

Substratos a base de compostos orgânicos para produção de mudas de capim-elefante

BRS Kurumi

**Substrates based on organic compounds for the production of BRS Kurumi elephant
seedlings**

Sustratos a base de compuestos orgánicos para la producción de plántulas de elefante

BRS Kurumi

Recebido: 17/08/2020 | Revisado: 27/08/2020 | Aceito: 30/08/2020 | Publicado: 01/09/2020

Thaís Wacholz Kohler

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1606-0502>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: thaiskohler@hotmail.com.br

Luize Silva Mascarenhas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5996-327X>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: luizemascarenhas@hotmail.com

Roberta Jeske Kunde

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3964-9854>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: roberta_kunde@hotmail.com

Lucas Silva Lemões

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6963-471X>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: lucaslemoes@hotmail.com

Adílson Härter

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2098-0299>

Universidade Federal do Paraná, Brasil

E-mail: adilsonharter@gmail.com

Vanessa Sacramento Cerqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2604-7846>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: vanescerqueira@yahoo.com.br

Sérgio Delmar dos Anjos e Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7454-0371>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil

E-mail: sergio.anjos@embrapa.br

Resumo

O objetivo do estudo foi determinar o potencial de três compostos orgânicos na elaboração de substratos para a produção de mudas de capim-elefante BRS Kurumi produzidas a partir de minitoletes. Os resíduos utilizados nas compostagens foram: bagaço e palha de cana-de-açúcar, serragem, esterco bovino, casca de acácia, cama de aviário e torta de tungue. Para formulação dos substratos adicionou-se diferentes proporções de cinza de casca de arroz e casca de arroz carbonizada aos compostos, resultando em 12 substratos. Como controle utilizou-se um substrato comercial. Os compostos foram caracterizados quanto a teores de nutrientes, pH, condutividade elétrica e agentes patogênicos. Os ensaios de eficiência agrônômica dos substratos foram conduzidos em casa de vegetação da Embrapa Clima Temperado, com duração de 50 dias. As variáveis agrônômicas avaliadas foram porcentagem de brotação, número de folhas, diâmetro do colo, altura da parte aérea, massa seca da parte aérea e da raiz, relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz e estabilidade de torrão. Os resultados obtidos indicaram que dois compostos orgânicos são aptos para utilização na agricultura de acordo com os limites máximos de agentes patogênicos estabelecidos na legislação. Os substratos a base de compostos orgânicos apresentam respostas agrônômicas iguais ou superiores ao substrato comercial, sendo o substrato com 100% de composto orgânico 2 e o substrato com 75% de composto orgânico 2 + 12,5% cinza de casca de arroz + 12,5% casca de arroz carbonizada os que apresentam maior potencial para produção de mudas da espécie estudada.

Palavras-chave: Resíduos agrícolas; Insumos alternativos; Compostagem.

Abstract

This study aims to determine the potential of three organic compounds in the preparation of substrates for the production of BRS Kurumi elephant seedlings from minitoletes. The residues utilized in the compostings were: sugarcane bagasse and straw, sawdust, bovine manure, acacia bark, aviary bedding and tung cake. For the formulation of the substrates we added different proportions of rice husk ash and carbonized rice hull to the compounds, resulting in 12 substrates. A commercial substrate was used as control. The compounds were

classified based on nutrient quantities, pH, electrical conductivity and pathogens. The agronomic efficiency tests of the substrates were conducted in a Embrapa Clima Temperado greenhouse, lasting 50 days. The agronomic variables evaluated were budding percentage, number of leaves, root collar diameter, shoot height, dry mass of the shoot and root, shoot and root dry mass ratio and stability of the clod. The results show that two organic compounds are proper for use in agriculture in accordance with the maximum limits of pathogens established by legislation. The substrates based on organic compounds produced equal or superior results to the commercial substrate, with the 100% organic compound 2 substrate and the 75% organic compound 2 + 12,5% rice husk ash + 12,5% carbonized rice hull substrate showing the most potential for the production of seedlings of the studied species.

Keywords: Agricultural waste; Alternative inputs; Composting.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el potencial de tres compuestos orgánicos en la preparación de sustratos para la producción de plántulas de pasto elefante BRS Kurumi producidas a partir de minitallets. Los residuos utilizados en el compostaje fueron: bagazo y paja de caña de azúcar, aserrín, estiércol de ganado, corteza de acacia, basura de aves y tortas de tung. Para la formulación de los sustratos, se agregaron a los compuestos diferentes proporciones de ceniza de cáscara de arroz y cáscara de arroz carbonizada, dando como resultado 12 sustratos. Como control, se utilizó un sustrato comercial. Los compuestos se caracterizaron por contenido de nutrientes, pH, conductividad eléctrica y patógenos. Las pruebas de eficiencia agronómica de los sustratos se realizaron en invernadero en Embrapa Clima Temperado, con una duración de 50 días. Las variables agronómicas evaluadas fueron porcentaje de brotación, número de hojas, diámetro del tallo, altura de la parte aérea, masa seca de parte aérea y raíz, razón de masa seca de parte aérea y masa seca de raíz y estabilidad del terrón. Los resultados obtenidos indicaron que dos compuestos orgánicos son aptos para su uso en agricultura según los límites máximos de patógenos establecidos en la legislación. Los sustratos a base de compuestos orgánicos presentan respuestas agronómicas iguales o superiores al sustrato comercial, el sustrato con compost orgánico 100% 2 y el sustrato con compost orgánico 75% 2 + ceniza de cáscara de arroz 12.5% + cáscara de arroz carbonizada 12.5% que tienen mayor potencial para producir plántulas de las especies estudiadas.

Palabras clave: Residuos agrícolas; Insumos alternativos; Compostaje.

1. Introdução

O crescimento populacional e o aumento da demanda por alimentos são importantes fatores que tem ocasionado o aumento das atividades agrícola, pecuária, e agroindustrial e por consequência a geração de grandes quantidades de resíduos orgânicos (Soares et al., 2017; Cunha, 2018).

Sabe-se que uma parte considerável destes resíduos é composta por materiais orgânicos ricos em nutrientes, por isso tem se pesquisado alternativas de tratamento e aproveitamento. Neste sentido, a compostagem apresenta-se como uma opção de tratamento eficiente e de baixo custo, proporcionando um destino adequado aos resíduos orgânicos.

Ao final do processo de compostagem é gerado um produto de alto valor agregado, o composto orgânico, que têm sido amplamente utilizado para adubação agrícola. Esta técnica possibilita a substituição ou a redução do uso de fertilizantes químicos solúveis na agricultura, podendo reduzir os custos de produção, sendo, portanto, interessante do ponto de vista econômico e ambiental (Zaparoli & Barros, 2016).

A busca por insumos 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 (Britto & Mourão, 2012; Beozzi et al., 2015; Acácio et al., 2020). Neste contexto, os compostos orgânicos representam fonte de matéria-prima alternativa e com características físicas e químicas adequadas para o desenvolvimento de mudas de diversas espécies (Watthier et al., 2017; Da Silva et al., 2018).

Em muitas propriedades agrícolas, além da agricultura, também está presente a pecuária leiteira e de corte, havendo, portanto, uma preocupação com a alimentação desses animais e com a escolha de forrageiras. Dentre as opções ao produtor destaca-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*), uma gramínea perene originária da África que apresenta elevada produção de forragem de elevado valor nutritivo, entre as cultivares da espécie encontra-se o capim-elefante anão BRS Kurumi (Gomide et al., 2015).

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. Além da alta produtividade, é uma forragem com alto valor nutricional, apresentando teores de proteína bruta variando de 18-20% na matéria seca e digestibilidade in vitro em torno de 70% (Gomide et al., 2015).

Para a produção de mudas do capim-elefante BRS Kurumi é possível a utilização do sistema de mudas pré-brotadas (MPB), inicialmente desenvolvido para a cultura da cana-de-açúcar. Salienta-se que a utilização do sistema MPB para produção de mudas de capim-elefante é recente, com ausência de estudos na literatura.

Para utilização desse sistema alguns fatores são de grande importância, principalmente a composição do substrato, uma vez que a brotação e enraizamento de estacas estão diretamente ligados às características químicas, físicas e biológicas do substrato (Faria et al., 2016).

Atualmente existe uma diversidade de substratos, porém não existe um que possa ser indicado como ideal para todas as espécies, sendo assim, é necessário realizar estudos com o objetivo de obter novas formulações que proporcionem redução de custos mantendo a qualidade das mudas. Portanto, o objetivo do trabalho foi determinar a viabilidade produtiva de compostos orgânicos na elaboração de substratos para a produção de mudas de capim-elefante BRS Kurumi.

2. Metodologia

O estudo foi realizado na Embrapa Clima Temperado, situada no 9º Distrito de Pelotas/RS (31°40'47"S e 52°26'24"W), durante o período de agosto de 2018 a junho de 2019.

Para a realização da compostagem foram utilizados os seguintes resíduos agrícolas: palha e bagaço de cana-de-açúcar, cama-de-aviário, esterco bovino, casca de acácia, serragem e torta de tungue, os quais foram distribuídos em três leiras, conforme a Tabela 1. As três leiras de compostagem foram montadas em baias de madeira forradas com lonas plásticas, medindo 1,20 x 1,30 x 2,60 m (L x A x C), em ambiente protegido do tipo telado coberto.

O processo de compostagem foi realizado no período de agosto de 2018 a março de 2019, totalizando 210 dias. Durante o processo, houve o monitoramento da temperatura, ajustes de umidade e revolvimento das leiras a cada 30 dias. Para o acompanhamento da temperatura foram alocados dois termômetros em diferentes pontos da leira, os quais foram feitas leituras diárias. O controle de umidade foi realizado semanalmente com adição de água, quando necessário, mantendo-se a umidade entre 40 e 60%.

Tabela 1. Resíduos agrícolas e seus respectivos volumes, utilizados no processo de compostagem.

Resíduos	Volume (m ³)		
	Leira I	Leira II	Leira III
Palha de 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

Fonte: Os autores (2020).

Ao final do processo, os compostos orgânicos foram peneirados, mantendo uma granulometria máxima de 10 mm, sendo posteriormente feito a caracterização química dos mesmos e do substrato comercial utilizado como testemunha na Central Analítica da Embrapa Clima Temperado, utilizando-se a metodologia proposta por Silva (2009) (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química de três diferentes compostos orgânicos e substrato comercial (SC), utilizados no trabalho.

Parâmetro	Unidade	CO1	CO2	CO3	SC
pH		5,37	6,81	5,56	5,77
CE	mS/cm ⁻¹	0,30	2,00	0,50	1,30
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

Fonte: Os autores (2020).

Foram realizadas análises de patogenicidade para os compostos orgânicos, especificamente coliformes termotolerantes, ovos de helmintos e *Salmonella spp.* (Tabela 3).

Tabela 3. Agentes patogênicos presentes nos compostos orgânicos e limites máximos permitidos pelas legislações vigentes.

Parâmetro	CO1	CO2	CO3	¹ Limites IN N° 27/2006
Coliformes termotolerantes (E. coli) (NMP ² /g de MS ³)	17.000,00	<180,00	<180,00	1.000,00
Ovos de Helmitos- (n° em 4g ST ⁴)	11.000,00	<1,00	<1,00	1,00
<i>Salmonella sp.</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência em 10g de matéria seca

¹MAPA IN SDA n° 27 de 2006 (Alterada pela IN SDA n° 7 de 2016) – Limites máximos de contaminantes admitidos em substratos para plantas; ²NMP - Número mais provável; ³MS - Matéria Seca; ⁴ST- Sólidos Totais. Fonte: Os autores (2020).

Para formulação dos substratos, os três compostos orgânicos (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 4.

Considera-se como CO1, CO2 e CO3 os compostos orgânicos (COs) oriundos do processo de compostagem das leiras I, II e III respectivamente. Como testemunha utilizou-se um substrato comercial (SC) a base de turfa fibrosa e casca de arroz em sua composição.

Tabela 4. Composição dos substratos a base de três compostos orgânicos (CO1, CO2 e CO3) casca de arroz carbonizada (CAC) e cinza de casca de arroz (CCA). Pelotas, 2019.

Tratamento	CO1	CO2	CO3	CAC	CCA
%					
T1	Substrato comercial				
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	--	--

Fonte: Os autores (2020).

Salienta-se, que a escolha dos resíduos utilizados para formulação dos substratos (CAC e CCA), assim como os resíduos utilizados para o processo de compostagem, baseou-se na abundância e disponibilidade desses produtos na região, o que facilita a aquisição para o produtor, por apresentarem baixo custo e facilidade de transporte. Além disso, CAC é bastante utilizado para formulação de substratos por promover alto espaço de aeração, o que contribui para tornar as misturas mais leves e com maior relação ar-água (Fermino et al., 2018).

Os ensaios de eficiência agrônômica dos substratos a base de compostos orgânicos foram conduzidos em casa de vegetação com controle de temperatura (28° C), e a irrigação foi realizada através de aspersão. As mudas de capim-elefante da variedade BRS Kurumi foram desenvolvidas em tubetes (175 cm³) colocados em bandejas plásticas com capacidade para 54 tubetes.

Para obtenção das mudas foi seguida a metodologia adaptada de Landell et al. (2012), utilizando minitoletes separados do colmo com o auxílio de guilhotina com lâmina dupla. Após o corte dos toletes selecionou-se os que tinham gemas viáveis, os quais foram colocados nos tubetes a profundidade de três centímetros e levados para casa de vegetação onde foi conduzido o ensaio. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e treze tratamentos, sendo cada repetição composta por 9 mudas.

A avaliação das mudas ocorreu 50 dias após o plantio (DAP), momento em que elas estariam aptas ao transplante. As variáveis agrônômicas avaliadas foram:

Porcentagem de brotação (%BROT): Após a implantação do experimento realizou-se diariamente a contagem dos toletes brotados, calculando-se ao final a porcentagem de brotação total da parcela.

Altura da planta (ALT): Com o auxílio de uma fita métrica mediu-se a planta desde a base até o ápice da última folha completamente desenvolvida.

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.

Número de folhas (NF): Contagem das folhas definitivas abertas.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR): Separou-se a parte aérea das raízes, as quais 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).

Relação da matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz (MSPA/MSR): razão entre MSPA e MSR.

Estabilidade do torrão (EST): considerando a sua coesão ao retirar a planta do recipiente, a estabilidade do torrão 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.

Os resultados obtidos nesse experimento foram submetidos à análise de variância, e quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade através do software Genes (Cruz, 2016).

3. Resultados e Discussão

Os compostos orgânicos (COs) analisados e o substrato comercial (SC) apresentaram características químicas distintas (Tabela 2). 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 (Kampf, 2005; Fermino 2014).

Para condutividade elétrica (CE), os maiores valores foram encontrados no CO2 (2,00 mS/cm), seguido pelo substrato comercial (1,30). 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 (Waller & Wilson, 1984).

Os COs apresentaram relação C/N distintas, sendo que os resultados encontrados nos COs 1 e 3 estão acima dos valores ideais recomendados pela Instrução Normativa N° 25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009), que estabelece um valor máximo de 20/1. Esses valores podem estar relacionados a grande quantidade de serragem que foram inicialmente adicionadas nas leiras (1,5 m³ na leira I e 1,0 m³ na leira III). Em vista disto, recomenda-se utilizar quantidades reduzidas desse material. Rodrigues et al. (2015), ao avaliar a compostagem de resíduos orgânicos, obteve resultados elevados para relação C/N em compostos com uso de elevadas porcentagens de serragem, demonstrando a necessidade

de diminuir a quantidade desse material. Em contrapartida, o CO₂ apresentou resultados satisfatórios para este parâmetro (15,2/1).

Comparando os resultados dos três compostos orgânicos analisados quanto a teores de nutrientes, os maiores valores foram encontrados no CO₂ e os menores foram encontrados no CO₁, com exceção dos elementos alumínio, ferro e manganês no qual os menores valores foram obtidos no CO₃. Porém, ao contrastarmos os teores de nutrientes dos três compostos orgânicos estudados com os encontrados no SC, observa-se que o CO₂ apresenta teores de nutrientes superiores aos encontrados no SC (com exceção somente do elemento ferro).

Os maiores teores de nutrientes presentes no CO₂ podem estar relacionados ao uso da cama-de-aviário no sistema de compostagem. A cama-de-aviário é um coproduto de grande interesse agrícola devido a sua riqueza nutricional, com consideráveis teores de nitrogênio, podendo variar de 2,5% a 4,2% (Castro et al., 2005; Oliveira et al., 2006; Mottin et al., 2015).

Os resultados da análise de patogenicidade para os compostos orgânicos, especificamente coliformes termotolerantes, ovos de helmintos e *Salmonella spp.*, 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 (Tabela 3).

Verificou-se que as concentrações dos agentes patogênicos nos COs 2 e 3 encontram-se abaixo dos limites máximos permitidos pelas legislações acima citadas. O CO₁ apresentou valores acima do máximo permitido para coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, portanto, não pode ser destinado ao uso como fertilizante agrícola ou matéria-prima para produção de substrato.

A presença de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos no CO₁ pode estar relacionada a baixa temperatura da leira I, a qual apresentou temperatura máxima de 42,5 °C, não atingindo a temperatura mínima necessária para eliminação dos patógenos. As leiras II e III apresentaram temperaturas máximas de 55 e 59 °C, respectivamente. 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 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.

Resultados semelhantes foram encontrados por Soto et al. (2017), ao avaliarem a redução ou a eliminação de bactérias do grupo coliforme em um sistema de compostagem de resíduos sólidos de hortaliças com serragem e capim seco, que verificaram que temperaturas inferiores a 40 °C possibilitaram a viabilidade de coliformes totais e termotolerantes nos sistemas de compostagem.

Após a realização da análise de variância, diferenças significativas foram observadas para as variáveis de desempenho agrônomo das mudas de capim-elefante BRS Kurumi produzidos nos substratos estudados com exceção da variável estabilidade de torrão, conforme mostrado na Tabela 5.

Para percentual de brotação (%BROT), apenas os tratamentos T11 (66,70%) e T7 (75,02%), apresentaram valores inferiores à testemunha. Com relação à altura de planta (ALT) os maiores valores foram encontrados no tratamento T9 (52,77 cm). Para diâmetro do colo (DC), os maiores valores foram encontrados no tratamento T9 (7,81 mm), o qual não diferiu estatisticamente de T8 (7,43 mm) e T7 (7,03 cm). Os demais tratamentos apresentaram valores estatisticamente iguais a testemunha para a variável DC ($p < 0,05$). 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. Adicionalmente, Souza et al., (2006), destaca que o diâmetro do colo possui importância fundamental na avaliação do potencial da muda para crescimento e sobrevivência após o transplante.

Para a característica agrônoma massa seca da parte aérea (MSPA), os tratamentos T8 e T9 apresentaram valores superiores aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Para o parâmetro número de folhas (NF) os tratamentos T9 (9,88) e T8 (9,75) apresentaram os maiores valores, seguidos por T6 (9,00) e T7 (8,89), os demais tratamentos apresentaram valores estatisticamente iguais a testemunha ($p < 0,05$). O NF nas mudas é um parâmetro importante e inteiramente ligado ao desenvolvimento da planta, pois as folhas são o principal órgão onde ocorre a fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2017).

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 capim-elefante BRS Kurumi aos 50 DAP conduzidas em diferentes substratos a base de composto orgânico. Pelotas, 2020.

TRA	% BROT (%)	ALT (cm)	DC (mm)	NF (Nº)	MSPA (g)	MSR (g)	MSPA/ MSR	EST
T1	91,67 a*	36,78 c	5,54 b	6,94 c	0,48 c	0,46 b	1,04 c	2,97 ^{ns}
T2	97,22 a	34,97 c	5,23 b	7,15 c	0,44 c	0,40 c	1,09 c	2,97
T3	94,45 a	33,65 c	5,15 b	6,83 c	0,41 c	0,39 c	1,03 c	2,91
T4	100,00 a	31,59 d	4,88 b	6,52 c	0,34 d	0,37 c	0,92 d	2,94
T5	94,45 a	31,50 d	4,88 b	6,25 c	0,31 d	0,38 c	0,84 d	2,94
T6	86,12 a	30,65 d	5,75 b	9,00 b	0,40 c	0,40 c	1,03 c	3,00
T7	75,02 b	39,51 b	7,03 a	8,89 b	0,57 b	0,49 b	1,16 c	3,00
T8	97,22 a	42,61 b	7,43 a	9,75 a	0,75 a	0,59 a	1,30 b	2,94
T9	88,90 a	52,77 a	7,81 a	9,88 a	0,89 a	0,56 a	1,62 a	2,91
T10	97,22 a	28,33 d	5,16 b	6,50 c	0,33 d	0,40 c	0,83 d	3,00
T11	66,70 b	29,25 d	4,80 b	6,44 c	0,30 d	0,32 c	0,91 d	2,91
T12	83,35 a	29,44 d	4,90 b	6,33 c	0,28 d	0,34 c	0,83 d	2,94
T13	88,90 a	29,07 d	4,72 b	8,80 c	0,27 d	0,31 c	0,89 d	2,93
Média	89,33	34,63	5,64	7,41	0,44	0,42	1,04	2,95
CV(%)	9,89	11,05	10,96	8,73	21,74	18,00	14,52	2,75

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade de erro. T1: Substrato comercial; 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.

Fonte: Os autores (2020).

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, principalmente nas maiores doses. Esse fato pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes e maior condutividade elétrica encontrados em tal composto, conforme observa-se na caracterização química dos compostos orgânicos e do substrato comercial (Tabela 3). O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são os nutrientes que comumente limitam o crescimento de inicial de mudas, uma vez que teores elevados de N e P são altamente requeridos nos estádios iniciais de crescimento da parte aérea (Pelissari et al., 2009).

Quanto ao acúmulo de MSR, os tratamentos T8 e T9 apresentaram os maiores valores, os demais tratamentos apresentaram resultados inferiores a testemunha, com exceção de T7, o qual não diferiu da mesma. 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 (Cruz et al., 2006; Haase, 2011).

Para a relação MSPA/MSR, o substrato T9 apresentou o maior valor (1,62). Esse resultado encontra-se um pouco abaixo do 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.

De maneira geral, os melhores resultados foram encontrados nos substratos que continham as duas maiores doses (75 e 100%) do CO₂ (T8 e T9). Tendo em vista que, os demais tratamentos, formulados a partir dos compostos 1 e 3, apresentaram valores similares aos encontrados no substrato comercial para a maioria das variáveis analisadas, evidencia-se o potencial agrícola dos compostos avaliados, porém salienta-se que o CO₁ 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.

4. Considerações Finais

Os substratos contendo 75% CO₂ + 12,5% casca de arroz carbonizada + 12,5% cinza de casca de arroz e o substrato com 100% de CO₂ são os mais indicados para utilização na produção de mudas de capim-elefante BRS Kurumi.

Não se recomenda o uso agrícola do CO₁ devido a contaminação por coliformes termotolerantes e ovos de helmintos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a avaliação de desempenho inicial das mudas após o transplante para lavoura.

Referências

Acácio, D., Monteiro, A., & Ribeiro, H. (2020). Alternativas à turfa na instalação de relvados em campos de golfe. *Agrotec*, 34, 66-68.

Beozzi, S., Cabral, F., Vasconcelos, E., & Ribeiro, H. M. (2015, September). Organic production of potted parsley and coriander in coconut coir amended with compost. In *International Symposium on Growing Media, Composting and Substrate Analysis-SusGro2015 1168*, 295-302. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1168.38>

Britto, L. M., & Mourão, I. (2012). Características dos substratos para horticultura: composição e características dos constituintes individuais dos substratos (parte II/II).

Brissette, J. C. (1984). Summary of discussions about seedling quality. In: Southern Nursery Conferences, 1984, Alexandria. Proceedings... New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 127-128.

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, 20.

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.

Castro, C. M. D., Almeida, D. L. D., Ribeiro, R. D. L. D., & Carvalho, J. F. D. (2005). Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5), 495-502. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500011>

Cruz, C. D. (2016). Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38(4), 547-552. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>

Cruz, C. A. F., Paiva, H. N. D., & Guerrero, C. R. A. (2006). Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). *Revista Árvore*, 30(4), 537-546. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400006>

Cunha, W. T. (2018). Compostagem na Prática da Agricultura Familiar. E: *Revista de Extensión Universitaria*, (9), 230-239. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6738827>

da Silva, A. D. C. D., Smiderle, O. J., de Oliveira, J. M. F., & de Jesus Silva, T. (2017). Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. *Advances in Forestry Science*, 4(4), 151-156. <https://doi.org/10.34062/afs.v4i4.4590>

Faria, J. C. T., Caldeira, M. V. W., Delarmelina, W. M., & Rocha, R. L. F. (2016). Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa Benth.* *Ciência Florestal*, 26(4), 1075-1086.

Fermino, M. H. (2014). Substratos: composição, caracterização e métodos de análise. *Guaíba: Agrolivros*, 111.

Fermino, M. H., Araujo, M. M., Aimi, S. C., Turchetto, F., Berghetti, A. L., Pasquetti, Z. T. C., Mieth, P., Griebeler, A. M., & Vilella, J. M. (2018). Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Cerne*, 24(2), 80-89. <https://doi.org/10.1590/01047760201824022522>

Gomide, C. A. de M., Paciullo, D., Ledo, F. D. S., Pereira, A., & Morenz, M. B. (2015). Informações sobre a cultivar de capim-elefante BRS Kurumi. Embrapa Gado de Leite- Comunicado Técnico.

Gomes, J. M., & Paiva, H. N. de. (2006). Viveiros florestais (propagação assexuada). (3a ed.) Viçosa: UFV.

Gruszynski, C. Resíduo agroindustrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas. 2002. 99 f. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre. 2002.

Haase, D. L. (2011). Seedling root targets. In: Riley, LE; Haase, DL; Pinto, JR, técnico. coords. *Procedimentos nacionais: Forest and Conservation Nursery Associations-2010. Proc. RMRS-P-65. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.* 80-82., 65, 80-82.

Kämpf, A. N. (2005). Produção comercial de plantas ornamentais. *Guaíba: Agrolivros*, 2.

Landell, M. D. A., Campana, M. P., Figueiredo, P., Xavier, M. A., Anjos, I. D., Dinardo-Miranda, L. L., & Mendonça, J. D. (2012). Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. *Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas*, 17.

Mottin, M. C., Richart, A., Seidel, E. P., Alves, A. L., & Sostisso, P. H. (2015). Interferência do manejo da cama de aviário na liberação de nitrogênio para o solo. *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, 4(2), 158-171.

Oliveira, N. G. D., De-Polli, H., de Almeida, D. L., & Guerra, J. G. M. (2006). Plantio direto de alface adubada com cama de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. *Horticultura brasileira*, 24(1), 112-117. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000100023>

Pelissari, R. A., Sampaio, S. C., Gomes, S. D., & Crepalli, M. D. S. (2009). Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). *Engenharia Agrícola*, 29(2), 288-300. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000200012>

Rodrigues, A. C., França, J. R., Silveira, R. B., Silva, R. F., Ros, C. O., & Kemerich, P. D. C. (2015). Compostagem de resíduos orgânicos: eficiência do processo e qualidade do composto. *Enciclopédia biosfera*, 11(22), 759-770. <http://dx.doi.org/10.18677>

Sahlström, L., Bagge, E., Emmoth, E., Holmqvist, A., Danielsson-Tham, M. L., & Albiñ, A. (2008). A laboratory study of survival of selected microorganisms after heat treatment of biowaste used in biogas plants. *Bioresource Technology*, 99(16), 7859-7865. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.071>

Silva, F. C. D. S. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* (Vol. 627). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

Soares, J. D. R., Rezende, R. A. L. S., Rezende, R. M., Botrel, E. P., & De Carvalho, A. M. (2017). Compostagem de resíduos agrícolas: uma fonte de substâncias húmicas. *Scientia Agraria Paranaensis*. 41-421. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n4p414-421>

Soto, F. R. M., De Moura, S. L., Nóbrega, L. P., & De Azevedo, S. S. (2017). Pesquisa de coliformes em compostagem de resíduos de hortaliças com a utilização de diferentes substratos. *Revista Agrogeoambiental*, 9(2). <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017951>

Souza, C. A. M. D., Oliveira, R. B. D., Martins Filho, S., & Lima, J. S. D. S. (2006). Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, 16(3), 243-249. <https://doi.org/10.5902/198050981905>

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.

Zaparoli, M. R., & Barros, R. D. V. (2015). Viabilidade do uso de resíduos orgânicos na agricultura como composto para melhoria de sua gestão mediante agregação de valor. In *Congresso brasileiro de gestão ambiental*, 7. Campina Grande: ConGeA.

Wattier, M., da Silva, M. A. S., Schwengber, J. E., Fermino, M. H., & Custódio, T. V. (2017). Produção de mudas de alface em substratos a base de composto de tungue em sistema orgânico de produção, no período de verão. *Horticultura Brasileira*, 35(2). <https://doi.org/10.1590/hb.v35i2.532>

Waller, P. L., & Wilson, F. N. (1983, August). Evaluation of growing media for consumer use. In *International Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils In Situ* 150.51-58. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1984.150.5>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Thaís Wacholz Kohler – 28%

Luize Silva Mascarenhas – 12%

Roberta Jeske Kunde – 12%

Lucas Silva Lemões – 12%

Adílson Härter – 12%

Vanessa Sacramento Cerqueira – 12%

Sérgio Delmar dos Anjos e Silva – 12%