

Produção de mudas de erva-cidreira (*Lippia alba*) cultivadas com diferentes isolados de *Trichoderma* spp.

¹Sinara Miranda Lima, ¹Luiz Antônio Souza Santana, ² Bruna Vieira da Silva, ¹André Luís Celestino Santos, ¹Gilvanda Leão dos Anjos, ¹Ana Cristina Fermino Soares, ¹Franceli da Silva

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, CEP 44380.000, Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mails: franceli@ufrb.edu.br, sinaramiranda.98@gmail.com, luizsantana@aluno.ufrb.edu.br, andrelluis83@gmail.com, gilvandas218s2@gmail.com, acsoares@ufrb.edu.br

² Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana BA, Brasil. E-mail: vieira_bruna@hotmail.com

Resumo: A *Lippia alba* possui importância econômica devido ao teor de óleo essencial produzidos pela espécie, o qual possui diversos ramos de aplicação, dentre eles, a agricultura. Portanto, é necessário produzir mudas com maior vigor e qualidade, utilizando tecnologia de inovação, como o uso de microrganismos do gênero *Trichoderma*. Nesse estudo objetivou-se avaliar a ação dos diferentes isolados de *Trichoderma* na produção de mudas de *L. alba* em casa de vegetação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento em blocos casualizado, em esquema de parcela subdividida no tempo, sendo as parcelas principais constituídas pelas plantas com e sem os isolados de *Trichoderma* cf. *asperellum* (TCS87 e F12) e *Trichoderma* sp. (TB) e nas subparcelas, os tempos de avaliação (0, 5, 10, 20 e 30), com três repetições, totalizando 240 mudas. Foram avaliados os dados fitotécnicos das mudas e o índice de qualidade de Dickson. A análise de componentes principais (ACP) reduziu a dimensionalidade das variáveis analisadas para 2 componentes principais que juntos explicaram 74,8% da variabilidade dos dados, agrupando as amostras conforme os tratamentos recebidos. O PC1 agrupou as mudas do G1, G3 e G4 e o PC2 agrupou as mudas do G2. O crescimento das mudas se relaciona com a inoculação dos diferentes isolados, em diferentes tempos de avaliação. *T. cf. asperellum* e *Trichoderma* sp. apresentaram resposta positiva em relação a produção de mudas de *Lippia alba*, promovendo aumento de biomassa e do sistema radicular em 30 dias após a inoculação das mudas.

Palavras chaves: Microrganismo, Interações ecológicas, Plantas medicinais.

Production of lemon balm seedlings (*Lippia alba*) cultivated with different isolates of *Trichoderma* spp.

Abstract: *Lippia alba* has economic importance due to the essential oil content produced by the species, which has several application branches, including agriculture. Therefore, it is necessary to produce seedlings with greater vigor and quality, utilizing innovative technology, such as the use of microorganisms of the genus *Trichoderma*. The objective of this study was to evaluate the action of different *Trichoderma* isolates on the production of *L. alba* seedlings in a greenhouse. The experiment was conducted in a greenhouse, using a randomized block design in a split-plot-in-time scheme, with the main plots consisting of plants with and without the isolates of *Trichoderma* cf. *asperellum* (TCS87 and F12) and *Trichoderma* sp. (TB), and the subplots representing the evaluation times (0, 5, 10, 20, and 30), with three repetitions, totaling 240 seedlings. Phytotechnical data of the seedlings and the Dickson quality index were evaluated. Principal Component Analysis (PCA) reduced the dimensionality of the analyzed variables to 2 principal components, which together explained 74.8% of the data variability, grouping the samples according to the received treatments. PC1 grouped the G1, G3, and G4 seedlings, and PC2 grouped the G2 seedlings. Seedling growth is related to the inoculation of the different isolates at different evaluation times. *T. cf. asperellum* and *Trichoderma* sp. showed a positive response in relation to the production of *Lippia alba* seedlings, promoting an increase in biomass and the root system 30 days after seedling inoculation.

Key words: Microorganism, Ecological interactions, Medicinal plants.

Introdução

Lippia alba é uma espécie medicinal e aromática que possui importância econômica devido ao teor de óleo essencial, podendo ser utilizada como fonte de bioativos, no desenvolvimento de produtos para aplicação em diversos segmentos da indústria e na agricultura, devido ao potencial antimicrobiano atribuído principalmente aos seus óleos essenciais (Silva et al., 2024).

A produção de mudas das espécies medicinais pode ser por sementes ou propagação vegetativa, por meio de estacas (Oliveira et al., 2019). A propagação da *Lippia alba* é realizada pela técnica utilizando estacas lenhosas ou semilenhosas com aproximadamente 20 centímetros de comprimento, 4 a 5 nós e um par de folhas reduzidas pela metade (Biasi & Costa, 2003).

Os fungos do gênero *Trichoderma*, conhecidos por sua capacidade de promoção de crescimento e biocontrole, têm sido utilizados para otimizar a produção de mudas de espécies hortícolas, agrícolas e mais recentemente, espécies medicinais (Woo et al., 2023), e essa interação fungo-planta pode ser promissora na produção de mudas de *Lippia alba*. Esses fungos têm a capacidade de estimular o crescimento das plantas através de mecanismos diretos e indiretos, dentre os quais podemos citar a produção de metabólitos que influenciam na fisiologia da planta, alterações bioquímicas, solubilização de nutrientes e proteção contra microrganismos (Macías-Rodriguez et al., 2020).

O fungo do gênero *Trichoderma* atua na solubilização e absorção de nutrientes, aumentando a superfície de absorção das raízes da planta, causando a diminuição dos níveis de etileno nas plantas, o que resulta em seu crescimento, aumento da eficiência do uso do nitrogênio, melhoria da atividade fotossintética e ameniza os efeitos causados por estresses ambientais (Meyer, Mazzaro, Silva, 2019 & Moreira et al., 2022), resultando em plantas com maior vigor e produtividade. O uso desse microrganismo em espécies medicinais e aromáticas, como *Mentha arvensis*, foi reportada por Singh et al., (2019), com incrementos na produção de biomassa e metabólitos secundários produzidos pela planta.

A associação de fungos do gênero *Trichoderma* com *Lippia alba* tem potencial como

uma tecnologia inovadora para obter sucesso na produção de mudas dessa espécie. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ação de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. na produção de mudas de *Lippia alba* cultivadas em casa de vegetação.

Materiais e métodos

Obtenção do material vegetal e propagação das mudas:

As mudas de *Lippia alba* (Sisgen A295E73) foram produzidas de plantas matrizes presentes no horto de plantas medicinais, localizado na Fazenda Experimental de Produção Vegetal, situado no *Campus* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia [UFRB], na cidade de Cruz das Almas, Bahia, Brasil. O experimento foi realizado no período de março a maio de 2024.

As mudas foram produzidas pelo método de estaquia, sendo utilizados os ramos herbáceos e semi lenhosos da planta matriz, contendo aproximadamente 20 centímetros de comprimento e um par de folhas reduzidas pela metade, com a finalidade de minimizar a perda de água. Posteriormente, as estacas foram colocadas para enraizar em sacos de polietileno com capacidade de 1L, sendo utilizado como substrato uma mistura de solo

peneirado e húmus de minhoca (2:1). Quinze dias após o plantio das estacas deu-se início a aplicação dos tratamentos com os isolados de *Trichoderma* spp.

Obtenção e preparo do inóculo:

Os isolados de *Trichoderma* foram obtidos da coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB.

Os fungos foram repicados em placas de Petri contendo meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA) e armazenados em B.O.D com temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas durante 7 dias. Após o crescimento do microrganismo foi adicionada a placa de Petri, 20 mL de água destilada autoclavada e duas gotas de Tween 20® onde, com o auxílio de uma alça de Drigalsky estéril foi realizada a raspagem dos propágulos fúngicos e posteriormente foi retirada uma alíquota dessa suspensão para contagem dos esporos, utilizando a câmara de Neubauer (Leandro et al., 2007). Após a contagem, foi realizado o ajuste da concentração para 10^7 esporos/mL, onde foram inoculados 10 mL da

suspensão dos esporos nos intervalos de 0, 5, 10, 20 e 30 dias no solo próximo às raízes das plantas. Foram utilizados três isolados de *Trichoderma*, sendo eles: *Trichoderma* cf. *asperellum* (F12), descrito por Barbosa et al., 2024; *Trichoderma* cf. *asperellum* (TCS87) e *Trichoderma* sp. (TB) e o tratamento controle.

Delineamento experimental:

O delineamento adotado foi em blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida no tempo, sendo as parcelas principais constituídas pelas plantas cultivadas com e sem isolados de *Trichoderma* sendo eles: o controle, F12, TCS87 e o TB e nas subparcelas, os tempos de colheita (0, 15, 20, 25, 30) com três repetições, sendo cada unidade experimental representada por 4 plantas, totalizando 240 mudas.

Variáveis analisadas:

As variáveis avaliadas foram divididas em diferentes técnicas de análise. Primeiramente, mediu-se o crescimento vegetativo das plantas, por meio da altura, comprimento da raiz, diâmetro do caule e tamanho dos entrenós, além da contagem do número de folhas e de entrenós. Para as medições, utilizou-se trena, régua e paquímetro. O desenvolvimento radicular foi analisado pelo volume da raiz, utilizando o método da proveta. A biomassa foi analisada pesando-se as folhas e as raízes em balança semianalítica, obtendo-se o peso fresco e, posteriormente a secagem em estufa (45 °C e 65 °C) até a massa constante, o peso seco. Por fim, os dados obtidos foram utilizados para calcular o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), que sintetiza o vigor e qualidade das plantas.

Análise estatística:

Os dados coletados foram submetidos a análise multivariada utilizando a técnica de análise de componentes principais (ACP) e análise hierárquica de Cluster (HCA) para o agrupamento

das amostras de acordo com os tratamentos testados, utilizando o software estatístico (R Core Team, 2023).

Resultados

T. cf. asperellum (TCS 87 e F12) e *Trichoderma* sp. (TB) promoveram maiores médias aos 30 dias (Figura 1). O incremento percentual em relação aos controles foi de 24,9%, 52%, 42,4% para os respectivos isolados testados. O número de folhas, tamanho e número de internódios são variáveis que se mostraram correlacionadas, e exibiram os maiores valores médios aos 30 dias após a inoculação com TCS 87, TB e F12.

O diâmetro do caule também apresentou as maiores médias aos 30 dias após a inoculação com TCS87, TB e F12, proporcionando o incremento de 20,83%, 26% e 24,5% respectivamente. Para volume (Figura 2) e comprimento de raiz, também os maiores valores foram observados nas mudas inoculadas, 20 e 30 dias após a inoculação, com incrementos para volume de raiz de 77,26% (TCS87), 72,31% (TB) e 75,74% (F12) e para comprimento de raiz, os isolados TB e F12 proporcionaram o incremento de 15% e 12,21% respectivamente. *Trichoderma* tem a capacidade de solubilizar os micronutrientes do solo moderadamente solúveis e insolúveis, promovendo maior acúmulo de biomassa, aumenta a capacidade fotossintética da planta, atua no controle dos níveis de fitohormônios e modifica características do solo rizosférico, modificando o pH do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas, promovendo um ambiente favorável para o desenvolvimento das plantas (Oyesola et al., 2024).

Figura 1- Variáveis de crescimento de mudas de *Lippia alba* produzidas com diferentes isolados de *Trichoderma* spp. em diferentes tempos de avaliação. * Legenda: altura (ALT), diâmetro do caule (DC), comprimento de raiz (CR) e número de folhas (NF).

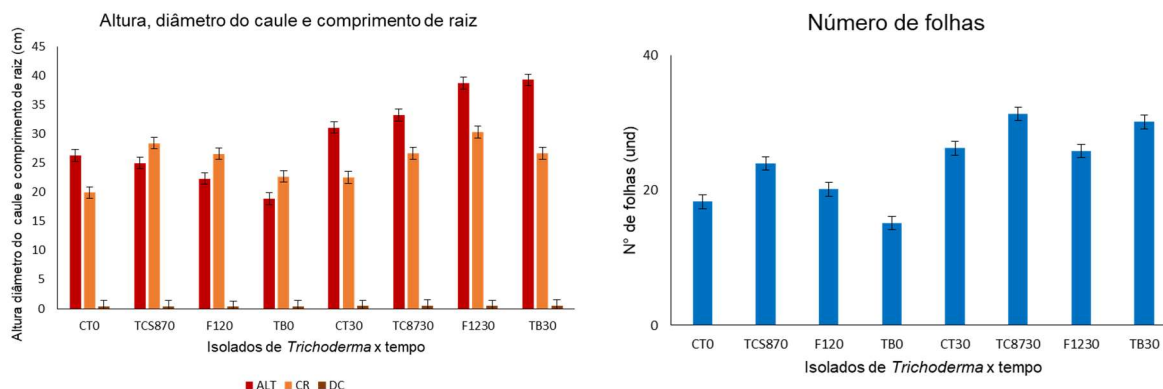
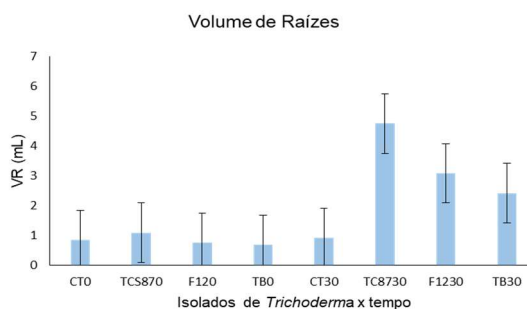


Figura 2 - Desenvolvimento radicular de mudas de *Lippia alba* produzidas com diferentes isolados de *Trichoderma* spp. em diferentes tempos de avaliação. *Legenda: Volume de raízes (VR).



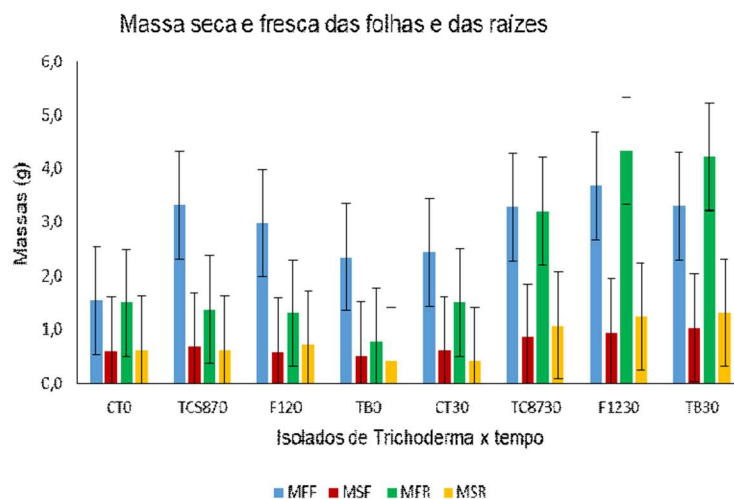
Com relação a massa seca e a massa fresca de raízes, as plantas inoculadas com os isolados de *Trichoderma* apresentaram as maiores médias aos 30 dias (Figura 3). Os incrementos foram de 57,2% (TCS87), 81,47% (TB) e 70% (F12) para massa fresca de raízes e para massa seca das raízes foram de 42,6% (TCS87), 68,7% (TB) e de 42% (F12). Isso se deve a capacidade de absorção de água e nutrientes por parte das raízes, indicando que plantas inoculadas com *Trichoderma* tem uma vantagem no desenvolvimento e absorção de nutrientes, que se converte em maior produtividade, em comparação às plantas que não possuem associação com esse microrganismo (Sá et al., 2024).

A massa fresca e seca das folhas (Figura 3) também foi maior aos 30 dias após a inoculação, com incrementos de 28,57% (TB), 19,02%, (F12) e 1,20% (TCS87) de massa fresca em relação ao tempo zero e de massa seca houve um incremento de 20% (TCS87), 50,48% (TB) e 38,29% (F12). Os

incrementos observados na massa seca podem estar relacionados com a produção de metabólitos que atuam na promoção de crescimento, ou como indutores da produção dos mesmos pela planta e pela maior absorção de nutrientes.

Substâncias como as auxinas (IAA) agem na emergência de raízes laterais e raízes adventícias, além de acelerar o desenvolvimento das mesmas, provocando expansão e diferenciação nos tecidos da planta (Sá et al., 2024). Sabe-se que os fungos do gênero *Trichoderma* possuem diferentes mecanismos para proporcionar o incremento no crescimento das plantas. Algumas espécies têm a capacidade de aumentar a área de superfície do sistema radicular, proporcionando a planta o acesso a uma infinidade de nutrientes, no entanto, outras tem a capacidade de solubilizar os nutrientes menos disponíveis, deixando-os livres para que a planta possa absorver, como por exemplo, o ferro (Chagas et al., 2022).

Figura 3 - Biomassa de *Lippia alba* produzidas com diferentes isolados de *Trichoderma* spp. em diferentes tempos de avaliação. *Legenda: Massa fresca de folha (MFF), Massa seca de folha (MSF), Massa fresca de raiz (MFR) e Massa seca de raiz (MSR).



O índice de qualidade de Dickson apresentou as maiores médias nas plantas inoculadas com *Trichoderma*, aos 30 dias após a inoculação. Apesar de não expressar diferenças significativas em comparação com as plantas não inoculadas, a inoculação com os isolados de *Trichoderma* proporcionou incrementos nas variáveis analisadas.

Estudos realizados por Jesus (2020) e Lima (2022) associando o uso do *Trichoderma* na produção de mudas de *L. alba*, demonstraram que são necessárias pelo menos duas aplicações do isolado a cada 15 dias para que os efeitos proporcionados pela inoculação do microrganismo comecem a ser observados, logo, os benefícios dessa interação são efetivos após os 30 dias da inoculação, como os resultados observados no

presente estudo. Na figura 4 é possível observar os efeitos da inoculação dos diferentes isolados de *Trichoderma* na produção de mudas de *Lippia alba* nos diferentes tempos de avaliação (0, 5, 10, 20 e 30 dias após a inoculação).

A análise de componentes principais (ACP) reduziu a dimensionalidade das 13 variáveis analisadas para 2 componentes principais, além de agrupar as amostras de acordo com os tratamentos testados (inoculação com diferentes isolados de *Trichoderma* em diferentes tempos de avaliação). A ACP indica que o primeiro componente principal, o PC1 e o segundo componente principal, o PC2, juntos explicaram 74,81% da variabilidade dos dados, sendo 59,41% explicados pelo PC1 e 15,4% pelo PC2 (Figura 5).

Figura 4 - Mudas de *Lippia alba* inoculadas com diferentes isolados de *Trichoderma* em diferentes tempos de avaliação. *Legenda: Controle (CT), TCS 87 (*Trichoderma cf. asperellum*), *Trichoderma* sp. (TB), *Trichoderma cf. asperellum* (F12) e os tempos de avaliação (0, 5, 10, 20 e 30).

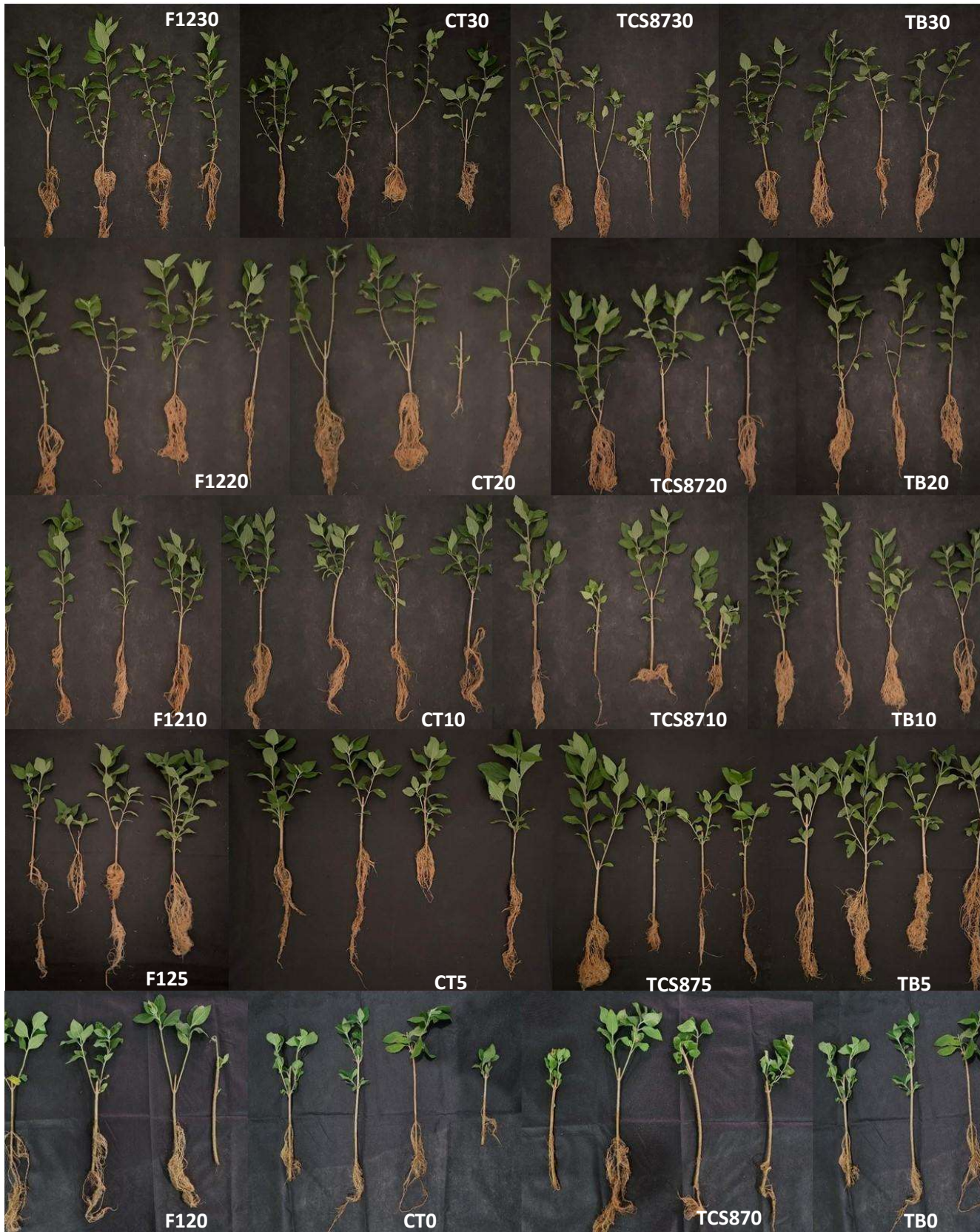
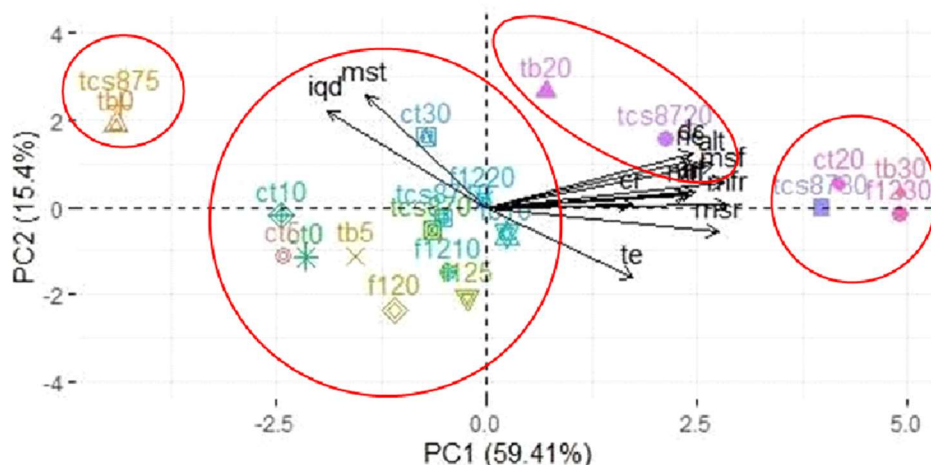


Figura 5 - Gráfico de análise de componentes principais (ACP) do crescimento de mudas de *Lippia alba* inoculadas com diferentes isolados de *Trichoderma* spp. Legenda: Controle (CT0, CT5, CT10, CT20, CT30); *Trichoderma cf. asperellum* (TCS870, TCS875, TCS8710, TCS8720, TCS8730); *Trichoderma* sp. (TB0, TB5, TB10, TB20, TB30); *Trichoderma cf. asperellum* (F120, F125, F1210, F1220, F1230).



A ACP distinguiu as mudas de *Lippia alba* em 4 grupos, conforme o tratamento aplicado: grupo 1 (G1) representado pelas mudas dos tratamentos com TCS87 e 30 dias, CT e 20 dias, TB e 30 dias e F12 e 30 dias; o grupo 2 (G2) com as mudas tratadas com TCS87 e 5 dias e TB0; o grupo 3 (G3) com o TB20 e TCS8720; e o grupo 4 (G4) com as mudas do CT0, CT5, CT10, CT30, TB10, TB5, TCS870, TCS8710, F120, F1210 e F1220. Este resultado demonstra que o crescimento das mudas de *Lippia alba* está relacionado à inoculação com diferentes isolados de *Trichoderma* e o tempo de avaliação.

Os microrganismos possuem importância quando se fala em proteger as plantas contra estresses abióticos e bióticos, promover melhorias na absorção de nutrientes, promovendo o crescimento e o acúmulo de metabólitos pelas plantas, ao mesmo tempo em que proporcionam o aumento da resiliência dessas plantas (Jiayan et al., 2024).

O fungo *Trichoderma* é amplamente reconhecido por sua capacidade de induzir crescimento vegetal. Ele atua melhorando o desenvolvimento das plantas por meio de suas interações na rizosfera, empregando mecanismos

de promoção de crescimento tanto diretos quanto indiretos. Esses mecanismos incluem a síntese de metabólitos bioativos capazes de modular a fisiologia e a bioquímica da planta, a solubilização de nutrientes do solo e proteção das plantas contra diversos patógenos (Contreras-Cornejo et al., 2024).

O PC1 separou as mudas dos grupos G1, G3 e G4, enquanto o PC2 agrupou as mudas do G2. De acordo com os dados apresentados na tabela 1, o PC1 apresenta uma correlação positiva com as variáveis altura, diâmetro do caule, comprimento e volume das raízes, número de folhas e internódios, massa seca e fresca das folhas e massa seca e fresca das raízes. Essas variáveis apresentaram maiores valores nas mudas do G1, as quais foram avaliadas aos 20 dias, sem a inoculação (CT) e aos 30 dias inoculadas com TCS87, TB e F12, seguidas pelas mudas do G3, avaliadas 20 dias após a inoculação com TB e TCS87. Portanto, TCS87 e TB proporcionaram o melhor desenvolvimento das mudas nos períodos de 20 e 30 dias após a inoculação, enquanto o F12 proporcionou aos 30 dias.

Tabela 1 - Correlação das variáveis analisadas com o primeiro (PC1) e segundo componentes principais (PC2).

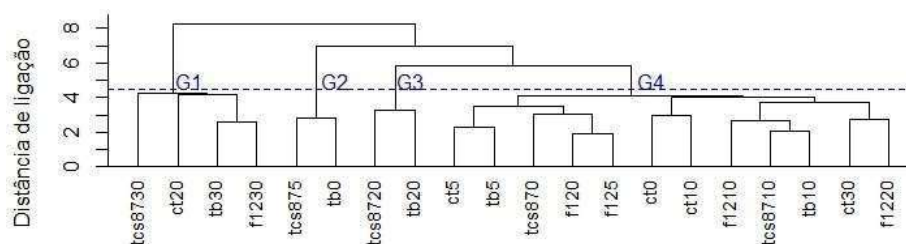
Variáveis	Coeficientes	
	PC1	PC2
ALT	0.32	0.22
NF	0.29	0.08
NE	0.29	0.25
TE	0.20	-0.38
DC	0.29	0.28
VR	0.28	0.07
CR	0.20	0.02
MFF	0.28	0.06
MSF	0.33	0.14
MFR	0.34	0.01
MSR	0.32	-0.13
MST	-0.17	0.59
IQD	-0.22	0.51

O PC2 correlaciona-se negativamente com o tamanho dos internódios e positivamente com a massa seca total e o índice de qualidade de Dickson. Os maiores valores obtidos para essas variáveis, assim como os menores tamanhos dos internódios foram encontradas no G2, representado pelas mudas avaliadas aos 5 dias após a inoculação com TCS87 e TB. Esses resultados nos levam a inferir que esses dois isolados proporcionaram um melhor desenvolvimento das mudas já aos 5 dias e aos 20 e 30 dias, indicando uma colonização mais rápida da rizosfera dessas plantas por esses isolados, com ação rápida na promoção de crescimento vegetal. A análise hierárquica de cluster (HCA) é uma técnica exploratória que tem por finalidade classificar os dados com base em suas semelhanças. Uma das maneiras mais comuns de visualizar a HCA é por meio de dendogramas. O método de Ward determina quais dados devem ser agrupados ao subtrair a soma das distâncias

quadradas de cada observação em relação à média do cluster (Moreira et al., 2022).

O dendograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos usando o método de Ward e a distância euclidiana (Figura 6), agrupou as mudas de *Lippia alba* em 4 grupos com base nas semelhanças entre os dados dentro dos mesmos grupos e nas diferenças entre os dados de grupos de diferentes, complementando os resultados obtidos na ACP. Esses resultados indicam que diferentes combinações de inoculação com diferentes isolados de *Trichoderma* e tempos de avaliação influenciam significativamente as características de crescimento das mudas, com o G1 e o G3 mostrando melhor desempenho em termos de altura e biomassa, enquanto o G2 se destaca pela qualidade geral e eficiência na alocação de fotoassimilados, conforme indicado pelo índice de qualidade de Dickson.

Figura 6 - Dendrograma do crescimento de mudas de *Lippia alba* inoculadas com diferentes isolados de *Trichoderma* em diferentes tempos utilizando o método de Ward e distância euclidiana.



Além disso, plantas produzidas com o *Trichoderma* apresentam uma vantagem no desenvolvimento e absorção dos nutrientes presentes no solo, o que poderá ser convertido em uma maior produtividade em condições de campo, quando comparadas às plantas que não possuem associação com esse microrganismo (Sá et al., 2024).

Trichoderma necessita de um período para estabelecer as relações com o sistema radicular da planta, pois, esse processo envolve diversas etapas. A primeira delas é o reconhecimento, seguido da aderência e penetração nas raízes da planta e por fim, ocorre a colonização do sistema radicular da planta, onde o microrganismo produz e libera substâncias que favorecem a solubilização dos nutrientes e os disponibiliza para as raízes da planta (Mayer et al., 2019). Estudos realizados por Jesus (2020) e Lima (2022) associando o uso de *Trichoderma asperellum* a produção de mudas de *Lippia alba*, demonstraram que são necessárias pelo menos duas aplicações de *Trichoderma*, no intervalo de 15 dias, para que os efeitos proporcionados pela inoculação do microrganismo comecem a ser observados, sendo assim, os benefícios dessa interação são efetivos 30 dias após a inoculação. Neste estudo com *L. alba*, os benefícios da interação foram observados aos 20 e 30 dias de inoculação a depender do isolado de *Trichoderma* testado (Figura 4).

Quando cultivadas no formato tradicional, sem o uso de enraizadores ou fertilizantes, as mudas de *L. alba* produzidas por estaquia encontram-se aptas para ir a campo no período de 50-60 dias. Alguns autores relataram que conseguiram uma redução no tempo de produção das mudas de *L. alba* para 20-50 dias, com o uso de fertilizante organomineral (Altizani Júnior et al., 2018). Nas avaliações realizadas aos 20 e 30 dias, as plantas inoculadas com os diferentes isolados

Tratamentos

apresentaram incremento de biomassa, quando comparadas às plantas no tempo zero (0). As mudas produzidas com *Trichoderma*, no período de 20 a 30 dias, apresentaram um sistema radicular bem desenvolvido, encontrando-se aptas para serem levadas à campo, ou seja, comparado aos resultados obtidos na literatura, o uso do *Trichoderma* reduziu o tempo de produção das mudas de *L. alba* em 20 dias.

Conclusão

T. cf. asperellum e *Trichoderma* sp. apresentaram resposta positiva em relação a produção de mudas de *Lippia alba*, promovendo aumento de biomassa e do sistema radicular em 30 dias após a inoculação das mudas.

Referências

- Altizani Jr., J.C.A., et al. (2018). Produção de mudas de erva cidreira por estaquia com adição de fertilizante organomineral. *Contecc*.
- Barbosa, L. O., et al. (2024). Native and Non-Native Soil and Endophytic *Trichoderma* spp. from Semi-Arid Sisal Fields of Brazil Are Potential Biocontrol Agents for Sisal Bole Rot Disease, *Journal of Fungi*, 10 (12), 860. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof10120860>.
- Biasi, L.A & Costa, G. (2003). Propagação vegetativa de *Lippia alba*. *Ciência Rural*, 33 (3), 455-459.
- Chagas Jr., A. F., et al. (2021). Produtividade da soja inoculada com *Trichoderma asperellum* em diferentes regiões do Cerrado, Brasil. *Revista*

Brasileira de Ciências Agrárias, 16 (4). DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v16i4a1171>

Contreras-Cornejo, H.A., et al. (2024). Mechanisms for plant growth activated by *Trichoderma* in natural and managed terrestrial ecosystems. *Microbiological Research*, 281.

Foundation for Statistical Computing (2023). R Core Team: a language and environment for statistical computing. Vienna, Áustria: Foundation for Statistical Computing. Recuperado de: <https://www.R-project.org/>.

Jesus, V. F. (2020). *Lippia alba* (Mill) N. Brown associada ao *Trichoderma* spp.: Biomassa, óleo essencial e atividade antifúngica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Ba, Brasil.

Jiayan L.V, et al. (2024). Microbial regulation of plant secondary metabolites: impact, mechanisms and prospects. *Microbiological Research*, 283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127688>

Leandro, L. F. S., et al. (2007). Population dynamics of *Trichoderma* in fumigated and compost-amended soil and on strawberry roots. *Applied Soil Ecology*, 35 (1), 237- 246. DOI:10.1016/j.apsoil.2006.04.008

Lima, S. M. (2022). *Produção de mudas e Teor de óleo essencial de Lippia alba* (MILL.) N.E. Br ex Britton & P. Wilson sob inoculação com *Trichoderma asperellum*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Ba, Brasil.

Macías-Rodriguez, L., et al. The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. *Microbiol. Res.*, v. 240, 2020.

Meyer, M. C., Mazzaro, S. M., & Silva, J. C. (2019). *Trichoderma*: uso na agricultura, 538p. Londrina: Embrapa soja.

Moreira, G. C., et al. (2022). *Trichoderma no controle biológico e promoção de crescimento vegetal*. Ciências agrárias [livro eletrônico], 1, 14. Rio de Janeiro.

Oliveira, A. R. M. F., et al. (2019). Leaf anatomy and essential oil production in native species of *Lippia*.

Brazilian Journal of Agriculture, 93 (3), 324-335. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v93i3.3238>

Oyesola, L.O., et al. (2024). *Trichoderma*: a review of its mechanisms of action in plant disease control .Nigéria:IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

Sá, R. A., et al. (2024). *Trichoderma* na promoção de crescimento da cultura da soja na região oeste do Paraná. *Contribuciones a las ciencias sociales*, 17 (1), 1194-1208. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-065>

Silva Jr., A. Q., et al. (2024). Molecular modelling and anticholinesterase activity of the essential oil from three chemotypes of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br ex Britton & P. Wilson (Verbenaceae). *Heliyon*, 10 (8). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29063>

Singh, S., et al. (2019). Evaluating the potential of combined inoculation of *Trichoderma harzianum* and *Brevibacterium halotolerans* for increased growth and oil yield in *Mentha arvensis* under greenhouse and field conditions. *Industrial Crops and Products*, 131, 173-181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.039>

Woo, S. L., et al. (2023). *Trichoderma*: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. *Nat Rev Microbiol*, 21, 312–326.

Aceito em: 18/07/2026
Publicado em: 27/07/2026