

Biossólido na composição do substrato para produção de mudas de porta-enxertos cítricos

Biosolids in the composition of the substrate for the production of citrus rootstock seedlings

Karen Andreon Viçosi¹, Giovanni de Oliveira Garcia², Moises Zucoloto³,
Sávio da Silva Berilli⁴

RESUMO: O biossólido, apesar de ser um resíduo, tem potencial de ser utilizado na produção de mudas devido à presença de elementos essenciais às plantas. Apesar de ser estudado especialmente em espécies florestais, pode ser utilizado também em mudas de espécies frutíferas, dentre elas os citros. Objetivou-se com trabalho tem como objetivo avaliar o uso do biossólido em substituição ao substrato comercial na produção de porta-enxertos de limoeiro Cravo e citrandarin. O experimento foi realizado em Alegre-ES, em fatorial 2x5, em bloco casualizados, de quatro repetições com oito plantas. Os tratamentos são duas cultivares de porta-enxerto cítrico, o limoeiro cravo ‘Santa Cruz’ (*Citrus limonia*) e citrandarin ‘San Diego’ (*C. sunki* x *Poncirus trifoliata*), em cinco proporções de biossólido e substrato comercial (0, 25, 50, 75 e 100%). Houve efeito significativo entre a interação entre cultivar e o substrato para maioria das variáveis. A dose de biossólido no substrato apresentou comportamento quadrático, com as mudas de limoeiro cravo apresentando crescimento superior ao citrandarin. O uso do biossólido na proporção de até 60% para mudas de limoeiro cravo e de até 45% em citrandarin promoveu melhores respostas em relação ao crescimento inicial e a qualidade das plantas.

Palavras-chave: Lodo de esgoto; Citrus sp.; Citrandarin; Limoeiro cravo.

ABSTRACT: Biosolids, despite being a waste product, have the potential to be used in seedling production due to the presence of essential elements for plants. Although it has been studied especially in forest species, it has to be used also in the seedlings of fruit species, among them citrus. This work aimed to evaluate the biosolids as a substitute for commercial substrate in the production of rootstocks for ‘Santa Cruz’ sour orange and ‘San Diego’ citrandarin. The experiment was conducted in Alegre-ES, in a 2x5 factorial, in randomized blocks, with four replications of eight plants each. The treatments are two cultivars of citrus rootstock, the ‘Santa Cruz’ sour orange (*Citrus limonia*) and ‘San Diego’ citrandarin (*C. sunki* x *Poncirus trifoliata*), in five proportions of biosolids and commercial substrate (0, 25, 50, 75, and 100%). There was a significant effect between the interaction of cultivar and substrate for most of the variables. The dose of biosolids showed a quadratic behavior, with the ‘Santa Cruz’ sour showing superior growth to the citrandarin. The use of biosolids in the proportion of up to 60% for ‘Santa Cruz’ sour orange seedlings and up to 45% for citrandarin promoted better responses in terms of initial growth and plant quality.

Keywords: Sewage sludge; Citrus sp.; Citrandarin; Rangpur lime.

Autor correspondente: Karen Andreon Viçosi
E-mail: karen_vicosi@hotmail.com

Recebido em: 14/11/2023
Aceito em: 21/05/2024

¹ Doutoranda em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

² Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Docente do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Campus de Alegre (ES).

³ Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Docente do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Campus de Alegre (ES).

⁴ Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense. Docente no mestrado profissional em agroecologia no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

1 INTRODUÇÃO

No processo de produção de mudas, a escolha do substrato tem grande importância, pois ele tem função de sustentar, fornecer nutrientes e propiciar condições adequadas ao crescimento inicial das plantas. Atualmente, diversos resíduos industriais e/ou urbanos têm sido aproveitados como substratos, minimizando o impacto ambiental que seria causado pelo descarte inadequado desses resíduos (Souza *et al.*, 2022a). Dentre os resíduos destaca-se o biossólido, proveniente do tratamento do lodo de esgoto, constituindo uma alternativa com benefícios econômicos e socioambientais e que contribui para a sustentabilidade agrícola (Collivignarelli; Abbà; Benigna, 2020).

O biossólido pode suprir, totalmente ou parcialmente, as demandas iniciais de nutrientes no processo de produção de mudas, pois o oferece às plantas matéria orgânica e elementos essenciais para seu desenvolvimento (Freitas; Alvarenga, Durães, 2019), dentre eles nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio e outros nutrientes, o que o torna uma matéria-prima útil para ser utilizada na agricultura (Jatav *et al.*, 2021; Muter *et al.*, 2022). Sendo assim, os substratos à base de biossólido são capazes de aumentar o crescimento e melhorar a nutrição das mudas, reduzindo o tempo de viveiro e o custo com aquisição de substratos (Viçosi; Garcia, 2022).

Para a produção moderna de enxertia de mudas cítricas, o porta-enxerto é um componente essencial utilizado em todas as principais regiões produtoras do mundo. O porta-enxerto tem como objetivo proporcionar à árvore enxertada maior tolerância a doenças, pragas e condições abióticas desafiadoras, em comparação com a árvore frutífera de raiz própria (Bowman; Joubert; 2020). Na citricultura brasileira, houve grande predominância do uso do porta-enxerto limoeiro Cravo ‘Santa Cruz’ (*Citrus limonia*) nos pomares, devido seu alto desempenho produtivo e boa compatibilidade com diversos enxertos. Entretanto, esse limoeiro tem susceptibilidade à estresses bióticos e abióticos, tendo sido cada vez menos recomendado e menos empregado em novos plantios (Sombra *et al.*, 2019). Dentre os diversos novos porta-enxertos que estão sendo estudados, destaca-se o uso de citrandarins, provenientes do cruzamento de tangerineira com trifoliata, e que possuem elevada produção e boa qualidade de frutos, além de ser resistente às principais doenças (Rodrigues *et al.*, 2015).

Diversas pesquisas têm mostrado o potencial do uso do biossólido na produção de mudas de diversas espécies, principalmente em espécies florestais, como a aroeira (Abreu *et al.*, 2019), pau brasil (Gomes *et al.*, 2019) e jerivá (Souza *et al.*, 2022a). Entretanto, o manejo do substrato é um desafio no estabelecimento de pomares para espécies frutíferas, sendo que os estudos na área de produção de mudas frutíferas com utilização do biossólido ainda são escassos, com destaque para a acerola (Costa *et al.*, 2023), maracujazeiro-amarelo (Freitas *et al.*, 2015) e mamão papaia (Souza *et al.*, 2021). Desse modo, objetiva-se com este trabalho avaliar o potencial do uso do biossólido em substituição ao substrato comercial na produção de porta-enxertos de limoeiro Cravo ‘Santa Cruz’ e citrandarin ‘San Diego’.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre – ES, durante o ano de 2021. O experimento foi montado em esquema fatorial 2x5, no delineamento em bloco casualizados, de quatro repetições compostas por oito plantas. Os tratamentos correspondem a duas cultivares de porta-enxerto cítrico, o limoeiro cravo ‘Santa Cruz’ (*Citrus limonia*) e citrandarin ‘San Diego’ (*Citrus sunki* x *Poncirus trifoliata*), em cinco proporções da mistura de bio sólido e substrato comercial (0, 25, 50, 75 e 100%).

O substrato comercial (Provaso®) utilizado é um composto bioestabilizado de bagaço de cana, turfa, rocha calcárea, resíduo orgânico agroindústria classe A esterco e camas de aviário, cinzas e torta vegetal. O substrato comercial tem as seguintes características: pH 6,1; C 13,7 dag kg⁻¹; N 13,7 g kg⁻¹; P 16,5 g kg⁻¹; K 9,2 g kg⁻¹; Ca 40,0 g kg⁻¹ e Mg 6,0 g kg⁻¹ (Fagundes; Cruz, 2015).

O lodo de esgoto foi obtido da Estação de Tratamentos de Efluentes do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) da cidade de Jerônimo Monteiro-ES, e foi submetido ao processo de solarização para estabilização e higienização. A composição do bio sólido é pH 6,0; C 23,9 dag kg⁻¹; N 30,3 g kg⁻¹; P 9,3 g kg⁻¹; K 3,1 g kg⁻¹; Ca 20,1 g kg⁻¹ e Mg 4,4 g kg⁻¹.

As diferentes proporções de bio sólido/substrato comercial foram distribuídas em tubetes de 200 cm³. Em cada recipiente, foi realizada a semeadura de duas sementes, a dois centímetros de profundidade. As plantas foram deixadas sob tela com 50% de sombreamento e as irrigações realizadas diariamente, suficientes para manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo. Quando as plantas apresentaram dois pares de folhas, foi realizado um desbaste, permanecendo apenas uma planta por recipiente.

As análises foram realizadas quando as mudas apresentaram 150 dias após a emergência, no qual foram analisadas quatro plantas de cada repetição. As variáveis não destrutivas avaliadas foram a altura (H) (medida do nível do substrato até a gema apical, utilizando fita métrica), diâmetro (D) na altura do coleto (medido ao nível do substrato, com o auxílio de um paquímetro digital) e número de folhas (NF) (contagem manual do número de folhas por planta). Logo após, as plantas foram retiradas do recipiente e lavadas em água corrente, para serem avaliadas de modo destrutivo. Foi feita a medida do comprimento da raiz (CR), o volume radicular (VR) (por meio do deslocamento de área), e medição da área foliar (AF) e radicular (AR), por meio do escaneamento digital e análise através do software ImageJ.

Posteriormente, foi realizada a secagem e pesagem da massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) (as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, por 48 h, e posterior pesagem em balança eletrônica de precisão), que foram somadas para obtenção da massa seca total (MST). Foi calculado a relação H/D e MSPA/MSR, por meio da divisão entre as variáveis. Além disso, foi avaliada a qualidade das mudas por meio do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON *et al.*, 1960), por meio da fórmula $IQD = [MST / (H/D + MSPA/MSR)]$.

Em seguida, foi realizada análise de variância (ANOVA) e análise de regressão polinomial ao nível de significância de 5% ($p < 0,01$), escolhendo-se as equações significativas com maior coeficiente de determinação (R²), e calculado o coeficiente de

correlação de Pearson (r) ($p < 0,05$) (Souza *et al.*, 2022b). Os dados foram analisados por meio do software R Studio® versão 1.3.1073 (Team RC, 2022). Os gráficos foram desenhados no software Excel®, versão 2019, sendo o ponto máximo de cada característica avaliada calculado de acordo com o vértice da parábola da equação quadrática por meio da fórmula $X = -b/2a$ (Souza *et al.*, 2022b).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Houve efeito significativo entre a interação entre cultivar e o substrato, a 5% de probabilidade, para a maior parte das variáveis analisadas, dentre elas a altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, volume radicular, massa seca da parte aérea, radicular e total, e o IQD (conforme Tabela 1). O comprimento da raiz e relação H/D foram significativos para o fator isolado dose, enquanto a área radicular obteve significância para os fatores cultivar e dose, isoladamente. A relação MSPA/MSR não apresentou significância.

A altura (Figura 1A) e o diâmetro de plantas (Figura 1B) apresentaram regressão quadrática significativa, com o valor máximo para mudas de citrandarin ‘San Diego’ (CSD) estimado nas proporções de 43,4% e 44,7% de biossólido, respectivamente, enquanto para o limoeiro cravo (LC) a dose foi de 59,4% e 55%, respectivamente. As mudas de limão cravo foram superiores estatisticamente ao CSD nas proporções acima de 50% de biossólido para a altura, sendo que o diâmetro de ambas as cultivares foram iguais somente na dose de 25%.

Tabela 1. Resultado da análise de variância para a cultivar, dose de biossólido e interação entre a cultivar e dose para as variáveis altura, diâmetro, número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), volume radicular (VR), área foliar (AF), área radicular (AR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação altura/diâmetro (H/D), relação MSPA/MSR e índice de qualidade de Dickson (IQD)

Fator	Altura	Diâmetro	NF	CR	VR	AF	AR
Bloco	0,110	0,135	0,277	0,147	0,428	0,073	0,029
Cultivar	0,000*	0,000*	0,039*	0,557 ^{ns}	0,005*	0,000*	0,033*
Dose	0,000*	0,000*	0,006*	0,005*	0,000*	0,002*	0,000*
C*D	0,000*	0,000*	0,003*	0,259 ^{ns}	0,002*	0,000*	0,457 ^{ns}
CV (%)	14,01	7,37	11,07	15,00	25,12	16,79	23,6
Fator	MSPA	MSR	MST	H/D	MSPA/MSR	IQD	
Bloco	0,011	0,133	0,018	0,198	0,307	0,174	
Cultivar	0,000*	0,000*	0,000*	0,197 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,000*	
Dose	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,192 ^{ns}	0,000*	
C*D	0,000*	0,000*	0,000*	0,136 ^{ns}	0,419 ^{ns}	0,000*	
CV (%)	18,45	15,27	15,96	10,57	42,52	14,41	

* Significativo a 5% de probabilidade.

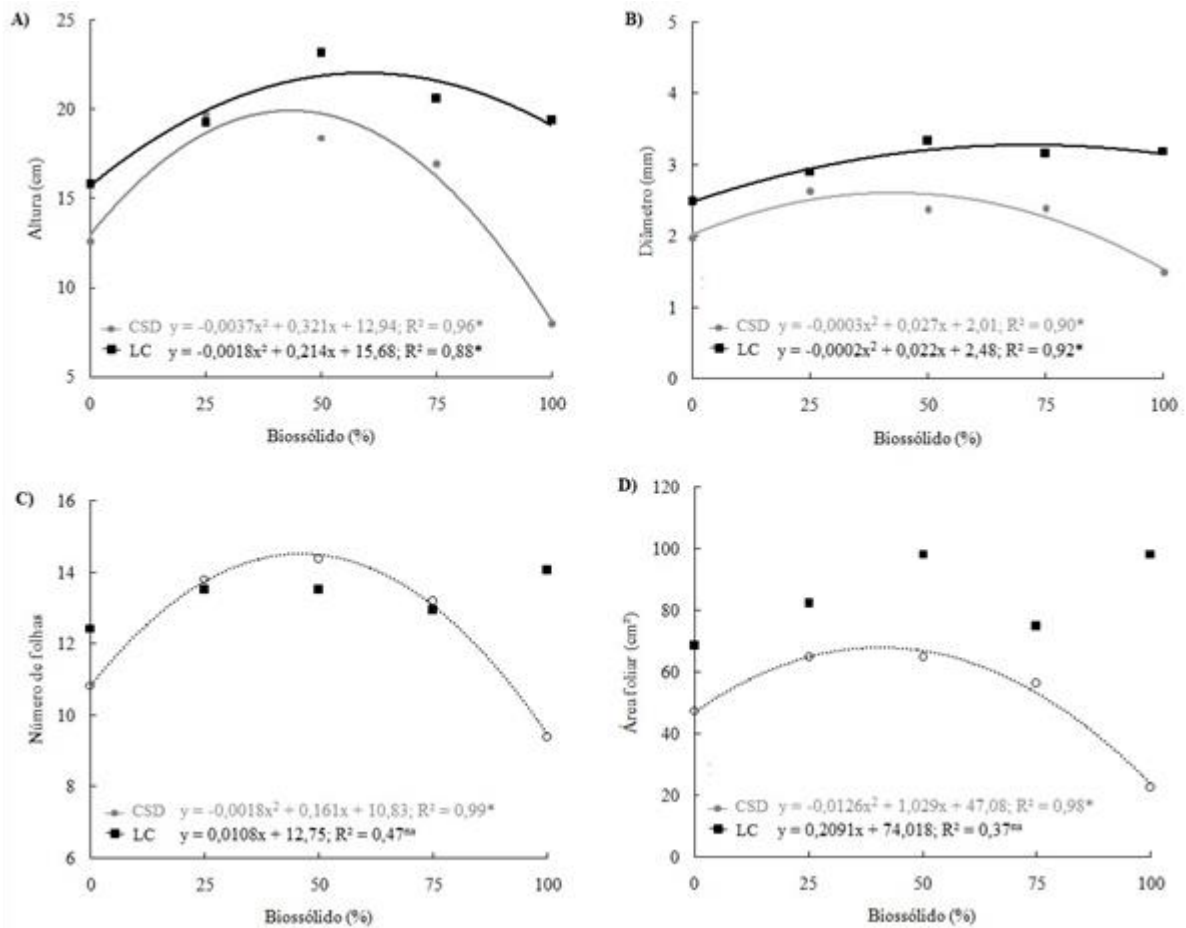


Figura 1. Altura (A), diâmetro (B), número de folhas (C) e área foliar (D) de mudas de citrandarin ‘San Diego’ (CSD) e limoeiro cravo (LC), produzidas em substratos com diferentes porcentagens de biossólido, após 150 dias da emergência

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza *et al.* (2022b) na cultura de zínia, no qual a altura da parte aérea e o diâmetro apresentou comportamento quadrático com médias crescentes até a proporção de 50,38% e 56,56% de biossólido, respectivamente. De acordo com Silva *et al.* (2020), as mudas apresentam incremento na altura quando expostas a condições favoráveis de desenvolvimento, e geralmente isso ocorre devido ao aumento na produção fotossintética da planta. Entretanto, o maior crescimento da muda deve ser acompanhado pelo aumento do diâmetro do caule, pois garante maior sustentação à parte aérea da muda em formação (Cecco *et al.*, 2018). Em geral, o diâmetro é um dos principais indicadores do potencial de resistência das mudas às condições de campo, quando são submetidas a condições adversas (Ferreira *et al.*, 2021).

O número de folhas das cultivares LC e CSD foram iguais estaticamente para todas as proporções de biossólido, exceto no 100% de substrato, no qual o LC foi superior (Figura 1C), enquanto a área foliar do LC foi superior ao CSD em todas as proporções estudadas (Figura 1D). Entretanto, o limoeiro cravo não apresentou regressão significativa para estas variáveis. Para o citrandarin, a melhor dose para essas características foi de 44,7% e 40,8% de biossólido em relação ao substrato comercial (SC), para o NF e AF, respectivamente. Costa *et al.* (2023) encontram correlação positiva entre o número de folhas e o aumento

da concentração de biofóssido em aceroleira. Geralmente, presume-se que o número de folhas está ligado ao desenvolvimento da planta, uma vez que as folhas são locais de fotossíntese (Taiz *et al.*, 2021).

Em relação às cultivares, resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues *et al.* (2015) ao estudar portas-enxerto cítricos. Os autores encontraram maior altura para o limoeiro cravo e maior diâmetro para o citrandarin, enquanto o número de folhas não diferiu entre as cultivares. Além disso, encontraram maiores áreas foliares do limbo foram obtidas pelo limoeiro e seus híbridos, indicando maior habilidade desses em captar radiação solar.

O volume de raiz foi semelhante estatisticamente entre as cultivares para as doses de 0% e 25% de biofóssido no substrato, com o LC sendo superior nas demais doses (Figura 2A). O maior valor de volume radicular foi estimado na proporção de biofóssido de 41,25% e 56% para o CSD e LC, respectivamente. Esse resultado diferente do encontrado por Rodrigues *et al.* (2015), que observaram maior volume de raiz na cultivar CSD, no qual afirmam que esta variável é de fundamental importância na produção de porta-enxertos, pois plantas com maior abundância de raízes possuem maior chance de sucesso no transplante.

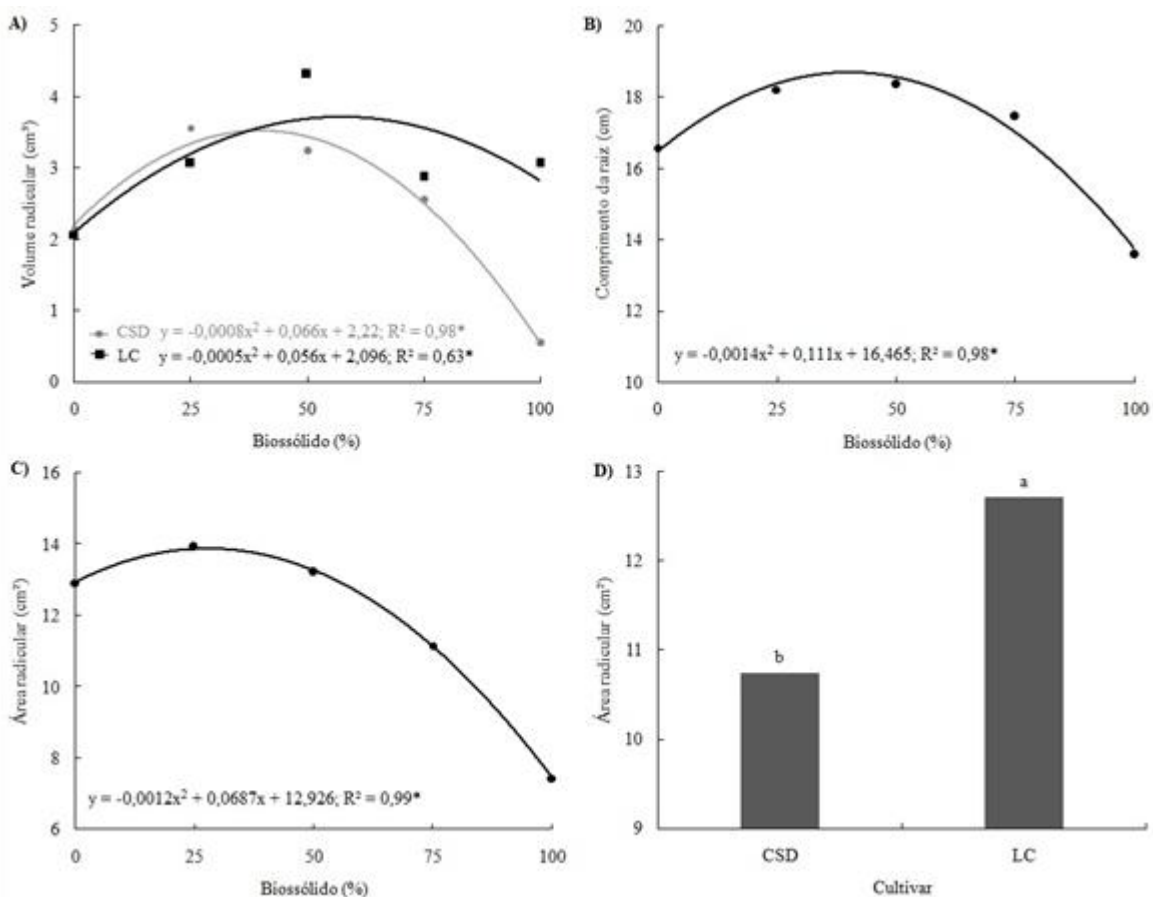


Figura 2. Volume radicular (A), comprimento da raiz (B), área radicular em função da proporção de biofóssido no substrato comercial (C) e em função das cultivares (D) citrandarin ‘San Diego’ (CSD) e limoeiro cravo (LC), após 150 dias da emergência

O comprimento de raiz foi significativo apenas para o fator substrato, sendo a proporção de 39,6% de bio sólido responsável por maior tamanho radicular (18,6 cm), conforme Figura 2B. Resultados divergentes foram encontrados na literatura quando ao comprimento da raiz, no qual Souza *et al.* (2022a) e Ferreira *et al.* (2021) não observaram relação significativa com o aumento das doses. Entretanto, Siqueira *et al.* (2019) notaram aumento do comprimento da raiz e do volume radicular de *Plathymenia reticulata* nas doses de 20% e 40% de bio sólido no substrato.

No que diz respeito a área radicular, os fatores substrato e cultivar apresentaram significância apenas quando analisados isoladamente. O substrato proporcionou maior AR na proporção de 28,3% de bio sólido em relação ao SC (Figura 2C), enquanto o LC apresentou média superior para esta variável quando comparado ao CSD (Figura 2D). Esse resultado diferente do encontrado por Rodrigues *et al.* (2015) que observaram maior área radicular no citrandarin em relação ao limoeiro cravo, com destaque para maior parte de raízes com diâmetro até um milímetro.

A relação altura/diâmetro (H/D) apresentou significância apenas para o fator substrato, com resultado superior na dose estimada de 45% de bio sólido, conforme Figura 3A. Esse índice está relacionado com a robustez da muda e sua capacidade de sobreviver nas condições de campo (Ferreira *et al.*, 2021). Segundo Carneiro (1995), a relação H/D deve situar-se entre os limites de 5,4 a 8,1. Desse modo, todas as proporções de bio sólido utilizadas proporcionaram valores adequados para essa variável.

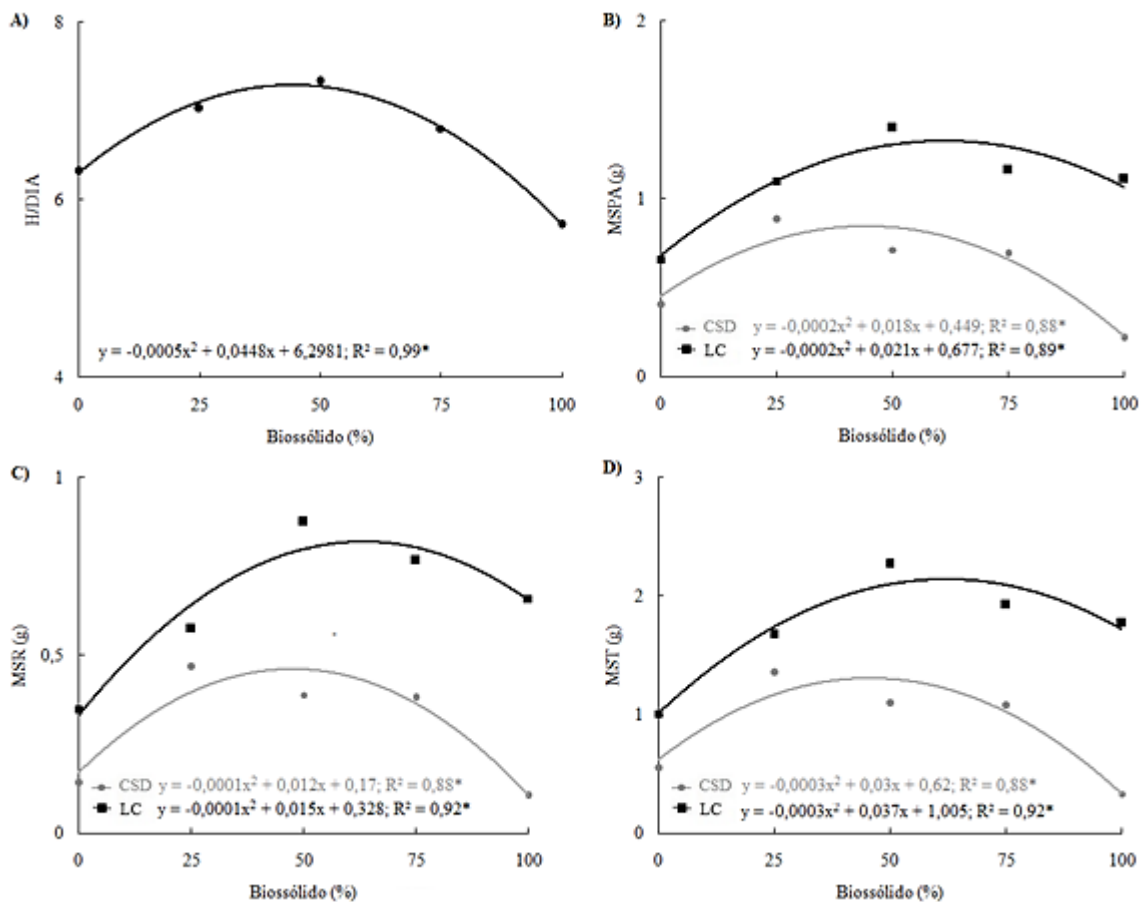


Figura 3. Relação H/D (A), massa seca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C) e massa seca total (D) de mudas de citrandarin 'San Diego' (CSD) e limoeiro cravo (LC), produzidas em substratos com diferentes porcentagens de bio sólido, após 150 dias da emergência

Em relação a massa seca da raiz, da parte área e total, as mudas de limoeiro cravo apresentaram média superior para as todas as proporções de biossólido quando comparadas às mudas de citrandarin San Diego. O maior valor estimado para a MSR foi nas proporções de 75% e 60%, para LC e CSD, respectivamente (Figura 3B). O CSD apresentou maior MSPA na proporção de 45% de biossólido, enquanto o LC na dose de 52,5% (Figura 3C). Os maiores valores de MST foram nas proporções de 61,7% e 33% de biossólido em relação ao substrato comercial, para mudas de LC e CSD, respectivamente (Figura 3D).

O aumento da biomassa pode ser atribuído às condições favoráveis proporcionadas pela composição substrato, promovendo o crescimento das raízes laterais e resultando assim em um desenvolvimento satisfatório das mudas (Costa *et al.*, 2023). Segundo Cecco *et al.* (2018), o aumento da biomassa seca é consequência do maior crescimento vegetal, assim sendo, mudas que apresentam crescimento acentuado em altura e número de folhas tendem a apresentar maior massa da parte área. Aliado a isso, matéria seca das raízes pode determinar a sobrevivência e o estabelecimento das mudas no campo, pois acarreta maior área radicular e maior absorção de nutrientes, e consequentemente melhor desenvolvimento dos indivíduos no campo (Lanzetti *et al.*, 2021).

Em geral, altas porcentagens de biossólido no substrato tendem a aumentar a biomassa seca produzida pelas mudas no viveiro (Souza *et al.*, 2022b). Cabeira *et al.* (2014), quando analisaram a massa seca de espécies florestais, observaram um aumento progressivo da biomassa das plantas a partir do acréscimo na proporção do biossólido. Ferreira *et al.* (2021) observaram que, para mudas de palmeira real australiana, as melhores respostas de massa seca foram nas proporções entre 47% e 63% de biossólido. Ao avaliar o crescimento de mudas cítricas, Rodrigues *et al.* (2015) observaram maiores valores de massa seca mudas de limoeiro cravo quando comparado ao citrandarin.

Para a relação MSPA/MSR, não houve resultado significativo para a interação cultivares x substrato, nem para os fatores avaliados isoladamente (Figura 4A). Abreu *et al.* (2019) e Siqueira *et al.* (2019) também não encontraram diferença entre o substrato comercial e o biossólido para esta característica.

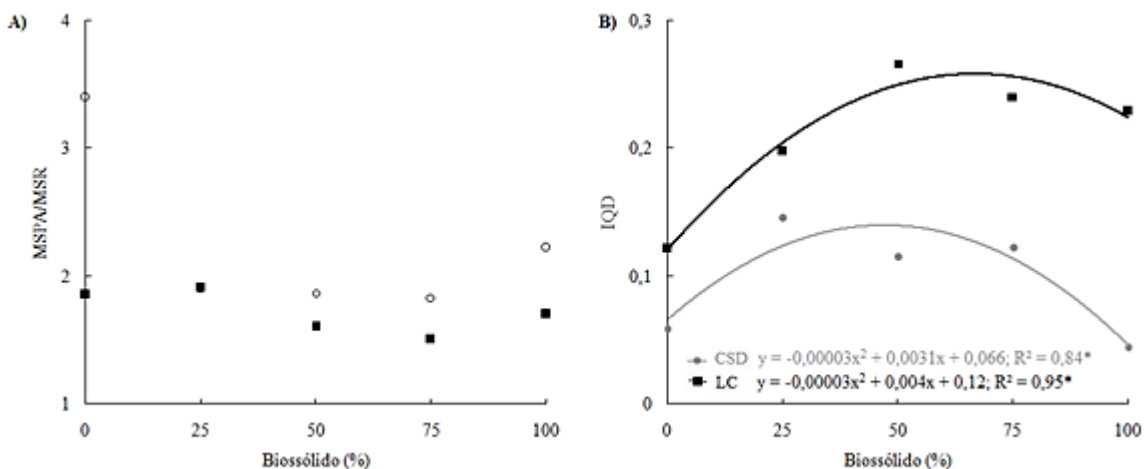


Figura 4. Relação MSPA/MSR (A) e Índice de Qualidade de Dickson (B) de mudas de citrandarin ‘San Diego’ (CSD) e limoeiro cravo (LC), produzidas em substratos com diferentes porcentagens de biossólido, após 150 dias da emergência

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é considerado um indicador de qualidade de mudas, no qual considera a robustez e equilíbrio da distribuição da massa na planta, ponderando os resultados de parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da muda, dentre eles a altura, diâmetro e biomassa da parte aérea, raiz e total (Abreu *et al.* 2019; Medeiros *et al.*, 2018). O IQD foi superior estatisticamente nas mudas de limoeiro cravo, com aumento do índice até a proporção de 66,6%, enquanto mudas de CDS apresentaram maior valor na proporção de 51,6%, com posterior redução (Figura 4B). Esse resultado é corroborado por Souza *et al.* (2022a), no qual verificaram aumento do IQD de mudas de jerivá até a concentração de 51,38% de bio sólido em relação ao substrato. Ferreira *et al.* (2021) observaram maior IQD na dose de 47,56% de bio sólido em mudas de palmeira, enquanto Abreu *et al.* (2017) encontraram maior índice quando utilizado acima de 50% de bio sólido em mudas de *Schinus terebinthifolia*. Cabreira *et al.* (2017) concluíram que o tratamento com 80% de bio sólido apresentaram maiores valores para as mudas de farinha seca, dedaleiro e paineira.

De acordo com Faria *et al.* (2013) e a Costa *et al.* (2023), o valor considerado mínimo de IQD é de 0,20, indicando sua adequação para plantio em campo. Desse modo, apenas o limoeiro cravo quando submetido a proporções de bio sólido acima de 24,5% apresentaram o valor indicado. Para o CSD, nenhuma dose proporcionou IQD acima de 0,2 no período avaliado.

O comportamento quadrático obtido pelas variáveis analisadas no experimento pode ser explicado pelas características químicas e físicas do substrato. O maior crescimento das mudas submetidos aos tratamentos à base do bio sólido está associado à presença de nutrientes, o que proporciona melhor nutrição e desenvolvimento das mudas (Souza *et al.*, 2022b). Segundo Faria *et al.* (2013), o menor valor para as características morfológicas das mudas cultivadas apenas em substrato comercial pode estar relacionado aos baixos níveis de N e P desse material, principalmente em relação ao bio sólido.

Entretanto, isso ocorre até determinado limite, pois altas concentrações de bio sólido pode reduzir a aeração do substrato, devido seu baixo teor de macroporosidade (Abreu *et al.*, 2017). Em geral, à medida que a porcentagem de bio sólido aumenta no substrato, ocorre aumento da densidade aparente e da microporosidade, com redução da macroporosidade (Caldeira *et al.*, 2018). Além disso, pode ocorrer um aumento dos teores de elementos traços e micronutrientes no substrato, que quando presentes em concentrações acima da exigência das plantas, passam ter efeitos fitotóxicos, prejudicando o desenvolvimento das espécies vegetais (Freitas; Alvarenga; Durães, 2019) Desse modo, os melhores resultado em substrato acrescido com bio sólido vem do equilíbrio entre a macroporosidade, atributo conferido pelo SC, e o teor de nutrientes advindo do bio sólido (Lanzetti *et al.*, 2021).

A diferença entre o desempenho entre as cultivares limoeiro cravo ‘Santa Cruz’ e citrandarin ‘San Diego’ é devido as diferenças genéticas. De acordo com o Fundecitrus (2022), o LC apresenta alto vigor na fase de viveiro, enquanto CSD apresenta vigor intermediário. Abreu *et al.* (2017) observaram diferença dos resultados entre espécies florestais devido à interação entre as características químicas e físicas dos substratos com a ecologia das espécies. De acordo com Gomes *et al.* (2019), os principais parâmetros morfológicos de crescimento de mudas são influenciados tanto por fatores genéticos

quanto ambientais. Desse modo, diferentes espécies requerer composições diferentes de substratos para atingir seu máximo desenvolvimento e crescimento.

4 CONCLUSÃO

O bio sólido tem potencial de ser utilizado na composição de substrato para a produção de porta-enxertos cítricos, em substituição ao substrato comercial. O uso do bio sólido na proporção de até 60% para mudas de limoeiro cravo e de até 45% em mudas de citrandarin 'San Diego' promoveu melhores respostas em relação ao crescimento inicial e a qualidade das plantas.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pela concessão de bolsa de doutorado por meio do edital nº 13/2019 - PROCAP 2020.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; 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. **Ciênc. Florest.**, v. 27, n. 4, p.1179-1190, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830300>

ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S., SANTOS, G. R. Caracterização de bio sólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 24, p. 591-599, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019108265>

BOWMAN; K. D., JOUBERT, J. CHAPTER 6: CITRUS ROOTSTOCKS. *In*: TALON, M.; CARUSO, M.; GMITTER JR., F. G. **The Genus Citrus**. 2020, p. 105-127. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00006-1>

CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; LOPES, N. F.; SANTOS, G. R. Bio sólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 165-176, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v47i2.44291>

CALDEIRA, M. V.; SANTOS, F. E.; KUNZ, S. H.; KLIPPEL, V. H.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O. Solid urban waste in the production of *Aegiphila sellowiana* Cham. seedlings. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v. 22, n. 12, p. 831-836, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n12p831-836>

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

CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, L. M.; BARROS, I.; TEODORO, A. V.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. Productive performance of 'Pera' sweet orange grafted onto 37 rootstocks in tropical cohesive soils under rainfed condition. **Sci. Hortic.**, v. 303, p. 111229, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111229>

CECCO, R. M. D.; KLOSOWSKI, E. S.; SILVA, D. F. D.; VILLA, F. Germinação e crescimento inicial de mudas de espécies não convencionais de fisális em diferentes substratos e ambientes. **Rev. Ciênc. Agrov.**, v. 1, n. 1, p. 45-53, 2018. <https://doi.org/10.5965/223811711712018045>

COLLIVIGNARELLI, M. C.; ABBÀ, A.; BENIGNA, I. The reuse of biosolids on agricultural land: Critical issues and perspective. **Water Environ. Res.**, v. 92, n. 1, p.11-25, 2020. <https://doi.org/10.1002/wer.1196>

COSTA, A. L.; DINIZ, A. A. P.; SOUZA, L. C.; VESTENA, S. Proportions of sewage sludge in the production and quality of *Malpighia emarginata* DC. seedlings. **Braz. J. Biol.**, v. 83, p. e274643, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.274643>;

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.**, v. 36, p. 10-13, 1960.

FAGUNDES, M. C. P.; CRUZ, M. C. M.; CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, J.; SOARES, B. C. Polímero hidroabsorvente na redução de nutrientes lixiviados durante a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p. 121-129, 2015.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O. Uso de resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Mimosa setosa*. **Pesqui. Florest. Bras.**, v. 33, n. 76, p. 409-418, 2013.

FERREIRA, K. B.; SOUZA, A. M. B.; MUNIZ, A. C. C.; FERREIRA, N. B.; PIVETTA, K. F. L. Biossólido na produção de mudas de palmeira real australiana. **Acta Iguazu**, v.10, n. 2, p. 58-66, 2021. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v10i2.27048>

FREITAS, A. R.; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S.; VENANCIO, L. P.; ZANOTTI, R. F. Emergência e crescimento de mudas de maracujá doce em função de substratos e luz. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 234-240, 2015.

FREITAS, D. A.; ALVARENGA, A. C.; DURÃES, A. F. S. Adição de lodo de esgoto ao substrato comercial para produção de mudas de espécies florestais. **Brazilian Journal of Animal Environmental Research**, v. 2, n. 5, p. 1760-1767, 2019.

Fundecitrus - Fundo de Defesa da Citricultura. **Características de porta-enxertos com uso comercial e potencial no cinturão citrícola de SP E MG**. Araraquara: Fundo de Defesa da Citricultura; 2022, 1p.

GOMES, S. H. M.; GONÇALVES, F. B.; FERREIRA, R. A.; PEREIRA, F. R. M.; RIBEIRO, M. M. J. Avaliação dos parâmetros morfológicos da qualidade de mudas de *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) em viveiro florestal. **Scientia Plena**, v. 15, n.1, p. 011701, 2019. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.011701>

JATAV, S. S.; SINGH, S. K.; PATRA, A.; JATAV, H. S.; MOHOPATRA, K. K.; SINGH, P. Characterization of sewage sludge for quality assessment and its safe utilization in agriculture. **Current Journal of Applied Science and Technology**. v. 40, n.25, p. 28-35, 2021. <https://doi.org/10.9734/cjast/2021/v40i2531511>

LANZETI, N. G. A. A.; CHIMINI, A.C.; NETO, M.S.; PAZ, M. F.; SIQUEIRA, M. V. B. M. Lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de irrigações no desenvolvimento de *Acacia polyphylla*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 2, p. 201-211, 2021. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n2.lanzeti>

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária; 2017. 240 p.

MEDEIROS, M. B. C. L.; JESUS, H. I.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES L. S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. S. Índice de qualidade de dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 159-173, 2018. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v10i1.5124>

MUTER, O.; DUBOVA, L.; KASSIEN, O.; CAKANE, J.; ALSINA, I. Application of the sewage sludge in agriculture: soil fertility, techno-economic, and life-cycle assessment. 2022. In: Jeyakumar, R. B.; Sankarapandian, K.; Ravi, Y. K. **Hazardous Waste Management**. London: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104264>

RODRIGUES, M. J. S.; LEDO, C. A. S.; GIRARDI, E. A.; ALMEIDA, L. A. H.; SOARES FILHO, W. S. Caracterização de frutos e propagação de porta-enxertos híbridos de citros em ambiente protegido. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 457-470, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-068/14>

SOMBRA, K. E. S.; COSTA, A. C.; SILVA F. L. C. L.; ANDRADE, H. M.; BASTOS, D. C.; UCHÔA, C. N. Emergência e desenvolvimento inicial de porta-enxertos de citros no semiárido do Ceará, Brasil. **Citrus Res. Technol.**, Cordeirópolis, v. 40, p. e1042, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/crt.00162>

SOUZA, F. E. C.; NATALE, W.; BRAGA, M. M.; MESQUITA, R. O.; COSTA, R. S. Growth and accumulation of nutrients in papaya tree seedlings grown on organic substrates. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 68, p. 267-275, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202168040003>

SOUZA, A. M. B.; CHIODA, L. B.; FERREIRA, K. B.; VIEIRA, G. R.; CAMPOS, T. S.; PIVETTA, K. F. L. Initial growth of *Syagrus romanzoffiana* seedlings in biosolid-based substrate. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 52, e70577, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5270577>

SOUZA, A. M. B.; VIEIRA, G. R.; SGOBBE, G.; FERREIRA, K.B.; CAMPOS, T. S.; PIVETTA, K. F. L. Initial growth of zinnia seedlings in substrate with different proportions of biosolid. **Ornam. Hortic.**, Viçosa, v. 28, n. 2, p.220-229, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2482>

TEAM RC. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2022.

VIÇOSI, K. A.; GARCIA, G. O. Uso do biossólido como substrato para a produção de mudas. 2022. In: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. **Pesquisas agrárias e ambientais:** Volume XI. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022, p. 103-111. DOI: <https://doi.org/10.46420/9786581460419cap9>

SILVA, D. F.; VILLA, F.; PIVA, A. L.; KLOSOSWIKI, E. S.; MEZZALIRA, E. J. Emergência e desenvolvimento de mudas de fisális sob telas de sombreamento coloridas e pleno sol. **Rev. Ciênc. Agrovet.**, Lages, v. 19, n. 2, p.139-148, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711922020139>

SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, D. G.; CARVALHO, G. C. M. W.; ERTHAL, R. M.; RODRIGUES, M. C. C.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciênc. Florest.**, Lages, v. 29, n. 2, p. 728-739, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827297>