UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

RIZOBACTÉRIAS NO DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub

Taís Affonso Rehder Tanus

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP
2° Semestre/2022

T169r

Tanus, Taís Affonso Rehder

Rizobactérias no desenvolvimento e qualidade de mudas de Peltophorum dubium (Sprenge) Taub / Taís Affonso Rehder Tanus. -- Jaboticabal, 2022

17 f. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: Thiago Souza Campos

1. Microrganismo promotor de crescimento em plantas. 2. Nutrição biológica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: CIÊNCIAS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CERTIFICADO

TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Rizobactérias no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub

ACADÊMICA: Taís Affonso Rehder Tanus

CURSO: Engenharia Agronômica

ORIENTADORA: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

COORIENTADOR: Ms. Thiago Souza Campos

PERÍODO **Mês/Ano** Agosto/2018 **a** **Mês/Ano:** Julho/2022

APROVADA

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO. ☐ **Sim** ☒ **Não**

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente:	Eng. Agrônomo Thiago Souza Campos	Thiago Souza Campos
Membro:	Eng. Agrônomo Antonio Maricélio Borges de Souza	Antonio Maricélio B. de Souza
Membro:	Eng. Agrônomo Guilherme Rodrigues Vieira	Guilherme Rodrigues Vieira

Jaboticabal 14 / 07 / 2022.

Aprovado na reunião do Conselho do Departamento em: 26/07/2022

Chefe do Departamento

Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho
Chefe do Depto. de Ciências da Produção Agrícola
FCAV/UNESP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CAMPUS DE JABOTICABAL

RIZOBACTÉRIAS NO DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub

TAÍS AFFONSO REHDER TANUS

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientadores: Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo

Eng. Agr. M.Sc. Thiago Souza Campos

JABOTICABAL – SP

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CAMPUS DE JABOTICABAL

RIZOBACTÉRIAS NO DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub

TAÍS AFFONSO REHDER TANUS

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

JABOTICABAL – SP

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família que sempre me apoiou e me incentivou em todas as fases da minha vida em especial minha avó Ivette Messias Affonso, minha mãe Michelle Affonso Rehder e meu irmão Caio Affonso Rehder Tanus.

Agradeço a todas as meninas da minha amada República Kabaré que dividiram comigo todos os momentos da vida universitária ao longo de todos esses anos.

Agradeço a minha turma Agronomia 016 e todos os meus companheiros que tornaram minha vida na faculdade muito mais feliz.

Agradeço aos meus orientadores deste trabalho que muito me auxiliaram na condução de todo o projeto em especial meu coordenador Thiago Souza Campos e meu parceiro Murilo Paes Patrício.

Agradeço a UNESP, Campus de Jaboticabal por todo o conhecimento compartilhado no curso de Engenharia Agronômica.

ÍNDICE

RESUMO 5

INTRODUÇÃO 7

MATERIAL E MÉTODOS 8

RESULTADOS 11

DISCUSSÃO 13

CONCLUSÕES 15

REFERÊNCIAS 15

RIZOBACTÉRIAS NO DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub[12]

Taís Affonso Rehder Tanus[3]*, Thiago Souza Campos[4]; Guilherme Rodrigue Vieira[4;] Murilo Paes Patrício[3]; Carlos Henrique Barbosa Santos[4]; Everlon Cid Rigobelo[5]; Antonio Maricélio Borges de Souza[6]; Kathia Fernandes Lopes Pivetta[5]

[2] Recebido em... aceito para publicação em...

[3] Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Graduação em Engenharia Agronômica, Jaboticabal, SP - Brasil. E-mail: <taisrehder@hotmail.com> e <murilo.p.patricio@gmail.com>.

[4] Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pós-Graduação em Agronomia, Jaboticabal, SP - Brasil. E-mail: <thiagocamposagr@gmail.com> ; <claumargui@gmail.com> e <chbsantos@outlook.com>

[5] Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Jaboticabal, SP - Brasil. E-mail: <everlon.cid@unesp.br> e <kathia.pivetta@unesp.br>.

[6] Universidade Federal de Viçosa, Pós-Graduação em Fitotecnia, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <maricelio_@hotmail.com>.

*Corresponding author.

RESUMO – Canafístula *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub é uma árvore frequentemente observada nas regiões sudeste e sul do Brasil, apresenta características ornamentais, para o reflorestamento misto de áreas degradadas e sua madeira apresenta múltiplos usos na construção civil por ser rígida, pesada e de longa durabilidade. A produção de mudas de qualidade da canafístula amplia a sua utilização para seus diversos fins, contudo garantir a sustentabilidade da produção com a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas é uma ferramenta para viabilizar a agricultura sustentável. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de microrganismos promotores do crescimento de plantas na produção de mudas da espécie nativa *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram nos microrganismos (*Bacillus*

[1] Artigo preparado conforme as normas da revista Árvore.
Normas de Publicação – Revista Arvore

subtilis, Bacillus megaterium, Bacillus amyloliquefaciens e Azospirillum brasilense mais a ausência de microrganismos – controle); em quatro repetições e dez plantas por parcela. A inoculação de *Bacillus amyloliquefaciens* é mais recomendada na produção de mudas de canafístula, a inoculação incrementou 32% no número de folhas e 31% na massa seca total em comparação ao tratamento controle. Houve interação entre a rizobactéria *B. amyloliquefaciene* as mudas, devido o aumento no número de colônias formadoras de bactérias na região da raiz.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense; Bacillus* spp.; Microrganismo promotor de crescimento em plantas.

RHIZOBACTERIA IN THE DEVELOPMENT AND QUALITY OF *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub SEEDLINGS

ABSTRACT – Canafistula *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub is a tree often seen in the southeast and south of Brazil. It has ornamental characteristics, used for degraded area's reforestation, and its wood has multiple uses in civil construction, because it is rigid, heavy and has a long durability. The production of quality seedlings of canafistula expands its use for various purposes, however, ensuring the sustainability of production with the use of plant growth, promoting bacteria is a tool to enable sustainable agriculture. The aim of this study was to evaluate the effect of plant growth, promoting microorganisms on the production of seedlings of the native species *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub. The experimental design was entirely randomized. The treatments consisted on microorganisms (*Bacillus subtilis, Bacillus megaterium, Bacillus amyloliquefaciens* and *Azospirillum brasilense*) plus the absence of microorganisms - control; in four repetitions and ten plants per plot. The inoculation of *Bacillus amyloliquefaciens* is more recommended in the production of canafistula seedlings. The inoculation increased 32% in the number of leaves and 31% in the total dry mass, compared to the control treatment. There was an interaction between the rhizobacterium *B. amyloliquefaciens* and the seedlings, due to the increase in the number of bacteria forming colonies in the root region.

1. INTRODUÇÃO

O fornecimento de matéria prima de origem florestal nas últimas décadas voltou-se ao cultivo de espécies exóticas no Brasil fazendo com que as pesquisas científicas se direcionassem a elas (Rufino et al., 2019). Logo há escassez de informações e tecnologias para a produção de espécies arbóreas nativas importantes para o mercado e o reflorestamento brasileiro, à exemplo *Peltophorum dubium* (Sprenge) Taub, popularmente conhecida como canafístula (Bertolini et al., 2015).

Trata-se de uma espécie pertencente à família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae, presente principalmente nos estados da Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná. A sua madeira é utilizada na construção civil, marcenaria, carroceria, entre outras atividades por ser moderadamente pesada. É também muito utilizada para a arborização urbana, possui grande uso no paisagismo e é importante para o reflorestamento e recomposição de áreas degradadas devido sua rusticidade e rápido crescimento (Lorenzi et al., 2020).

O uso de espécies nativas na elaboração de projetos de reflorestamento é indispensável para que haja a restauração natural do ambiente ecológico que foi depredado, e assim reestabelecer o ecossistema local (Rodrigues et al., 2015). Para que estes projetos florestais tenham sucesso, sendo para conservação da espécie ou para fins comerciais, é necessário que a produção de mudas seja de qualidade a fim de que se obtenha plantas que sejam mais resistentes ao período pós plantio (Dutra et al., 2016). Nesse sentido, a nutrição é um dos aspectos mais importantes para obtenção de mudas vigorosas, de alta qualidade, capazes de superar o estresse pós-plantio (Valeri e Corradini, 2015)

A canafístula responde bem à adição de macronutrientes de modo que uma boa fertilização implica no adequado crescimento das plantas (Cruz et al, 2012). Doses de nitrogênio geram maior crescimento de mudas, já doses de fosforo contribuem em relação aos parâmetros ligados à qualidade de mudas, ou seja, relação altura/diâmetro, relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz e Índice de Dickson (Souza et al., 2013).

As mudas de canafístula, no modo convencional, são produzidas com fertilização química utilizando fontes de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas de modo que sejam rapidamente absorvidos, porém, altamente suscetíveis à lixiviação uma vez que em viveiros a irrigação é realizada com grande frequência (Dutra et al, 2016).

Uma alternativa aos fertilizantes químicos é a utilização de microrganismos eficientes para a nutrição biológica do solo, favorecendo a produção dentro da agricultura sustentável (Grobelak et al., 2018). Eles atuam na restauração do equilíbrio microbiológico do solo,

melhorando sua condição físico-química e são capazes de trazer diversos benefícios ao solo e consequentemente a planta (Luna e Mesa, 2017).

Dentre esses microrganismos encontram-se as rizobactérias dos gêneros *Bacillus* e *Azospirillum*. Algumas bactérias do gênero *Bacillus* são capazes de influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas por meio da síntese e excreção de fitohormônios como citocinina, ácido abscísico (ABA) e equilíbrio hormonal de giberilinas, ainda podem promover a solubilização de P e algumas espécies ainda podem reduzir o Fe (III) em Fe(II), todos esses processos melhoram o desenvolvimento e crescimento do vegetal (Santoyo et al., 2012). Também podem agir como microrganismo solubilizante de fosfato, assim estimulam o crescimento da planta por meio da nutrição aprimorada com P, aumentam a absorção de N, P, K e Fe; além disso, podem apresentar potencial agente biológico contra doenças de plantas (Sivasakthi et al., 2014).

A bactéria *Azospirillum brasilense* é benéfica para as plantas devido à capacidade de quebrar a molécula de N_2, facilitando sua assimilação pelas plantas, além disso, é considerada promotora de crescimento vegetativo, pois, induzem na produção e liberação de fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, responsáveis pelo crescimento vegetativo e expansão do sistema radicular (Almeida et al., 2021).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de rizobactérias (*Bacillus subtilis, Bacillus megaterium, Bacillus amyloliquefaciens e Azospirillum brasilense)* na produção de mudas da espécie nativa *Peltophorum dubium*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido durante a primavera - verão de 2021/2022, em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), Câmpus de Jaboticabal (SP) (21°14'34.1"S 48°17'51.6"W. A classificação climática da região é subtropical do tipo Cwa (tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso) com temperaturas mínima, média e máxima de 19,8 ºC, 24,5 ºC e 32,5 ºC, respectivamente (Galzerano et al., 2012).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram na presença de quatro microrganismos (*Bacillus subtilis, Bacillus megaterium,*

Bacillus amyloliquefaciens e Azospirillum brasilense mais a ausência de microrganismos – controle); foram quatro repetições e dez plantas por parcela.

As sementes de *Peltophorum dubium* foram colhidas de matrizes existentes no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV) durante a primavera de 2021. As sementes foram escarificadas como forma de superação da dormência (Zuffo et al., 2017), sendo posteriormente realizada a semeadura em tubetes com capacidade volumétrica de 280 cm^3 acondicionados em bandejas de polipropileno com capacidade para 54 recipientes, contendo como substrato comercial o Carolina Soil®, composto por matérias primas como turfa de Sphagnum, perlita expandida, vermiculita expandida e casca de arroz torrefada. Os tubetes foram suspensos em bancadas de malhas metálicas a 70 cm do solo em casa de vegetação coberta com plástico transparente e tela tipo sombrite®, que permite a passagem de 50% de luminosidade. Foram distribuídas três sementes por tubete. Após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por recipiente, utilizando-se como critério a plântula de maior vigor e mais centralizada. A irrigação das mudas foi realizada por meio de microaspersores acionados automaticamente, duas vezes ao dia com duração de 15 min cada com vazão de 150 Lh^{-1}.

Os microrganismos fazem parte da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Produção Vegetal da UNESP-FCAV, Câmpus de Jaboticabal, onde foram produzidos separadamente, em meio de caldo nutritivo por sete dias em frascos mantidos em B.O.D. (Eletrolab, modelo 347 F, Brasil), à temperatura de 25 °C. Após o período de incubação, os microrganismos foram centrifugados separadamente a 10.000 rpm durante 10 min a 28 °C (Novatecnica, modelo MLW K24, Brasil). A concentração do inóculo foi padronizada conforme recomendação de Barry e Thornsberry (1991) e Sahm e Washington II (1991) em 1 x 107 UFC mL-1 com auxílio de espectrofotômetro (Micronal, modelo B382, Brasil) na absorbância de 695 nm.

A inoculação dos microrganismos foi realizada duas vezes, uma aos 27 dias após a semeadura e outra aos 69 dias após a semeadura, por meio da aplicação de 1 mL da solução no substrato próximo ao caule, com o auxílio de micropipeta mecânica (VF-1000, Digipet®). As mudas destinadas ao tratamento controle não foram inoculadas.

Quando as raízes começaram a aparecer na base inferior dos tubetes foram avaliadas as seguintes características: altura da parte aérea (cm), obtida a partir no nível do substrato até o ápice da última folha e comprimento do sistema radicular (cm), ambos obtidos com o auxílio de régua milimetrada; diâmetro do coleto (mm), determinado ao nível do substrato, com uso de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Western® PRO DC-6); número de folhas

totalmente expandidas, verificado por contagem visual das folhas totalmente expandidas; área foliar, utilizando medidor eletrônico de área foliar (Li-3100C, LI-COR®, Lincoln, Nebraska, USA); Massa seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST), as quais foram obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 ºC até atingir peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão de 0,001g (SHIMADZU®, modelo AY220) e os resultados expressos em gramas. A massa seca total foi obtida somando-se as massas secas da parte aérea e das raízes.

A partir dessas medidas foram determinadas as seguintes variáveis de qualidade: a) Razão parte aérea/raízes (RPAR), obtida da relação entre MSPA e MSR; b) Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula: IQD = [massa seca total/ (RAD + RPAR)] (Dickson et al., 1960).

A contagem de bactérias presentes nas raízes, nas partes aéreas e nos substratos das mudas, foi realizada no Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV) A contagem de bactérias presentes no substrato foi realizada em dez gramas, o qual foram adicionados a um frasco Erlenmeyer contendo 95 mL de solução salina de pirofosfato de sódio 0,1%. Todos os frascos Erlenmeyer foram agitados por 1 h, do conteúdo dos frascos foram preparadas diluições em série seguindo a metodologia proposta por Wollum (1982). Cem microlitros (100 μL) das soluções obtidas por diluição foram inoculadas em placas de Petri contendo meio ágar nutriente ou ágar batata dextrose em triplicata. Após, as placas foram mantidas em estufa BOD a 30 °C, e o número de UFC foi contado após 24, 48 e 72 horas (Vieira e Nahas, 2005).

Para a contagem de bactérias as plantas foram separadas em folhas e raízes e lavadas com água corrente. Um grama (1 g) de cada tecido vegetativo (folhas e raízes) foi submetido a desinfecção superficial para eliminação de microrganismos epifíticos. Ambos os tecidos foram imersos sequencialmente em etanol 70% por 1 minuto, solução de hipoclorito de sódio (2.0-2.5% Cl ativo) por 3 minutos e etanol ao 70% por 30 segundos. Posteriormente, os tecidos foram lavados três vezes com água destilada (Araújo et al., 2002). Uma vez lavados e esterilizados, os tecidos foram macerados assepticamente com o auxílio de um matraz e pilão. Finalmente, foram realizadas diluições e alíquotas de 100 μL foram semeadas em placas de Petri contendo meio ágar triptona soja para isolamento de bactérias e ágar batata dextrose para isolamento de fungos. Essas placas foram cultivadas em estufas microbiológicas à temperatura constante 30 °C durante 24 horas para crescimento de bactérias a contagem do número de UFC foi realizado após 24, 48 e 72 horas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Sisvar® versão 5.6 (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS

Em relação as mudas de *Peltophorum dubium* não houve diferença significativa entre os diferentes inóculos utilizados para o comprimento da raiz (Tabela 1).

INSERIR AQUI TABELA 1

Houve diferença significativa para número de folhas, comprimento da parte aérea, área foliar, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, razão da massa seca da parte aérea pela massa seca da raiz e índice de qualidade de Dickson nas mudas (Tabela 1), nas imagens podemos observar a diferença entre os tratamento (Figura 1).

INSERIR AQUI FIGURA 1

Para o número de folhas, a utilização do inóculo *Bacillus amyloliquefaciens* promoveu resultados superiores nas mudas avaliadas contribuindo para o incremento de 32% em comparação ao tratamento controle. O comprimento da parte aérea das mudas avaliadas apresentou médias superiores quando utilizado o inóculo *Bacillus amyloliquefaciens* 29,2 cm) seguidos por *Bacillus megaterium* (20,1 cm) e *Azospirillum brasilense* (19,1cm) (Tabela 1).

Com o inóculo *Bacillus amyloliquefaciens* obteve-se médias superiores a todos os outros tratamentos quando se trata de área foliar com resultado de 47,40 cm² enquanto o controle obteve resultado de 11,84 cm². Nesse caso houve um alto incremento de 35,56 cm² com a aplicação do inóculo (Tabela 1).

Em relação ao diâmetro do caule as médias foram mais altas quando utilizado *Bacillus amyloliquefaciens* (2,64 mm), seguido por *Bacillus megaterium* (2,46 mm) (Tabela 1).

Para a massa seca da parte aérea, a aplicação do inóculo *Bacillus amyloliquefaciens* resultou em uma média com valor de 1,02g/planta, sendo significativamente superior em relação aos outros inóculos utilizados e correspondendo a um aumento de mais que o dobro do valor encontrado no tratamento controle (0,42 g/planta), um incremento de 58,8%. As maiores médias encontradas de massa seca da raiz foram decorrentes da aplicação dos inóculos *Azospirillum brasilense* (0,28 g/planta) e *Bacillus amyloliquefaciens* (0,27 g/planta) (Tabela 1).

Quando observado a massa seca total, podemos observar novamente que a aplicação do inóculo *Bacillus amyloliquefaciens* segue sendo significativamente superior em relação aos

outros inóculos, resultando em altas médias (1,29 g/planta) comparadas ao tratamento controle (0,65 g/planta). O *Bacillus amyloliquefaciens* promoveu o incremento de 31% a mais na massa seca total comparado aos demais inoculos (*Bacillus megaterium* e *Azospirillum brasilense*) (Tabela 1).

A avaliação da relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz, observa-se que *Bacillus megaterium* e *Bacillus amyloliquefaciens*, obtiveram maiores médias em relação aos outros inóculos utilizados de modo que seja importante a diferença das médias encontradas com a aplicação dos mesmos (3,9g/planta e 4,3g/planta, respectivamente) em comparação ao tratamento controle (2,0g/planta) (Tabela 1).

O índice de qualidade de Dickson nas mudas avaliadas neste trabalho foi superior de maneira significativa quando aplicados os inóculos *Azospirillum brasilense* (0,081), *Bacillus amyloliquefaciens* (0,079) e *Bacillus megaterium* (0,074) (Tabela 1).

Destaca-se o baixo desempenho de *Bacillus subtilis* nas diversas variáveis avaliadas, o qual foi inferior ao controle na massa seca da raiz (0,19 g/planta) e no índice de qualidade Dickson (0,054) ou foi inferior tanto quanto o controle para as demais (Tabela 1).

Em relação a quantidade de UFC de bactérias, na parte aérea das mudas avaliadas não foi encontrada diferença entre os inóculos utilizados. Já nas raízes foram encontradas mais bactérias nas plantas inoculadas com *Bacillus amyloliquefaciens* e no substrato mais bactérias quando inoculado o *Bacillus megaterium* (Tabela 2).

INSERIR AQUI TABELA 2

De acordo com a matriz de correlação de Pearson (r), houve correlações positivas e negativas significativas entre as características analisadas (Figura 2). O comprimento da raiz foi a variável que se correlacionou menos com as demais. As variáveis altura da parte aérea, área foliar, massa seca da parte aérea, da raiz e total também houve alta correlação entre si e com as demais variáveis, com apenas correlação negativa como o comprimento da raiz.

INSERIR AQUI FIGURA 2

O IQD resultou em baixa correlação com comprimento da raiz e a razão da massa seca da parte aérea e da raiz, mas se correlacionou significativamente com as demais características, especialmente com as variáveis de massa seca e altura da parte aérea, que são parâmetros importantes usados para avaliar a qualidade de mudas de várias espécies.

4. DISCUSSÃO

O diâmetro do caule é uma avaliação primordial para analisar as condições de sobrevivência e crescimento de uma planta após o plantio (Souza, 2006). Alguns trabalhos realizados, mediram o diâmetro do caule em mudas de canafístula com idade semelhante à das mudas avaliadas nesse trabalho, onde foram encontrados valores entre 2,16 mm a 2,64 mm, sendo que o valor máximo foi observado quando utilizado *Bacillus amyloliquefaciens* ao serem avaliadas aos 107 dias após a semeadura (Figura 1). Dutra et al. (2013), demonstraram que os maiores valores de diâmetro de caule encontrados em mudas com 100 dias após a semeadura estavam entre 3,5mm, quando utilizada adubação mineral nas mudas. Cruz et al. (2012) testaram diferentes doses de adubação com macronutrientes em mudas de canafístula, mostrando que o diâmetro do caule das mudas aumentou em razão de doses crescentes de macronutrientes, fazendo com que os maiores valores de diâmetro encontrados em mudas com 120 dias após semeadura, fossem em torno de 7 mm, enquanto para o tratamento controle, sem adubação mineral, as mudas apresentavam em torno de 2 mm de diâmetro do caule, valor próximo do encontrado neste presente trabalho.

Em relação ao comprimento da parte área os resultados foram significativos uma vez que o maior valor avaliado foi com a inoculação de *Bacillus amyloliquefaciens* que promoveu incremento nas plantas, fazendo com que a média atingida fosse de 29,2 cm. Os maiores valores de comprimento de parte aérea encontrados por Cruz et al. (2012) foram de 26 a 30 cm, correspondendo aos tratamentos com maior dose de aplicação de macronutrientes utilizadas. Dutra et al. (2016), testaram fertilizantes minerais para as mudas e obtiveram maiores médias de altura de planta entre 2 e 25 cm, com mudas aos 180 dias após semeadura. Portanto, observou-se que quando utilizamos como parâmetro o comprimento da parte aérea, as mudas inoculadas com *Bacillus amyloliquefaciens* conseguem atingir um desenvolvimento semelhante àquelas que utilizam adubação mineral.

Dutra et al. (2013), ao testar substratos alternativos e diferentes métodos de quebra de dormência em mudas de canafístula, avaliaram a massa seca em plantas com 100 dias após a semeadura onde realizou uma adubação mineral aos 30 dias após a semeadura. O melhor tratamento foi aquele que utilizou um substrato comercial (Bioplant®) para o desenvolvimento das mudas. Nessas mudas os maiores valores de massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total encontrados foram 1,3 g/planta, 0,5 g/planta e 1,8 g/planta, respectivamente. Neste presente trabalho, esses parâmetros tiveram maiores médias com valores de 1,02 g/planta, 0,28 g/planta e 1,29 g/planta, respectivamente. Assim, pode-se observar que, com a inoculação

de microrganismos em vez da adubação mineral, são obtidas médias um pouco menores, mas que ainda assim promovem um bom potencial produtivo.

Delarmelina et al. (2015) citam que o índice de Dickson é um bom indicador de qualidade de mudas pois é baseado na robustez da planta e na distribuição da biomassa. Os resultados observados corroboram com os autores, onde as plantas que obtiveram maior índice de Dickson e a razão da massa fresca pela massa seca, foram aquelas inoculadas com *Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus megaterium e Azospirillum brasilense* e que também se destacaram em outros parâmetros avaliados, como a comprimento da parte aérea, diâmetro do caule e massa seca. No entanto é um índice variável que depende de outros fatores como a espécie estudada, o manejo das mudas, o substrato utilizado, o volume do recipiente e a idade em que muda foi avaliada, todo modo Trazzi et al. (2014) indicam que maiores índices correspondem sim a melhores mudas.

Em relação a área foliar e ao número de folhas, em mudas inoculadas com *Bacillus amyloliquefaciens*, os valores obtidos foram de 47,40 cm² e 6,2, respectivamente, sendo muito superiores quando comparados ao tratamento controle. A maior área foliar e o número de folhas promove a melhor absorção da luz solar, melhor capacidade fotossintética das mudas que permitem que o desenvolvimento das demais partes sejam mais acelerados quando comparados as mudas com menor número de folhas e área foliar (Taiz et al. 2017).

A colonização da raiz por *Bacillus amyloliquefaciens*, evidencia os resultados de crescimento analisadas, pois é possível associar que a rizobactéria promotora do crescimento de plantas apresenta interação na colonização das raízes da canafístula. O êxito da inoculação com rizobactérias depende da capacidade das cepas em competir com a microflora nativa, sendo a bactéria inoculante capaz de competir por nutrientes para sobreviver e de se proliferar antes que a raiz se forme. Sendo assim, é possível colonizar a raiz e competir com as demais bactérias rizosféricas pelos exsudatos radiculares (Vacheron et al., 2013; Rezende et al., 2021).

Segundo a matriz de correlação o comprimento da raiz não é uma variável que permite verificar o desempenho das mudas. Portanto, entende-se que quanto maior o incremento para essas características, menor o índice de qualidade das mudas. No entanto o índice de qualidade não deve ser o único parâmetro usado para avaliar a qualidade de mudas de canafístula, altura, diâmetro do caule e número de folhas devem ser considerados, pois são fáceis de medir e são análises não destrutivas.

5. CONCLUSÕES

O uso de rizobacterias na produção de canafístula é promissora.

A utilização dos microrganismos *Azospirillum brasilense, Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus megaterium* promoveram o aumento na qualidade das mudas de canafístula.

A inoculação com *Bacillus amyloliquefaciens* apresentou alta interação com as plantas de canafístula, foi verificado o aumento no crescimento e na colonização das bactérias na raiz.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Todos os autores deram contribuições essenciais para a elaboração deste trabalho. TANUS TAR foi responsável pela condução do experimento e redação inicial do manuscrito. CAMPOS TS direcionou a instalação, condução, análise estatística e redação. VIEIRA GR e PATRICIO MP auxiliaram na condução e VIEIRA GR e SOUZA AMB auxiliaram na revisão e correção do trabalho. PIVETTA KFL e RIGOBELLO EC contribuíram com a disponibilização de recursos e atuaram na supervisão, validação e revisão do trabalho como um todo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa ao primeiro autor (Processo Processo 4201) e bolsas de produtividade em pesquisa do último autor (Processos 310500/2018-4 e 317010/2021-2).

6. REFERÊNCIAS

Almeida, LS, Sobrinho SP, Luz PB, Caldeira DAS, Oliveira AJ, Oliveira TC, Vilarinho MKC, Vieira CL, Silva ASP, Silva GVB. Use of inoculant *Azospirillum brasilense* in the production of seedlings of Tento Carolina. Research, Society and Development, 2021;10(1), e4210111469-e4210111469. doi: 10.33448/rsd-v10i1.11469

Araújo WL, Marcon J, Maccheroni W, Elsas JDV, Vuurde JWV, Azevedo JL. Diversity of endophytic bacterial populations and their interaction with *Xylella fastidiosa* in citrus plants.

Applied and environmental microbiology; 2002; *68*(10), 4906-4914. doi: 10.1128/AEM.68.10.4906-4914.2002

Barry AL, Thornsberry C. Susceptibility tests: Diffusion Test Procedures. In: Balows A, Hauser WJ, Hermann KL. et al. Manual of clinical microbiology. 5 th ed. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1991.

Bertolini ÍC, Brun EJ, Debastiani AB. Caracterização silvicultural da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). Scientia Agraria Paranaensis; 2015; 14(2), 67-76. doi: 10.18188/sap.v14i2.9842

Cruz CAF, Paiva HND, Cunha ACMCM, Neves JCL. Produção de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. Cerne; 2012; 18,87-98. doi: 10.1590/S0104-77602012000100011

Delarmelina WM, Caldeira MVW, Faria JCT, Lacerda LC. Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. latistipula (Benth.). Cerne; 2015;21, 429-437. doi: 10.1590/01047760201521031439

Dickson A, Leaf AL, Hosner JF. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. The Forestry Chronicle; 1960. 36(1), 10-13. doi: 10.5558/tfc36010-1

Dutra TR, Massad MD, Sarmento MFQ, Matos OS, Oliveira JC. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). Floresta; 2016; 46(4), 491-498. doi: 10.5380/rf.v46i4.44570

Dutra TR, Massad MD, Sarmento MFQ, Oliveira JCD. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. Ceres; 2013; 60(1), 72-78. doi: 10.1590/S0034-737X2013000100011

Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia (UFLA); 2011; 35(6), 1039-1042. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001

Galzerano L, Malheiros EB, Morgado ES, Costa JPR, Caputti GP, Ruggieri AC. Medidas lineares na estimativa da área foliar do capim-aruana. Nucleus Animalium; 2012; 4(1), 1-4. doi: 10.3738/1982.2278.733

Grobelak A, Kokot P, Hutchison D, Grosser A, Kacprzak M. Plant growth-promoting rhizobacteria as an alternative to mineral fertilizers in assisted bioremediation-sustainable land and waste management. Journal of environmental management; 2018; 227, 1-9. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.08.075

Lorenzi H. Árvores Brasileiras Volume 1 - Manual de Idenficação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. 1, 8 ed. 2020, 384 p.

Luna F, Mesa R. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. Revista Científica Agroecosistemas; 2017; 4(2), 31-40.

Rezende CC, Silva MA, Frasca LDM, Faria DR, Filippi MCC, Lanna AC, Nascente AS. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. Research, Society and Development; 2021; 10(2), e50810212725. doi: 10.33448/rsd-v10i2.12725

Rodrigues RR, Gandolfi S, Brancalion, PHS. **Restauração florestal**. São Paulo, 1ed. Oficina de Textos, 2015.

Rufino MR, Silvino AS, Moro MF. Exóticas, exóticas, exóticas: reflexões sobre a monótona arborização de uma cidade brasileira. Rodriguésia; 2019;70, e03562017. doi: 10.1590/2175-7860201970051

Santoyo G, Orozco-Mosqueda MDC, Govindappa M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of Bacillus and Pseudomonas: a review. Biocontrol Science and Technology, 2012;22(8), 855-872. doi: 10.1080/09583157.2012.694413

Sivasakthi S, Usharani G, Saranraj P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)-*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. African Journal of Agricultural Research, 2014; 9(16), 1265-1277. doi: 10.5897/AJAR2013.7914

Souza NHD, Marchetti ME, Carnevali TODO, Ramos DD, Scalon SDPQ, Silva EFD. Estudo nutricional da canafístula (I): crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. Revista Árvore; 2013; 37, 717-724. doi: 10.1590/S0100-67622013000400015

Sahm DF, Washington JA. Antibacterial susceptibility tests: dilution methods. In: BALOWS, A. et al. Manual of clinical microbiology. 5th ed. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1991.

Souza PA, Venturin N, Macedo RLG. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). Ciência Florestal. Santa Maria; 2006;16(3), 261-270. doi: 10.5902/198050981907

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora. 6 ed. 2017. 858 p.

Trazzi PA, Caldeira MVW, Reis EFD, Silva AGD. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. Cerne; 2014; 20, 293-302. doi: 10.1590/01047760.201420021134

Vacheron J, Desbrosses G, Bouffaud ML, Touraine B, Moënne-Loccoz Y, Muller D, et al. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. Frontiers in plant science. 2013. 4, 356. doi: 10.3389/fpls.2013.00356

Valeri SV, Corradini L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de eucaliptos e pinus. In: Gonçalves JLM, Benedetti V. 132 Colloquium Agrariae, v. 15, n.2, Mar-Abr. 2019, p. 121-132. Nutrição e fertilização florestal. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2015. p. 167-190

Vieira FCS, Nahas E. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures. Microbiological Research; 2005; 160(2), 197-202. doi: 10.1016/j.micres.2005.01.004.

Wollum AG. Cultural methods for soil microrganisms. Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America; 1982. 781-802. doi: 10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c37

Zuffo A, Steiner F, Junior MZJ, Busch A, Silva JMR, Limede AC, Oliveira CES. Non-chemical methods to break seed dormancy of canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Fabaceae)]. Australian Journal of Crop Science; 2017; 11,1567-1572. doi: 10.3316/informit.402241341557484

Tabela 1 – Médias de número de folhas (NF), comprimento parte área (CPA), área foliar (AF), Comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa

seca de raízes (MSR), massa seca total (MST), razão massa seca da parte área pela raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Peltophorum dubium* em função da inoculação de microrganismos promotores do crescimento de plantas. Jaboticabal, SP, 2022.

Tr	NF	CPA	AF	CR	DC
	-	(cm)	(cm²)	(cm)	(mm)
C	3,9 c	16,1 c	11,8 b	21,8 a	2,19 c
Bs	4,2 b	15,3 c	12,2 b	22,1 a	2,16 c
Bm	4,4 b	20,1 b	20,7 b	22,8 a	2,46 b
Ba	6,2 a	29,2 a	47,4 a	22,5 a	2,64 a
Ab	4,9 b	19,1 b	16,0 b	22,6 a	2,19 c
CV (%)	10,36	9,15	14,22	13,6	13,35
Tr	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD
	(g)	(g)	(g)	-	-
C	0,42 c	0,23 b	0,65 c	2,0 c	0,066 b
Bs	0,41 c	0,19 c	0,60 c	3,2 b	0,054 c
Bm	0,66 b	0,23 b	0,89 b	3,9 a	0,074 a
Ba	1,02 a	0,27 a	1,29 a	4,3 a	0,079 a
Ab	0,62 b	0,28 a	0,90 b	2,6 c	0,081 a
CV(%)	12,37	16,35	15,48	18,08	20,51

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Bacillus subtilis* - *Bs*, *Bacillus megaterium* - *Bm*, *Bacillus amyloliquefaciens* – *Ba* e A*zospirillum brasilense* – *Ab*.

Tabela 2 - Número total de unidades formadora de colônia (UFC) de bactérias no substrato (BS), na raiz (BR) e na parte aérea (BPA) em mudas de *Peltophorum dubium* função da inoculação com microrganismos promotores do crescimento de plantas. Jaboticabal, SP, 2022.

Tr	BS	BR	BPA
		- UFC g-1 SS -	
C	$7{,}37x10^{6}$ c	$4{,}02x10^{5}$ b	$6{,}07x10^{3}$ a
Bs	$1{,}19x10^{7}$ b	$2{,}28x10^{5}$ b	$1{,}45x10^{4}$ a
Bm	$1{,}64x10^{7}$ a	$5{,}92x10^{5}$ b	$1{,}16x10^{4}$ a
Ba	$1{,}36x10^{7}$ b	$7{,}31x10^{5}$ a	$1{,}39x10^{4}$ a
Ab	$1{,}10x10^{7}$ b	$4{,}25x10^{5}$ b	$1{,}24x10^{4}$ a
CV (%)	22,04	24,10	27,64

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Bacillus subtilis* - *Bs, Bacillus megaterium* - *Bm, Bacillus amyloliquefaciens* – *Ba* e A*zospirillum brasilense* – *Ab*.

Figura 1. Mudas de *Peltophorum dubium*, aos 107 dias após a semeadura. Controle (A) *Bacillus subtilis* (B), *Bacillus megaterium* (C), *Bacillus amyloliquefaciens* (D) e A*zospirillum brasilense* (E). Jaboticabal, SP, 2022.

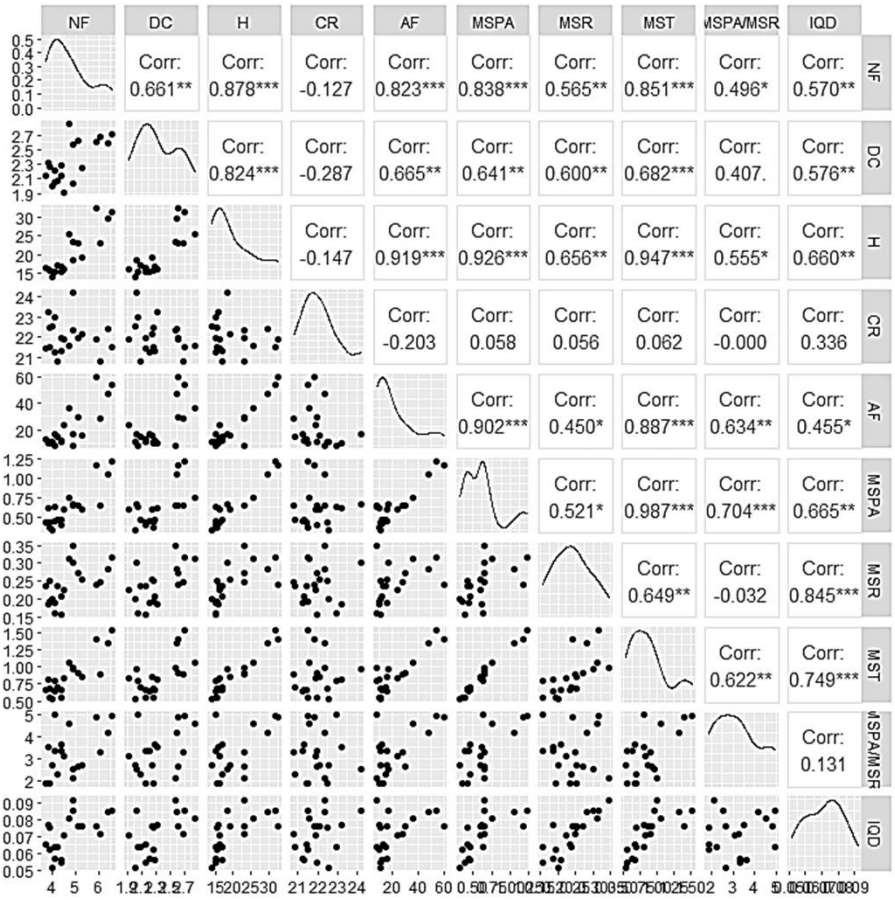

Figure 2. Pearson's correlation between the analyzed characteristics of *Peltophorum dubium* seedlings produced as a function of inoculation with microorganisms that promote plant growth. Significant at * 5 % and ** 1% of probability. NF: number of leaves; DC: stem diameter; H: shoot height; CR: root length; AF: leaf area; MSPA: shoot dry matter; MSR: root dry matter; MST: total dry matter; MSPA / MSR: ratio shoot dry matter by root dry matter and IQD: Dickson's quality index.