de aquecimento (Figura 4 a) e quantificação por MP-AES (Figura 4 b) para fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, cobre, ferro, manganês, zinco (SILVA, 2009), método da combustão úmida/Walkey Black para carbono e Kjeldahl para nitrogênio.

A determinação do pH foi feita, seguindo-se o método descrito pelo MAPA através da Instrução Normativa nº 17 de 21 de maio de 2007 (BRASIL, 2007). Para análise de CE utilizou-se o método padrão da norma brasileira, e recomendado pela Sociedade Internacional de Ciências Hortícolas. Para realização das análises utilizou-se uma amostra de substrato e água deionizada na proporção 1:5 (volume:volume). Nesta suspensão foi colocada 60 mL de amostra (calculada segundo a densidade) e 300 ml de água em recipiente com capacidade de 500 ml. Com o auxílio de um agitador mecânico, tipo Wagner com rotação de 40 rpm, a amostra foi homogeneizada durante 60 minutos. Após, o material foi filtrado,

descontando-se os primeiros 10 mL e foi realizada a leitura dos valores de CE e pH em leitor digital da marca AKSO, modelo AK151 (Figura 5).

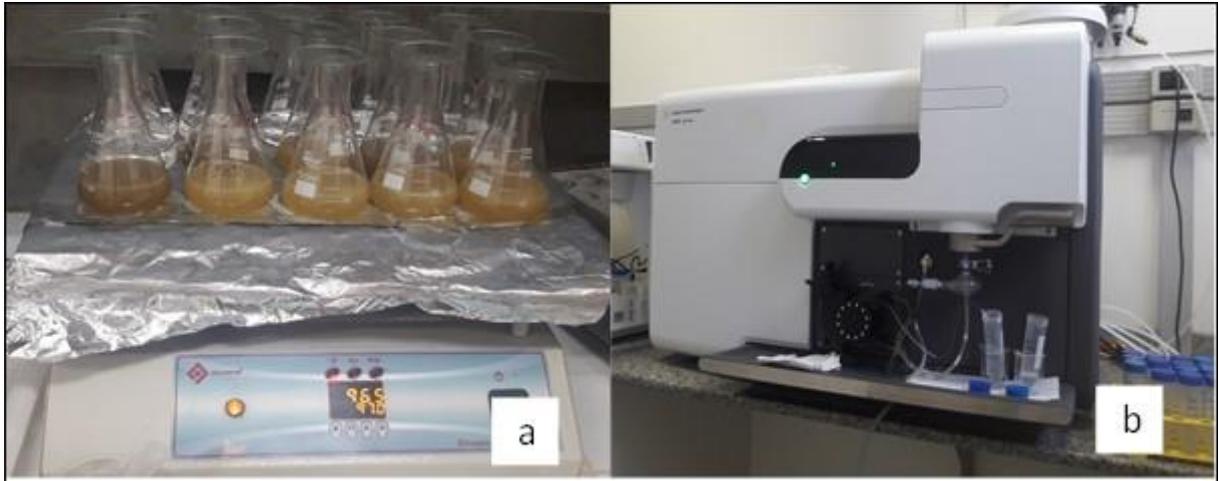


Figura 4- Método de digestão em chapa de aquecimento (a) e quantificação por ICP-OES utilizando equipamento MP-AES 4200.

Fonte: Thaís W. Kohler, 2019.

As análises de patogenicidade, especificamente coliformes termotolerantes, ovos de helmintos e *salmonella*, foram realizadas pelo laboratório Químioambiental Eireli EPP. Para análise de coliformes termotolerantes, foi utilizada a método Standard Methods 9223 B; para ovos de helmintos utilizou-se microscopia ótica e para *Salmonella* contagem em placa.



Figura 5- Determinação de pH e condutividade elétrica de compostos orgânicos e substratos.

Fonte: Thaís W. Kohler, 2019.

3.2.3. Caracterização físico-hídrica, pH e CE de substratos alternativos à base de Compostos Orgânicos

Ao final do processo de compostagem os três COs foram combinados individualmente com casca de arroz carbonizada (CAC) e cinza de casca de arroz (CCA) em diferentes proporções (volume: volume: volume), conforme apresentado na Tabela 2. Como testemunha utilizou-se o substrato comercial Turfa Fértil®.

A casca de arroz e a CCA foram doadas pela indústria Arrozeira Pelotense. A CCA é resultante da queima da casca de arroz para geração de energia termoelétrica.

Para carbonização da casca de arroz utilizou-se um carbonizador, constituído por um tambor de metal de 200 L e uma chaminé (Figura 6a). O tambor foi preenchido com a casca de arroz e ateado fogo (Figura 6b) e colocou-se a chaminé. Após esse procedimento a casca de arroz carboniza da parte superior até à base, o processo dura em torno de 5 horas. Após esse período o material já carbonizado foi espalhado no piso de cimento e molhado com auxílio de uma mangueira para redução da temperatura. O processo de carbonização apresentou um rendimento de cerca de 70%.



Figura 6- Carbonizador (a); casca de arroz carbonizando (b).

Fonte: Thaís W. Kohler, 2019.

Tabela 2- Composição dos substratos propostos a base de três compostos orgânicos, casca de arroz carbonizada (CAC) e cinza de casca de arroz (CCA). Pelotas, 2019.

Tratamento	CO1	CO2	CO3	CAC	CCA
T1	Substrato comercial Turfa Fértil®				
T2	25,0	--	--	37,5	37,5
T3	50,0	--	--	25,0	25,0
T4	75,0	--	--	12,5	12,5
T5	100,0	--	--	--	--
T6	--	25,0	--	37,5	37,5
T7	--	50,0	--	25,0	25,0
T8	--	75,0	--	12,5	12,5
T9	--	100,0	--	--	--
T10	--	--	25,0	37,5	37,5
T11	--	--	50,0	25,0	25,0
T12	--	--	75,0	12,5	12,5
T13	--	--	100,0	--	--

Após a formulação, os substratos foram caracterizados conforme suas propriedades físico-hídricas no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado, de acordo com a Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007 (BRASIL, 2007). As variáveis analisadas foram:

- Densidade úmida (g cm^{-3}): utilizou-se o método de auto compactação (MAPA, 2007). O método consiste em preencher uma proveta plástica transparente e graduada, de 500 mL, com o substrato na umidade atual, até a marca de 300 mL (Figura 7 A). Deixa-se cair sob ação do seu próprio peso, de uma altura de 10 cm, por dez vezes consecutivas, obtendo-se o volume final e seu peso (Figura 7 B). Para obtenção da densidade seca os substratos foram secos em estufa a 65°C , por 48 horas. O valor da densidade úmida foi obtido através da divisão da massa úmida pelo volume multiplicado por 1000.
- Retenção de água nos substratos: foi determinada pelo método da mesa de tensão (KIEHL, 1979). Onde preencheu-se os cilindros conforme a densidade determinada (Figura 7B), estes foram colocados para saturar por 48h (Figura 7C), após este período os cilindros foram submetidos a mesa de tensão nas diferentes alturas de coluna d'água (0 hPa, 10 hPa, 50 hPa e 100 hPa).



Figura 7- Amostra alocada no suporte para proveta a 10 cm de altura (A), pesagem da amostra em balança de precisão (B) e materiais postos a saturar imersos em água a 1/3 da altura do cilindro.

Fonte: Thaís W. Kohler, 2019.

A partir dos valores encontrados, calculou-se as seguintes variáveis (FERMINO, 2014):

- Porosidade Total (PT): Corresponde a umidade volumétrica obtida entre a diferença nas amostras saturadas (0 hPa) e seca.
- Espaço de aeração (EA): É a diferença obtida entre a porosidade total e a umidade volumétrica na tensão de 10 cm (10 hPa).
- Água Facilmente disponível (AFD): Volume de água encontrada entre os pontos 10 e 50 cm (10 e 50 hPa).
- Água tamponante (AT): É a umidade volumétrica liberada entre 50 e 100 cm (50 e 100 hPa).
- Água disponível (AD): Volume de água liberado entre 10 e 100 cm (50 e 100 hPa).
- Água remanescente (AR): Volume de água que permanece na amostra após ser submetida à tensão de 100 hPa.

3.3. Resultados e discussão

3.3.1. Monitoramento da temperatura das leiras de compostagem

O início do monitoramento da temperatura das leiras de compostagem ocorreu sete dias após a instalação das mesmas, e seu acompanhamento foi

realizado até o final do processo (210 dias após a instalação), o revolvimento das mesmas ocorreram 24, 61, 112 e 149 dias após a instalação.

Observa-se que a leira I não atingiu a fase termofílica (45°C à 65°C) durante o processo, a temperatura da leira variou de 24°C à 42°C (Figura 8), ou seja, a leira permaneceu apenas na fase mesofílica. Resultados semelhantes foram encontrados por Battisti (2011), ao avaliar a eficiência do esterco bovino e do microrganismo EM-4 na compostagem com resíduos de poda de árvores, onde o processo de compostagem atingiu temperaturas máximas de 30°C.

Entretanto, em compostagens onde são utilizados materiais com potencial de contaminação, como no caso do esterco bovino e da cama-de-aviário, presentes nas leiras I e II, a elevação da temperatura é imprescindível para o eficaz controle ou eliminação de patógenos. Sahlström et al. (2008), afirmam que são necessários temperaturas acima de 55°C para sanitização de COs.

Na leira II, observa-se que fase termofílica teve início 10 dias após a instalação, com temperatura variando de 45°C à 48°C, contabilizando 14 dias nessa fase. Após esse período a leira permaneceu durante 90 dias com temperaturas variando de 27°C à 43°C, característicos da fase mesofílica.

De modo geral a leira III apresentou um comportamento semelhante a leira II em relação as fases iniciais da compostagem, permanecendo durante 14 dias na fase termofílica, com temperaturas variando de 45°C a 59°C e 94 dias na fase mesofílica com temperaturas entre 27°C à 44°C. Magalhães et al. (2006) ao avaliar compostagem de bagaço de cana-de-açúcar, obtiveram temperaturas entre 45°C e 65°C nos 26 primeiros dias de compostagem. Já Oliveira (2010), testando composto à base de bagaço de cana de açúcar mais esterco bovino, obteve temperaturas próximas de 60° C nos primeiros 9 dias.

Observa-se na Figura 8, que por volta de 115 dias após a instalação ocorre a elevação da temperatura novamente. Esse fato ocorreu devido à disposição das leiras sob o solo (112 dias após a instalação), havendo um revolvimento total do material e maior aeração. Após esse evento a leira II permaneceu durante 21 dias com temperaturas acima de 45°C, posteriormente reduzindo até alcançar a temperatura ambiente. Já a leira III permaneceu com temperaturas elevadas até o ducentésimo quinto dia. Isso indica que devido a maior disponibilidade de oxigênio

no sistema, houve aceleração do processo pela metabolização de compostos mais facilmente decomponíveis (COSTA et al., 2005).

Kwak et al. (2005), realizando compostagem de pilhas de cama de aviário obtiveram um aumento maior da temperatura com o aumento da aeração, o que promoveu transformações microbiológicas e químicas mais intensas nestas pilhas.

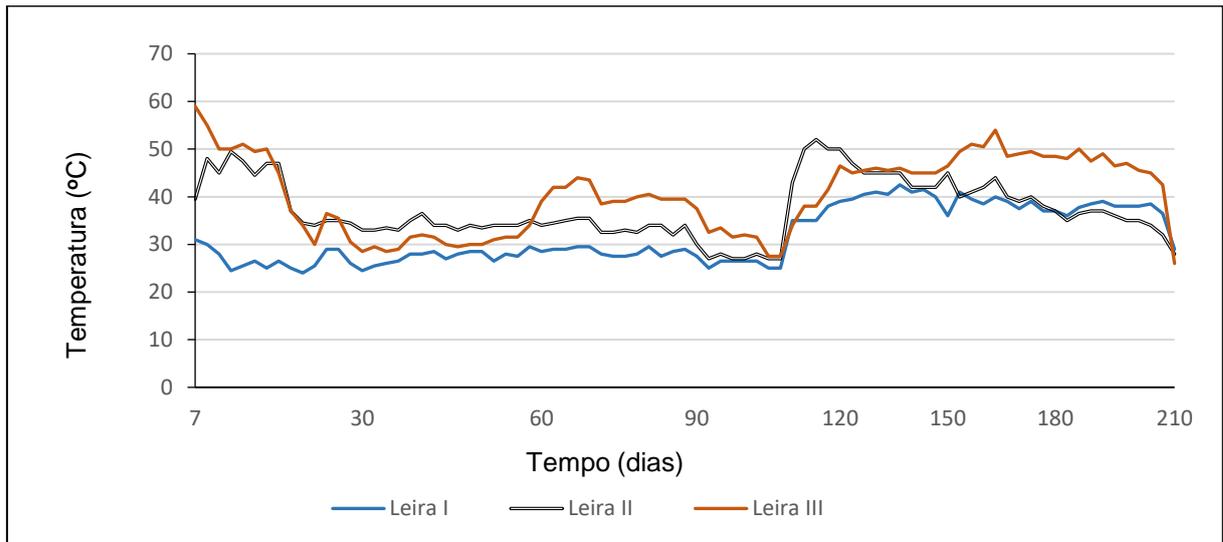


Figura 8 - Monitoramento da temperatura das diferentes leiras de compostagem ao longo de 210 dias, (média dos dois termômetros).

Segundo Paixão et al. (2012) a temperatura está relacionada com vários fatores, como o tipo de material usado para constituir as leiras, relação C/N do material, onde materiais com relação C/N baixa aquecem-se rapidamente.

3.3.2. Caracterização química dos Compostos Orgânicos e do substrato comercial

Os COs analisados e o substrato comercial Turfa Fértil® apresentaram características químicas distintas (Tabela 3). Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), o CO2 apresentou o maior valor (6,81), atendendo ao valor mínimo preconizado pela Instrução Normativa nº 25/2009 do MAPA (BRASIL, 2009), que determina que o pH para fertilizantes orgânicos classe A deve ser igual ou superior a 6,0. Os COs 1 e 3 apresentaram valores de 5,37 e 5,56 respectivamente, ou seja, valores próximos do ideal. O SC apresentou pH de 5,77, valor considerado como ideal para uso como substrato para a maioria das culturas

Tabela 3 - Caracterização química de três diferentes compostos orgânicos e substrato comercial (SC) Turfa Fértil.

Parâmetros	Unidade	CO1	CO2	CO3	SC
pH		5,37	6,81	5,56	5,77
Relação C/N		57,50	15,20	54,11	-
Nitrogênio	%	0,54	1,18	0,65	-
Fósforo	%	0,14	0,90	0,28	0,40
Potássio	%	0,30	0,71	0,55	0,18
Cálcio	%	0,37	2,48	0,39	1,99
Magnésio	%	0,11	0,72	0,18	0,20
Alumínio	mg/kg	2153,5	5561,8	1131,5	4245,5
Cobre	mg/kg	<40	<40	<40	<40
Ferro	mg/kg	1449,9	4859,8	712,3	5019,7
Manganês	mg/kg	270,4	326,6	106,4	140,1
Zinco	mg/kg	66,5	225,0	75,9	59,0

Os compostos apresentaram relações C/N distintas. Observa-se que os resultados encontrados nos COs 1 e 3 estão bem acima dos valores ideais recomendados pela Instrução Normativa N° 25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009), que estabelece um valor máximo de 20/1. Esses valores podem estar relacionados a grande quantidade de serragem presente nas duas leiras (1,5 m⁻³ na leira I e 1,0 m⁻³ na leira III). Em vista disto, recomenda-se utilizar quantidades reduzidas desse material. O CO2 apresentou resultados satisfatórios para relação C/N (15,2/1).

A relação C/N é um fator importante que afeta a qualidade do composto e do processo de compostagem (ZHU, 2005). O equilíbrio da relação C/N é um fator de importância fundamental na compostagem, já que, o principal objetivo do processo é criar condições para fixar nutrientes, de modo a serem posteriormente utilizados como adubo (MARAGNO et al., 2007). Para Souza & Resende (2003), não há restrição para usar um composto de relação C/N elevada em lavoura, porém para a comercialização como adubo orgânico, é necessário que o produto passe por um período maior de maturação, a fim de reduzir a relação C/N.

Quanto ao teor de nitrogênio (N), o CO2 mostrou-se superior aos demais COs, com 1,18%, valores similares a outros materiais orgânicos utilizados na agricultura, como esterco bovino, vinhaça in natura e torta de filtro (TRANI & TRANI, 2011). De maneira geral, o N é o nutriente mineral mais exigido pelas plantas

(FAQUIN, 2005). Entre os nutrientes na cana-de-açúcar, é o elemento absorvido em maior quantidade (PRADO et al., 2005). Segundo Mistura et. al, (2004), a adubação nitrogenada juntamente com o fornecimento adequado de água, promove um incremento da composição químico-bromotológica de todas as partes aéreas das plantas de capim-elefante.

Em relação ao teor de fósforo (P) o CO₂ apresentou valor superior aos demais. Malavolta et al. (1997), afirmam que o P é considerado um macronutriente essencial pois satisfaz os dois critérios da essencialidade, diretamente por participar de compostos e reações vitais para as plantas, e indireto porque na sua ausência a planta não completa seu ciclo de vida, não podendo ser substituído por outros. Lopes (1989) também afirma que o P além de promover a formação e o crescimento prematuro de raízes, melhora a eficiência no uso da água, e quando em alto nível no solo, ajuda a manter a absorção deste pelas plântulas, mesmo sob condições de alta tensão de umidade do solo.

Observa-se que os três COs apresentaram valores superiores de potássio (K) ao encontrado no SC. O K é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, perdendo apenas para o N. As plantas produtoras de amido, açúcar e fibras parecem ser particularmente exigentes em K (FAQUIN, 2005).

O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) são conhecidos como macronutrientes secundários. A deficiência de Ca é rara sob condições de campo, exceto no caso de culturas com exigências especiais, como exemplo o tomate, maçã, amendoim, citros e outros. Já para o Mg, as exigências das culturas são relativamente baixas, da ordem de 10 a 40 kg/ha para a maior parte dos casos; sendo que os teores nas folhas das plantas normais variam pouco entre as espécies, estando em geral na faixa de 0,2 a 0,4%. (FAQUIN, 2005). Para ambos macronutrientes secundários o CO₂ apresentou maiores valores que os demais.

Para teores de alumínio (Al), os valores variaram de 1131,5 mg/kg a 5561,8 mg/kg nos COs estudados, o SC apresentou 4245,5 mg/kg. O Al é considerado um elemento tóxico, porém em valores de pH maiores que 5,8 a 6,0, praticamente todo o Al aparece na forma insolúvel (Al (OH)³) portanto, não tóxico para as plantas.

O teor de cobre (Cu) manteve-se baixo nos quatro materiais analisados (<40,0 mg/kg). Para os micronutrientes manganês e zinco o CO2 apresentou os maiores teores, já para ferro o SC foi superior aos COs analisados.

Comparando os resultados encontrados nos três COs e no SC para teores de nutrientes, observa-se que CO2 apresentou valores superiores aos demais, exceto para ferro (Fe) no qual o SC foi superior.

3.3.3. Caracterização de agentes patogênicos em Compostos Orgânicos

As concentrações dos agentes patogênicos, especificamente coliformes termotolerantes, ovos de helmintos e *Salmonella sp.*, avaliados nos COs, foram comparados com os limites permitidos pela Instrução Normativa SDA Nº 27 de 05 de Junho de 2006 e alterada pela Instrução Normativa Nº 07/2016 (BRASIL, 2016), a qual estabelece os limites máximos para agentes patogênicos ao homem, animais e plantas em fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes e também em substrato para plantas.

As concentrações dos agentes patogênicos nos COs 2 e 3 encontram-se abaixo dos limites máximos permitidos pelas legislações acima citadas, portanto não constituem fator impeditivo para o uso agrícola e como matéria-prima para composição de substratos para plantas (Tabela 4).

Tabela 4 - Agentes patogênicos nos compostos orgânicos e limites máximos permitidos pelas legislações vigentes.

Parâmetro	CO1	CO2	CO3	Limites IN Nº 27/2006 ¹
Coliformes termotolerantes (<i>E. coli</i>) (NMP ² /g de MS ³)	17.000,00	<180,00	<180,00	1.000,00
Ovos de Helmitos- (nº em 4g ST ⁴)	11.000,00	<1,00	<1,00	1,00
Salmonella sp.	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência em 10g de matéria seca

¹MAPA IN SDA nº 27 de 2006 (Alterada pela IN SDA nº 7 de 2016) – Limites máximos de contaminantes admitidos em substratos para plantas; ²NMP - Número mais provável; ³MS - Matéria Seca; ⁴ST- Sólidos Totais.

O CO1 apresentou valores acima dos limites estipulados pelas legislações vigentes para coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, portanto não pode ser

destinado ao uso como fertilizante agrícola ou matéria-prima para produção de substrato. Possivelmente após passar por um tratamento térmico ou caleação este produto teria condições de ser utilizado para esses fins.

A presença de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos no CO1 se dá devido a presença de esterco bovino utilizado na leira 1, a qual apresentou temperatura máxima de 42,5°C, ou seja, não atingiu a temperatura mínima necessária para eliminação dos patógenos. A eliminação de microrganismos patogênicos durante a compostagem está intimamente ligada ao aumento de temperatura das leiras e a capacidade de manter as altas temperaturas por um determinado tempo. Sahlström et al. (2008), estudaram a presença de coliformes patogênicos inoculados em substrato em temperaturas na faixa de 55 a 70 °C, variando o tempo de exposição dos microrganismos de 30 a 60 minutos. Os autores constataram que a exposição das amostras a 55 °C por 60 minutos promoveu a eliminação completa dos coliformes do substrato, corroborando com KIEHL (1985) que afirma que para a destruição dos Coliformes Termotolerantes são necessárias temperaturas de no mínimo 55°C durante 60 minutos. Silva (2009) afirma que altas temperaturas também são essenciais para destruição dos ovos de helmintos.

Valente et al. (2009) afirmam que a compostagem é mais eficiente quando se mantém temperaturas termófilas, porque reduz um maior número de microrganismos patogênicos, além de diminuir os fatores fitotóxicos, que inibem a germinação de sementes.

3.3.4. Potencial Hidrogeniônico e Condutividade elétrica dos substratos a base de COs

O monitoramento do pH e da condutividade elétrica (CE) é necessária para caracterizar o meio em que a cultura está se desenvolvendo. Enquanto o pH influencia na disponibilidade de nutrientes para a planta (TAIZ & ZEIGER, 2013), a CE pode ser utilizada como indicativo da quantidade de sais solúveis dissolvidos no meio (CAVINS et al., 2000).

Os valores de pH foram influenciados pelas diferentes proporções de CCA e CAC presentes nos substratos, as quais possuem os maiores valores de pH entre as matérias-primas utilizadas para formulação dos mesmos (Figura 9). Observa-se que

a adição dessas matérias-primas promoveu o aumento do pH do meio, visto que os COs puros (100%) possuem os menores pHs.

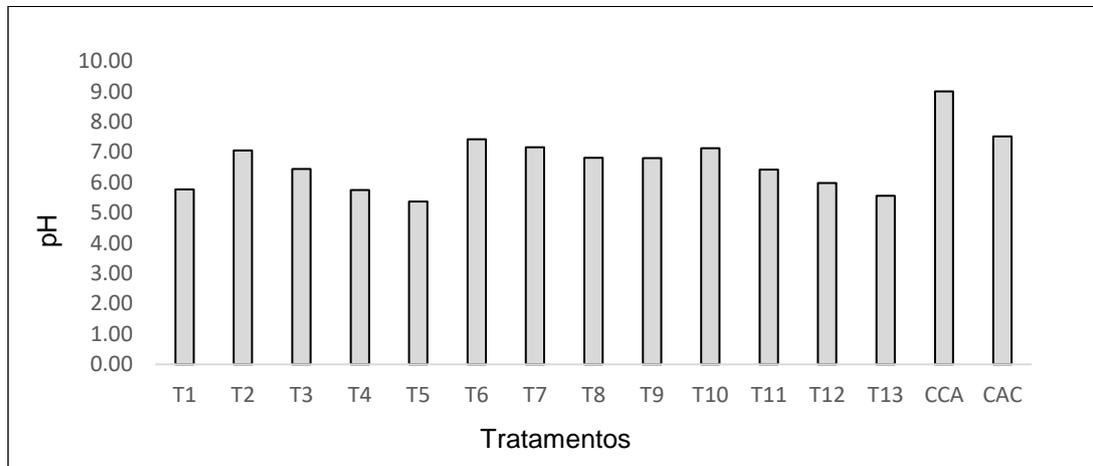


Figura 9- Potencial Hidrogeniônico em diferentes substratos a base de CO. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

Para Brito (2017), a faixa de pH ideal para um substrato varia muito de acordo com a espécie a ser cultivada, porém pode-se considerar a faixa de 5,5 a 6,5 ideal para maioria das culturas ocorrendo a disponibilidade da maioria dos nutrientes. Kämpf (2005) descreve nove faixas, desde extremamente baixo (<4,5), até extremamente alto (>6,9), sendo considerado como valor ótimo para substratos sem solo mineral, a faixa de 5,2 a 5,5.

De maneira geral constatou-se que todos os substratos que continham as doses de 37,5% CCA + 37,5 CAC (T2, T6 e T10), independentemente do CO utilizado apresentaram valores de pH acima do ideal. Esse fato já era esperado devido aos altos valores de pH apresentados pelas duas matérias-primas (CCA: 9,0; CAC: 7,52).

Quanto a influência do CO utilizado, podemos observar que todos os substratos formulados a partir do CO2 (T6, T7 e T8), assim como o próprio CO2 (T9) apresentaram valores elevados (7,43; 7,16; 6,81 e 6,81 respectivamente). Apesar de apresentarem valores superiores aos ideais para que ocorra a disponibilidade da maioria dos nutrientes, não se observou sintomas de deficiência nutricional nas plantas cultivadas nos tratamentos T6 à T9.

Para CE, os maiores valores foram encontrados nos substratos formulados a partir do CO₂ (T6 à T9), variando de 0,80 mS/cm à 2,00 mS/cm, observa-se um aumento linear conforme o aumento da dose do composto na mistura (Figura 10). Já os substratos formulados a partir do CO₁ (T2 à T5) apresentaram os mesmos valores independentemente da dose utilizada, equiparando-se aos valores encontrados na CCA e na CAC (0,30 mS/cm). Para os substratos que continham o CO₃ em sua formulação (T10 à T13), observou-se valores semelhantes, onde a dose 100% CO₃ apresentou valores ligeiramente superiores as demais doses. A medida de CE tem como função estimar o conteúdo de sais solúveis de um meio de crescimento. Os valores de CE geralmente são utilizados como indicadores do nível de nutrientes, na hipótese de que a maioria dos nutrientes são sais prontamente solúveis (SILVA, 2018).

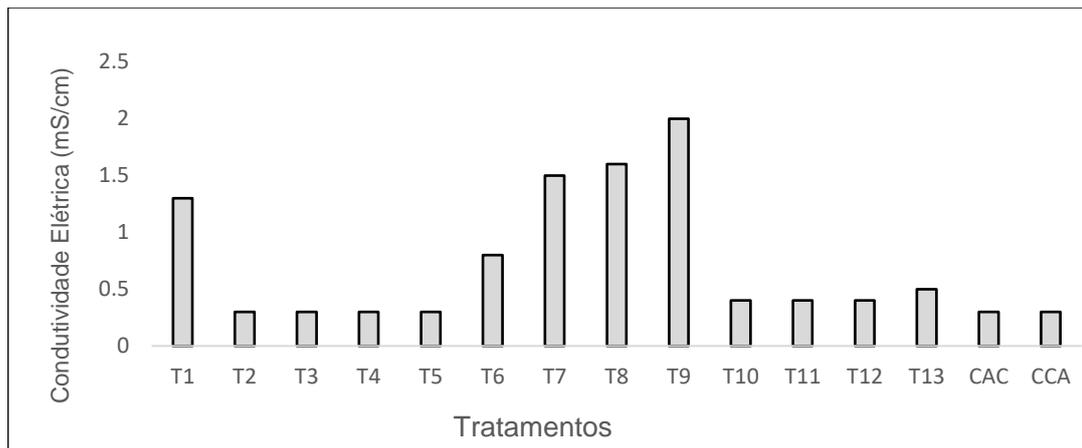


Figura 10- Condutividade Elétrica em diferentes substratos a base de CO. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO₁ + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO₁ + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO₁ + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO₁; T6: 25% CO₂ + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO₂ + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO₂ + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO₂; T10: 25% CO₃ + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO₃ + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO₃ + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO₃.

3.3.5. Caracterização físico-hídrica dos substratos formulados a partir de diferentes COs, CCA e CAC.

As matérias primas utilizadas nas formulações influenciaram significativamente a composição física e os atributos hídricos DS, EA, PT, AFD, AT, AD e AR dos substratos.

A densidade seca (DS) foi significativamente influenciada pela composição dos substratos avaliados (Figura 11A). Para a característica DS os maiores valores foram encontrados na testemunha (335,00 Kg m⁻³), T9 (315,00 Kg m⁻³) e T8 (294,00

Kg m⁻³), sendo esses (T8 e T9) compostos pelas duas maiores doses de CO₂ (75% e 100% respectivamente). O menor valor de DS foi observado no tratamento T12 (123 Kg m⁻³) e no tratamento T4 (137 Kg m⁻³), os tratamentos apresentam em sua composição 75% de CO (CO₃ e CO₁ respectivamente), 12,5% de CCA e 12,5 CAC.

Segundo Kämpf (2005), valores adequados de densidade em base seca devem ser definidos conforme o tamanho do recipiente. Para a produção de mudas de cana-de-açúcar e dos capins-elefante, proposta de uso dos substratos no presente trabalho, foram utilizados tubetes (5 cm de diâmetro e 15 cm de altura), sendo a DS considerada ideal de 250 a 400 kg m³, conforme sugerido por Kämpf (2005) e Fermino (2002) para vasos de até 15 cm de altura. Desta forma, apenas os tratamentos T7 (250 Kg m⁻³), T8 294,41 Kg m⁻³) T9 (314,51 Kg m⁻³) estão dentro desta faixa considerada ideal. De acordo com Bellé (1995), materiais muito leves, com baixa densidade, fornecem pouca estabilidade para plantas em vaso, e materiais muito pesados (densidade alta) possuem pouca porosidade, prejudicando o crescimento radicular.

Para a variável PT, T5 apresentou os maiores valores (81%) não diferindo estatisticamente de T2 (78%), T3 (80%), T8 (78%), T9 (77%), T11 (78%) e T13 (76%). Para De Boodt & Verdonck (1972) os valores considerados ideais para a variável variam de 80 a 90%. Portanto observa-se que a maioria dos substratos se encontram na faixa ideal ou muito próxima (Figura 11B). Zorzeto (2014) afirma que a baixa porosidade pode interferir negativamente nas trocas gasosas, na drenagem e movimentação da água. Por isso, substratos com porosidade elevada facilitam a aeração do sistema radicular, porém podem resultar em baixa retenção de água, fato que resulta em formulação pouco resiliente a estresses hídricos.

O EA variou de 11% (T1) a 35% (T2), sendo considerados como adequados para cultivo valores entre 20 e 30% (DE BOODT & VERDONCK, 1972). Portanto, pode-se observar que os tratamentos T1 (11%), T9 (15%), T10 (18%), T12 (17%) e T13 (18%) apresentaram valores inferiores a 20%. Já T2 apresentou superiores ao recomendado (Figura 11C).

Para a AFD, pode-se observar que os substratos T10 (34%) e T11 (31%) foram superiores aos demais substratos avaliados (Figura 11D). A AFD é liberada sob baixas tensões, portanto não constitui um reservatório significativo de água para

as plantas. Desta forma, quando no substrato há grande percentual de AFD, faz-se necessário o prolongamento nas regas, não sendo viável para o viveirista do ponto de vista de manejo este tipo de substrato (DA COSTA et al., 2017). Fermino (2014) e Boodt & Verdonck (1972) sugerem como faixa ideal para AFD uma retenção entre 20 e 30%, portanto, os substratos T4 (18%) e T8 (17%) à T11 (31%) apresentaram valores fora da faixa ideal sugerida pelos autores. Na figura 11D também podemos observar que a CCA apresenta altos valores para AFD, influenciando na composição dos substratos, nos quais houve um acréscimo nos valores para AFD conforme o aumento das doses CCA e CAC. De acordo com De Boodt & Verdonck (1972) a água deve estar disponível às plantas sob baixas tensões, evitando assim estresse hídrico ou desvio da energia que seria utilizada para o crescimento para a absorção de água pelas plantas.

Para De Boodt & Verdonck (1972), o valor ideal de AT fica em torno de 4 a 10%, o que proporciona suprimento hídrico adequado para as plantas, o qual foi encontrado nos tratamentos T1 (5,47%), T2 (4,02%), T5 (4,19%), T6 (4,57%), T7 (5,08%), T8 (4,12%) T9 (5,1%) e T10 (4,37%), portanto, em caso de stress hídrico é possível que estes substratos proporcionem suprimento hídrico para as plantas neles estabelecidas. Os demais tratamentos apresentaram valores inferiores ao recomendado pelos autores (Figura 11E). Esta água, embora possa ser utilizada pelas plantas em caso de estresse hídrico, exige um grande gasto de energia (FERMINO, 2002).

Quanto a água disponível a maioria dos substratos apresentaram valores considerados ideais (entre 20% e 30%), com exceção dos tratamentos T6 (32,04%), T10 (38,61%) e T11 (34,68%), os quais apresentaram valores um pouco acima da faixa ideal (Figura 11F).

Para AR, os substratos T2 (14,97%) e T10 (14,57%) apresentaram os menores valores. Salienta-se que esses substratos continham 75% de CCA+CAC, material esse que possui baixos valores de AR, ou seja, a adição de altas doses desses materiais na composição dos substratos ocasionou uma liberação mais rápida da água, reduzindo os teores de AR nos dois tratamentos. De maneira geral apenas o substrato T7 apresentou valores satisfatórios para a variável (26,05%) (Figura 11G). Embora a água remanescente não seja disponível à maioria das plantas, sua principal importância está na influência sobre algumas propriedades do

substrato, como: condutividade elétrica, capacidade térmica e condutividade hidráulica (SCHMITZ, 2002). Segundo Kämpf (2005), substratos com volumes altos de água remanescente (>30%) apresentam drenagem insatisfatória. Portanto neste tipo de material, recomenda-se a mistura com condicionadores que apresentem baixos percentuais de água remanescente, pois, do contrário, a dificuldade de drenagem acarretará insuficiente disponibilidade de oxigênio às raízes (SCHAFER et al., 2015).

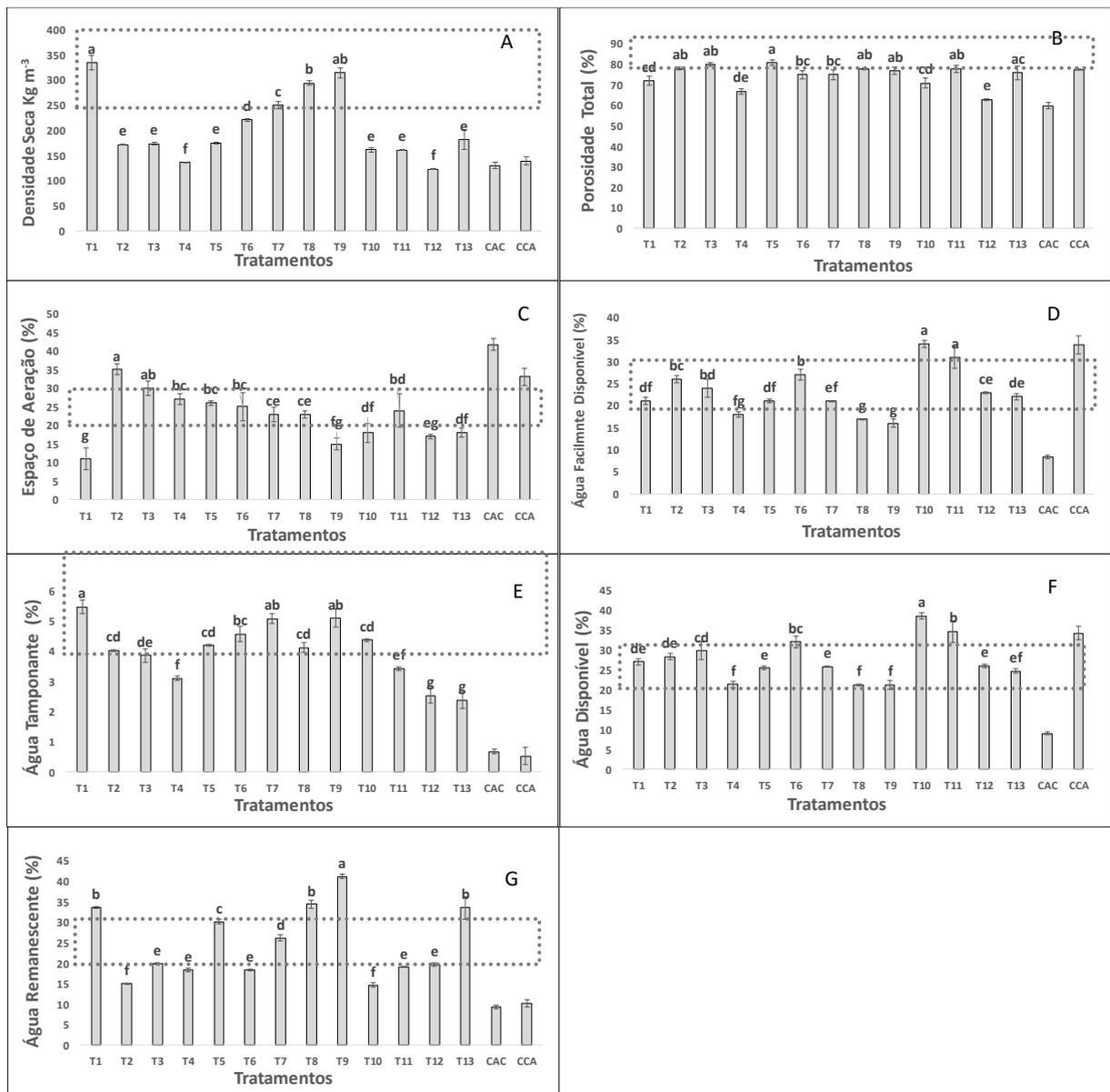


Figura 11 - Caracterização físico-hídrica de substratos à base de compostos orgânicos, cinza de casca de arroz e casca de arroz carbonizada.

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

3.4. Conclusões

O composto orgânico 2, oriundo do processo de compostagem de cama-de-aviário, bagaço e palha de cana-de-açúcar e casca de acácia, apresenta a melhor combinação de características químicas, físicas e microbiológicas.

O composto orgânico 1, oriundo do processo de compostagem de esterco bovino, bagaço e palha de cana-de-açúcar e serragem apresenta valores superiores aos limites permitidos pela legislação vigente para coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, sendo, portanto, não recomendado sua utilização como fertilizante agrícola e matéria-prima para formulação de substratos agrícolas.

A combinação dos diferentes compostos orgânicos com cinza da casca de arroz e casca de arroz carbonizada proporcionam aos substratos avaliados características físico-hídricas e pH adequados à produção de mudas de cana-de-açúcar e capim elefante.

4. CAPÍTULO II. - Desempenho agrônômico de mudas de cana-de-açúcar e capins-elefante conduzidas em substratos a base de Compostos Orgânicos

4.1. Introdução

Com o crescimento populacional observa-se uma demanda por alimentos, combustíveis e recursos naturais cada vez maior, o que sugere esforços na busca de sistemas mais produtivos e a custos mais baixos. Uma das maneiras de incrementar a produtividade das lavouras é com o uso de mudas de qualidade. Com base nisso, o sistema de plantio através de mudas pré-brotadas (MPB) visa aumentar a eficiência econômica e minimizar os problemas fitossanitários na implantação de viveiros, replantio, renovação e expansão de áreas comerciais de cana-de-açúcar (SILVA et al., 2016).

Entre as vantagens do sistema de produção de mudas está o estabelecimento da cultura com espaçamento ou população predeterminada de plantas, com mudas de tamanho selecionado e uniforme, diminuição dos problemas fitossanitários, e menor competição inicial com as plantas daninhas (MINAMI, 1995).

Segundo Lee et al., (2007) na implementação de um canavial a produção das mudas constitui uma fase importante do processo produtivo, pois o transplante de mudas sadias pode aumentar a produtividade da cultura de 10 a 30% e a longevidade dos canaviais em 30%.

Assim como na cultura da cana-de-açúcar, o capim-elefante apresenta propagação vegetativa, podendo ser utilizado o sistema de minitoletes. Com base nisso justifica-se a importância de desenvolvimento de pesquisas que visem o aperfeiçoamento de substratos de qualidade para a produção de mudas mais vigorosas e com bom desenvolvimento inicial nas lavouras.

Segundo Caldeira (2000), a formação de mudas de qualidade está relacionada com o nível de eficiência do substrato, portanto, são de grande importância estudos relacionados aos seus componentes. O uso de resíduos orgânicos como o esterco, a casca de arroz carbonizada, cama de aviário (KLEIN, 2015), quando disponíveis na região de produção, podem contribuir para redução de custos e do impacto ambiental negativo.

Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho agrônomo de mudas de cana-de-açúcar e capim-elefante em substratos desenvolvidos a base de COs, CCA e CAC.

4.2. Material e métodos

Os ensaios de eficiência agrônoma dos substratos a base de compostos orgânicos, foram instalados no dia 08 de maio de 2019 e conduzidos em casa de vegetação, com controle de temperatura (10°C - 38°C), na Sede da Embrapa Clima Temperado, localizada em Pelotas/RS.

As mudas das espécies estudadas foram produzidas a partir de minitoletes individualizados de colmos, seguindo a metodologia adaptada de Landell et al. (2012). A individualização dos toletes foi feita com o auxílio de um sistema de guilhotina com lâmina dupla (Figura 12a), separando as gemas viáveis (Figura 12b), as quais foram plantadas em tubetes (175 cm³) contendo os diferentes substratos formulados a base dos compostos orgânicos (Figura 12c), e levados para casa de vegetação, para brotação das gemas e desenvolvimento das mudas. Para produção das mudas de cana-de-açúcar foram utilizados os genótipos RB867515 (ciclo tardio) e RB966928 (ciclo precoce). A irrigação foi realizada através de aspersão.

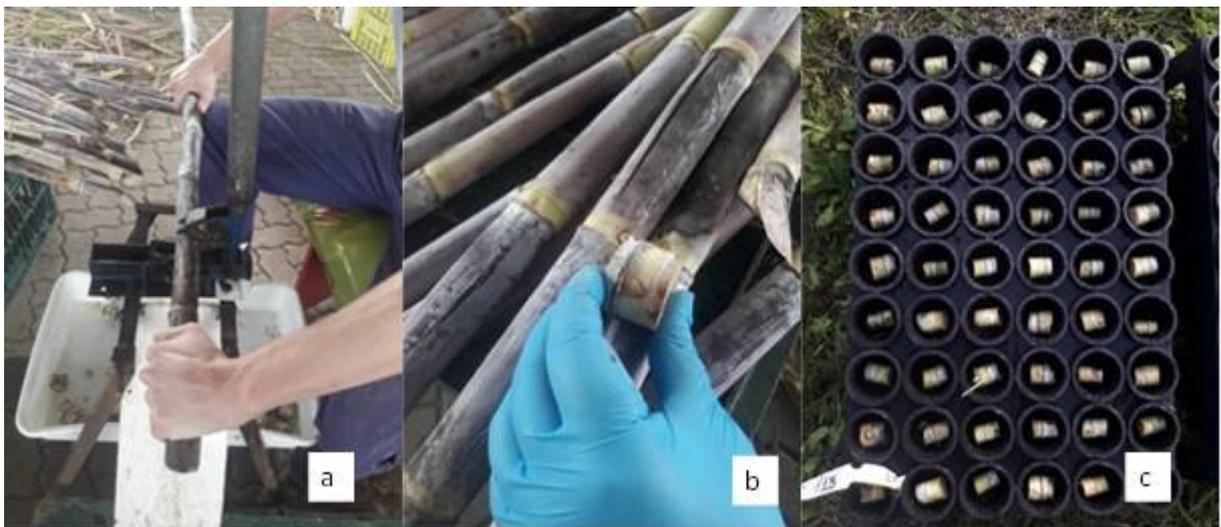


Figura 12 - Uso de guilhotina manual de lâmina dupla no corte dos minitoletes (a), minitoletes individualizados (b) disposição dos minitoletes uniformes em tubetes (c).

Fonte: Thaís W. Kohler, 2019.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e treze tratamentos, sendo cada repetição composta por 9 mudas de cada cultura.

A avaliação das mudas dos capins-elefante e cana-de-açúcar ocorreu 50 e 70 dias após o plantio respectivamente, momento em que elas estariam aptas ao transplante. As variáveis agronômicas avaliadas foram:

- Percentagem de brotação (BROT): Após a implantação do experimento realizou-se diariamente a contagem dos toletes brotados, calculando-se ao final a percentagem de brotação total da parcela.
- Número de folhas (NF): Contagem das folhas definitivas abertas.
- Altura da planta (ALT): Com o auxílio de uma fita métrica mediu-se a planta desde a base até o ápice da folha mais comprida.
- Diâmetro do colo da planta (DC): Com o auxílio de um paquímetro digital, mediu-se o diâmetro do colo da planta no nível do substrato.
- Comprimento de raiz (CR): Com o auxílio de uma fita métrica mediu-se a raiz desde a base até a ponta da raiz mais longa.
- Massa fresca da parte aérea (MFPA): Separou-se a parte aérea das raízes e pesou-se em balança de precisão, fornecendo a massa fresca da parte aérea.
- Posteriormente, a parte aérea e as raízes foram colocadas em pacotes de papel identificados, e alocados em estufa com temperatura aproximada de 60°C até obtenção de massa constante e posteriormente pesadas em balança de precisão, constituindo a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).
- Estabilidade do torrão ao retirar a planta do recipiente (EST): Foi avaliada conforme escala de notas adaptada de Gruszynski (2002) onde 1- mais de 50% do torrão ficou retido no recipiente; 2- o torrão se destacou do recipiente mas não permaneceu coeso e 3- todo o torrão foi destacado do recipiente e mais de 90% dele permaneceu coeso.
- Relação da matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz (MSPA/MSR).

Os resultados obtidos nesse experimento foram submetidos à análise de variância, e quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade através do software GENES (CRUZ, 1997).

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Desempenho agrônômico de mudas de cana-de-açúcar variedade RB966928

As pressuposições do modelo matemático foram todas atendidas e não foi necessária a transformação de dados para nenhuma das variáveis. A maioria das variáveis apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos testados, exceto percentual de brotação e comprimento de raiz (CR).

Para altura da planta, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos formulados a partir do CO₂ (T6 à T9), no qual o tratamento T8 (69,98 cm) foi superior aos demais tratamentos, seguidos pelos tratamentos T9 (61,54 cm) e T7 (57,85 cm) os quais não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5). As plantas cultivadas no tratamento T6 apresentaram em média 47,80 cm de altura. Os demais tratamentos apresentaram valores semelhantes aos encontrados na testemunha, exceto T3, T4 e T13 que foram inferiores a mesma. Os resultados encontrados para altura de planta no presente estudo, nos substratos T7 à T9, foram similares aos encontrados por Matoso (2017), estudando a inoculação de bactérias no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar, observou altura variando de 51,22 a 65,67 cm (cultivar RB966928), para mudas com idade 30 DAP, cultivadas em diferentes substratos com e sem inoculação de bactérias diazotróficas.

Para o acúmulo de biomassa fresca na parte aérea (MFPA) e biomassa seca na parte aérea (MSPA) pode-se observar que T8 apresentou resultados superiores aos demais tratamentos. A produção de matéria seca tem sido considerada uma das melhores características para avaliar a qualidade de mudas (AZEVEDO, 2003), e um bom indicador da capacidade de resistência das mudas às condições adversas após o plantio (SCHMIDT-VOGT, 1966; CARNEIRO, 1976).

Observa-se para MFPA, que todos os tratamentos formulados a partir dos CO₁ (T2 à T5) e CO₃ (T10 à T13) apresentaram valores estatisticamente iguais a testemunha e inferiores aos encontrados nos tratamentos à base CO₂. Da mesma

forma, o NF foi maior nos tratamentos T7 à T9. Os demais tratamentos foram estatisticamente iguais a testemunha.

Para DC os valores variaram de 3,53 mm (T13 e T4) à 6,30 mm (T8), valores esses inferiores aos encontrados por Santi et al. (2016), que ao avaliar o desempenho de diferentes substratos para a produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, encontrou valores entre 4,97 mm e 7,78 mm para DC em mudas de cana-de-açúcar (RB966928), aos 70 DAP.

Observa-se que os maiores valores para as variáveis biométricas relacionadas a parte aérea das plantas foram encontradas nos substratos que continham o CO₂ em sua formulação, esse fato pode estar relacionado a maior disponibilidade de nutrientes encontrados em tal composto, conforme observa-se na caracterização química dos compostos orgânicos e do substrato comercial (Tabela 3), e também pela condutividade elétrica (CE) dos substratos analisados (Figura 10), na qual os substratos T6 a T9 apresentaram valores superiores aos demais substratos formulados a base dos COs 1 e 3.

Quanto a relação MSPA/MSR foram encontrados valores elevados, principalmente nos substratos formulados com o CO₁, variando de 5,15 a 4,05 e no CO₃, variando de 5,37 a 4,72; assim como a testemunha (4,37). Para os substratos formulados com o CO₂ esses valores variaram de 3,85 a 2,62, Brissette (1984) estabelece o valor 2,0 como uma boa relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz, portanto T9 proporcionou maior equilíbrio para a variável analisada.

Para a variável estabilidade de torrão (EST) as maiores notas foram atribuídas aos substratos T6 a T9, ou seja, ao retirar as mudas dos tubetes estes mantiveram a maior parte do substrato aderido as raízes, esse resultado está diretamente relacionado a variável MSR, na qual esses substratos apresentaram os maiores valores, o que proporcionou maior aderência do substrato ao sistema radicular e estabilidade ao torrão.

Tabela 5 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), relação matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz (MSPA/MSR) e estabilidade do torrão (EST) em mudas de cana-de-açúcar genótipo RB966928 aos 70 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico. Pelotas, 2019.

TRAT	BROT (%)	ALT (cm)	CR (cm)	DC (mm)	NF (Nº)	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MSPA/ MSR	EST
T1	88,90 ^{ns}	38,61 d*	14,21 ^{ns}	3,99 cd	3,66 bc	1,75 e	0,43 de	0,10 cd	4,37 ac	1,41 b
T2	83,35	32,05 d	13,93	4,15 cd	3,50 c	1,53 e	0,37 e	0,07 d	5,02 ab	1,22 b
T3	77,80	31,53 e	12,94	3,65 d	3,27 c	1,23 e	0,29 e	0,06 d	4,50 ac	1,36 b
T4	83,35	30,16 e	11,74	3,53 d	3,05 c	1,16 e	0,27 e	0,05 d	5,15 ab	1,19 b
T5	83,35	33,47 de	13,14	3,73 d	3,33 c	1,35 e	0,31 e	0,08 d	4,05 ad	1,25 b
T6	88,90	47,80 c	14,33	4,81 bc	4,30 b	2,71 d	0,60 cd	0,17 c	3,65 bd	2,38 a
T7	83,35	57,85 b	13,78	5,28 b	5,22 a	3,79 c	0,81 bc	0,27 b	3,02 cd	2,55 a
T8	94,45	69,98 a	14,25	6,30 a	5,53 a	6,17 a	1,32 a	0,34 a	3,85 ad	2,74 a
T9	77,77	61,54 b	14,17	5,58 ab	5,50 a	4,75 b	0,92 b	0,35 a	2,62 d	2,66 a
T10	86,12	32,48 de	13,78	4,00 cd	3,33 c	1,53 e	0,37 e	0,07 d	5,37 a	1,36 b
T11	77,80	32,44 de	12,12	3,85 d	3,03 c	1,36 e	0,33 e	0,07 d	4,72 ab	1,27 b
T12	83,35	35,30 de	13,48	4,14 cd	3,30 c	1,77 e	0,43 de	0,09 d	5,0 ab	1,44 b
T13	83,35	31,40 e	12,51	3,53 d	3,44 c	1,34 e	0,31 e	0,06 d	5,27 ab	1,14 b
CV (%)	16,30	6,80	8,98	8,43	8,17	15,29	16,83	19,90	15,13	16,84

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

Para MSR, T8 e T9 apresentaram os maiores valores. Segundo Fageria & Moreira (2011), embora as raízes normalmente contribuam apenas com 10 a 20% do peso total da planta, ter o sistema radicular bem desenvolvido é essencial para o crescimento e o desenvolvimento de plantas saudáveis, pois elas são órgãos importantes que absorvem água e nutrientes, sintetizam hormônios e dão suporte mecânico para as plantas.

De maneira geral, os melhores resultados foram encontrados nos substratos formulados a partir do CO₂, especialmente nas duas maiores doses (75% CO₂ + 12,5% CCA + 12,5 CAC e 100% CO₂) os quais foram superiores a testemunha em todas as variáveis. Essas diferenças também foram observadas visualmente no experimento (Figura 13).

Os tratamentos formulados a base do CO₁ e CO₃ apresentaram valores similares aos encontrados no substrato comercial para a maioria das variáveis analisadas, evidenciando seu potencial agrícola.

Os resultados do presente estudo corroboram os resultados encontrados por Lemões et al., (2017), que ao avaliar o efeito de diferentes substratos no crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar, obteve excelentes resultados nos tratamentos formulados com elevadas doses de CO e CAC.

Portanto, os substratos desenvolvidos a partir da utilização de resíduos agroenergéticos e agrícolas podem substituir o uso de substrato comercial na produção de mudas via minitoletes de cana-de-açúcar do genótipo RB966928, diminuindo o custo de produção, proporcionando a reciclagem de resíduos de grande importância regional, visando sua destinação adequada e proporcionando resultados satisfatórios.

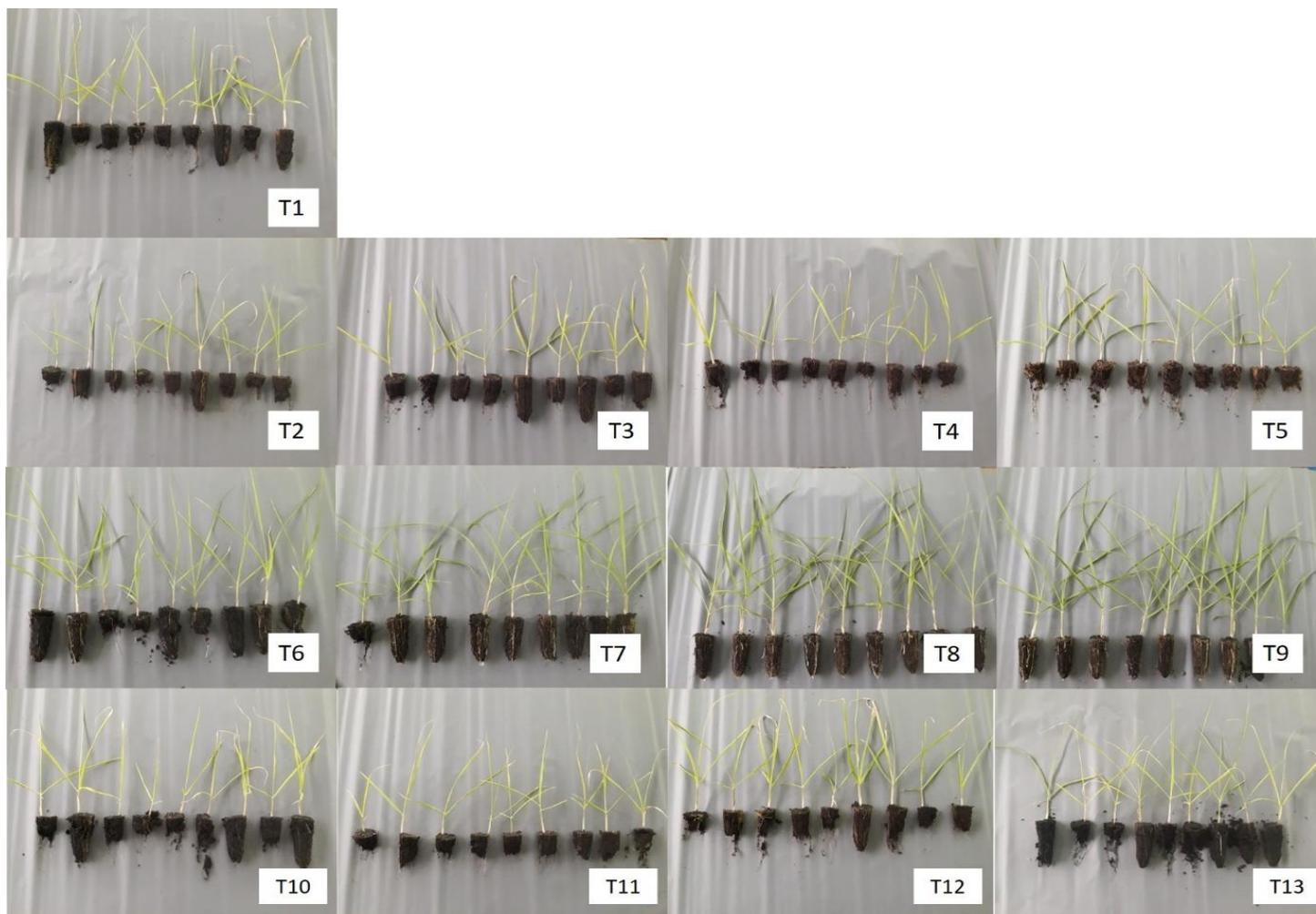


Figura 13- Mudas de cana-de-açúcar (genótipo RB966928), 70 DAP em diferentes substratos. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

4.3.2. Desempenho agrônômico de mudas de cana-de-açúcar variedade RB867515

As mudas de cana-de-açúcar, genótipo RB867515, produzidas nos substratos contendo as diferentes proporções de COs, CCA e CAC e no substrato comercial Turfa Fértil® apresentaram diferenças estatísticas significativas para a maioria das variáveis, exceto para percentual de brotação e comprimento de raiz (CR). Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Para as características agrônômicas altura e MFPA os substratos que apresentaram os maiores resultados foram os formulados a partir do CO₂ (T6 à T9), os demais não diferiram entre si. Os resultados satisfatórios encontrados em tais tratamentos podem estar relacionados a maior disponibilidade de nutrientes encontrados no CO utilizado para a formulação dos substratos (Tabela 3). Santi et al. (2016), ao avaliarem mudas de cana-de-açúcar, encontraram diferenças entre as alturas das plantas para o genótipo RB867515 em diferentes substratos comerciais, sendo as maiores no substrato contendo maior teor de nutrientes. As diferenças para altura das plantas podem ser observadas visualmente na Figura 14.

Para DC os tratamentos T6, T8 e T9 apresentaram valores superiores aos encontrados na testemunha (T1). Esses três tratamentos apresentaram médias superiores às encontradas por De marco (2017), que constatou diâmetro médio de 5,94 mm em mudas de cana-de-açúcar 45 dias (genótipo RB867515) em substratos a base de CO, CAC e torta de tungue. Já os tratamentos T2, T10 e T13 apresentaram valores inferiores a T1. O restante dos tratamentos propostos não diferiram entre si.

Os tratamentos T7, T8 e T9 proporcionaram maior NF quando comparadas a testemunha. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Os valores encontrados no presente estudo foram inferiores aos encontrados por Silva (2018), que constatou em mudas de 50 dias um número médio de 5,8 folhas para o referido genótipo, em substratos a base de lodo de estação de tratamento de esgoto.

Tabela 6 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), relação matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz (MSPA/MSR) e estabilidade do torrão (EST) em mudas de cana-de-açúcar genótipo RB867515 aos 70 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico. Pelotas, 2019.

TRAT	BROT (%)	ALT (cm)	CR (cm)	DC (mm)	NF (Nº)	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MSPA/ MSR	EST
T1	52,77 ^{ns}	44,08 b*	15,19 ^{ns}	5,61 bc	3,62 bc	2,90 b	0,70 bd	0,14 d	4,86 a	1,58 c
T2	69,45	35,90 b	13,21	4,46 d	3,50 bc	2,09 b	0,49 d	0,11 d	4,78 a	1,66 c
T3	58,35	38,31 b	13,44	4,86 cd	3,12 c	2,28 b	0,52 d	0,11 d	4,84 a	1,96 bc
T4	44,45	37,87 b	12,69	4,74 cd	3,24 c	2,25 b	0,51 d	0,13 d	3,92 b	1,42 c
T5	33,30	39,96 b	13,71	4,84 cd	3,59 bc	2,54 b	0,57 cd	0,20 cd	3,00 c	1,77 c
T6	75,02	55,85 a	13,04	6,81 a	4,21 ab	5,46 a	1,24 ab	0,27 bc	4,70 a	2,62 ab
T7	58,32	60,56 a	14,37	6,67 ab	4,71 a	5,83 a	1,53 a	0,38 ab	4,25 a	2,87 a
T8	77,80	65,50 a	13,60	6,98 a	4,58 a	6,27 a	1,30 a	0,31 ac	4,18 ab	2,87 a
T9	52,77	62,37 a	13,56	6,91 a	4,49 a	5,86 a	1,10 ac	0,39 a	2,89 c	2,78 a
T10	38,87	33,54 b	14,19	4,41 d	3,12 c	1,63 b	0,39 d	0,08 d	4,39 a	1,54 c
T11	47,20	38,05 b	13,77	4,66 cd	3,30 c	2,29 b	0,52 d	0,11 d	4,67 a	1,72 c
T12	58,35	37,04 b	12,27	4,58 cd	3,25 c	2,02 b	0,45 d	0,10 d	4,50 a	1,62 c
T13	44,42	36,17 b	12,75	4,46 d	3,58 bc	1,99 b	0,44 d	0,11 d	4,11 ab	1,70 c
CV(%)	34,5	9,77	9,21	8,24	9,51	19,19	29,20	25,46	19,92	15,21

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

Para acúmulo de MSPA apenas T7 e T8 diferiram da testemunha. Para MSR, T9 apresentou os maiores valores não diferindo estatisticamente de T7 e T8. De acordo com Matoso (2017), um sistema radicular bem desenvolvido é de extrema importância para obtenção de mudas de qualidade, pois as raízes controlam fatores de absorção de água e nutrientes. A maior quantidade de raízes presentes nesses tratamentos refletiram diretamente na variável estabilidade de torrão, nas quais as maiores notas foram atribuídas aos tratamentos à base de CO₂, os demais tratamentos assim como a testemunha tiveram notas abaixo de 2,00, ou seja mais de 50% do torrão ficou retido no recipiente para maioria das plantas produzidas nesses substratos.

Para relação MSPA/MSR os valores variaram de 4,86 (T1) à 2,89 (T9), ou seja, o substrato T9 proporcionou maior equilíbrio entre as variáveis.

De Marco et al. (2016), ao avaliar o uso de substratos a base de CO, CAC e torta de tungue em diferentes proporções na produção de mudas de cana-de-açúcar, constatou que o uso dos substratos alternativos propostos não trouxe prejuízos no desenvolvimento de mudas do genótipo RB867515 de cana-de-açúcar, ou seja os substratos alternativos foram tão eficientes na produção das mudas quanto a substrato comercial, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho, onde constatou-se que os substratos testados apresentaram resultados superiores ou tão bons quanto o substrato comercial usado como controle. Vale ressaltar que o substrato comercial utilizado é enriquecido com fertilizantes químicos, enquanto os substratos alternativos são totalmente a base de resíduos, proporcionando benefícios ambientais através da destinação adequada dos mesmos.

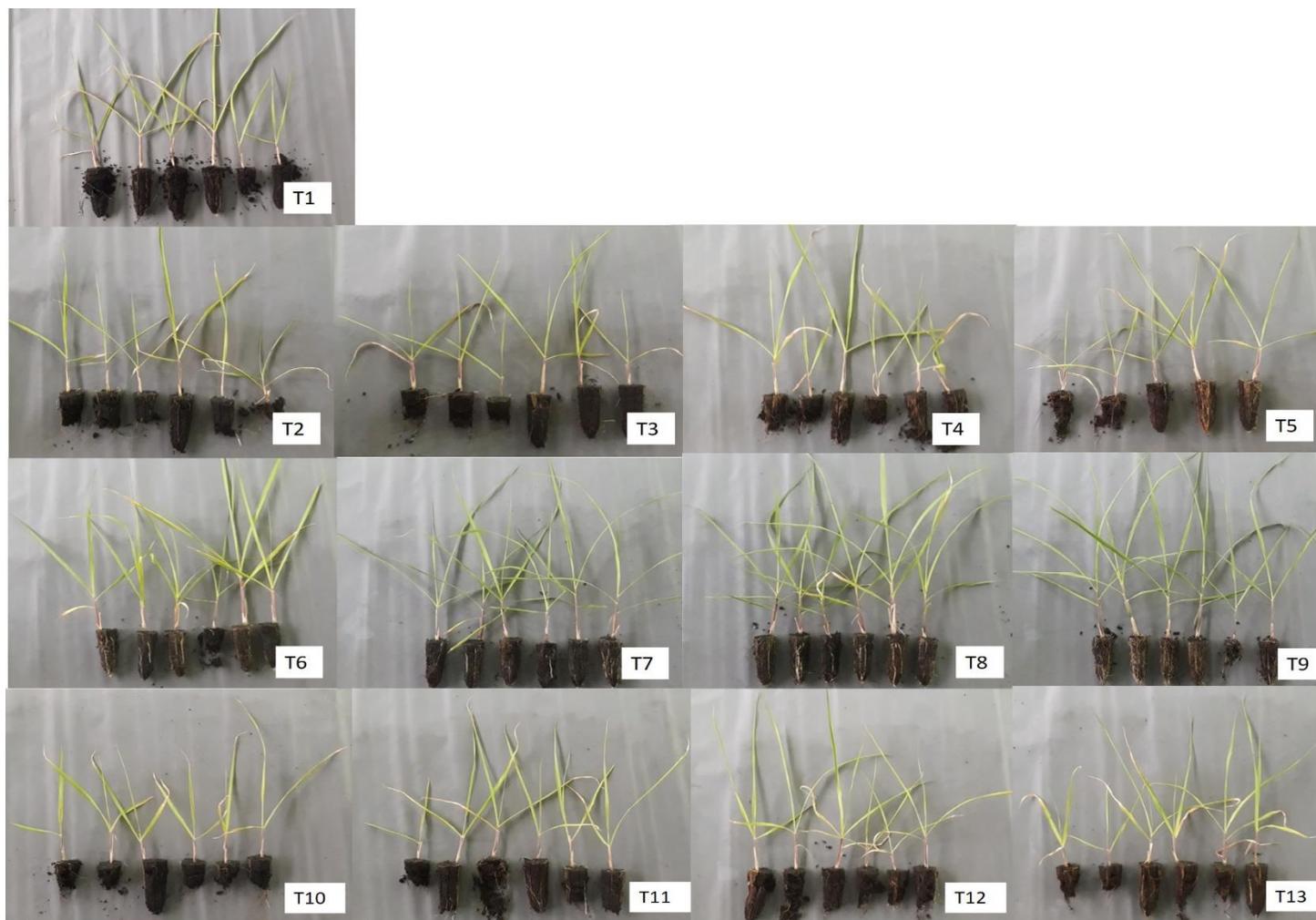


Figura 14- Mudanças de cana-de-açúcar (genótipo RB867515), 70 DAP em diferentes substratos. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

4.3.3. Desempenho agrônômico de mudas de capim-elefante anão BRS Kurumi

Após a realização da análise da variância, diferenças significativas foram observadas para as variáveis de desempenho agrônômico das mudas de capim-elefante BRS Kurumi produzidos nos substratos estudados com exceção da variável estabilidade de torrão. Tais resultados encontram-se na Tabela 7.

Para percentual de brotação (BROT), apenas o tratamento T11 (66,70%) apresentou valores inferiores a testemunha. Cabe salientar que além do substrato outros fatores podem ter influência sobre essa variável, como a qualidade e a posição da gema no colmo. Roston & Campos (1994), ao avaliar a influência da posição da gema no colmo sob a brotação em capim-elefante variedade Guaçu, constataram que as gemas posicionadas na parte basal e mediana do colmo apresentaram maior brotação que as localizadas na parte apical.

Os maiores valores para altura de planta foram encontrados no tratamento T9 (52,77 cm), assim como para DC (7,81 mm), o qual não diferiu de T8 (7,43 mm). Os demais tratamentos apresentaram valores estatisticamente iguais. Segundo Gomes & Paiva (2006), a altura combinada com seu diâmetro de colo, constitui uma das mais importantes características morfológicas para estimar o crescimento de mudas. Para Faustino et al. (2005), os incrementos em altura estão relacionados aos acréscimos de matéria orgânica no substrato.

Para a variável CR apenas os tratamentos T8 (22,07 cm) e T10 (17,71 cm) diferiram entre si, porém não diferiram dos demais tratamentos.

Para as características agrônômicas MFPA e MSPA apenas os tratamentos T8 e T9 apresentaram valores superiores a testemunha. Os demais tratamentos não diferiram entre si ou da testemunha, evidenciando a qualidade dos substratos testados. Para NF os tratamentos T6 à T9 apresentaram os maiores valores.

Tabela 7 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), relação matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz (MSPA/MSR) e estabilidade do torrão (EST) em mudas de capim-elefante BRS Kurumi aos 50 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico. Pelotas, 2019.

TRAT	BROT (%)	ALT (cm)	CR (cm)	DC (mm)	NF (Nº)	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MSPA/ MSR	EST
T1	91,67 ab*	36,78 bd	21,13 ab	5,54 bc	6,94 b	2,81 cd	0,48 cd	0,46 ac	1,04 bc	2,97 ^{ns}
T2	97,22 a	34,97 bd	19,88 ab	5,23 c	7,15 b	2,40 cd	0,44 cd	0,40 bc	1,09 bc	2,97
T3	94,45 ab	33,65 bd	20,32 ab	5,15 c	6,83 b	2,35 cd	0,41 cd	0,39 bc	1,03 bc	2,91
T4	100,00 a	31,59 c	19,26 ab	4,88 c	6,52 b	2,04 d	0,34 cd	0,37 c	0,92 c	2,94
T5	94,45 ab	31,50 cd	19,80 ab	4,88 c	6,25 b	1,90 d	0,31 d	0,38 bc	0,84 c	2,94
T6	86,12 ac	30,65 cd	19,75 ab	5,75 bc	9,00 a	2,53 cd	0,40 cd	0,40 bc	1,03 bc	3,00
T7	75,02 bc	39,51 bc	20,49 ab	7,03 ab	8,89 a	4,06 bc	0,57 bc	0,49 ac	1,16 bc	3,00
T8	97,22 a	42,61 b	22,07 a	7,43 a	9,75 a	5,07 ab	0,75 ab	0,59 a	1,30 ab	2,94
T9	88,90 ab	52,77 a	20,15 ab	7,81 a	9,88 a	6,77 a	0,89 a	0,56 ab	1,62 a	2,91
T10	97,22 a	28,33 d	17,71 b	5,16 c	6,50 b	1,96 d	0,33 d	0,40 bc	0,83 c	3,00
T11	66,70 c	29,25 d	18,29 ab	4,80 c	6,44 b	1,81 d	0,30 d	0,32 c	0,91 c	2,91
T12	83,35 ac	29,44 d	18,33 ab	4,90 c	6,33 b	1,74 d	0,28 d	0,34 c	0,83 c	2,94
T13	88,90 ab	29,07 d	18,83 ab	4,72 c	8,80 b	1,79 d	0,27 d	0,31 c	0,89 c	2,93
CV(%)	9,89	11,05	8,75	10,96	8,73	26,15	21,74	18,00	14,52	2,75

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

Quanto ao acúmulo de MSR, todos tratamentos apresentaram valores estatisticamente iguais a testemunha, porém observa-se uma tendência de superioridade nos tratamentos T8 e T9. Este resultado pode estar relacionado à boa porosidade apresentada pelos substratos utilizados, possibilitando um bom desenvolvimento radicular. Para Fermino (2003), a porosidade é o grau de agregação e estruturação das partículas que compõem o substrato, este deve apresentar equilíbrio entre os microporos que aumentam a capacidade de retenção de água e diminuem o espaço de aeração, e os macroporos que aumentam o espaço de aeração do substrato. Segundo Bellé (1995), substratos com baixa porosidade prejudicam o crescimento radicular, pois reduz a livre troca de ar entre os poros dificultando o crescimento das raízes.

Estudos mostram que mudas com maiores massas radiculares apresentam melhor crescimento e maiores porcentagens de sobrevivência quando plantadas ao ar livre do que aquelas com menor massa radicular (HAASE, 2011). Na Figura 15, pode-se observar as diferenças visuais entre as mudas produzidas nos diferentes substratos do presente estudo.

Para a variável relação MSPA/MSR os maiores valores foram encontrados nos substratos T9 (1,62) e T8 (1,30), esses valores encontram-se um pouco abaixo do valor considerado ideal por Brissette (1984) que estabelece o valor 2,0 como uma boa relação MSPA/MSR. Esse fato ocorre devido à grande quantidade de raízes emitidas pelo capim-elefante Kurumi, o qual apresentou no presente estudo um sistema radicular bem desenvolvido, com intensa emissão de raízes.

Para estabilidade de torrão não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, os quais apresentaram excelentes resultados, sendo atribuídas notas próximas ou iguais a 3,00.

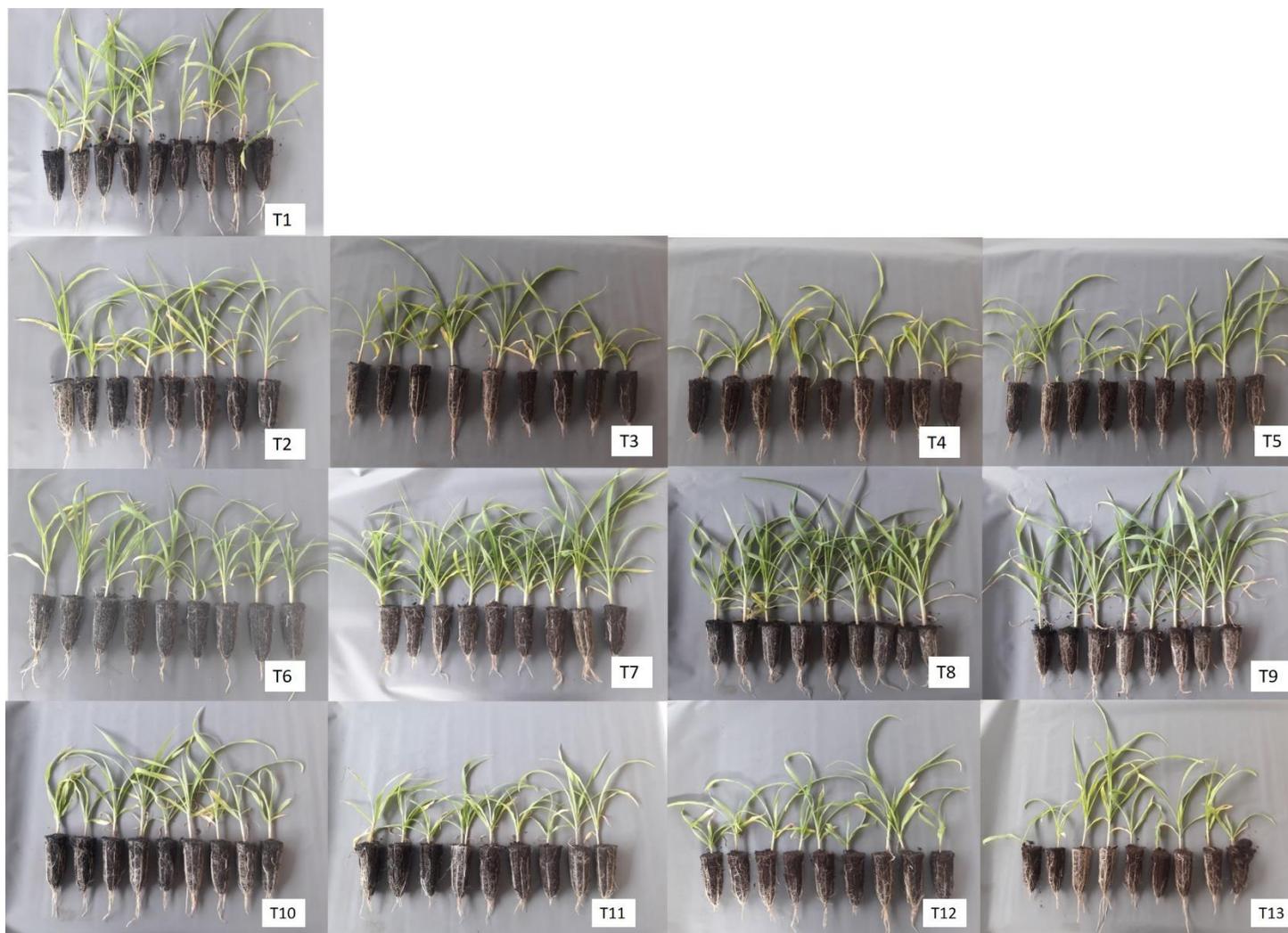


Figura 15- Mudras de capim-elefante BRS Kurumi, aos 50 dias em diferentes substratos. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

4.3.4. Desempenho agrônômico de mudas de capim-elefante BRS Capiaçú

O resultado da análise estatística das variáveis biométricas das mudas de capim-elefante BRS Capiaçú, com 50 dias, produzidas nos diferentes substratos encontram-se na Tabela 8.

Observa-se que não houve diferença estatística significativa para as variáveis percentual de brotação para as mudas. Tolentino et al. (2016) avaliando a propagação de capim-elefante Pioneiro verificaram que a utilização de gemas individualizadas se mostrou mais eficientes no processo de brotação do capim-pioneiro, principalmente por favorecer na escolha de gemas de melhor qualidade comparado a estacas com mais gemas.

Em relação à altura de planta, o T9 apresentou os maiores valores, não diferindo de T8. Os substratos formulados a partir dos CO1 (T2 à T5) e CO3 (T10 à T13) não diferiram entre si e da testemunha.

Analisando os valores de CR, nota-se que os tratamentos apresentaram resultados similares, variando de 16,84 cm (T13) à 21,07 (T9). Já para MSR os substratos formulados com CO2 apresentaram os maiores valores, assim como para as variáveis NF, DC e MSPA. Smith et al., (2005), afirma que as raízes apresentam-se como fonte para o suprimento dos recursos do solo, influenciando assim na produtividade da cultura.

A muda pré-brotada é constituída pela parte aérea e o sistema radicular, para fins de produção. Nesse sentido, mudas com maior biomassa de parte aérea e de raiz, como as produzidas nos tratamentos à base de CO₂, correspondem a plantas com maior vigor para o crescimento inicial da muda no campo.

De maneira geral para acúmulo de MFPA e MSPA, os substratos T6 à T9 apresentaram os maiores valores. De acordo com Lucchesi (1984) a massa de matéria seca é importante indicador do crescimento vegetal pois representa o aumento do material acumulado, usado na formação de um órgão específico ou da planta toda. Ainda segundo Lucchesi (1984), não é aconselhado utilizar a massa fresca como indicador, pois essa leva em consideração o conteúdo de água da planta, que é altamente variável de acordo com a umidade.

A maior disponibilidade de nutrientes presentes nos substratos formulados a partir do CO₂ (T6 a T9) podem ter contribuído para os maiores valores encontrados

nas variáveis biométricas relacionadas a parte aérea das mudas de capim-elefante. De acordo com Mistura et al. (2004), a adubação nitrogenada juntamente com o fornecimento de água, promove incrementos da composição químico-bromatológica de todas partes aéreas das plantas de capim-elefante. Na tabela 3 observa-se que entre os três compostos analisados, o CO₂ apresentou maiores teores de nutrientes, portanto esse fato juntamente com a faixa adequada de disponibilidade de água (Figura 11F) apresentada por esses tratamentos proporcionaram um bom desenvolvimento das mudas de capim-elefante.

Para a variável relação MSPA/MSR os maiores valores foram encontrados no substrato T9 (1,64), os demais tratamentos apresentaram valores estatisticamente iguais a testemunha.

Quanto a estabilidade de torrão, os resultados foram semelhantes aos encontrados para a cultivar BRS Kurumi, onde os tratamentos não apresentaram diferenças estatística significativa para a variável, sendo atribuídas notas próximas ou iguais a 3,00. Na Figura 16, pode-se observar as diferenças visuais entre as mudas produzidas nos diferentes substratos do presente estudo.

Além de apresentarem maiores concentrações de nutrientes, evidenciado na análise de CE (Figura 10), os substratos T6 a T9 também apresentaram valores satisfatórios para as características físico-hídricas como densidade seca, porosidade e disponibilidade de água. Portanto a combinação de qualidades físico-hídricas e químicas encontradas em tais substratos proporcionaram um ótimo desenvolvimento das culturas estudadas.

Tabela 8 - Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), relação matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz (MSPA/MSR) e estabilidade do torrão (EST) em mudas de capim-elefante BRS Capiapu aos 50 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico. Pelotas, 2019.

TRAT	BROT (%)	ALT (cm)	CR (cm)	DC (mm)	NF (Nº)	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MSPA/ MSR	EST
T1	83,35 ^{ns}	36,14 e*	16,89 e	5,82 b	5,86 c	2,31 d	0,46 c	0,43 bc	1,09 bd	3,00 ^{ns}
T2	83,35	38,35 e	19,57 ac	5,63 b	5,72 c	2,48 cd	0,50 c	0,44 bc	1,16 ad	2,57
T3	86,12	37,96 e	19,08 ae	5,59 b	5,29 c	2,38 d	0,46 c	0,40 c	1,16 ad	2,94
T4	83,35	39,62 de	18,63 be	5,67 b	5,89 c	2,90 cd	0,53 c	0,46 bc	1,19 ad	2,51
T5	72,25	35,68 e	18,99 ae	5,40 b	5,67 c	2,13 d	0,41 c	0,37 c	1,10 bd	2,86
T6	97,22	47,92 cd	20,18 ab	7,22 a	6,70 b	4,78 bc	0,84 b	0,72 a	1,20 ad	3,0
T7	86,12	53,67 bc	18,78 be	8,14 a	7,64 a	6,43 ab	0,99 b	0,63 ab	1,59 ab	2,94
T8	77,80	57,83 ab	19,19 ad	7,90 a	7,72 a	6,83 ab	1,04 ab	0,70 a	1,53 ac	3,00
T9	77,80	65,23 a	21,07 a	7,79 a	8,00 a	8,35 a	1,31 a	0,79 a	1,64 a	3,00
T10	80,57	36,97 e	17,54 ce	5,39 b	5,36 c	2,11 d	0,45 c	0,42 bc	1,11 bd	2,94
T11	83,35	37,75 e	17,53 ce	5,31 b	5,50 c	2,44 cd	0,51 c	0,39 c	1,35 ad	2,88
T12	80,57	35,90 e	16,98 de	5,31 b	5,25 c	2,06 d	0,39 c	0,37 c	1,05 cd	2,94
T13	66,70	32,79 e	16,84 e	4,90 b	5,41 c	1,88 d	0,32 c	0,33 c	0,98 d	2,80
CV(%)	17,17	7,87	4,81	6,31	5,11	26,02	18,75	17,98	16,37	2,75

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

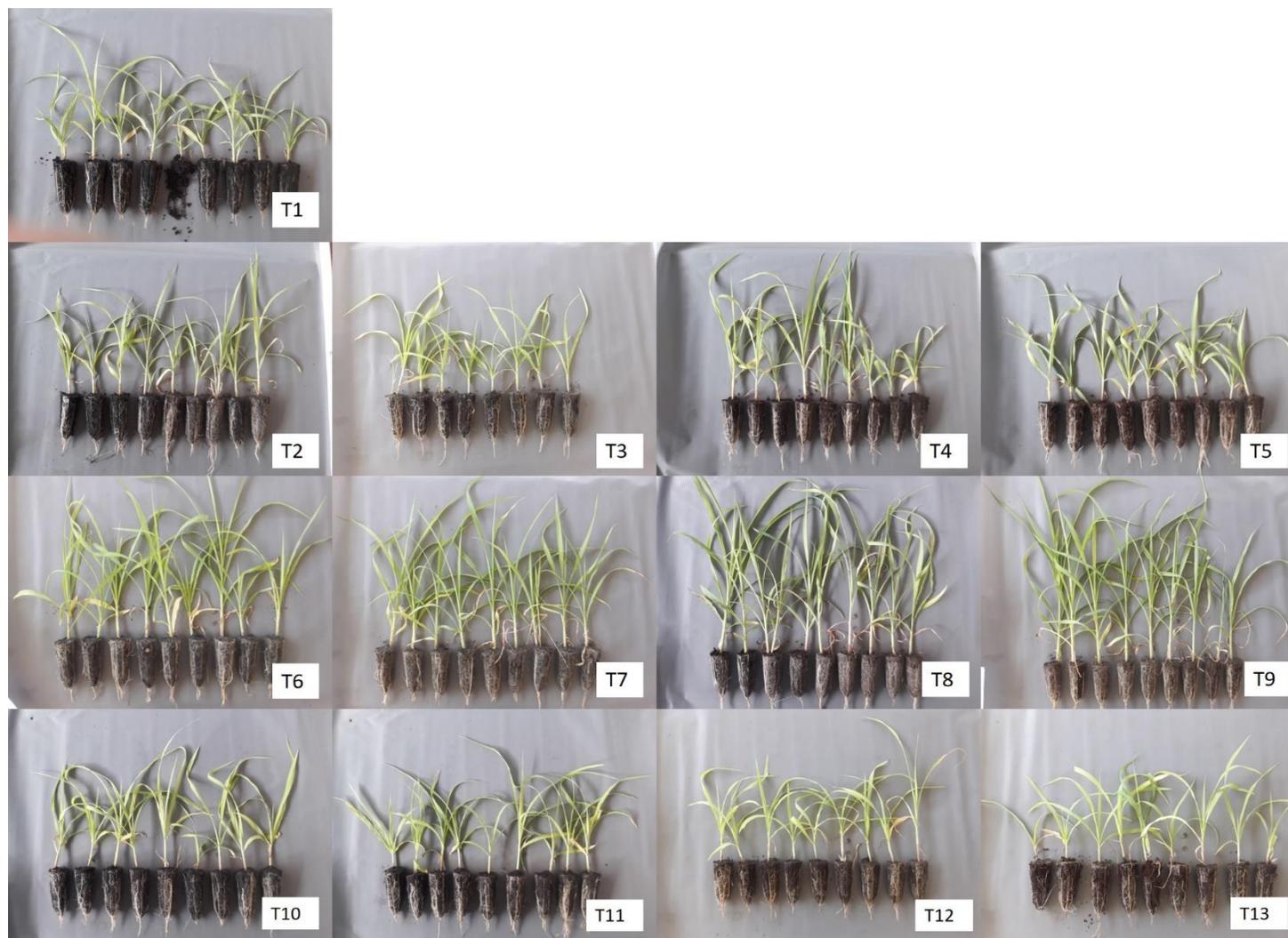


Figura 16- Mudanças de capim-elefante BRS Capiáçu aos 50 dias em diferentes substratos. T1: Substrato comercial Turfa Fértil; T2: 25% CO1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T3: 50% CO1 + 25% CAC + 25% CCA; T4: 75% CO1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T5: 100% CO1; T6: 25% CO2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T7: 50% CO2 + 25% CAC + 25% CCA; T8: 75% CO2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T9: 100% CO2; T10: 25% CO3 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; T11: 50% CO3 + 25% CAC + 25% CCA; T12: 75% CO3 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; T13: 100% CO3.

4.4. Conclusões

Os substratos formulados a base do composto orgânico 2, oriundo do processo de compostagem de resíduos agroenergéticos, cama-de-aviário e casca de acácia, apresentam desempenho agronômico superior ao substrato comercial, para produção de mudas de cana-de-açúcar (genótipos RB966928 e RB867515) e capim-elefante (cultivares BRS Kurumi e BRS Capiáçu).

Os substratos contendo 75% composto orgânico 2 + 12,5% casca de arroz carbonizada + 12,5% cinza de casca de arroz (T8) e o substrato com 100% composto orgânico (T9) são os mais indicados para utilização na produção de mudas das espécies estudadas.

Os substratos formulados com os compostos 1 (oriundo do processo de compostagem de esterco bovino, bagaço e palha de cana-de-açúcar e serragem) e 3 (oriundo do processo de compostagem de torta de tungue, bagaço e palha de cana-de-açúcar e serragem), apresentam desempenho agronômico semelhante ao substrato comercial.

O composto orgânico 1 não é recomendado para formulação de substratos agrícolas devido a presença de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos acima dos limites permitidos pela legislação vigente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, observou-se que os compostos orgânicos 2 (oriundo do processo de compostagem de cama-de-aviário, bagaço e palha de cana-de-açúcar e casca de acácia) e 3 (oriundo do processo de compostagem de torta de tungue, bagaço e palha de cana-de-açúcar e serragem) apresentam contaminantes abaixo dos níveis permitidos pela legislação vigente e, portanto, seu uso como matéria-prima para substratos é seguro.

Os substratos a base de composto orgânico utilizados nesse estudo, para produção de capim-elefante e mudas de cana-de-açúcar, tiveram desempenho superior ou equiparado ao substrato comumente utilizado. Contudo, ainda proporcionam a reciclagem de resíduos de grande importância regional, visando a destinação adequada, evitando impasses ambientais e ainda gerando economia para o produtor.

Importante destacar que ainda são escassos os trabalhos que avaliam a produção de mudas de capim-elefante em sistema de produção de mudas pré-brotadas, oriundas de gemas individualizadas, já que esse sistema foi inicialmente produzido para ser utilizado na produção de mudas de cana-de-açúcar, eliminando assim problemas oriundos do plantio tradicional.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.S. Avaliação morfológica de mudas de *Allophyls edulis* (A. St.-Hil, A. Juss. & Cambess.) Radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos. **Dissertação** (mestrado) - PPG em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 105p. 2005.
- ALVES, M.G. & UENO, M. Identificação de fontes de geração de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição. *Ambiente & Água- Interdisciplinary Journal of Applied Science*, p. 874-888, 2015.
- ANDREOTTI, M.; SORIA, J. E.; COSTA, N. R.; GAMEIRO, R. A.; REBONATTI, M. D. Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhiço de cana em função de doses de vinhaça. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 563-576, 2015.
- ANTUNES, R.M. & BARBOSA, S.M.M.B. Tratamento de resíduos e efluentes. Rede e-Tec Brasil. 2013.
- ARAÚJO, W.P. Manejo da fertirrigação em mudas de alface produzidas em substrato. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agrônômico IAC, Campinas. 2003.
- ASSAD, L. Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 13-16, 2017.
- AZEVEDO, M.I.R. Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes. 2003. 90f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: Encontro nacional sobre substrato para plantas. **Anais**. Campinas, SP, p. 7-15, 2002.
- BATTISTI, D.P.; BATTISTI, J.F. Avaliação da eficiência do uso do esterco bovino e do EM-4 na compostagem de resíduos de poda de árvores do município de Medianeira-PR. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.
- BELLÉ, S. Escolha do substrato. In: KÄMPF, A. N.; CIULLA, D. Z.; CUNHA, G. G. KRAEMER, K. H.; ORDOVÁS, L. M.; SILVA, L.; HEINECK, M. A.; FERMINO, M. H.;

KUHN, M. P. D.; GROLLI, P. R.; FERNANDEZ, S. M.; BELLÉ, S. **Plantas ornamentais para interiores**. Porto Alegre: Rígel. 112p. 1995.

BEOZZI, S. Valorização de resíduos orgânicos na formulação de substratos alternativos à turfa para a produção de plantas aromáticas envasadas em modo de produção biológico (**Tese de Doutorado**). 2013

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009.

BERNARDI, F.H. Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial. 78f. **Dissertação** (Mestrado). Centro De Ciências Exatas E Tecnológicas. Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná. Cascavel, 2011.

BHATIA, A.; MADAN, S.; SAHOO, J., ALI, M.; PATHANIA, R. & KAZMI, A. A. Diversity of bacterial isolates during full scale rotary drum composting. **Waste management**, v. 33, n. 7, p. 1595-1601, 2013.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº17, 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**. 2007.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº07, de 12 de abril de 2016. Altera os anexos IV (limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas) e V (limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo) da **Instrução Normativa SDA nº 27**, de 05 de junho de 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20.

BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, p. 127-128.1984.

BRITO, L.P. da S.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; & AVELINO, R. C. "Reutilização de resíduos regionais como substratos na

produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização." **Revista de la Facultad de Agronomía**, 2017.

CALDEIRA M.V.W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M. & OLIVEIRA, L. D. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, v. 28, p.19-30, 2000.

CALDEIRA, M. V. W.; FAVALESSA, M.; GONÇALVES, E. O.; DELARMELINA, W. M.; SANTOS, F. E. V.; VIERA, M. Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.1, p.34-43, 2014.

CAPUTO, M. M.; BEAUCLAIR, E. G. F.; SILVA, M. A.; PIEDADE, S. M. S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, v.67, p.15-23, 2008.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 451 p. 1995.

CARNEIRO, J.G. de A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Paraná. 70 p. 1976.

CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; MCCALL, I.;

GIBSON, J. Monitoring and managing pH and EC using the "Pour thru" extraction method. Raleigh, NC: North Carolina Coop. Ext. Serv., **College of Agriculture & Life Sciences**, 17p., 2000.

CESNIK, R. & MIOCQUE, J. **Melhoramento da Cana-de-açúcar**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

CIB. Conselho de informações sobre biotecnologia. Guia da cana-de-açúcar: Avanço científico beneficia o país. 2009. 20p. Acessado em 25 de jul. 2019. Disponível em: <http://cib.org.br/wpcontent/uploads/2011/10/guia_cana.pdf>.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, quarto levantamento, dezembro/2019 - Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília, 2019.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 481**. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências, de 03 de outubro de 2017. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 2017.

CORRÊA, R.F.M.; RICCI, A.B. Compostagem de lodo de esgoto por meio de leira estática aerada com duas taxas de aeração. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, 2017.

CORTI, C. & CRIPPA, L.; GENEVINI, P. L.; & CENTEMERO, M. Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics. **Compost Science & Utilization**, v. 6, n. 1, p. 35-45, 1998.

COSTA, M.S.S. M.; PIVETTA, L.A.; COSTA, L.A.M.; PIVETTA, L.G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 810-815, 2011.

COSTA, M.S.D. M.; COSTA, L. A. D. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A. V. & ORTOLAN, M. L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola**, p. 549-556, 2005.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 f

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de Acácia sp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.207-214, 2006.

DA COSTA, J.C.F.; MENDONÇA, R. M. N.; FERNANDES, L. F.; OLIVEIRA, F. P., & SANTOS, D. Caracterização física de substratos orgânicos para o enraizamento de estacas de goiabeira. **Rev. Bras. Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 16-23, 2017.

De BOODT, M. & VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulturae. **Acta Horticulturae**, v.26, p.37-44, 1972.

De BRITO AMA & GAGNE S. Effect of Compost on Rhizosphere Microflora of the Tomato and on the Incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. **Applied and Environmental Microbiology**. p. 194-199, 1995.

- DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W., FARIA, J. C. T., & DE OLIVEIRA GONÇALVES, E. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013.
- DE MARCO, E.; MATOSO, E. S.; TATTO, F. R.; BOELTER, J. H.; SILVA, S. D. A. Utilização de resíduo agroenergético em substratos para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Anais**. X Encontro sobre substratos para plantas, Campinas, SP. 2016.
- DE MARCO, E. Uso de substratos alternativos na produção de morangos e mudas de cana-de-açúcar. **Dissertação** (mestrado), PPGSPAF/UFPEL. 84f. 2017.
- DIAS, R. C. S. & M. A. C. Lima. Sistemas de produção de melancia. Brasília, 2010. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 20 agosto 2019.
- DILLEWIJN, V. C. Botany of sugarcane. Botany of sugarcane. Waltham: **The Chronica Botânica**, 371p.1952.
- DINIZ FILHO, E. T.; MESQUITA, L. D.; OLIVEIRA, A. D.; NUNES, C. G. F.; & LIRA, J. D. A Prática da Compostagem no Manejo Sustentável de Solos. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v.2, n.2, p 27-36 jul./dez. 2007.
- DO CARMO, C. O.; DA SILVA, F.; DA SILVA, R. M.; & SOARES, A. C. F. Utilização de compostos orgânicos inoculados com Actinobactéria na adubação de manjerição (*Ocimum basilicum* L.). **MAGISTRA**, 2019.
- DRABER, K. M. M. Etanol de segunda geração já é realidade. **Monografia de conclusão de Curso**, Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena, 2013.
- FAGERIA N.K. & MOREIRA A. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In Donald L. Sparks, editor: **Advances in Agronomy** p. 251-331, 2011.
- FAO Sugar cane. Disponível em <<http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>>. Acesso em 22 de outubro de 2019.
- FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 278 - 282, 2005.

- FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA / FAEPE. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. 2005.
- FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substrato para plantas. **Tese (doutorado)** – Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 81p. 2003.
- FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: Encontro nacional de substratos para plantas. **Anais**. Campinas: IAC, p. 29-37. 2002.
- FERMINO, M. H. **Substratos: Composição, caracterização, e métodos de análise**. Agrolivros. Guaíba, 112 p., 2014.
- GUERRINI, I.A. & TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.1069-1076, 2004.
- GOMIDE, CA de M.; PACIULLO, D.; LEDO, F. D. S.; PEREIRA, A.; MORENZ, M. & BRIGHENTI, Informações sobre a cultivar de capim-elefante BRS Kurumi. Embrapa Gado de Leite-**Comunicado Técnico**, 2015.
- GOMIDE, C.A.M.; PACIULLO, D.S.C.; COSTA, I.A. et al. Morphogenesis of dwarf elephant grass genotypes in response to intensity and frequency of defoliation in dry and rainy seasons. **Rev. Bras. Zootec.**, v.40, p.1445-1451, 2011.
- GOMES, C. Sistema muda conceito de plantio. **Jornal a lavoura**, Campinas, n.696, p.38-39, 2013.
- GRUSZYNSKI, C. Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas. **Dissertação de Mestrado**. UFRGS. Porto Alegre: p. 41. 2002.
- GUASSO, L. Z.; MARODIN, F.; da SILVEIRA, S. V. & SOUZA, P. Uso da casca de arroz carbonizada como substrato para e enraizamento de estacas herbáceas de kiwizeiro" Bruno" submetidas a diferentes doses de AIB. In: encontro nacional sobre substrato para plantas, Canela, RS. **Anais**, 2018.
- HAASE, DL. Seedling root targets. In: Riley LE, Haase DL, Pinto JR, technical coordinators. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations 2010, 2011.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>> acesso em 20/11/2019.

INÁCIO, C.T. & MILLER, P.R.M. **Compostagem: ciência prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 154p., 2009.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2ºed., 254p. 2005.

KWAK, W.S.; HUH, J.W. and MCCASKEY, T.A. Effect of processing time on enteric bacteria survival and on temperature and chemical composition of broiler poultry litter processed by two methods. **Bioresource Technol**, p. 1529-1536. 2005.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia - Relação Solo- Planta** – São Paulo: Ceres, 273p. 1979.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 492 p. 1985.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4.ed. Piracicaba, 2004.

KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p.43-63, 2015.

KNAPIK, J. G. L. S.; FERRERIA, M. P.; de OLIVEIRA, E. B.; & NOGUEIRA, A.C. Crescimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinusterebinthifolius* Raddi e *Allophylusedulis* (St. Hil.) Radl. sob diferentes regimes de adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR, v. 51, p. 33-44, 2005.

KÖHLER, T.W.; KUNDE, R. J., DOS SANTOS PEREIRA, I., & BAMBERG, A. L. Produção de mudas de calêndula em substratos a base de resíduos agroindustriais e lodo proveniente do tratamento de esgoto. **Revista congrega-mostra de trabalhos de conclusão de curso**, n. 1, p. 665-677, 2017.

KRATZ, D. & WENDLING, I.. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Ceres**, 2016.

LARANGEIRA LR; OLIVEIRA AC; SOUZA DA; LUBARINO PCC; MESQUITA AC; ARAGÃO CA. Avaliação do bagaço de cana-de-açúcar como substrato para o cultivo de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 3921-3927, 2012.

- LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundos de gemas individualizadas**. Documentos IAC, 109. Campinas: Instituto Agrônomo, 16 p., 2012.
- LEE, T. S. G.; BRESSAN, E. A.; SILVA, A. D. C. DA; LEE, L. L. Implantação de biofábrica de cana-de-açúcar: riscos e sucessos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.13, p.2032-2040, 2007.
- LEMOES, L.S.; SIMON, E. D. T.; TATTO, F. R.; ANTUNES, W. R.; MASCARENHAS, L. S.; VARNES, L. S., & DOS ANJOS, S. D. Crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar em diferentes substratos. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, 2017.
- LEMÕES, L.S. Seleção de genótipos de cana-de-açúcar para produção de etanol e silagem. **Dissertação**. Programa de Pós-graduação em sistema de produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas. 2018.
- LIEVENS B. Systemic resistance induced in cucumber against Pythium root rot by source separated household waste and yard trimmings composts. **Compost Science and Utilization** p. 221-229. 2001.
- LIMA, F.B.F. Resíduos da indústria sucroenergética como componentes de substratos para produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Dissertação** (mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2016.
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: Fundação Cargill, 177p. 1989.
- LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 41, n. 1, p. 181-202, 1984.
- LUDWIG, L.; FERNANDES, D. M.; SANCHES, L. V. C.; VILLAS BOAS, R. L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pínus e terra vermelha. In: Encontro nacional sobre substratos para plantas - Materiais Regionais como substrato. Fortaleza. **Anais eletrônicos**. 2008.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 319 p. 1997.
- MAGALHÃES, M.A; MATOS, A.T; DENICULI, W; TINOCO, I. E. F. Compostagem de bagaço de cana de açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.466-471, 2006.
- MANDELBAUM R & HADAR Y. Methods for determining Pythium suppression in container media. **Compost Science and Utilization**. p. 15-22. 1997.
- MARTINAZZO, R.; SILVEIRA, C. A. P.; BAMBERG, A. L.; PILLON, C. N.; VALGAS, R. A. **Estimativa da geração de coprodutos de processos agroindustriais e da mineração e do potencial de fornecimento de nutrientes para a agricultura**. Pelotas, Documentos / Embrapa Clima Temperado, 48 p. 2015.
- MATOSO, E. S. Uso de bactérias diazotróficas na produção de mudas de cana-de-açúcar em diferentes substratos. **Dissertação** (mestrado) PPG-SPAF, UFPel, Pelotas. 115f. 2017.
- MARAGNO, E.S.; TROMBIN, D.F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 355-360.2007.
- MARQUES, G.N. Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo. **Tese** (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas. 2016.
- MEDEIROS, C.A.B; RODRIGUES L.T.; TERRA S. Casca de arroz e sua carbonização para utilização em substratos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. **Circular Técnica**. 2008.
- MENEZES JÚNIOR, F. O. G., FERNANDES, H. S., MAUCH, C. R., & SILVA, J. D. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, p. 164-170. 2000.
- MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade**. São Paulo. T.A. Queiroz, 135p. 1995.

- MISTURA, C. Adubação nitrogenada e irrigação em pastagem de capim-elefante. 2004. 72 f. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- MORGADO, I.F., CARNEIRO, J., LELES, P., & BARROSO, D. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, p. 709-712, 2000.
- NASCIMENTO, A.M. et. al.,. **Química e Meio Ambiente: Reciclagem de lixo e química verde: papel, vidro, pet, metal, orgânico**. Secretaria de Educação: Curso Formação Continuada Ciências Da Natureza, Matemática E Suas Tecnologias, 2005.
- NEUTZLING, C.; PEIL, R. M. N., SIGNORINI, C. B., GROLLI, P. R., & PERIN, L. Reutilización del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) en sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, p. 602-610, 2018.
- NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 173-177, 2010.
- OLIVEIRA, L de. Eficiência do resíduo de sisal para compostagem com esterco animais e farinha de rocha natural. 89 p. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. 2010.
- PAIVA, L.R.G. Avaliação do desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de pimenta sob cultivo orgânico. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Estadual da Paraíba. 2017.
- PAIXÃO, R.M.; SILVA, LHBR; TEIXEIRA, T. M. Análise da Viabilidade da Compostagem de Poda de Árvore no Campus do Centro Universitário de Maringá–CESUMAR. **MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, v. 6, 2012.
- PAOLIELLO, J. M. M. Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira. 2006. 180 f. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru - Sp, 2006.

- PAULUS, D., et al. Avaliação de substratos orgânicos na produção de mudas de hortelã (*Mentha gracilis* R. Br. e *Mentha x villosa* Huds.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu-SP, p. 90-97, 2011.
- PEPE, O.; VENTORINO, V.; BLAIOTTA, G.. Dynamic of functional microbial groups during mesophilic composting of agro-industrial wastes and free-living (N₂)-fixing bacteria application. **Waste management**, v. 33, n. 7, p. 1616-1625, 2013.
- PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. S.; MORENZ, M. J. F.; LEITE, J. L. B.; SANTOS, A. M. B.; MARTINS, C. E.; MACHADO, J. C. “BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem”. **Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2016.
- PEREIRA NETO, J.T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Viçosa: UFV. 81 p. 2007
- PICCOLI, A.L.; SOUZA, A.E.; TOCCHETTO, M.R.L. Compostagem de resíduos: ação complementar à coleta seletiva solidária UFSM. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, p. 62-75, 2018.
- PRADO, H. Ambientes de produção em cana-de-açúcar. **Informações Agrônomicas**, v. 110, Encarte Especial, 2005.
- RODRIGUES, M.S., F.C. DA. SILVA, L.P. BARREIRA E A. KOVACS. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C.A.; 2006.
- ROSTON, A.J. & DE CAMPOS, B.D.E.S. Elephant grass, *Pennisetum purpureum* Schum, var. Guaçú, late propagation by cuttings. B. Indústr. Anim. p. 99-102. 1994.
- RUGERI, A. P. Identificação do uso e desempenho de genótipos de cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Sul. 90p. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2015.
- SANTI, P. H. P.; SCAVAZZA, A. L.; BELLONI, A. L.; SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; SANTORIO, S. D.; ROCHA, K. S. S.; LAVORENTI, J. A. L.; SANTANA, C. A.; FERREIRA, J. A.; ZINA, A. C. S. Desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar em diferentes substratos. **Anais... X Workshop de Agroenergia Matérias-Primas**. Ribeirão Preto, SP. 2016.

- SAHLSTRÖM, Leena et al. A laboratory study of survival of selected microorganisms after heat treatment of biowaste used in biogas plants. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 16, p.7859-7865, nov. 2008.
- SANTOS, A.R.; MENEZES, E.S.; MASSAD, M.D.; DUTRA, T.R.; AGUILAR, M.VM.; "utilização de bagaço de cana na produção de mudas de *pterogyne nitens tul*", p. 1009-1015. In: **Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental**. Blucher Engineering Proceedings v.3 n.2. São Paulo: Blucher, 2016.
- SCHAFER, G.; SOUZA, PVD de; FIOR, C.S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, p. 299-306, 2015.
- 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, p.937-944, 2002.
- SCHMIDT-VOGT, H. Wachstum und qualitaet von forstpflanzen. 2.ed. Munique: **Bayerischer Landwirtschaftsverlag**, 210p, 1966.
- SCHALCH, V.; MASSUKADO, L.M.; BIANCO, C.I. Compostagem. In: NUNES, R.R.; REZENDE, M.O.O. **Recurso solo –propriedades e usos**. São Carlos/SP: Editora Cubo, p. 633-659. 2015.
- SIERRA J., DESFONTAINES, L.; FAVERIAL, J.; LORANGERMERCIRIS, G.; BOVAL, M. Composting and vermicomposting of cattle manure and green wastes under tropical conditions: carbon and nutrient balances and end-product quality. **Soil Research**, v.51, p.142-151, 2013.
- SILVA, S. B. Caracterização de pellets de diferentes biomassas para fins energéticos. **Master's Thesis**. Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.
- SILVA, S. D. A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. Sistema de produção da cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul. **Sistemas de Produção/Embrapa Clima Temperado**. 247 p. 2016.
- SILVA, M.T. Substratos a base de lodo de esgoto para produção de mudas de cana-de-açúcar. **Tese (Doutorado)**. Programa de Pós-graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas. 2018.

SILVA, D.J.; MOUCO, M.A.D.C.; GAVA, C.A.T.; GIONGO, V. & PINTO, J. M. Composto orgânico em mangueiras (*Mangifera indica* L.) cultivadas no Semiárido do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.35 no.3 Jaboticabal-SP, p. 875-882, 2013.

SILVA, F.C.S. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, S.H.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em genótipos de capim-elefante de porte baixo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, p.1451-1459, 2009.

SMITH, D. M.; INMAN-BAMBER, N. G.; THORBURN, P. J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, n.2-3, p.169-183, 2005.

SOUZA J. L. & RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda fácil, 554p. 2003.

SPIER, M.; SILVA, DS; SCHÄFER, G; SOUZA, PVD. Cultivo de flor-de-mel em substrato de bagaço de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 251-255. 2009

STEINER, F.; COSTA, M.S.S. de M.; COSTA, L.A. de M.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 4, n. 1, p. 16-27. 2011.

SUNDBERG, Cecilia et al. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 204-211, 2013.

TACHIZAWA, T. Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: estratégia de negócios focadas na realidade brasileira. São Paulo: **Atlas**, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 918p. 2013.

TOLENTINO, D. C., RODRIGUES, J. A. S., PIRES, D. A. D. A., VERIATO, F. T., LIMA, L. O. B., & MOURA, M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, p. 143-149. 2016.

TRANI, P.E.; TRANI, A.L. Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agrônômico, Série Tecnologia APTA, 29p. 2011.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S., BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. O.; LOPES, D.C.N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 59-85, 2009.

VIEIRA, G. D'A.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. Atributos do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes da parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 535-542, 2011.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WATTHIER, M., DA SILVA, M. A. S., SCHWENGBER, J. E., FERMINO, M. H., & CUSTÓDIO, T. V. Produção de mudas de alface em substratos a base de composto de tungue em sistema orgânico de produção, no período de verão. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.2. p.174-179. 2017.

WILSON, G.C.S. Analytical analyses and physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.150, n.6, p.19-32, 1984.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, vol.98, p. 9-13. 2005.

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