



Substratos formulados com biossólido e casca de ovo na produção de mudas de *Handroanthus chrysotrichus*

Gabriela Pedrini REZENDE¹ , Elzimar de Oliveira GONÇALVES¹ , Júlio César Tannure FARIA^{1*} ,
Marcos Vinicius Winckler CALDEIRA¹ , Maria Lopes Martins AVELAR² , Dione Richer MOMOLLI¹ 

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito do Santo, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil.

² Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

*E-mail: jc.tannure@gmail.com

Submetido em 20/06/2022; Aceito em 21/08/2023; Publicado em 14/09/2023.

RESUMO: A utilização de resíduos orgânicos na composição de substratos desempenha um papel fundamental ao promover o crescimento de mudas de espécies florestais, melhorando a qualidade física e química do substrato e assim consequentemente nos ganhos para produção no viveiro. O estudo teve como objetivo avaliar o uso de biossólido e casca de ovo galinícola na formulação de substratos para produção de mudas de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos. O experimento foi conduzido em tubetes de polipropileno de 280 cm³, sendo instalado em um delineamento inteiramente casualizado, constituído por 12 tratamentos com quatro repetições de 16 mudas por parcela. Quando as mudas atingiram 150 dias após a semeadura, foram avaliados a altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro do coleto, teor de clorofila, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca total e a relação massa seca da parte aérea/raiz. Através dessas variáveis calculou-se o índice de qualidade de Dickson, além dos teores de nutrientes por meio da análise foliar das mudas. Dessa forma, constatou-se que as mudas de *H. chrysotrichus* produzidas em substratos com 8 % de biossólido apresentaram as maiores médias nas características morfológicas de crescimento, destacando-se o substrato constituído por 8 % de biossólido + 1 % de casca de ovo + 91 % de substrato comercial. Novos estudos são recomendados a fim de ampliar o conhecimento dos efeitos destes componentes na produção de mudas, podendo estender a sua aplicação para outras espécies vegetais.

Palavras-chave: ipê-amarelo; substrato renovável; qualidade de mudas; mudas florestais.

Substrates formulated with biosolid and egg shell in the production of seedlings of *Handroanthus chrysotrichus*

ABSTRACT: The use of organic residues in substrate composition plays a fundamental role in promoting the growth of forest species seedlings, improving the physical and chemical quality of the substrate and thus contributing to gains in nursery production. The study aimed to evaluate the use of biosolids and eggshell in the formulation of substrates to produce *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos seedlings. The experiment was conducted in 280 cm³ polypropylene tubes, arranged in a completely randomized design, consisting of 12 treatments with four replicates of 16 seedlings per plot. When the seedlings reached 150 days after sowing, the aboveground height, stem diameter, height-to-diameter ratio, chlorophyll content, aboveground dry mass, root system dry mass, total dry mass, and aboveground-to-root dry mass ratio were evaluated. Using these variables, the Dickson quality index was calculated, as well as nutrient levels through foliar analysis of the seedlings. Thus, it was observed that *H. chrysotrichus* seedlings produced in substrates with 8% biosolids showed the highest morphological growth characteristics, with the substrate composed of 8% biosolids + 1% eggshell + 91% commercial substrate standing out. Further studies are recommended to expand the understanding of the effects of these components on seedling production, potentially extending their application to other plant species.

Keywords: ipê-amarelo; renewable substrate; seedling quality; forest seedlings.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade das mudas representa uma das principais questões enfrentadas no estabelecimento de plantios voltados para a restauração florestal. Juntamente com os fatores ambientais e as práticas silviculturais adotadas, as mudas desempenham um papel crucial na otimização dos custos e na redução do tempo necessário para a formação desses plantios (FARIA et al., 2017; ANDIVIA et al., 2021; AVENILO et al., 2022). Dentre as espécies amplamente

empregadas na recomposição dos ecossistemas da Mata Atlântica, destaca-se a espécie *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos, também conhecida como ipê-amarelo (SAMPAIO et al., 2013).

Pertencente à família Bignoniaceae, a *H. chrysotrichus* é uma importante espécie nativa do Brasil que desempenha um papel ecológico crucial na polinização, na conservação da biodiversidade e na recuperação de ecossistemas degradados. Além dessas características, a *H. chrysotrichus* também possui

alto valor ornamental e econômico, sendo sua madeira moderadamente pesada e resistente, além de ser uma espécie muito utilizada na arborização urbana devido a sua marcante floração amarela (SAMPAIO et al., 2013; LORENZI, 2020; SIMÕES et al., 2021).

Dessa forma, o crescente aumento na procura por mudas de espécies nativas tem ressaltado a necessidade de desenvolver protocolos que aprimorem a produção de mudas de alta qualidade, capazes de atender às exigências em campo para futuras plantações (FARIA et al., 2017). Assim, para obter mudas de qualidade é essencial considerar a formulação dos substratos (LIBERATO et al., 2021; DIAS et al., 2022). O uso de resíduos orgânicos na produção de mudas florestais é viável devido aos teores de nutrientes presentes nesses resíduos e à solução para problemas de destinação enfrentados pelas empresas. Para tanto, na escolha do substrato devem ser considerados as características físicas e químicas dos materiais, bem como sua disponibilidade, qualidade, facilidade de manuseio e custo (MIETH et al., 2019). Existem diversos resíduos orgânicos que podem ser utilizados como substratos para produção de mudas florestais, tais como esterco bovino, casca de arroz carbonizada, esterco de galinha, biossólido, dentre outros, os quais contribuem para diversas melhorias no crescimento das mudas (PASCUAL et al., 2018; SENA et al., 2021).

O biossólido se sobressai como uma das alternativas promissoras na agricultura e no uso florestal, atuando como excelente fornecedor de matéria orgânica e elevada capacidade de retenção de água no substrato, além de ser rico em P e N (SIQUEIRA et al., 2018). Trata-se do resíduo originado da Estação de Tratamento de Esgoto após passar pelo processo de estabilização. Contudo, é importante avaliar muito bem a sua utilização, uma vez que em sua constituição podem conter concentrações de metais pesados, presença de patógenos e substâncias químicas indesejadas aos solos agrícolas. Assim, devem ser tomados cuidados específicos na aplicação desse resíduo na formulação de substratos, o qual deve seguir os padrões impostos pela atual legislação da Resolução CONAMA – N° 375/2006 (BRASIL, 2006).

Outro componente orgânico altamente disponível no Brasil e com grande potencial na produção de mudas é a casca de ovo galinácea, o qual é um resíduo rico em Ca, cujo nutriente exerce funções em vários processos celulares no vegetal, seguido de outros elementos em menor quantidade como P, S e Fe (CALIMAN et al., 2017; RODRIGUES; ÁVILA, 2017). A casca de ovo é composta por substâncias orgânicas e inorgânicas, destacando-se em sua constituição o carbonato de cálcio. A reutilização de casca de ovo pode promover a preservação das reservas de calcário, que representam uma fonte natural não renovável (CALIMAN et al., 2017; GALVÃO et al., 2020). Contudo, os estudos com casca de ovo na área florestal ainda são escassos, sendo esse resíduo uma ótima alternativa para a produção de mudas de espécies florestais nativas.

Dessa forma, sabendo da importância da pesquisa com espécies florestais nativas e na produção de mudas utilizando resíduos orgânicos na formulação de substratos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso de biossólido em conjunto com diferentes doses de farinha de casca de ovo na produção de mudas semíferas de *H. chrysotrichus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização geral

As mudas de *H. chrysotrichus* foram produzidas no Viveiro Florestal Universitário, localizado na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM/CCAUE/Ufes), localizado no município de Jerônimo Monteiro – ES. O clima da região é classificado como Cwa, com inverno seco e verão quente, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual em torno de 1.200 mm e temperatura média anual de 24 °C (ALVARES et al., 2013).

2.2. Aquisição e utilização dos substratos

Os substratos foram formulados utilizando os componentes orgânicos: biossólido (BIO), casca de ovo (CO) e substrato comercial (SC). O biossólido foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Empresa BRK Ambiental, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. Foi realizado a desidratação natural, onde foi disposto em lona plástica e revolvido até sua secagem. Em seguida, o material foi moído mecanicamente e homogeneizado. O biossólido foi caracterizado e suas porcentagens ficaram abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução N° 375 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), de 29 de março de 2006 (Tabela 1), atestando ser viável como substrato para mudas.

Tabela 1. Caracterização do biossólido da Estação de Tratamento de Esgoto da Empresa BRK Ambiental, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Table 1. Characterization of sewage sludge from the Sewage Treatment Plant of the BRK Ambiental Company, located in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Parâmetro	Unidade	Biossólido
Umidade a 60-65°C	%	11,55
pH em CaCl ₂	-	6,57
Densidade Úmida	kg m ⁻³	826,00
Densidade Seca	kg m ⁻³	730,06
Matéria Orgânica Total	%	23,80
Matéria Orgânica Compostável	%	20,77
Carbono Orgânico ^{1/}	%	11,54
Relação C/N	-	2/1
Nitrogênio (N) ^{2/}	%	5,19
Fósforo (P ₂ O ₅) ^{3/}	%	5,07
Potássio (K ₂ O) ^{3/}	%	0,83
Cálcio (Ca) ^{3/}	%	1,45
Magnésio (Mg) ^{3/}	%	0,66
Enxofre (S) ^{3/}	%	0,81
Ferro (Fe) ^{3/}	%	1,47
Zinco (Zn) ^{3/}	mg kg ⁻¹	312,90
Cobre (Cu) ^{3/}	mg kg ⁻¹	100,00
Manganês (Mn) ^{3/}	mg kg ⁻¹	468,70
Boro (B) ^{4/}	mg kg ⁻¹	24,50
Cádmio (Cd) ^{3/}	mg kg ⁻¹	1,00
Chumbo (Pb) ^{3/}	mg kg ⁻¹	6,51
Cromo (Cr) ^{3/}	mg kg ⁻¹	36,00
Níquel (Ni) ^{3/}	mg kg ⁻¹	33,01

^{1/} Oxidação com dicromato de potássio; ^{2/} Digestão sulfúrica; ^{3/} Digestão nitro-perclórica; ^{4/} Digestão seca.

A casca de ovo foi proveniente de ovos brancos de galinhas poedeiras, adquiridos no restaurante universitário da

Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes, localizado no município de Alegre, região sul do estado do Espírito Santo. Como os estudos com casca de ovo ainda são escassos na área de produção de mudas, não se encontrou uma metodologia específica para a transformação desse resíduo em pó propício para plantas, portanto adotou-se o procedimento de Naves et al. (2007), para utilizar a casca em pó na fortificação de alimentos. Para o preparo desse resíduo como substrato, inicialmente realizou a lavagem em água corrente e a remoção das membranas internas da casca, para eliminação de umidade. Posteriormente, as cascas de ovos foram imersas em 10 mL de água sanitária Q-boa® (hipoclorito de sódio 2,5 %), diluídos em 1,0 L de água por 10 minutos. Após esse procedimento, as cascas foram fervidas em forno a 180 °C até a secagem completa, a fim de eliminar microrganismos patogênicos presentes na casca de ovo, como, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* (SILVA JUNIOR, 2005; MAGALHÃES et al., 2011). Após secas, as cascas foram trituradas em liquidificador, e peneiradas para homogeneização das partículas, obtendo-se a farinha da casca de ovo. As cascas foram transformadas em pó, para melhor disponibilidade dos nutrientes nas plantas.

O substrato comercial (Tropstrato®) utilizado foi composto por 85 % de casca e pinus decompostada + 10 % de vermiculita + 5 % de cascas de arroz carbonizada.

2.3. Origem das sementes e condução das mudas

Sementes foram coletadas de sete matrizes adultas de *H. chrysotrichus* localizadas no arboreto da área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo em Jerônimo Monteiro, região sul do estado do Espírito Santo, nas coordenadas 20°47'48.1"S, 41°24'23.5"W.

As matrizes tiveram como critério de seleção aspectos visuais, fuste retilíneo e livre de ataques de patógenos (Figura 1A). As coletas das sementes foram realizadas diretamente na copa das matrizes, sendo realizada de forma manual e/ou com o auxílio de podão. Após a coleta das sementes realizou-se o beneficiamento, sendo selecionadas de acordo com sua aparência visual, apresentando tamanhos maiores, cores mais claras e livres de doenças, e rejeitando as sementes enrugadas, com coloração mais escura, má formação e com presença de fungos ou patógenos (Figura 1C).

Logo em seguida, realizou-se a semeadura manual utilizando três sementes por recipiente, não sendo necessária nenhuma técnica de quebra de dormência (Figura 1D). A semeadura foi realizada em tubetes cônicos de polipropileno com capacidade de 280 cm³ de substrato, acondicionados em bandejas de polipropileno com capacidade de 64 unidades, sendo estas bandejas dispostas em canteiro suspenso. Foi utilizada casa de sombra com tela de sombreamento permitindo a passagem de 50 % da luminosidade, sendo irrigadas por sistema de bicos do tipo microaspersores com vazão 31 a 152 litros por hora, através de um sistema automático acionado quatro vezes ao dia por 10 minutos, e cessado em dias chuvosos.

Após a germinação (± 15 dias) foi realizado o desbaste seletivo com auxílio de uma tesoura, mantendo-se a muda mais central e vigorosa do tubete. Nesse mesmo momento, foi realizada a redução da densidade das mudas, sendo mantidas 32 mudas por bandeja.

2.4. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituindo 12 tratamentos, com quatro repetições de 16 mudas por parcela. As formulações dos substratos podem ser conferidas na Tabela 2.

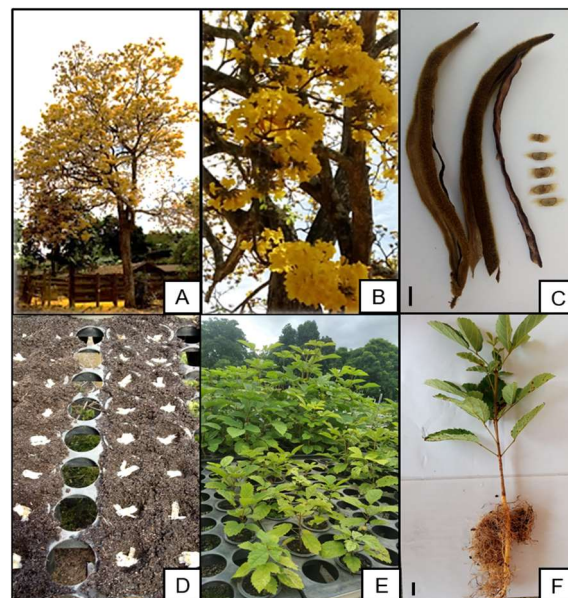


Figura 1. Detalhes das fases da produção de mudas da espécie *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos. (A) Matrizes selecionadas para coleta de sementes; (B) Floração característica da espécie; (C) Frutos e sementes coletadas das matrizes com detalhe (D) a semeadura realizada em tubetes cônicos de polipropileno com capacidade de 280 cm³ de substrato; (E) Mudas aos 150 dias após a semeadura com detalhe a (F) formação da parte aérea e sistema radicular. Barras = 2cm.

Figure 1. Details of the stages of production of seedlings of the species *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos. (A) Selected individuals for seed collection; (B) Flowering characteristic of the species; (C) Fruits and seeds collected from the selected individuals in detail (D) sowing carried out in conical polypropylene tubes with a capacity of 280 cm³ of substrate; (E) Seedlings at 150 days after sowing with detail (F) formation of the shoot and root system. Bars = 2cm.

Tabela 2. Proporção volumétrica dos componentes (%) dos substratos (tratamentos) para a produção de mudas de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos.

Table 2. Volumetric ratio of the components (%) of the substrates (treatments) for *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos seedling production.

Tratamentos	Constituintes (% - v:v)		
	BIO	CO	SC
T1	1	0,5	98,5
T2	2	0,5	97,5
T3	4	0,5	95,5
T4	8	0,5	91,5
T5	1	1	98
T6	2	1	97
T7	4	1	95
T8	8	1	91
T9	1	2	97
T10	2	2	96
T11	4	2	94
T12	8	2	90

BIO = biossólido, CO = casca de ovo, SC = substrato comercial.

2.5. Avaliações das mudas e análise estatística

Quando as mudas completaram 150 dias (Figura 1E) após a semeadura foram avaliadas: a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), a razão entre altura e diâmetro do coleto (RHDC), o teor de clorofila nas folhas (TC), a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca das raízes (MSR) e a massa seca total (MST), a relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca das raízes (RMSPAR), e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). O IQD foi calculado utilizando-se a seguinte fórmula (Equação 1) (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{DC (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}} \quad (01)$$

em que: MST = Massa seca total; H = Altura; DC = Diâmetro do coleto; MSPA = Massa seca da parte aérea; MSR = Massa seca das raízes.

Para medição da altura da parte aérea utilizou-se régua milimetrada, medindo da base da planta até a gema apical terminal. Para medir o diâmetro do coleto foi utilizado paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetro. A leitura do teor de clorofila das folhas foi realizada por meio de medidor portátil de clorofila SPAD-502, amostrando-se folhas intermediárias e completamente expandidas das mudas, isentas de doenças e ataque de pragas. Para a coleta dos dados de massa seca, as mudas tiveram suas partes aéreas separadas das raízes com o auxílio de tesoura e as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente para retirar todo o resíduo de substrato (Figura 1F). Em seguida as partes foram levadas para secagem na estufa a 75°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) por aproximadamente 72 h (FARIA et al., 2020), onde os pesos das amostras estabilizaram. Após a secagem, os materiais foram pesados em laboratório utilizando uma balança analítica com precisão de 0,001 g.

Após o material vegetal ter sido seco em estufa, as folhas foram separadas para realização da análise química foliar. O N total foi extraído por digestão sulfúrica e determinado pelo

método micro-Kjeldahl, o P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos por digestão nitroperclórica, e o teor foliar de B foi feito por incineração (MALAVOLTA 2006).

Para a avaliação do crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) para testar a normalidade e ao teste de Hartley ($P < 0,05$) para verificar a homogeneidade de variância e, quando foi necessário, os dados foram transformados utilizando o teste de Box-Cox. Após, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $P < 0,05$) e em seguida, nos casos de resultados com interação significativa, à análise de comparação de médias, por Scott-Knott ($P < 0,05$). A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para avaliar a existência de gradientes entre os tratamentos considerados, bem como para analisar as variáveis mais importantes. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software versão 3.6.1, pacote ExpDes (R CORE TEAM, 2022).

3. RESULTADOS

As diferentes formulações dos substratos utilizando os resíduos orgânicos bio-sólido e casca de ovo influenciaram diretamente no crescimento de mudas de *H. chrysotrichus* (Tabela 3). As maiores alturas das mudas de *H. chrysotrichus* resultaram do tratamento T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC), com média de 28,36 cm, sendo esse estatisticamente superiores aos demais tratamentos. Os substratos formulados em T1, T2, T5, T6, T9 e T10 apresentaram as menores médias estatísticas, estando seus valores médios entre 4,80 a 6,94 cm (Tabela 3).

Neste estudo, as médias do diâmetro do coleto variaram entre 1,89 e 5,12 mm. As maiores médias do diâmetro do coleto resultaram das mudas produzidos nos substratos formulados com 8 % de bio-sólido (T4, T8 e T12), não diferindo estatisticamente entre si. As menores médias foram apresentadas nos substratos formulados nos tratamentos T1, T5, T9 e T10 (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das variáveis altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), teor de clorofila (TC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular (RMSPAR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos aos 150 dias após a semeadura.

Table 3. Mean of plant height (H), stem diameter (DC), ratio between plant height and stem diameter (RHDC), chlorophyll content (TC), shoot dry mass (MSPA), dry mass of root system (MSR), total dry mass (MST), dry mass ratio of shoot/root dry mass (RMSPAR) and Dickson Quality Index (IQD) of *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos seedlings at 150 days after sowing.

Tratamentos	H	DC	RHDC	IQD	TC	MSPA	MSR	MST	RMSPAR
	cm	mm				$\mu\text{g cm}^{-2}$	g		
T1 (1 % BIO + 0,5 % CO + 98,5 % SC)	4,83 d	1,95 d	2,61 c	0,82 b	22,93 c	0,52 d	1,53 c	2,05 d	0,43 b
T2 (2 % BIO + 0,5 % CO + 97,5 % SC)	6,85 d	2,57 c	2,73 c	1,38 b	23,45 c	1,17 d	3,15 c	4,32 c	0,45 b
T3 (4 % BIO + 0,5 % CO + 95,5 % SC)	13,25 c	3,66 b	3,70 b	1,46 b	28,84 b	2,62 b	4,02 b	6,64 b	0,88 a
T4 (8 % BIO + 0,5 % CO + 91,5 % SC)	25,75 b	5,12 a	5,05 a	1,98 a	31,50 a	5,69 a	6,10 a	11,79 a	1,10 a
T5 (1 % BIO + 1 % CO + 98 % SC)	4,80 d	1,91 d	2,62 c	0,85 b	21,39 c	0,58 d	1,63 c	2,22 d	0,43 b
T6 (2 % BIO + 1 % CO + 97 % SC)	6,94 d	2,50 c	2,89 c	1,12 b	24,26 c	1,10 d	2,41 c	3,52 c	0,57 b
T7 (4 % BIO + 1 % CO + 95 % SC)	10,85 c	3,10 c	3,51 b	1,05 b	27,83 b	1,72 c	2,51 c	4,24 c	0,93 a
T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC)	28,36 a	5,09 a	5,53 a	1,91 a	31,65 a	5,93 a	6,53 a	12,46 a	1,01 a
T9 (1 % BIO + 2 % CO + 97 % SC)	5,52 d	1,89 d	2,96 c	0,65 b	20,00 c	0,55 d	1,38 c	1,96 d	0,45 b
T10 (2 % BIO + 2 % CO + 96 % SC)	6,00 d	2,24 d	2,72 c	0,77 b	21,43 c	0,72 d	1,56 c	2,28 d	0,62 b
T11 (4 % BIO + 2 % CO + 94 % SC)	10,11 c	2,88 c	3,53 b	1,01 b	26,55 b	1,80 c	2,34 c	4,15 c	1,09 a
T12 (8 % BIO + 2 % CO + 90 % SC)	23,46 b	4,70 a	4,98 a	1,87 a	32,29 a	5,20 a	5,82 a	11,03 a	1,23 a
CV (%)	34,10	22,90	24,90	71,50	16,80	61,50	76,00	67,10	46,60

Médias seguidas por mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Dados apresentados com média (\pm erro padrão). BIO = bio-sólido, CO = casca de ovo, SC = substrato comercial.

O equilíbrio das características morfológicas de crescimento entre a altura da parte aérea e diâmetro do coleto resultou no incremento para as médias da relação RHDC. Os valores de RHDC das mudas de *H. chrysotrichus* ficaram entre 2,61 a 5,53, estando os substratos formulados com 8 % de biossólido com as maiores médias estatísticas e os substratos formulados com 1 a 2 % de biossólido com as menores médias (Tabela 3).

Com relação ao IQD, os tratamentos T3, T4, T8 e T12 apresentaram as mudas com as maiores médias, estando todos os demais com as menores médias, ao nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott (Tabela 3).

Para o teor de clorofila, as mudas produzidas nos tratamentos T4, T8 e T12 destacaram-se dentre os demais, resultando em mudas com valores iguais à, respectivamente, 31,50 $\mu\text{g cm}^{-2}$, 31,65 $\mu\text{g cm}^{-2}$ e 32,29 $\mu\text{g cm}^{-2}$ (Tabela 3).

No que se refere à massa seca da parte aérea (MSPA) e radicular (MSR), ocorreram diferenças estatísticas nos tratamentos testados. As médias da MSPA variaram entre 0,52 e 5,93 g. As maiores médias foram proporcionadas nos tratamentos T4, T8 e T12 e as menores nos tratamentos T1, T2, T5, T6, T9 e T10. As médias da MSR variaram entre 1,38 e 6,53 g, apresentando respostas similares com as maiores médias da característica MSPA (Tabela 3).

Os resultados para a massa seca total (MST) acompanharam as tendências das médias da massa seca da parte aérea e radicular, destacando-se as médias dos tratamentos com substratos formulados com 8 % de biossólido. Em relação a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz, as mudas dos tratamentos formulados com biossólido entre 4 a 8 % apresentaram as maiores médias estatísticas, enquanto as mudas dos tratamentos formulados com biossólido entre 1 a 2 % resultaram nas menores médias (Tabela 3).

Pela PCA (Figura 2), foi possível agrupar os diferentes tratamentos a fim de verificar o potencial do uso dos substratos por meio das características morfológicas avaliadas das mudas de *H. chrysotrichus*. Uma variância acumulada superior a 80 % foi usada como critério para PCA. Dessa forma, foi possível observar a tendência de subdivisão dos materiais em três grupos: Grupo 1 (T4, T8 e T12); Grupo 2 (T3, T7 e T11); Grupo 3 (T1, T2, T5, T6, T9 e T10) (Figura 2). Por meio desses agrupamentos também foi possível avaliar o distanciamento do Grupo 3 em relação as características morfológicas de crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*, e também ao distanciamento com o Grupos 1 o qual obteve maior relação com as características morfológicas avaliadas aos 150 dias após a semeadura (Figura 2).

Os teores de N nas mudas de *H. chrysotrichus* apresentaram comportamento variável entre os tratamentos, estando os maiores valores médios presentes em T4 e T12, ambos com 25,60 g kg^{-1} . Todas as mudas dos tratamentos apresentaram teores de P acima de 2,50 g kg^{-1} , estando apenas T12 com resultados abaixo desse valor. Os teores de K apresentaram médias abaixo de 15,00 g kg^{-1} , estando o tratamento T8 com o menor valor absoluto (6,10 g kg^{-1}). Com relação ao Ca, todas as mudas (folhas) apresentaram teores acima de 20,00 g kg^{-1} . Os teores de Mg variaram entre 6,00 a 7,90 g kg^{-1} enquanto os teores de S entre 2,40 a 4,00 g kg^{-1} , estando o tratamento T10 (2 % BIO + 2 % CO + 96 % SC) com a menor média em Mg e maior média no elemento S (Tabela 4).

Biplot (eixos F1 e F2: 96,59 %)

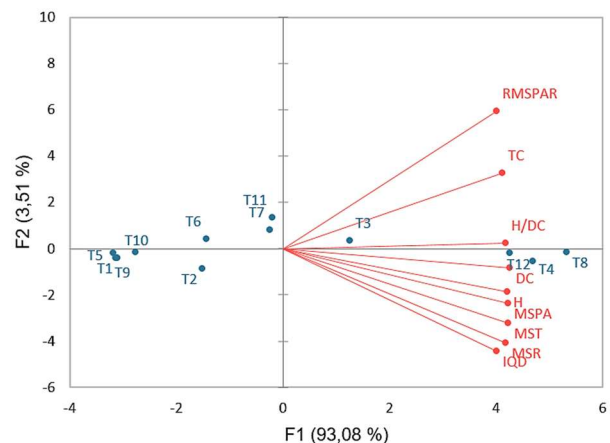


Figura 2. Projeção dos componentes principais mostrando a proximidade dos tratamentos em relação as características morfológicas de crescimento das mudas de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos aos 150 dias após a semeadura.

Figure 2. Projection of the main components showing the proximity of treatments in relation to the morphological growth characteristics of seedlings of *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos 150 days after sowing.

Com relação aos micronutrientes, o B apresentou valores variando entre 45,20 a 97,50 mg kg^{-1} . O Zn apresentou uma ampla diferença entre os tratamentos, estando os substratos formulados com 2 % de casca de ovo com valores acima de 84,00 mg kg^{-1} . Já o Mn foi inversamente proporcional aos resultados apresentados pelos teores de Zn, estando as menores médias nos tratamentos formulados com 2 % de casca de ovo. Os teores de Fe variam entre 213,90 a 423,40 mg kg^{-1} enquanto os teores de Cu entre 3,30 a 8,00 mg kg^{-1} , estando o tratamento T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC) com a menor média em Fe e maior média no elemento Cu (Tabela 4).

4. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que mesmo os substratos apresentando concentrações dos componentes muito próximas entre si, ocorreram diferenças estatísticas significativas nas variáveis de crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*, destacando-se principalmente a utilização do resíduo orgânico biossólido. Considerando todas as variáveis morfológicas avaliadas, os substratos formulados com 8 % de biossólido (T4, T8 e T12) resultaram nas melhores médias de crescimento, principalmente em comparação com os substratos formulados com menores porcentagens desse resíduo (Tabela 3).

O potencial de uso do biossólido como substrato também foi confirmado em estudos de produção de mudas de *Acacia mangium* (CALDEIRA et al., 2018), *Moquiniastrum polymorphum* (FARIA et al., 2017), *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus* (ABREU et al. 2017). Para *Eucalyptus benthamii*, Kratz et al. (2017), além de confirmar o potencial do uso do biossólido como substrato, ainda observaram que seu uso contribui para a redução dos custos finais de produção das mudas. Segundo Faria et al. (2017) o potencial de substratos orgânicos, como o biossólido, está associado ao aumento da capacidade de retenção de água no substrato e da disponibilidade de nutrientes às mudas.

Tabela 4. Teores dos macros e micronutrientes foliar das mudas de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos aos 150 dias após a semeadura.Table 4. Macro and micronutrient contents via leaf analysis of *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos seedlings at 150 days after sowing.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
T1 (1 % BIO + 0,5 % CO + 98,5 % SC)	23,10	2,40	10,80	21,70	6,10	2,40	74,20	25,20	114,50	355,10	5,40
T2 (2 % BIO + 0,5 % CO + 97,5 % SC)	18,00	3,10	7,50	22,80	6,90	2,60	87,30	25,60	98,90	259,50	4,50
T3 (4 % BIO + 0,5 % CO + 95,5 % SC)	22,40	2,50	8,30	20,60	7,10	2,60	45,20	25,70	72,10	292,00	5,60
T4 (8 % BIO + 0,5 % CO + 91,5 % SC)	25,60	2,50	7,40	21,80	7,90	3,00	82,70	36,70	89,00	274,30	5,60
T5 (1 % BIO + 1 % CO + 98 % SC)	19,30	3,30	7,00	20,80	6,50	2,60	94,00	37,50	87,60	365,00	6,20
T6 (2 % BIO + 1 % CO + 97 % SC)	21,80	3,50	12,50	22,40	6,50	3,20	96,60	27,50	58,30	423,40	5,30
T7 (4 % BIO + 1 % CO + 95 % SC)	20,50	2,40	9,40	25,70	7,60	2,30	66,00	24,70	47,00	298,20	4,80
T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC)	20,50	2,70	6,10	24,00	6,80	3,00	68,60	38,30	46,20	213,90	8,00
T9 (1 % BIO + 2 % CO + 97 % SC)	18,00	2,80	10,40	26,00	6,60	3,70	97,50	97,50	45,80	307,40	6,90
T10 (2 % BIO + 2 % CO + 96 % SC)	19,30	2,50	9,90	21,80	6,00	4,00	94,10	94,10	44,20	295,00	5,50
T11 (4 % BIO + 2 % CO + 94 % SC)	23,90	2,40	10,00	24,60	6,40	2,70	87,90	87,90	30,20	274,90	4,10
T12 (8 % BIO + 2 % CO + 90 % SC)	25,60	2,40	8,00	26,80	7,10	2,30	84,20	84,20	31,60	242,20	3,30

BIO = bio sólido, CO = casca de ovo, SC = substrato comercial.

O bio sólido apesar de possuir propriedades químicas satisfatórias necessita da adição de outros componentes a fim de equilibrar o fornecimento de nutrientes e condições físicas como aeração do substrato. Segundo Kratz et al. (2017), o bio sólido está relacionado principalmente à propriedade física de alta densidade e à propriedade química de alta fertilidade para a composição do substrato.

Embora o bio sólido tenha apresentado um efeito significativo expressivo no crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*, observou-se que a casca de ovo também contribuiu na produção das mudas, principalmente quando analisados os substratos formulados com as menores concentrações desse resíduo. Recentemente, alguns estudos utilizando a casca de ovo galinácea como componentes de substratos foram publicados com espécies agrícolas. Em repolho (*Brassica oleracea* var. capitata), o substrato formulado contendo 5 % de casca de ovo + 40 % de moínha + 15 % de fibra de coco + 40 % de substrato comercial, proporcionou as maiores médias em todas as variáveis de crescimento das mudas avaliadas (MENEGHELLI et al., 2018a). Na produção de mudas de tomates (*Solanum lycopersicum*), também foram recomendados a utilização de casca de ovo na composição de substratos, sendo indicado a formulação com 5 % de casca de ovo + 15 % de fibra de coco + 15 a 32 % de moínha (KRAUSE et al., 2017). Para a produção de mudas de berinjela, encontra-se na literatura recomendações utilizando substratos formulados com 5 % de casca de ovo + 40 % de moínha + 40 % de casca de arroz carbonizada + 15 % de fibra de coco (MENEGHELLI et al., 2018b). Em todos esses estudos os autores recomendam a utilização da casca de ovo galinácea para formulação de substratos, resultando em ganhos para a produção de mudas vegetais, além de contribuir para o destino adequado desse resíduo. O presente estudo torna-se com referência ao utilizar da casca de ovo galinácea para formulação de substratos em uma espécie florestal.

4.1. Características morfológicas

A altura da parte aérea e o diâmetro do coleto são as características morfológicas mais empregadas na avaliação de qualidade de mudas, pois além de serem facilmente mensuráveis, não são destrutíveis (DIONISIO et al., 2019).

Para verificação da qualidade de mudas de eucalipto produzidas em tubetes, Wendling; Dutra (2017) consideraram que mudas com altura entre 15 e 25 cm já estão com qualidade apta para o plantio, enquanto em espécies nativas esses valores encontram-se entre 30 a 40 cm. Atualmente, sabe-se que esses valores considerados ideais variam de acordo com diversos fatores, tais como a espécie, o recipiente, as condições climáticas. No presente estudo, foi possível constatar que mudas com altura entre 23 a 28 cm, aos 150 dias após a semeadura produzidas em tubetes de 280 cm³, resultaram bom equilíbrio na formação da parte aérea, sendo indicadas à serem transferidas para pleno sol e garantir rusticidade para serem levadas posteriormente à campo. As mudas produzidas em T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC) obtiveram um ganho superior a 82 % em altura quando comparadas as mudas produzidas em T1 (1 % BIO + 0,5 % CO + 98,5 % SC).

As mudas de *H. chrysotrichus* seguiram o mesmo comportamento de crescimento quando avaliado o diâmetro do coleto, o qual é uma característica muito difundida para expressar a capacidade de sobrevivência das mudas em campo, sendo usualmente indicado como padrão de qualidade em mudas de eucalipto valores superiores a 2 mm (WENDLING; DUTRA, 2017). No presente estudo, os tratamentos que resultaram mudas com diâmetro do coleto superior a 3,5 mm, aos 150 dias após a semeadura apresentaram melhor qualidade na haste principal, sendo indicadas à serem transferidas para pleno sol e garantir rusticidade para serem levadas posteriormente à campo.

A razão RHD e o IQD são parâmetros morfológicos bastante difundidos em diversos estudos científicos na avaliação da qualidade e produção de mudas florestais. Para a razão RHD das mudas de *H. chrysotrichus*, apenas o tratamento T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC) apresentou dentro da faixa considerada ideal por Carneiro (1995), que indica valores variando entre 5,4 e 8,1, sendo esse intervalo responsável por expressar o balanceamento de crescimento entre ambas características.

Segundo Caldeira et al. (2013), quanto maior o valor do IQD, melhor será a qualidade da muda. No presente estudo, os valores de IQD das mudas produzidas em substratos formulados com 8 % de bio sólido apresentaram as maiores

médias estatísticas, com resultados, aproximadamente, duas vezes maior que nas mudas produzidas em substratos com 1 % de biossólido. Em mudas de *Handroanthus heptaphyllus* os maiores resultados em IQD foram apresentados nos substratos formulados com 25 a 50 % de biossólido (ABREU et al., 2017).

As análises da massa seca da parte aérea (MSPA), radicular (MSR) e massa seca total (MST) também acompanharam o mesmo comportamento das demais características morfológicas de crescimento das mudas de *H. chrysotrichus* produzidas em substratos formulados com 8 % de biossólido, destacando as mudas produzidas nos substratos formulados com T8 (8 % BIO + 1 % CO + 91 % SC) as quais obtiveram ganhos na massa seca total de até 84 % quando comparadas as mudas em T9 (1 % BIO + 2 % CO + 97 % SC).

Os resultados do presente estudo condizem com as informações presentes na literatura, indicando que algumas espécies florestais nativas apresentam comportamento benéfico na produção da biomassa utilizando o biossólido como componente na formulação de substratos. A espécie *Chamaecrista desvauxii* obteve maior ganho de massa seca aérea e radicular utilizando o biossólido como constituinte na proporção de 60 % juntamente com outro resíduo para aeração do mesmo (CALDEIRA et al., 2013). A espécie leguminosa *Senna alata* é outra que possui ganho de massa aérea e radicular com o uso de substrato compostos com biossólido (FARIA et al., 2013), assim como para a espécie *Moquiniastrum polymorphum* obtendo os melhores resultados em substratos formulados por 20 a 60 % desse resíduo orgânico (FARIA et al., 2017).

A relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca radicular (RMSPAR) também pode ser utilizada para avaliar a qualidade de mudas, e alguns pesquisadores sugerem valores menores ou iguais a 2,0 para algumas espécies, como sendo a melhor relação entre essas duas características (CALDEIRA et al., 2013; FARIA et al., 2017). No presente estudo, todos os tratamentos apresentaram mudas com valores de RMSPAR inferiores a 2, indicando não ser uma relação adequada para ser analisada isoladamente. Entretanto, novas pesquisas são necessárias a fim de avaliar a sobrevivência em campo e verificar os padrões de qualidade para mudas de *H. chrysotrichus*.

Pela PCA (Figura 2) possível confirmar o potencial do uso do biossólido e da casca de ovo na composição dos substratos para o crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*. Ao analisar o eixo 1, em relação ao primeiro componente principal, nota-se uma separação nítida entre os grupos. No lado direito da linha vertical que passa pelo zero encontram-se os tratamentos T2, T4, T8 e T3, juntamente com todas as características morfológicas avaliadas, enquanto no lado esquerdo estão os demais tratamentos. Dessa forma, foi possível observar a tendência de subdivisão dos materiais em três grupos: o primeiro resultante dos substratos formulados com 8 % de biossólido, com relação direta com as características morfológicas de crescimento das mudas; o segundo grupo pelos tratamentos formulados com 4 % de biossólido, apresentando resultados intermediários às avaliações; e o último grupo compostos pelos tratamentos formulados com 2 e 1 % de biossólido, os quais obtiveram relação oposta a direção das características morfológicas avaliadas das mudas de *H. chrysotrichus* (Figura 2). Esses resultados demonstraram como o biossólido contribuiu

diretamente na produção das mudas de *H. chrysotrichus*, sendo recomendado novos estudos a fim de verificar o comportamento dessa espécie com concentrações superiores a 8 % desse resíduo.

4.2. Teores nutricionais

Por meio da análise foliar foi possível verificar que não houve diferenciação marcante entre os substratos formulados com as características morfológicas de crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*, estando os teores dos nutrientes muito próximos entre si. Dessa forma, possivelmente as propriedades físicas dos substratos proporcionaram melhores relações associadas ao crescimento das mudas que pelas propriedades químicas. Os teores obtidos via análise foliar foram comparados com valores indicados na literatura por Malavolta et al. (2006) e Fernandes et al. (2018), consideradas adequadas para diferentes espécies florestais.

O N e o P são os macronutrientes que mais comumente limitam o crescimento de mudas na fase inicial de produção, uma vez que teores elevados são altamente requeridos nos estádios iniciais de crescimento da parte aérea (FERNANDES et al., 2018). Segundo Scheer et al. (2012) o biossólido proporciona benefícios na reciclagem da matéria orgânica e de diferentes nutrientes, em especial o nitrogênio. No presente estudo, todas as mudas de *H. chrysotrichus* apresentaram valores adequados de N, independente do substrato formulado. Já o P apresentou valores ideais para os tratamentos T1, T3, T4, T7, T10, T11 e T12, e valores acima do recomendado aos demais tratamentos.

O K é o segundo macronutriente mais exigido pelas plantas, tendo como principal função a ativação enzimática e sua deficiência acarreta algumas mudanças químicas, tendo reflexo direto na produção de carboidratos (SOUZA et al. 2019). Nesse estudo, nenhum tratamento apresentou teores considerados adequados de K.

Segundo Fernandes et al. (2018), teores adequados de Ca são importantes para diversas funções das plantas, contribuindo na fotossíntese, no movimento citoplasmático, nos tecidos vegetais e na parede celular. Na literatura são encontrados estudos que argumentam os benefícios do uso da casca de ovo galinácea, principalmente pela disponibilidade de Ca, o qual é fundamental na síntese das paredes celulares, na lamela média e divisão celular, além de exercer funções em vários processos celulares, como no controle da transcrição e na liberação de sinais químicos (TAIZ; ZEIGER 2013; MÜLLER et al., 2017). Em estudos realizados por Monaco et al. (2015) e Galvão et al. (2020) as aplicações da casca do ovo tiveram efeito benéfico como corretivo da acidez do solo. No presente estudo, mesmo utilizando concentrações baixas de casca de ovo na formulação dos substratos, todos os tratamentos apresentaram teores acima do recomendado para Ca.

No que diz respeito ao Mg, para todos os tratamentos ficaram acima do recomendado pela literatura. Já o S, a grande maioria dos tratamentos apresentaram teores adequados desse elemento, estando apenas os tratamentos T4, T6, T8, T9 e T10 com teores acima do recomendado. O S contribui para diversos compostos e reações em diferentes rotas metabólicas da planta, associados ao aumento da fotossíntese e na atividade respiratória; ao aumento da síntese de proteínas; e na diminuição de carboidratos solúveis (MALAVOLTA, 2006).

Com relação aos micronutrientes, o elemento B não apresentou similaridade em seus teores com os diferentes substratos formulados. O Zn e Mn apresentaram relação direta com os resíduos orgânicos, principalmente com a casca de ovo galinácea. As mudas de *H. chrysotrichus* produzidas em substratos formulados com 2 % de casca de ovo apresentaram os maiores teores de Zn quando comparadas as demais, enquanto para o Mn, os teores foram menores à medida que aumentou a proporção desse resíduo. Santos et al. (2014) afirmam que o bio-sólido é responsável por elevar os teores de Zn nos substratos. No estudo em questão, o Zn apresentou comportamento variado para cada substrato, atingindo valores recomendados para 66,6 % dos tratamentos, estando os demais acima do indicado. Os teores de Mn apresentaram-se acima do intervalo ideal para todos os tratamentos.

O Fe está relacionado com a biossíntese de diferentes enzimas, as quais estão envolvidas com o crescimento e expansão celular, diferenciação e desenvolvimento de raízes, catabolismo de auxina e lignificação (MALAVOLTA, 2006). No presente estudo, todos os substratos apresentaram teores adequados de Fe, destacando-se os substratos formulados com 8 % de bio-sólido, os quais apresentaram os menores teores desse elemento e as melhores médias das características morfológicas avaliadas das mudas de *H. chrysotrichus*.

Várias proteínas contendo Cu desempenham papel fundamental em processos metabólicos do vegetal, tais como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação. Neste estudo todas as mudas de *H. chrysotrichus* apresentaram concentrações baixas de Cu.

Assim, com base nos resultados pôde-se verificar o potencial do uso de bio-sólido para a produção de mudas de *H. chrysotrichus*. Novos trabalhos nessa temática são recomendados a fim de buscar outras concentrações desses resíduos orgânicos para formulação de substratos em *H. chrysotrichus*, e verificar o máximo potencial na produção em mudas florestais. Vale ressaltar a importância dos estudos com casca de ovo galinácea a fim de recomendar concentrações adequadas desse resíduo e assim divulgar resultados promissores para sua utilização em larga escala.

5. CONCLUSÕES

Os substratos formulados com 8 % de bio-sólido apresentaram os melhores resultados nas características morfológicas de crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*, principalmente quando comparados aos que utilizaram menores proporções desse resíduo.

O resíduo orgânico da casca de ovo galinácea também contribuiu na produção das mudas de *H. chrysotrichus*, principalmente nos substratos que apresentaram as menores concentrações desse resíduo, sendo importante novos estudos para conhecer seu efeito na produção de mudas em diferentes espécies florestais.

Dentre os substratos formulados, o tratamento T8 (8 % de bio-sólido + 1 % de casca de ovo + 91 % de substrato comercial) resultou nas maiores médias absolutas para a maioria das características morfológicas de crescimento das mudas de *H. chrysotrichus*.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M. D.; LELES, P. S. D. S.; MELO, L. A. D.; OLIVEIRA, R. R. D.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio-sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1179-1190, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830300>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDIVIA, E.; VILLAR-SALVADOR, P.; OLIET, J. A.; PUERTOLAS, J.; DUMROESE, R. K.; IVETIĆ, V.; OVALLE, J. F. Climate and species stress resistance modulate the higher survival of large seedlings in forest restorations worldwide. **Ecological Applications**, v. 31, n. 6, e02394, 2021. <https://doi.org/10.1002/eap.2394>
- AVELINO, N. R.; SCHILLING, A. C.; DALMOLIN, Â. C.; SANTOS, M. S. D.; MIELKE, M. S. Biomass allocation and growth indicators for quality evaluation of seedlings of native forest species. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1733-1750, 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509843229>
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 375/2006**, de 29 de agosto de 2006. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA.
- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. O.; SILVA, A. G. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013.
- CALDEIRA, M. V. W.; FAVALESSA, M.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; MOURA, R. R. S. Sewage sludge assessment on growth of *Acacia mangium* seedlings by principal components analysis and orthogonal contrasts. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 10, p. 1303-1311, 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2018.1450421>
- CALIMAN, L. B.; SILVA, S. N. da; JUNKES, J. A.; SAGRILLO, V. P. D. Ostrich eggshell as an alternative source of calcium ions for biomaterials synthesis. **Materials Research**, v. 20, n. 2, p. 413-417, 2017. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2016-0368>
- CARNEIRO, J. G. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.
- CUNHA, A. D. M.; CUNHA, G. D. M.; SARMENTO, R. D. A.; CUNHA, G. D. M.; AMARAL, J. F. T. D. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DIAS, D. R.; VALE, B. S. C.; VALE SANTANA, J. A.; JUNIOR, J. R. S. Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes níveis de irrigação e formulações de substrato. **Nativa**, v. 10, n. 1, 102-108, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i1.12330>
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicles**, v. 36, p. 10-13, 1960. <https://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- DIONISIO, L. F. S.; AUCA, E. C.; SCHWARTZ, G.; BARDALES-LOZANO, R. M.; AGURTO, J. J. M.

CORVERA-GOMRINGER, R. Seedling production of *Bertholletia excelsa* in response to seed origin and position inside fruit. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 5662, 2019. <https://dx.doi.org/10.5039/agraria.v14i3a5662>

- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LACERDA, L. C.; GONCALVES, E. O. Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de *Senna alata*. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.4, p.342-351, 2013.
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 1075-1086, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509824996>
- FARIA, J. C. T.; DE MELO, L. A.; BRONDANI, G. E.; DELARMELINA, W. M.; DA SILVA, D. S. N.; NIERI, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrium polymorphum*. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 523-532, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v47i4.50568>
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; NIERI, E. M.; SOUZA, D. S.; MOLINARI, L. V. Sewage sludge and rice husk as potential substrate to produce *Mimosa setosa* seedlings. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 3, p. 1111-1119, 2020. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i3.10011>
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. 670p.
- GALVÃO, J. R.; CASANOVA, S. R. A.; SOUZA, F. J. L.; CARVALHO SANTANA, M. A.; PACHECO, M. J. B.; ASSIS, L. F. C. T.; MAIA, B. K. S.; ARAÚJO, D. G. Utilização da casca de ovo como fonte de correção da acidez do solo. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 2, p. 77-81, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0008>
- KRAUSE, M. R.; MONACO, P. A.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, L. A.; SOUZA, T. D. Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 305-310, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170224>
- KRATZ, D.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; MELLEK, J. E. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 63-76, 2017. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n113.06>
- LIBERATO, É. M. S.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; NAPOLEÃO, G. M. Substrate mixing formulations for *Citrus* nursery management. **Nativa**, v. 9, n. 5, p. 500-507, 2021. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i5.12777>
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 8 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2020. 384p.
- MAGALHÃES M. C.; RIBEIRO, A.; QUINA, M.; CAMEIRA, C.; SOARES, M. Tratamento e valorização agrícola da casca de ovo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 191-204, 2011. <https://doi.org/10.19084/rca.15962>
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 630p.
- MENEGHELLI, L. A. M.; MONACO, P. A. V. L.; KRAUSE, M. R.; MENEGHELLI, C. M.; GUISSOLFI, L. P.; MENEGASSI, J. Resíduos agrícolas incorporados a substrato comercial na produção de mudas de repolho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 491-497, 2018a. <https://doi.org/10.5965/223811711732018491>
- MENEGHELLI, L. A. M.; MONACO, P. A. V. L.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, C. M.; ALMEIDA, K. M. Aproveitamento de resíduos agrícolas como substrato alternativo na produção de mudas de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, 2018b. <https://doi.org/10.1590/hb.v35i4.1127>
- MIETH, P.; ARAUJO, M. M.; FERMINO, M. H.; AIMI, S. C.; GOMES, D. R.; DE MARQUES VILELLA, J. Ground peach pits: alternative substrate component for seedling production. **Journal of Forestry Research**, v. 30, n. 5, p. 1779-1791, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0740-4>
- MONACO, P. A. V. L.; JÚNIOR, G. R.; VIEIRA, G. H. S.; MENEGHELLI, C. M.; DA PENHA SIMON, C. Conchas de ostras e cascas de ovos moídas como corretivos da acidez do solo. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 6, p. 584-590, 2015. <https://doi.org/10.13083/reveng.v23i6.636>
- MÜLLER, C.; HODECKER, B. E. R.; MERCHANT, A.; BARROS, N. F. D. Nutritional efficiency of *Eucalyptus* clones under water stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 1, p. 1-17, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160528>
- NAVES, M. M. V.; FERNANDES, D. C.; PRADO, C. M. M.; TEIXEIRA, L. S. M. Fortificação de alimentos com o pó da casca de ovo como fonte de cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 99-103, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100017>
- PASCUAL, J. A.; CEGLIE, F.; TUZEL, Y.; KOLLER, M.; KOREN, A.; HITCHINGS, R.; TITTARELLI, F. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 3, p. 1-23, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0508-4>
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**, reference index version 3.6.1. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.
- RODRIGUES, A. S.; ÁVILA, S. G. Physical chemistry characterization of chicken eggshell and its utilization as source for production of calcium compounds. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 596-607, 2017.
- SAMPAIO, D. S.; COSTA, M. E.; MENDES-RODRIGUES, C. Temperature effect in the number of seedlings per seed in cultivated specimens of *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae). **Iheringia, Série Botânica**, v. 68, n. 2, p. 279-283, 2013.
- SANTOS, E. V. F.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V.; AZEVEDO, C. H.; RANGEL, O. J. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979>
- SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. D. Crescimento e nutrição de mudas de

- Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 55-65, 2012. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.007>
- SENA, L. M.; ARRUDA, J. F.; BRITO, P. O. B.; SILVA COSTA, F. R.; PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A. Cultivo de plantas de *Erythrina velutina* em substrato contendo vermicomposto. **Nativa**, v. 9 n. 3, p. 247-252, 2021. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i3.10141>
- SILVA JUNIOR, E. A. **Manual de controle higiênico-sanitário em serviços de alimentação**. 6 ed. São Paulo: Varela, 2005. 623p.
- SIMÕES, I. M.; ALEXANDRE, R. S.; ROSA, T. L. M.; MEDEIROS, R. G.; SCHMILDT, E. R.; OLIVEIRA, J. D. S.; OTONI, W. C. Grafting among species of the genus *Handroanthus* (Bignoniaceae). **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.12>
- SIQUEIRA, D. P.; DE CARVALHO, G. C. M. W.; BARROSO, D. G.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *lafoensia ghyptocarpa*. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 277-284, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i2.55795>
- SOUZA, N. M.; OLIVEIRA FERREIRA, E. V.; JUNIOR, J. C. A.; DOMEK, J. C.; JORDAN-MEILLE, L.; MORAES GONÇALVES, J. L.; LAVRES, J. The ideal percentage of K substitution by Na in *Eucalyptus* seedlings: Evidences from leaf carbon isotopic composition, leaf gas exchanges and plant growth. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 137, p. 102-112, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.02.006>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto por sementes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2017. 192p.

Contribuição dos autores: G.P.R. – Confecção e montagem do experimento, coleta dos dados, redação (esboço original); J.C.T.F. – Análise estatística, redação, edição, correções e submissão; E. O. G. - Orientadora, metodologia, correções e revisões; M.V.W.C., M.L.M.A. e D.R.M. – redação (revisão e edição) e correções.

Revisão por comitê institucional: *Não se aplica.*

Comitê de Ética: *Não se aplica.*

Disponibilização de dados: Os dados do estudo podem ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente, via e-mail.

Conflito de Interesse: Os autores declaram que não existem conflitos de interesse com outros pesquisadores ou instituições.