

SUBSTRATO EXAURIDO DE COGUMELOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS*

OLÍVIA GOMES MARTINS¹, MAGALI RIBEIRO DA SILVA², MEIRE CRISTINA ANDRADE CASSIMIRO DA SILVA³

* Artigo extraído da tese do primeiro autor

¹ Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: oliviagmartins@gmail.com

² Ciência Florestal, Solos e Ambiente, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: magali.ribeiro@unesp.br

³ Faculdade Gran Tietê, Av. 15 de Novembro, 125 - Centro, 17340-000, Barra Bonita, SP, Brasil. E-mail: mcnandrade@hotmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do substrato exaurido de *Lentinula edodes* para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Foi utilizado um delineamento experimental 4x1, sendo 4 substratos (T1 (testemunha, 100% Carolina Soil II), T2 (25% substrato exaurido + 75% casca de arroz carbonizada), T3 (50% substrato exaurido + 50% casca de arroz carbonizada) e T4 (75% substrato exaurido + 25% casca de arroz carbonizada)), e uma espécie florestal (*E. grandis*). Avaliou-se o percentual de emergência, altura da parte aérea, diâmetro, número de folhas, massas secas aérea, radicular e total, índice de qualidade de Dickson, conformação do sistema radicular, lixiviado e acúmulo nutricional. Foi feita análise de variância e teste de Tukey (5%). O tratamento T4 foi o que mais se aproximou das características físicas do tratamento testemunha, sendo que os demais apresentaram baixa quantidade de microporos. Observa-se maiores teores de nutrientes nos tratamentos contendo substrato exaurido. O substrato exaurido afetou negativamente o percentual de emergência, mas não afetou o número de folhas. Quanto à altura, diâmetro do colo e índice de qualidade de Dickson, o T1 obteve valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos, porém todos alcançaram parâmetros considerados aptos para o plantio. O acúmulo de nutrientes apresentou comportamentos distintos na parte aérea e no sistema radicular. A análise do lixiviado evidenciou menor perda de água e nutrientes no tratamento testemunha, que possuía maior capacidade de retenção. Os substratos contendo substrato exaurido produziram mudas viáveis, porém novos estudos são necessários utilizando diferentes manejos hídricos e adubações.

Palavras-chave: eucalipto, *Lentinula edodes*, viveiro.

SPENT MUSHROOM SUBSTRATE FOR THE PRODUCTION OF FORESTRY SEEDLINGS

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of *Lentinula edodes* spent mushroom substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. A 4x1 experimental design was used, with 4 substrates (T1 (control, 100% Carolina Soil II), T2 (25% spent substrate + 75% charred rice husk), T3 (50% spent substrate + 50% charred rice husk) and T4 (75% spent substrate + 25% charred rice husk)), and one forest species (*E. grandis*). Physical and chemical characterization were performed, the percentage of emergence, plant height, stem diameter, number of leaves, aerial, root and total dry mass, Dickson quality index, root system conformation, leachate and nutritional accumulation were evaluated. Analysis of variance and Tukey's test (5%) were performed. T4 treatment was the closest to the physical characteristics of the control treatment, and the others showed a low amount of micropores. Higher nutrient contents were observed on the treatments containing spent substrate. Spent substrate negatively affected the emergency percentage, but did not affect the number of leaves. As for height, stem diameter and Dickson quality index, T1 obtained statistically higher values than the other treatments, but all treatments reached parameters considered

suitable for planting. The accumulation of nutrients showed different behaviors in the aerial part and in the root system. The leachate analysis showed less loss of water and nutrients in the control treatment, which had a greater retention capacity. The treatments containing spent substrate produced viable seedlings, but further studies are needed using different water management and fertilization.

Keywords: eucalyptus, *Lentinula edodes*, nursery.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o cultivo de cogumelos comestíveis se expandiu em mais de 30 vezes (ROYSE; BAARS; TAN, 2017), em função do seu sabor, valor nutricional, propriedades medicinais e possibilidade de cultivo rústico (SÁNCHEZ, 2010). Segundo Sun *et al.* (2020), mais de 200 espécies de cogumelos são comestíveis, e destas destacam-se as espécies *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* e *Lentinula edodes*, sendo as mais cultivadas globalmente. Os cogumelos estão presentes na alimentação humana há milênios, sendo muito apreciados pelas suas características organolépticas, sendo que nos últimos tempos sua procura vem aumentando, por ser um alimento rico em proteínas, fibras, vitaminas, minerais, com baixo valor calórico e teor de lipídeos (VALVERDE; HERNÁNDEZ-PÉREZ; PAREDES-LÓPEZ, 2015). Os cogumelos podem ser cultivados em materiais lignocelulósicos provenientes da agroindústria, com infra-estrutura simples e técnicas rústicas, promovendo a ciclagem de nutrientes destes materiais, convertendo-os em um alimento de alto valor agregado, podendo ser uma importante fonte de renda para pequenos produtores, portanto este cultivo pode ser considerado sustentável economicamente e ambientalmente (SPINOSA, 2008).

Embora o cultivo de cogumelos comestíveis possua diversas vantagens, gera-se o substrato exaurido de cogumelos, ou substrato gasto/pós-cultivo, conhecido na literatura como SMS – *Spent Mushroom Substrate*. Segundo Ma *et al.* (2014), para cada quilo de cogumelos frescos, gera-se entre 5 a 6 quilos de SMS. A reutilização do SMS é importante para a transição para a economia circular, na qual resíduos agroindustriais são considerados recursos, que devem ser reutilizados em outros processos biotecnológicos, visando a eficiência destes processos e a sustentabilidade (GRIMM;

WÖSTEN, 2018). Este material, nutricionalmente rico, pode ser utilizado em processos de biorremediação de ar, água e solo, remoção de pesticidas, cultivo de cogumelos, de plantas em ambientes abertos ou estufas, condicionante do solo, alimentação animal e como fonte de energia renovável (RINKER, 2017). Apesar das utilizações mencionadas, a importância do reaproveitamento do SMS é uma área relativamente nova, de modo que novos estudos avaliando sua utilização devem ser realizados. Nesse contexto, constatou-se a ausência na literatura de pesquisas acerca da utilização deste material para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, espécie de grande importância econômica e ambiental. Considerando a ampla literatura constatando a eficiência do SMS no cultivo de outras plantas, torna-se relevante estudar o potencial do uso de SMS para produção de mudas florestais, pois este rico material pode tornar-se viável na silvicultura.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso do SMS de *L. edodes* na formulação de substratos para o cultivo de mudas de *E. grandis*, bem como seu impacto nas características morfofisiológicas das plantas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no Viveiro de Produção de Mudas Florestais da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da UNESP, no município de Botucatu – SP (localização geográfica: Latitude 22°51'17.9"S Longitude 48°25'58.2"W), de Agosto de 2021 a Setembro de 2022. Foram utilizadas quatro formulações diferentes para o cultivo de *Eucalyptus grandis* (Tabela 1). Para cada tratamento, foram preparados 352 tubetes. Posteriormente, foram montadas quatro parcelas por tratamento com 12 mudas centrais úteis para avaliação, totalizando 48 mudas úteis por tratamento.

Tabela 1. Proporções dos insumos nas formulações dos substratos

	Carolina Soil II	SMS de <i>L. edodes</i>	CAC
Tratamento 1	100%	–	–
Tratamento 2	–	25%	75%
Tratamento 3	–	50%	50%
Tratamento 4	–	75%	25%

SMS – *Spent Mushroom Substrate*; CAC= casca de arroz carbonizada.

As formulações foram submetidas à caracterização física do substrato de acordo com Silva (1998), para determinação da porosidade total, macroporos, microporos, retenção, densidade compactada, pH e condutividade elétrica.

O substrato convencional (Carolina Soil – testemunha) e a casca de arroz carbonizada foram adquiridos no comércio de Botucatu – SP. O SMS de *L. edodes* foi fornecido pela empresa Fungibras de Botucatu – SP (localização geográfica: Latitude 22°51'01.1"S Longitude 48°29'27.0"W). Os blocos de SMS de *L. edodes* foram secados ao sol por 48 horas, manualmente desfragmentados e peneirados em peneira de aço com malha de 2 mm. Em seguida, foram preparadas 4 formulações (Tabela 1), com a utilização de betoneira. As formulações foram acrescidas de água manualmente até atingir uma umidade média de 60%. Para cada formulação, foram preparados 352 tubetes, os quais foram preenchidos com os substratos e compactados. Para a semeadura, foram utilizadas sementes de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, cultivar LCFA001, provenientes do IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba - SP. A semeadura foi realizada de forma manual, utilizando bisnaga com injetor. As bandejas foram cobertas com fina camada de substrato e irrigadas.

As bandejas foram alocadas em casa de sombra, com sistema de irrigação por microaspersão, com vazão por bocal de 200 L h⁻¹, acionados automaticamente por painel elétrico durante 20 segundos a cada 30 minutos, das 9 às 16 horas. Após a germinação, as bandejas foram levadas para estufa tipo minitúnel, onde tiveram seu espaçamento alterado para 50% de ocupação na bandeja. Após o crescimento inicial das mudas, foi feito o desbaste deixando somente uma muda por tubete, priorizando as de maior vigor e melhor

posicionamento no tubete. Antes de serem levadas para a área de pleno sol, as mudas foram selecionadas quanto à altura para assegurar que todas as repetições, dentro de um mesmo substrato, tivessem a mesma média dessa variável.

A água de irrigação do viveiro é proveniente da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), com pH de aproximadamente 7,0 e condutividade elétrica média de 0,047 mS m⁻¹. Foi utilizada lâmina d'água de 17 mm, devido à alta temperatura e exposição solar das plantas durante o experimento. Foram realizadas adubações padrão para todos os indivíduos via fertirrigação três vezes por semana. Para a solução de macronutrientes, foram utilizados os fertilizantes nitrato de cálcio, monoamoniofosfato (MAP) purificado, cloreto de potássio, sulfato de amônio, uréia, sulfato de magnésio e ferro 13% nas concentrações de 0,87, 0,12, 0,40, 0,15, 0,54, 0,52 e 0,03 g/L respectivamente. A solução de micronutrientes foi composta de ácido bórico, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e molibdato de sódio nas concentrações de 6,0, 6,0, 1,4, 0,6 e 0,16 g/L respectivamente. A condutividade elétrica da solução foi de 3,04 mS e o pH 5,93. Durante o período de rustificação das mudas, a solução nutritiva consistiu apenas de cloreto de potássio em concentração de 600 mg L⁻¹ de K.

Dos 352 tubetes preparados para cada tratamento, foi contabilizada a quantidade de mudas que se desenvolveram para cálculo do percentual de emergência. As variáveis altura da parte aérea (cm) e diâmetro do colo (mm) foram avaliadas nas 12 mudas úteis de cada parcela. A altura da parte aérea é medida com régua milimetrada, a partir da borda do tubete até a gema apical que deu origem à última folha. O diâmetro do colo (mm) foi medido rente à borda do tubete com paquímetro digital. Para

medir a massa seca aérea (g) e radicular das mudas (g), foi realizado o seccionamento do caule próximo ao substrato, dividindo-as em duas partes. O número de folhas de cada muda foi contabilizado. Os sistemas radiculares foram lavados em água corrente sobre peneira. Em seguida, as partes aéreas e radiculares foram, separadamente, colocadas em sacos de

$$IQD = \frac{Massa\ seca\ total}{\left(\frac{Altura\ da\ parte\ aérea}{Diâmetro\ do\ colo}\right) + \left(\frac{Massa\ seca\ da\ parte\ aérea}{Massa\ seca\ radicular}\right)} \quad (1)$$

A conformação do sistema radicular foi avaliada de acordo com Simões, Silva e Silva (2012). Nesta avaliação, atribuiu-se os conceitos qualitativos “apto e inapto para o plantio”. O conceito “apto para o plantio” (%) foi atribuído ao sistema radicular formado por torrão com nenhuma ou pouca flexibilidade (qualificação “ótimo” e “bom”) e com presença de raízes novas. O conceito “inapto para o plantio” (%) foi atribuído ao sistema radicular desagregado e com ausência de raízes novas (qualificação “ruim”).

Para caracterização química dos substratos, antes e após o cultivo, foram obtidos filtrados seguindo o método holandês 1:1,5 (v:v). Neste método, para cada tratamento, 100 mL do substrato foi acrescido à 150 mL de água destilada e filtrado. Foram obtidos 50 mL de filtrado de cada tratamento, que foi utilizado para caracterização química do substrato. Para caracterização química de nutrientes na planta, a matéria seca das partes aérea e radicular de cada tratamento foram separadamente moídas em moinho tipo Wiley. As caracterizações químicas foram feitas no Laboratório de Análise Química de Fertilizantes e Corretivos, pertencente ao Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente – FCA/ UNESP, Botucatu, SP, localização geográfica 22°85'04.54"S e 48°43'16.41"). Foram determinados os teores de macronutrientes (N, P2O5, K2O, Ca, Mg, S, C, C/N e pH),

papel e levadas à estufa a 70 °C até atingirem massa constante, as quais foram medidas em balança eletrônica de precisão de duas casas. A partir da soma da massa seca aérea com a radicular, foi determinada a massa seca total (g) e, em seguida, o índice de qualidade de Dickson (IQD), conforme a fórmula:

micronutrientes (Na, B, Cu, Fe, Mn, Zn), pH e condutividade elétrica. Para coletar as soluções lixiviadas, sacos plásticos foram presos com elástico, antes da primeira fertirrigação de crescimento do dia, em 10 mudas de cada tratamento. Após a fertirrigação, o pH e a condutividade elétrica dessas soluções foram mensurados. Este procedimento foi realizado novamente com a fertirrigação de rustificação. O volume da solução lixivada destas etapas foi mensurado em proveta.

Para comparação entre tratamentos, foi utilizado o programa estatístico Sisvar, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a um nível de 5% de significância. Os boxplots para visualização dos dados foram gerados utilizando a linguagem de programação Python, versão 3.10, com as bibliotecas numpy, pandas e matplotlib, no ambiente de desenvolvimento integrado Google Colab. Para comparar o efeito das características físicas e químicas dos substratos sobre o acúmulo de nutrientes nas plantas, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização física dos substratos estão na Tabela 2, onde é possível observar diferenças nestes parâmetros entre os substratos.

Tabela 2. Caracterização física dos substratos

	T1	T2	T3	T4
Porosidade total (%)	80,29	85,18	85,26	83,92
Macroporos (%)	25,32	54,42	51,47	42,74
Microporos (%)	54,97	30,76	33,79	41,18
Retenção (mL/55 cm ³)	28,02	15,70	17,23	21,07
Densidade (Kg/m ³)	182,50	296,71	343,83	452,23
pH	6,27	5,79	5,67	5,57
EC (mS/cm)	0,66	0,61	1,04	1,18

T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada; EC= condutividade elétrica. Média de 12 repetições.

Observa-se que a porosidade total dos tratamentos à base de SMS + CAC é superior à porosidade do tratamento testemunha (T1 – Carolina Soil). Além da maior porosidade total, estes tratamentos também apresentaram maior quantidade de macroporos em relação ao tratamento testemunha. Estes resultados são corroborados por Guerrini e Trigueiro (2004), que explicam que a casca de arroz carbonizada é um material leve e inerte à hidratação, aumentando a porosidade do substrato conforme se eleva a quantidade deste material na mistura. Segundo Gonçalves e Poggiani (1996), o valor recomendado de porosidade total é de 75-85%, de modo que todos os tratamentos obtiveram valores adequados neste parâmetro. Ainda de acordo com os mesmos autores, a macroporosidade deve estar entre 35-45%, valor atingido apenas pelo substrato T4. Quanto a microporos e retenção, observa-se relação inversamente proporcional entre a quantidade de CAC utilizada e os valores obtidos nestes parâmetros, e que o tratamento testemunha obteve valores superiores aos demais tratamentos. Segundo Guerrini e Trigueiro (2004), a adição da CAC resulta em aumento da macroporosidade, porém diminuição da microporosidade. Os autores complementam que há relação direta entre a microporosidade e a capacidade de retenção do substrato. A literatura recomenda que os valores de microporosidade estejam entre 45-55% (GONÇALVES; POGGIANI, 1996), o que só foi obtido pelo tratamento testemunha. Já a retenção deve estar entre 20-30 mL/50cm³ (DELARMELINA *et al.*, 2014), alcançado pelos tratamentos T1 e T4.

A literatura recomenda que a densidade do substrato esteja entre 250 a 500 Kg/m³

(KRATZ *et al.*, 2013), de modo que os tratamentos à base de SMS + CAC obtiveram valores dentro da faixa recomendada, diferentemente do tratamento testemunha, que obteve valores mais baixos. Todavia, Lopes *et al.* (2008), ao avaliar o impacto dos atributos físicos de dois diferentes substratos na produção de mudas de eucalipto, também obtiveram valores mais baixos do que o recomendado, o que não afetou o desenvolvimento das mudas. Embora alguns substratos não tenham atingido os valores recomendados pela literatura em diferentes parâmetros, Silva *et al.* (2021), ao avaliar o efeito das propriedades físicas de diferentes substratos na qualidade de mudas clonais de eucalipto, também obtiveram valores destoantes do recomendado. Os autores explicam que os valores recomendados não se aplicam a todas as espécies, tipos de recipientes, formas de propagação, manejo hídrico, nutricional e materiais utilizados na formulação do substrato, portanto valores diferentes do recomendado pela literatura ainda podem ser adequados. Quanto ao pH, observa-se que, quanto maior a quantidade de SMS presente no substrato, menor o pH. Foram obtidos valores entre 5,57 e 6,27, de modo que todos os valores estão dentro do recomendado (5,0 a 6,5) por Kratz *et al.* (2013). Em relação à condutividade elétrica, Santos *et al.* (2014) recomendam o valor de até 1,0 mS/cm, de modo que apenas os tratamentos T3 e T4 estavam ligeiramente acima do recomendado por este autor.

A Tabela 3 contém a caracterização química dos diferentes tratamentos antes do cultivo, bem como do SMS e casca de arroz carbonizada individualmente, para

comparação. Nas amostras contendo SMS, puro ou em diferentes combinações, não foi possível obter os teores de fósforo, enxofre e boro.

Tabela 3. Caracterização química dos substratos (macro e micronutrientes) antes do cultivo.

Nutrientes (mg L ⁻¹)	Substratos					
	T1	T2	T3	T4	SMS	CAC
N	20	24	28	27	20	14
P	29	-	-	-	-	39
K	104	186	157	149	333	138
Ca	34	154	136	212	364	39
Mg	47	132	157	186	610	35
S	66,6	-	-	-	-	15,1
Na	12,50	14,40	19,20	19,20	38,80	6,80
B	0,08	-	-	-	-	0,05
Cu	0,09	0,09	0,07	0,08	0,13	0,06
Fe	0,60	1,60	0,75	2,24	1,19	0,05
Mn	0,37	5,71	1,72	5,46	2,43	0,16
Zn	0,16	0,25	0,07	0,27	0,20	0,02

T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada, SMS= 100% substrato gasto de *L. edodes*, CAC= 100% casca de arroz carbonizada.

Observa-se que, nos tratamentos com SMS na composição, o teor de nitrogênio foi superior ao tratamento testemunha. Antônio *et al.* (2010) avaliaram a viabilidade da utilização de biossólido de cervejaria como substrato para a produção de eucalipto, também observando aumento no teor de nitrogênio do substrato em função do aumento do biossólido. Os autores relatam que o maior teor de nutrientes nos substratos resultou em plantas com altura estatisticamente superiores às plantas cultivadas em substrato testemunha. Similarmente, D'Ávila (2008) constatou melhores resultados em características morfológicas de mudas de eucalipto em substratos acrescidos de nitrogênio.

Quanto ao teor de fósforo, não foi possível obter o teor deste nutriente nos tratamentos à base de SMS. No tratamento testemunha, obteve-se um valor de 29 mg/L⁻¹, acima do recomendado por Lopes *et al.* (2008), de 6 a 10 mg/L⁻¹. Foram obtidos valores de potássio entre 104 e 186 mg/L⁻¹, sendo o valor mais baixo no tratamento testemunha, e o valor mais alto no substrato T2. Silva *et al.* (2014), ao avaliar a produção de *E. grandis* em substratos orgânicos alternativos, obtiveram valores de K entre 120 e 310 mg/L⁻¹, próximos aos encontrados no presente estudo. Em relação ao

cálcio, o tratamento testemunha obteve o valor de 34 mg/L⁻¹, enquanto que os demais tratamentos obtiveram valores entre 136 a 212 mg/L⁻¹. Lopes *et al.* (2008) recomendam que os valores de cálcio nos substratos para cultivo de plantas esteja entre 150 e 249 mg/L⁻¹, portanto os tratamentos contendo SMS, com exceção do T3, estão dentro do recomendado segundo estes autores. O tratamento testemunha obteve o valor de magnésio, 47 mg/L⁻¹. A adição de SMS resultou em aumento gradativo deste micronutriente nos substratos, com valores entre 132 a 186 mg/L⁻¹. Todavia, todos os tratamentos ainda estão abaixo do recomendado por Lopes *et al.* (2008), de acima de 200 mg/L⁻¹. Quanto ao enxofre, também não foi possível obter o teor deste nutriente nos tratamentos à base de SMS. No tratamento testemunha, obteve-se um valor de 66,6 mg/L⁻¹.

A adição do SMS ao substrato também resultou em maiores teores de sódio, sobretudo nos tratamentos T3 e T4. Bitencourt, Deknes e Laura (2022) avaliaram a utilização do lodo de curtume na produção de mudas de eucalipto, e constataram que a adição deste material resultou em aumento do sódio no substrato, levando ao aumento da condutividade elétrica e situação de estresse salino, o que impactou negativamente na altura das plantas,

comprimento da raiz e massa seca da raiz. Os autores explicam que a presença de sódio dificulta a absorção do magnésio e a disponibilidade de ferro, manganês, cobre e zinco. O teor de boro no tratamento testemunha foi de $0,08 \text{ mg/L}^{-1}$, e também não foi possível obter os valores deste nutriente nos demais tratamentos. O valor está dentro do recomendado por Lopes *et al.* (2008), de $0,005$ a $0,5 \text{ mg/L}^{-1}$. Os valores de cobre foram semelhantes em todos os substratos, de $0,07$ a $0,09 \text{ mg/L}^{-1}$. Lopes *et al.* (2008) sugerem valores de cobre entre $0,001$ e $0,5$, de modo que todos os substratos estão dentro do recomendado pela literatura.

Lopes *et al.* (2008) recomendam que os valores de ferro estejam acima de 70 mg/L^{-1} , o que não foi atingido por nenhum dos substratos. O ferro é importante na transferência de elétrons durante a fotossíntese e na biossíntese de metalporfirina, que impacta na formação da clorofila e algumas enzimas, portanto sua deficiência resulta em lentidão no crescimento das plantas e queda de produtividade (NAVAS; NUNES; VASCONCELLOS JUNIOR, 2016). Quanto ao manganês, a literatura sugere teores entre $0,3$ e $3,0 \text{ mg/L}^{-1}$ (LOPES *et al.*, 2008), o que foi atingido nos tratamentos T1 e T3, sendo que os tratamentos T2 e T4 ficaram acima do recomendado. O excesso de manganês é potencialmente fitotóxico, limitando o crescimento da planta, distorcendo a lâmina foliar, induzindo necrose nas folhas e no caule e causando queima das pontas das folhas (MAIA, 2019). Em relação ao zinco, Lopes *et al.* (2008) recomenda valores entre $0,3$ a $3,0 \text{ mg/L}^{-1}$, não atingido por nenhum dos tratamentos, embora os tratamentos T2 e T4 tenham ficado próximos ($0,25$ e $0,27 \text{ mg/L}^{-1}$, respectivamente).

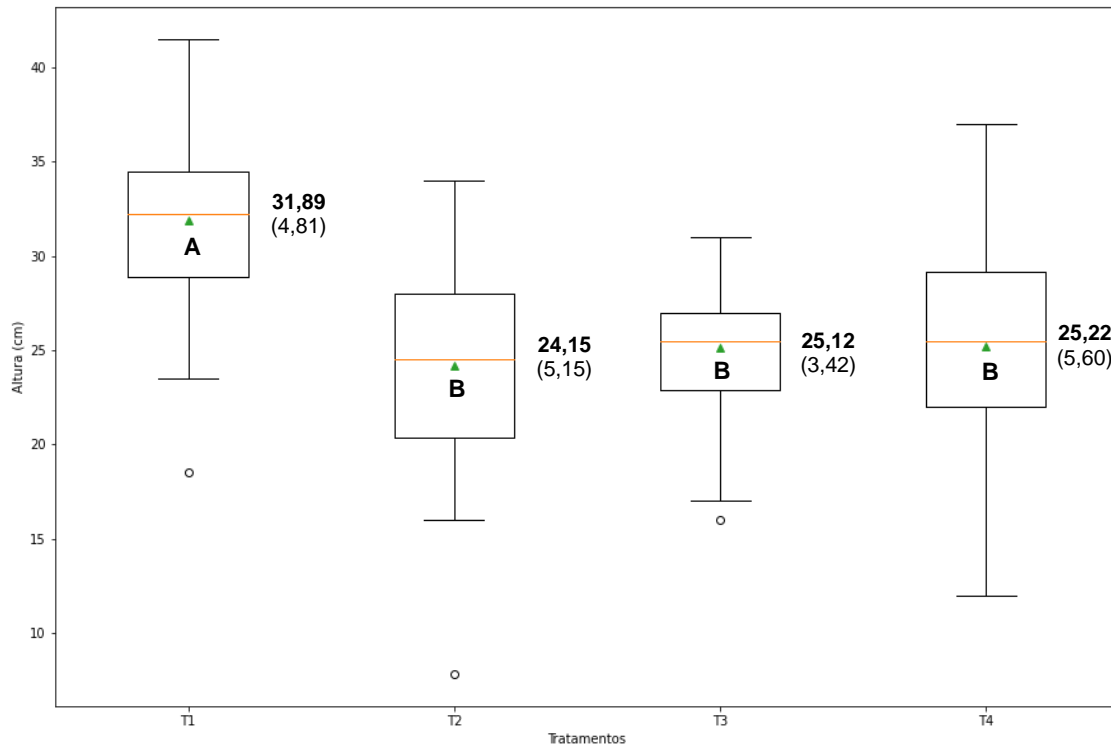
Quanto ao percentual de emergência, o tratamento testemunha obteve o maior valor, com $96,59\%$. Em seguida, o tratamento T4

obteve $65,90\%$ e o tratamento T2 obteve $60,22\%$. O pior resultado, $36,07\%$, foi obtido com o tratamento T3. Embora o percentual de emergência nos tratamentos contendo SMS tenha sido consideravelmente menor que no tratamento testemunha, estes ainda obtiveram resultados superiores a alguns autores. Da Ros *et al.* (2015) avaliaram o percentual de emergência de *E. grandis* semeado em diferentes substratos orgânicos, obtendo médias de $43,8$ a $78,1\%$, sendo que o tratamento testemunha resultou em 50% de emergência. Os autores explicam que as características físicas dos substratos afetam o percentual de germinação, sendo que a densidade pode afetar a disponibilidade de oxigênio, o que compromete a germinação das sementes, e que a capacidade de absorção de água pelas sementes é influenciada pela retenção de água e aeração do substrato, afetados pela porosidade do substrato, sobretudo em sistemas de produção de mudas em pequenos recipientes. No presente experimento, observa-se que os maiores percentuais de emergência foram obtidos nos substratos T1 e T4, com maior quantidade de microporos e capacidade de retenção.

Embora os resultados obtidos nos tratamentos com SMS tenham sido superiores aos obtidos por alguns autores, ainda são mais baixos que outros estudos. Melo *et al.* (2014) avaliaram o percentual de emergência de *E. grandis* em diferentes substratos (à base de esterco de curral, casca de arroz carbonizada, fibra de côco e vermiculita, em diferentes proporções), obtendo valores próximos a 100% em todos os substratos. Em vista do exposto, é necessário investigar os fatores físicos e químicos que influenciam o percentual de emergência de sementes de *E. grandis* em substratos à base de SMS.

A Figura 1 contém a média de altura de *E. grandis* nos diferentes tratamentos.

Figura 1. Efeito dos substratos na altura (cm) das mudas de *Eucalyptus grandis*. Desvio padrão da média entre parênteses.



T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada. Médias precedidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

O tratamento testemunha obteve média de 31,89 cm, estatisticamente superior aos demais tratamentos. Os tratamentos T2, T3 e T4 tiveram médias de 24,15, 25,12 e 25,22 cm, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Embora o tratamento testemunha tenha sido estatisticamente superior aos demais, todos os tratamentos atingiram a altura recomendada por Gomes *et al.* (2003), que explicam que mudas com altura entre 20 e 35 cm são consideradas aptas para o plantio. Ainda, Wendling *et al.* (2021) consideram que a altura ideal para plantio é entre 15 e 25 cm.

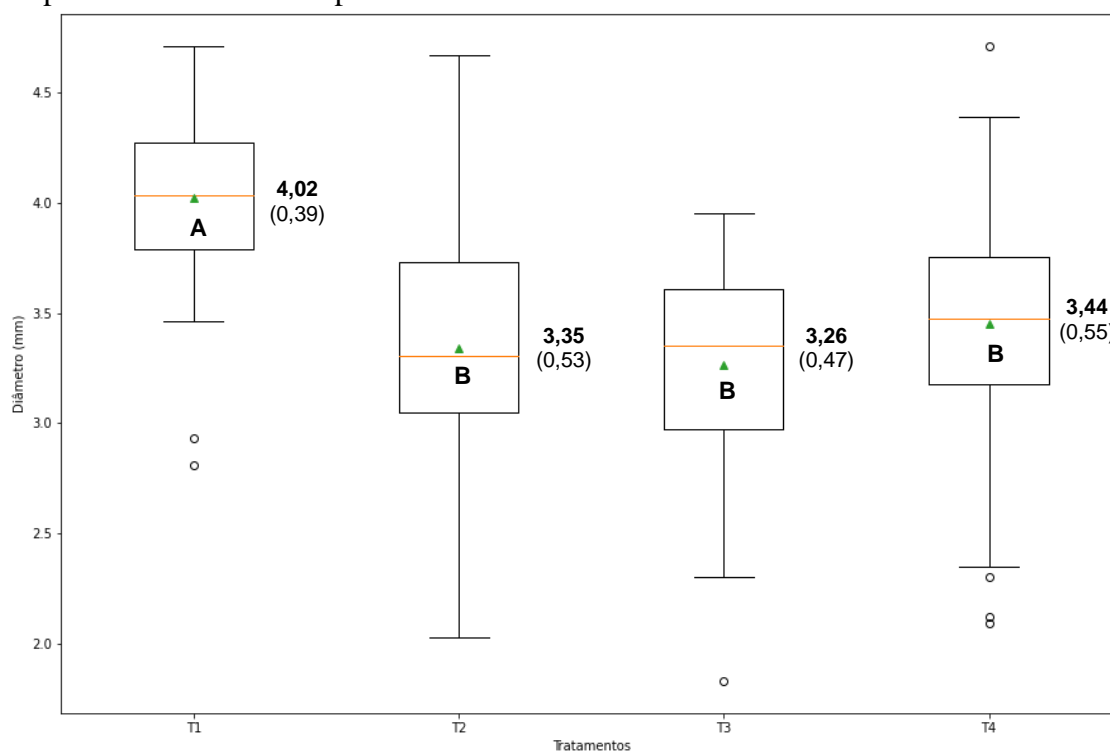
Os valores obtidos estão de acordo com os relatados por outros autores que avaliaram diferentes substratos para o cultivo de eucalipto. Toledo *et al.* (2015) utilizaram composto à base de resíduos da fabricação de papel e celulose, em diferentes proporções, para o cultivo de *E. urograndis*, e constataram alturas médias entre 18,73 e 37,31 cm. Silva *et*

al. (2018), ao avaliar a viabilidade de lodo de esgoto e casca de pupunha em diferentes proporções para o cultivo de *E. urograndis*, obtiveram médias entre 19,3 e 36,3 cm. Similarmente, Lobo, Oliveira e Silva (2020) também utilizaram lodo de esgoto em diferentes proporções para o cultivo de um clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, atingindo médias de altura entre 21,87 e 31,62 cm.

Figueiredo *et al.* (2019) avaliaram a correlação entre diferentes parâmetros morfológico de mudas de eucalipto em viveiro e sua sobrevivência no campo aos 3, 6, 12 e 24 meses, constatando correlação significativa entre a altura das mudas e a sobrevivência nos meses avaliados. Portanto, a altura das mudas é um importante indicativo do sucesso do plantio.

A Figura 2 contém a média de diâmetro do colo de *E. grandis* nos diferentes tratamentos.

Figura 2. Efeito dos substratos no diâmetro do colo (mm) das mudas de *Eucalyptus grandis*. Desvio padrão da média entre parênteses.



T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada. Médias precedidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Assim como no parâmetro de altura, o tratamento testemunha obteve média estatisticamente superior aos demais tratamentos, com 4,02 mm de diâmetro. Os tratamentos T2, T3 e T4 obtiveram médias de 3,35, 3,26 e 3,44 mm, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Todos os tratamentos alcançaram diâmetro considerável viável para o plantio (> 2 mm) de acordo com Wendling *et al.* (2021).

Os resultados obtidos estão condizentes e, em alguns casos, superiores aos constatados por autores que avaliaram resíduos orgânicos para a produção de eucalipto. Toledo *et al.* (2015) obtiveram médias entre 2,50 e 3,41 mm para *E. urograndis* cultivado em substratos acrescidos de composto orgânico à base de resíduos da fabricação de papel e celulose. No estudo de Silva *et al.* (2018), foram obtidas médias de diâmetro entre 2,1 e 3,0 mm para *E.*

urograndis cultivado em substratos à base de lodo de esgoto e casca de pupunha. Lobo, Oliveira e Silva (2020) observaram médias entre 2,0 e 2,7 mm para um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* em substratos suplementados com lodo de esgoto. Valores mais baixos foram observados por Silva *et al.* (2014) para *E. grandis* cultivado em substratos alternativos, com médias entre 1,51 e 1,90 mm.

Quanto ao número de folhas, não houve diferença estatística entre os tratamentos, com médias de 55,22, 55,39, 57,16 e 63,62 para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Este resultado é positivo, pois de acordo com Figueiredo *et al.* (2019), o número de folhas se correlaciona positivamente com o crescimento das mudas de eucalipto após o plantio.

A Tabela 4 contém os valores médios de massa seca aérea, radicular e total de *E. grandis* nos diferentes substratos.

Tabela 4. Massa seca da parte aérea, massa seca radicular e massa seca total de *Eucalyptus grandis* nos diferentes tratamentos. Desvio padrão da média entre parênteses.

Tratamento	Massa parte aérea	Massa parte radicular	Massa total
T1	3,25 (0,77) A	0,92 (0,2) A	4,17 (0,88) A
T2	1,97 (0,81) B	0,61 (0,23) C	2,58 (1,03) B
T3	2,26 (0,67) B	0,68 (0,18) BC	2,94 (0,81) B
T4	2,27 (0,89) B	0,77 (0,25) B	3,04 (1,11) B

T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

O tratamento testemunha obteve os maiores valores de massa seca da parte aérea e total (3,25 e 4,17 g, respectivamente), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos T2, T3 e T4 resultaram em massa seca da parte aérea de 1,97, 2,26 e 2,27 g, e massa total de 2,58, 2,94 e 3,04 g, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Quanto à massa seca radicular, o tratamento testemunha resultou em maior massa que os demais tratamentos, diferindo estatisticamente destes, enquanto que o tratamento T4 não diferiu do T3, mas diferiu do T1 e do T2. O tratamento T3 não diferiu do T4 e nem do T2, mas diferiu do T1.

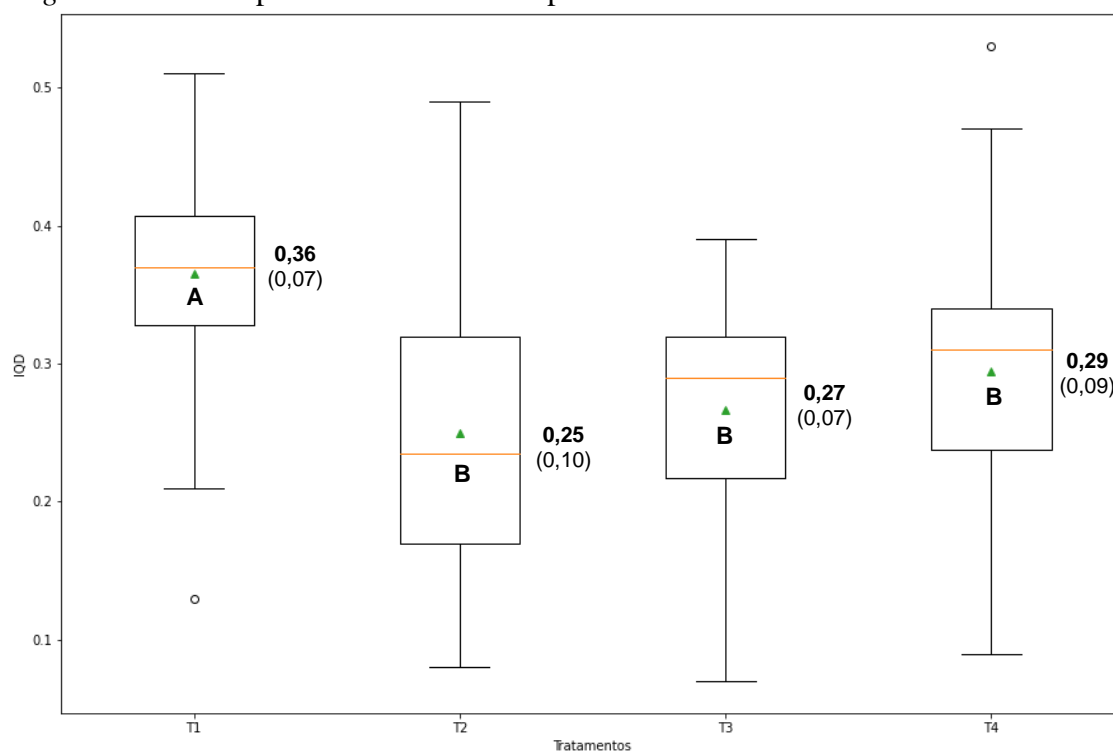
Em comparação com outros autores, os valores obtidos estão acima dos descritos por Silva *et al.* (2018), que constataram massa seca aérea entre 0,58 e 0,97 g e massa seca radicular entre 0,27 e 0,48 g. Entretanto, os valores de altura e diâmetro destes autores são mais baixos que o do presente experimento, o que impacta nestes valores. Similarmente, os valores descritos por Toledo *et al.* (2015) foram mais baixos, entre 0,82 e 1,52 g para a parte aérea e entre 0,47 e 0,78 g para a parte radicular, embora os valores mais altos tenham sido

obtidos em tratamentos com altura e diâmetro semelhantes aos do presente experimento. Valores mais altos foram obtidos por Lobo, Oliveira e Silva (2020), embora os valores de altura fossem semelhantes ao do presente experimento, com diâmetro mais baixo. Os autores obtiveram massa seca aérea entre 3,04 e 6,76 g e massa seca radicular entre 1,36 e 4,32 g, resultando em massa total entre 4,40 a 11,08 g.

Quanto à relação das variáveis de massa seca com outras variáveis morfológicas, Silva *et al.* (2021) constataram correlação positiva significativa entre massa da parte aérea e radicular quanto à altura, diâmetro, índice de qualidade de Dickson e conformação ótima do sistema radicular, bem como correlação negativa significativa entre massa aérea e radicular em relação à conformação ruim do sistema radicular das mudas. Portanto, observa-se que a altura, diâmetro e qualidade da raiz influenciam nos valores obtidos de massa, que por sua vez irão influenciar no índice de qualidade de Dickson.

A Figura 3 contém o índice de qualidade de Dickson de *E. grandis* nos diferentes tratamentos.

Figura 3. Efeito dos substratos no índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Eucalyptus grandis*. Desvio padrão da média entre parênteses.



T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada. Médias precedidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

O tratamento testemunha obteve o maior valor de IQD, com 0,36, diferindo estatisticamente dos demais. Os tratamentos T2, T3 e T4 obtiveram IQD de 0,25, 0,27 e 0,29, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. O aumento da proporção de SMS nestes tratamentos causou aumento gradativo do IQD. Apesar de o tratamento testemunha ter diferido dos demais, todos os tratamentos superaram o valor mínimo de 0,20 de IQD, recomendado por Gomes e Paiva (2004). Os valores obtidos estão acima dos descritos por Silva *et al.* (2014), que constataram que a utilização de resíduos orgânicos alternativos no cultivo de *E. grandis* afetou negativamente o IQD, resultando em valores entre 0,032 e 0,056. Similarmente, Kratz e Wendling (2013) obtiveram valores entre 0,01 e 0,06 de IQD para *E. dunnii* cultivado em diferentes substratos, considerando os valores fora do ideal.

Toledo *et al.* (2015), embora tenham obtido valores de diâmetro e altura semelhantes aos do presente experimento, constataram valores mais baixos de massa, o que resultou

em IQD entre 0,13 a 0,17. Já Lobo, Oliveira e Silva (2020) constataram efeito positivo da suplementação do substrato com resíduo orgânico, obtendo valores de IQD entre 0,33 a 0,84, sendo que o valor mais baixo foi no tratamento testemunha, aumentando proporcionalmente o IQD de acordo com a quantidade de suplementação no substrato. Os valores destes autores foram mais altos que os do presente experimento, exceto quanto ao tratamento testemunha.

Conforme observado por Silva *et al.* (2021), o IQD tem correlação positiva significativa em relação à altura, diâmetro, massa seca aérea, massa seca radicular e conformação ótima do sistema radicular, enquanto observa-se correlação negativa significativa entre IQD e conformação ruim do sistema radicular.

O sistema radicular de todas as mudas do tratamento testemunha foi considerado apto para plantio, sendo que 82% das mudas foram classificadas como “ótimo” e 18% como “bom”. No tratamento T2, houve maior

quantidade de mudas com sistema radicular considerado “ruim”, com 15% das mudas nessa classificação, 43% classificadas como “ótimo” e 42% como “bom”. No tratamento T3, apenas 2% das mudas foram classificadas com sistema radicular “ruim”, sendo 75% das demais mudas como “ótimo” e 23% como “bom”. Quanto ao tratamento T4, 4% das mudas tiveram sistema radicular “ruim”, 58% como “ótimo” e 38% como “bom”. Este último apresentou maior densidade do substrato, o que pode ter dificultado o desenvolvimento radicular. Segundo Wendling *et al.* (2021), um dos parâmetros para que uma muda seja considerada apta para o plantio é a qualidade do sistema radicular, sendo que este deve ocupar toda a área interna do tubete, com presença de novas raízes. Neste contexto, considera-se apta ao plantio as mudas com sistema radicular “ótimo” ou “bom”. Resultados semelhantes foram obtidos por Gabira (2018) em mudas de clone de híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* cultivados em substrato à base de logo de esgoto e bagaço de cana-de-açúcar.

Quanto ao acúmulo de nutrientes na parte aérea, a macroporosidade e a porosidade total se correlacionaram positivamente com o potássio, e negativamente com o magnésio e cobre. A microporosidade e a retenção se

correlacionaram negativamente com o potássio e positivamente com o cobre. A densidade apenas se correlacionou positivamente com o zinco. O pH se correlacionou negativamente com o manganês e o zinco. A condutividade elétrica apenas se correlacionou positivamente com o cálcio. No sistema radicular, a macroporosidade e a porosidade total se correlacionaram negativamente com o magnésio, porém não foi constatada correlação com o cobre, como na parte aérea. A microporosidade e a retenção se correlacionaram negativamente apenas com o ferro. A densidade se correlacionou positivamente com o boro e zinco. O pH se correlacionou negativamente com o nitrogênio, boro e zinco. A condutividade elétrica, assim como na parte aérea, se correlacionou positivamente com o cálcio. A diferença no acúmulo de nutrientes na parte aérea e no sistema radicular também foi constatada por Gabira (2018), ao avaliar a correlação entre o acúmulo de nutrientes e as características físicas e químicas dos substratos no cultivo de clone de *E. grandis* x *E. urophylla*.

A Tabela 5 contém o volume, pH e EC dos lixiviados de fertirrigação de crescimento e rustificação dos diferentes tratamentos.

Tabela 5. Volume, pH e condutividade elétrica da solução lixiviada após fertirrigação de crescimento e rustificação em mudas de *Eucalyptus grandis* nos diferentes tratamentos.

Fertirrigação de crescimento			
Tratamento	Volume médio (mL)	pH	EC (mS)
T1	93	6,58	0,64
T2	100	6,57	2,0
T3	175	6,34	1,1
T4	198	6,32	1,3
Fertirrigação de rustificação			
Tratamento	Volume médio (mL)	pH	EC (mS)
T1	139	6,71	0,71
T2	160	6,53	0,58
T3	183	6,58	0,69
T4	205	6,88	0,59

T1= 100% Carolina Soil II, T2= 25% substrato exaurido de *Lentinula edodes* + 75% casca de arroz carbonizada, T3= 50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada, T4= 75% substrato exaurido de *L. edodes* + 25% casca de arroz carbonizada.

Observa-se que os menores volumes e condutividade elétrica foram obtidos no tratamento testemunha, possivelmente em

função da maior retenção deste. A utilização do SMS resultou em maior volume de lixiviado, sendo que o tratamento T2 obteve o maior valor

de EC, o que pode significar que este substrato não foi tão eficiente na absorção de nutrientes. Assim como na análise de fertirrigação de crescimento, a utilização do SMS resultou em maior volume de lixiviado, enquanto o tratamento testemunha resultou no menor volume, possivelmente em função da sua retenção, e o pH e a condutividade elétrica de todos os tratamentos durante a etapa de rustificação foi semelhante, indicando absorção semelhante do potássio pelas mudas nos diferentes substratos.

Considerando os resultados de volume e condutividade elétrica do lixiviado juntamente com a caracterização física dos substratos, observa-se que o SMS em conjunto com a casca de arroz carbonizada não proporciona teores adequados de microporos, afetando a capacidade de retenção do substrato. Portanto, deve-se investigar a viabilidade deste material em conjunto com outro resíduo com maior teor de microporos, bem como avaliar diferentes manejos hídricos e adubações.

4 CONCLUSÕES

A utilização do substrato exaurido do cogumelo (Spent Mushroom Substrate – SMS) *Lentinula edodes* em diferentes proporções na formulação de substratos para o cultivo de mudas de *Eucalyptus grandis* afetou características físicas e químicas dos substratos.

O percentual de emergência foi negativamente afetado com a utilização do SMS. A altura, o diâmetro do colo e o índice de qualidade de Dickson das mudas, embora inferiores ao substrato convencional, obtiveram valores considerados adequados para o plantio. A conformação do sistema radicular de algumas mudas foi negativamente afetada pelo SMS.

O acúmulo de nutrientes e suas correlações com as características físicas e químicas dos substratos foi diferente na parte aérea da planta e no sistema radicular. Na solução lixiviada, observa-se maior perda d'água e nutrientes nos tratamentos com SMS, em função da menor capacidade de retenção destes.

5 REFERÊNCIAS

- ANTÔNIO, A. C.; ALVES, J. C. F.; FARIA, B. R. N.; ALMEIDA, M. J. Utilização do biossólido de cervejaria como substrato para produção de mudas de eucalipto: Análise do desenvolvimento inicial das mudas e aspectos ambientais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 4, p. 305-309, 2010.
- BITENCOURT, G. A.; DEKNES, L. B.; LAURA, V. A. Crescimento de mudas de eucalipto em solo com aplicação do lodo de curtume. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 18, n. 3, p. 1-10, 2022.
- D'ÁVILA, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- DA ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAUFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F.; SOMAVILLA, L. Uso de substrato compostado na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 4, p. 549-558, 2015.
- DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.
- FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; THIEBAUT, J. T. L.; ABAD, J. I. M.; BARROSO, D. G.; FERRAZ, T. M. Correlations between eucalyptus clonal cutting quality and performance after planting. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 4, p. e20160163, 2019.
- GABIRA, M. M. **Crescimento e qualidade de mudas florestais produzidas com substratos a base de lodo de esgoto compostado**. 2018. Dissertação (Mestrado em

Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização NPK. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**: propagação sexuada. Viçosa: UFV, 2004. v. 3.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. *In*: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.

GRIMM, D.; WÖSTEN, H. A. B. Mushroom cultivation in the circular economy. **Applied microbiology and biotechnology**, Heidelberg, v. 102, n. 18, p. 7795-7803, 2018.

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**, Campinas, v. 28, p. 1069-1076, 2004.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 125-136, 2013.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 607-621, 2013.

LOBO, T. F.; OLIVEIRA, F. C.; SILVA, M. R. Uso de lodo de esgoto na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 5, p. 114-126, 2020.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. da. Atributos químicos e físicos de dois substratos para produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 358-367, 2008.

MA, Y.; WANG, Q.; SUN, X.; WANG, X.; SU, W.; SONG, N. A study on recycling of spent mushroom substrate to prepare chars and activated carbon. **BioResources**, Raleigh, v. 9, n. 3, p. 3939-3954, 2014.

MAIA, E. P. V. **Respostas morfofisiológicas de Sabiá (*Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth.) associado a Micorrizas arbusculares e rizóbios em solo de mineração de manganês**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MELO, L. A.; PEREIRA, G. A.; MOREIRA, E. J. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. V.; TEIXEIRA, L. A. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 234-242, 2014.

NAVAS, R.; NUNES, J. M. C.; VASCONCELLOS JUNIOR, J. B. Aplicação de ferro e silício na produção de mudas de eucalipto. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 32, p. 137-142, 2016.

RINKER, D. L. Spent mushroom substrate uses. *In*: PARDO-GIMÉNEZ, A.; ZIED, D. C. **Edible and medicinal mushrooms: technology and applications**. 1. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2017. p. 427-54.

ROYSE, D. J.; BAARS, J.; TAN, Q. Current overview of mushroom production in the world. *In*: PARDO-GIMÉNEZ, A.; ZIED, D. C. **Edible and medicinal mushrooms: technology and applications**. 1. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2017. p. 5-13.

SÁNCHEZ, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Applied microbiology and**

biotechnology, Heidelberg, v. 85, n. 5, p. 1321-1337, 2010.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014.

SILVA, F. A. M.; NUNES, G. M.; ZANON, J. A.; GUERRINI, I. A.; SILVA, R. B. Resíduo agroindustrial e lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 827-835, 2018.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R.; SIMÕES, D.; MACIEL, J. L. M.; PRADO, D. Z.; COSTA, J. R. S. Efeito das propriedades físicas dos substratos na qualidade de mudas clonais de eucalipto. In: OLIVEIRA, R. **Silvicultura e Manejo Florestal: Técnicas de Utilização e Conservação da Natureza**. 1. ed. Guarujá: Científica Digital, 2021. v. 2, p. 91-104.

SILVA, R. F.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.; PINHEIRO, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 609-619, 2014.

SIMÕES, D.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden × *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 91-100, 2012.

SPINOSA, R. Fungi and sustainability. **Fungi**, Batavia, v. 1, n. 1, p. 38-43, 2008.

SUN, L. B.; ZHANG, Z. Y.; XIN, G.; SUN, B. X.; BAO, X. J.; WEI, Y. Y.; ZHAO, X. M.; XU, H. R. Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms. **Trends in food science & technology**, Kidlington, v. 96, p. 176-187, 2020.

TOLEDO, F. H. S. F.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 7, p. 711-716, 2015.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International journal of microbiology**, Nova York, v. 2015, p. 1-14, 2015.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GABIRA, M. M.; VIEIRA, L. M.; DEGENHARDT, J. Produção de mudas de eucalipto. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 22, p. 823-857.