

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

**BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
JEQUITIBÁ-BRANCO**

MARCOS THULIO SIMONETTI BOSQUE

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: André Caturelli Braga



**Jaboticabal - SP
1º semestre / 2026**

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

**BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
JEQUITIBÁ-BRANCO**

MARCOS THULIO SIMONETTI BOSQUE

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: André Caturelli Braga

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

B744b

Bosque, Marcos Thulio Simonetti

Bioestimulantes na produção de mudas de jequitibá-branco /

Marcos Thulio Simonetti Bosque. -- Jaboticabal, 2026

21 p. : tabs., fotos

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

Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: André Caturelli Braga

1. Árvores. 2. Plantas ornamentais. 3. Mudas de árvores. 4. Bactérias. 5. Algas. I. Título.

Marcos Thulio Simonetti Bosque

Bioestimulantes na produção de mudas de jequitibá-branco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Agrônoma**.

Orientador: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador (se houver): Eng. Agr. André Caturelli Braga

Área de Concentração: Floricultura e Paisagismo

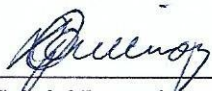
Trabalho aprovado em 11/04/2026

Banca Examinadora:



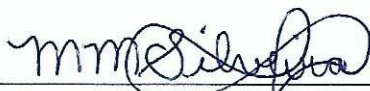
Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal



Me Gabriel Longuinhos Queiroz

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal



Enga. Agra. Mariana Martins da Silveira

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal



Prof. Dr. Leandro Borges Lemos
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, que me guiou até aqui e me conduziu a momentos aos quais jamais imaginei chegar. Se soubessem de onde Ele me tirou, entenderiam por que acredito tanto nele.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (Processo nº 19858), fundamental para a realização deste trabalho.

À minha mãe, Ana, que tornou tudo isso possível, sempre me incentivando, consolando e transmitindo forças; e ao meu pai, Clarismar, pelo apoio constante em minha caminhada.

À minha irmã, Thalia, pelos conselhos, pelas "broncas" e pelo apoio incondicional, assim como ao meu cunhado, Gabriel.

À minha namorada, Giuliana, por todo o apoio, afeto e companheirismo ao longo de todo este processo durante esses anos.

Aos amigos da República Abatedouro e a todos os meus amigos, pelos momentos compartilhados, pelo incentivo e por acreditarem no meu potencial.

Ao GEPFLOR e a toda a equipe, que me auxiliaram prontamente desde o início desta jornada.

À minha orientadora, Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta, que sempre me auxiliou, apoiou e orientou da melhor maneira possível, dedicando-me muita atenção e carinho em cada etapa.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha trajetória, deixo aqui o meu sincero agradecimento.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	4
Efeito das rizobactérias.....	4
Efeito do extrato da alga <i>Ascophyllum nodosum</i>	5
Avaliações das mudas	6
Análises estatísticas	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
Efeito das rizobactérias.....	8
Efeito do extrato da alga <i>Ascophyllum nodosum</i>	14
CONCLUSÕES.....	17
REFERÊNCIAS	17

Bioestimulantes na produção de mudas de jequitibá-branco¹

RESUMO

O jequitibá-branco é uma espécie nativa do Brasil, utilizada no paisagismo de praças, parques e em reflorestamentos. O sucesso do desenvolvimento das plantas no meio urbano é dependente de mudas de alta qualidade que podem ser incrementadas com o uso de bioestimulantes como as rizobactérias promotoras de crescimento em plantas e os extratos de algas marinhas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi estudar os efeitos de rizobactérias e do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* na produção de mudas de *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco). Foram dois experimentos; no primeiro, foram seis tratamentos: inoculação individual das bactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. megaterium*, *B. pumilus* e *B. subtilis* e o controle (sem inoculação); no segundo, foram seis tratamentos: cinco concentrações de extrato de *A. nodosum* (3; 6; 9; 12 e 15 ml L⁻¹) e o controle (sem aplicação do extrato). Para ambos os experimentos o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado; foram quatro repetições e cinco mudas por parcela e avaliou-se as seguintes características: comprimento da parte aérea e do sistema radicular, diâmetro do colo, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea e de raízes; foram calculados a massa seca total e o Índice de Qualidade de Dickson. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Concluiu-se que o uso das rizobactérias *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* e o extrato de *A. nodosum* nas concentrações acima de 6 mL L⁻¹ foram mais

¹ Artigo a ser enviado para a Revista Ornamental Horticulture

eficientes para a produção de mudas de jequitibá-branco.

Palavras-chave: *Cariniana estrellensis*, *Ascophyllum nodosum*, bioinsumos, sustentabilidade.

Biostimulants in the production of jequitibá-branco seedlings

ABSTRACT

Jequitibá-branco is a tree species native to Brazil, widely used in landscaping of squares and parks as well as in reforestation programs. Successful plant establishment in urban environments depends on high-quality seedlings, whose performance can be improved through the use of biostimulants such as plant growth-promoting rhizobacteria and seaweed extracts. Thus, the objective of this research was to study the effects of rhizobacteria and the seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* in seedling production of *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco). Two experiments were conducted; in the first, there were six treatments: individual inoculation of the bacteria *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. pumilus* and *B. subtilis* and the control (absence of inoculation); in the second, there were five treatments: four concentrations of *A. nodosum* extract (3; 6; 9; 12 and 15 mL L⁻¹) and control (without application of the extract). For both experiments, the experimental design was completely randomized; there were four replications and five seedlings per plot. The following characteristics were evaluated: shoot length and root system length, stem diameter, number of leaves, leaf area, shoot dry mass and root dry mass. The total dry mass and Dickson Quality Index were also calculated. The results

obtained were subjected to analysis of variance. It was concluded that the use of the rhizobacteria *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens* and *B. subtilis*, as well as *A. nodosum* extract at a concentration of 6 mL L⁻¹, were the most effective for the production of jequitibá-branco seedlings.

Keywords: *Cariniana estrellensis*, *Ascophyllum nodosum*, bioinputs, sustainability.

INTRODUÇÃO

As árvores têm grande valor como ornamentais e são amplamente utilizadas no paisagismo e na arborização de áreas urbanas. Na escolha de espécies para ambientes urbanos, é recomendável priorizar as nativas da região; elas não apenas oferecem equilíbrio ecológico superior, mas também, proporcionam alimento e abrigo para a fauna local. Além disso, essas árvores estão geralmente bem adaptadas ao clima e às condições específicas do ambiente local, o que favorece um crescimento vigoroso e saudável (Batista et al., 2022; Dardengo et al., 2022).

Para o desenvolvimento de árvores vigorosas, seja no ambiente urbano ou em reflorestamentos, é importante a produção de mudas de alta qualidade, que podem ser obtidas, de forma sustentável, com o uso de bioinsumos. Dentre os bioinsumos mais utilizados, destacam-se as Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP) e os extratos de algas marinhas.

As BPCP são capazes de interferir positivamente na expansão e criação de órgãos das plantas de várias formas, entre elas, produzindo fitormônios, aliviando o estresse por déficit hídrico, mitigando os efeitos estressantes da

salinidade, atuando na fitoextração de metais pesados do solo, na suplementação de nutrientes e/ou no biocontrole de patógenos (Dias e Santos, 2022).

Dentre as muitas bactérias existentes, destacam-se, no desempenho fisiológico das plantas, as dos gêneros *Azospirillum* e *Bacillus*. A bactéria *A. brasilense* apresenta boa capacidade de fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfato, características desejáveis de proliferação no sistema radicular e tem como principais mecanismos a produção de fitormônios, em especial a auxina, que promove o crescimento e desenvolvimento vegetal (Giri et al., 2025).

A bactéria *B. amyloliquefaciens* é conhecida por suas habilidades em solubilizar fosfatos e melhorar a nutrição das plantas, o que resulta em maior desenvolvimento e resistência a patógenos (Luo et al., 2022; Barros-Rodríguez et al., 2024). *B. megaterium* se destaca pela sua capacidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, secretar fitohormônios e melhorar a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos (Lee et al., 2024). *B. pumilus* é outra rizobactéria promissora, conhecida por produzir uma vasta gama de fitohormônios que estimulam o crescimento das plantas, especialmente em condições de estresse (Dobrzyński et al., 2022). Já *B. subtilis* se destaca por suas propriedades de biocontrole e solubilização de fósforo, além de promover o crescimento através da fixação de nitrogênio (Ayaz et al., 2024).

Estudos utilizando BPCP na produção de mudas de espécies arbóreas vem sendo realizados com sucesso (Campos et al., 2024; Campos et al., 2025). Assim, pesquisas nesta direção são importantes a fim de selecionar rizobactérias

que possam auxiliar, de forma sustentável, na produção de mudas de alta qualidade de diversas plantas, entre elas, o jequitibá-branco.

Os extratos de algas marinhas são exemplos de bioinsumos, que auxiliam na síntese de hormônios, disponibilidade de nutrientes e atividades enzimáticas e, conseqüentemente, no crescimento das plantas (Feitosa et al., 2024). A alga marinha mais pesquisada para uso como bioestimulante vegetal é a *Ascophyllum nodosum*, que contribui para o crescimento de plantas, mitiga estresses bióticos e abióticos e melhora a defesa dos vegetais por meio de regulação de processos fisiológicos, bioquímicos e moleculares, com vários modos de ação (Kumari et al., 2023).

Popularmente conhecido como jequitibá-branco, a espécie *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze pertence à família Lecythidaceae, possui altura entre 35-45 m, com tronco ereto; as folhas são simples, elípticas, obovadas; as flores são de coloração cremes, perfumadas, reunidas em racemos; os frutos são do tipo pixídio elipsoide e lenhoso, com sementes aladas em seu interior. É nativo do Brasil, com ocorrência no sul da Bahia, até o Rio Grande do Sul, em floresta pluvial atlântica e semidecídua, podendo aparecer no Acre e no Brasil central em florestas de galeria. Apresenta qualidades ornamentais sendo recomendado para o paisagismo de parques e jardins de maior extensão, é indispensável nos reflorestamentos heterogêneos e sua madeira pode ser utilizada para construções e móveis (Lorenzi, 2016).

Assim, essa pesquisa teve como objetivo estudar os efeitos de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas e do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* na promoção de crescimento e na qualidade de mudas

de jequitibá-branco (*Cariana estrellensis*).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, com cobertura e laterais protegidas por tela preta com 50% de sombreamento, além de uma camada superior de plástico transparente acima da cobertura de tela. O primeiro experimento avaliou o efeito de rizobactérias, enquanto o segundo investigou o efeito do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*. Em ambos os casos, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Durante os períodos experimentais, foram registrados os dados climáticos (Figura 1).

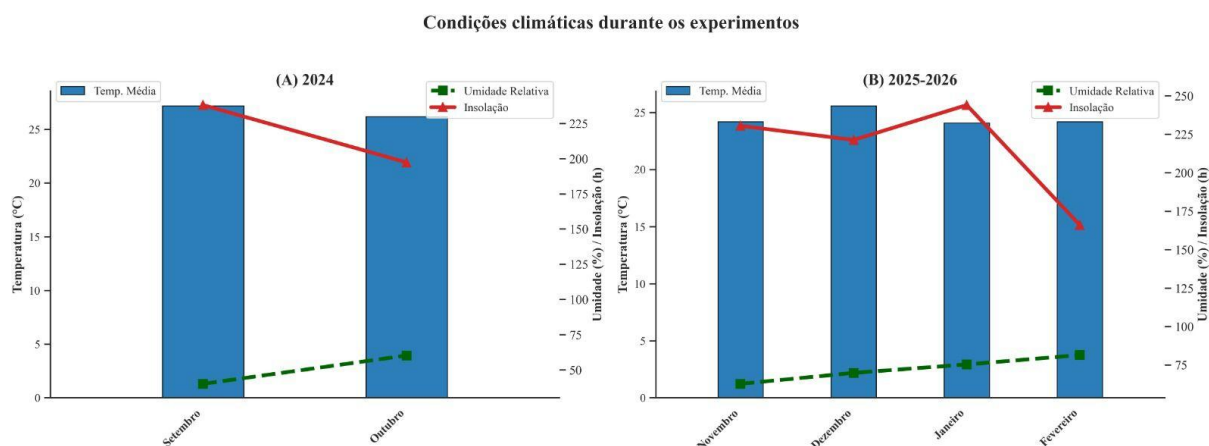


Figura 1. Dados climáticos (Temperatura Média, Umidade Relativa e Insolação) durante o período de setembro a outubro de 2024 (A) e novembro de 2025 a fevereiro de 2026 (B) (UNESP, 2026).

Efeito das rizobactérias

Foram seis tratamentos (1. Ausência de microrganismos - controle; 2. *Azospirillum brasilense*; 3. *Bacillus amyloliquefaciens*; 4. *B. megaterium*; 5. *B. pumilus*; 6. *B. subtilis*), quatro repetições e cinco mudas por parcela.

As sementes de jequitibá-branco foram semeadas em tubetes com capacidade volumétrica de 280 cm³, acondicionados em bandejas de polipropileno com capacidade para 54 recipientes, contendo como substrato comercial Carolina Soil®, composto por turfa, vermiculita, casca de arroz torrefada, calcário dolomítico calcinado, fertilizante NPK (14-16-18) e micronutrientes (informações obtidas a partir de dados existentes na embalagem). As bandejas foram mantidas suspensas em bancadas de malhas metálicas a 70 cm do solo.

Foram distribuídas três sementes por tubete e, 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 se deu por meio de microaspersores acionados automaticamente, três vezes ao dia, com duração de 15 min cada com vazão de 30 L h⁻¹.

Os microrganismos foram produzidos separadamente, em meio de caldo nutritivo, seguindo a metodologia utilizada por Silveira et al. (2025), mantendo a concentração do inóculo em 1 x 10⁷ UFC mL⁻¹. A inoculação das bactérias foi realizada logo após a semeadura, por meio da aplicação de 1 mL da solução no substrato, no centro do tubete, com o auxílio de micropipeta mecânica (VF-1000, Digipet®). As mudas destinadas ao tratamento controle não foram inoculadas.

Efeito do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*

Foram seis tratamentos: cinco concentrações do extrato (3, 6, 9, 12 e 15 ml L⁻¹ de água) e o controle (sem aplicação do extrato), 4 repetições e cinco

mudas por parcela.

O extrato da alga *A. nodosum* foi adquirido comercialmente no mercado e a aplicação e concentrações foram baseadas em Ferreira et al. (2025). Foram realizadas 3 aplicações: por ocasião do transplante, aos 30 e 60 dias após.

Mudas com 18 ± 1 cm de altura foram transplantadas para sacos de plástico com capacidade volumétrica de 0,4 L, contendo como substrato uma mistura de terra de subsolo + esterco bovino (3:1) cujo resultado da análise química encontra-se na Tabela 1. As mudas ficaram suspensas em bancadas de malhas metálicas a 70 cm do solo. A irrigação das mudas se deu por meio de microaspersores acionados automaticamente, três vezes ao dia, com duração de 15 min cada com vazão de 30 L h^{-1} .

Tabela 1. Análise química da mistura terra de subsolo + esterco bovino (3:1)

pH	M.O.	P	S	Ca	Mg	Na	K	Al	H+Al SMP	Soma Bases S.B.	CTC	Sat. Base s	Sat. Al
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----									V%	m%
6.9	33	152	92	32	18	ns	12. 8	1	14	63.3	77.7	81	1
Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco					
-----mg dm ⁻³ -----													
0.83		2.0		33		18.4		6.1					

Avaliações das mudas

Para o experimento de rizobactérias, quando as raízes começaram a aparecer na base inferior dos tubetes (42 dias), as mudas foram retiradas dos recipientes e feita lavagem das raízes para retirada do substrato e para o experimento do extrato da alga, quando as raízes alcançaram o fundo do

recipiente (91 dias), avaliado em mudas de amostragem.

Foram avaliados, em laboratório: comprimento da parte aérea - CPA (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 colo - DC (mm), determinado ao nível do substrato, com uso de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Western® PRO DC-6); número de folhas - NF; área foliar – AF (cm²), utilizando medidor eletrônico de área foliar (marca LI-COR®, modelo 3100); massa seca da parte aérea - MSPA e do sistema radicular - MSR (g planta⁻¹), obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,001g).

Foi calculada a massa seca total – MST (g planta⁻¹) pela soma da MSPA e MSR e também, determinado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula proposta por Dickson em 1960, aplicada em várias pesquisas, como descrita em Souza et al. (2022), onde:
$$IQD = \frac{MST (g)}{[CPA (cm)/DC (mm) + MSPA (g)/MSR (g)]}$$

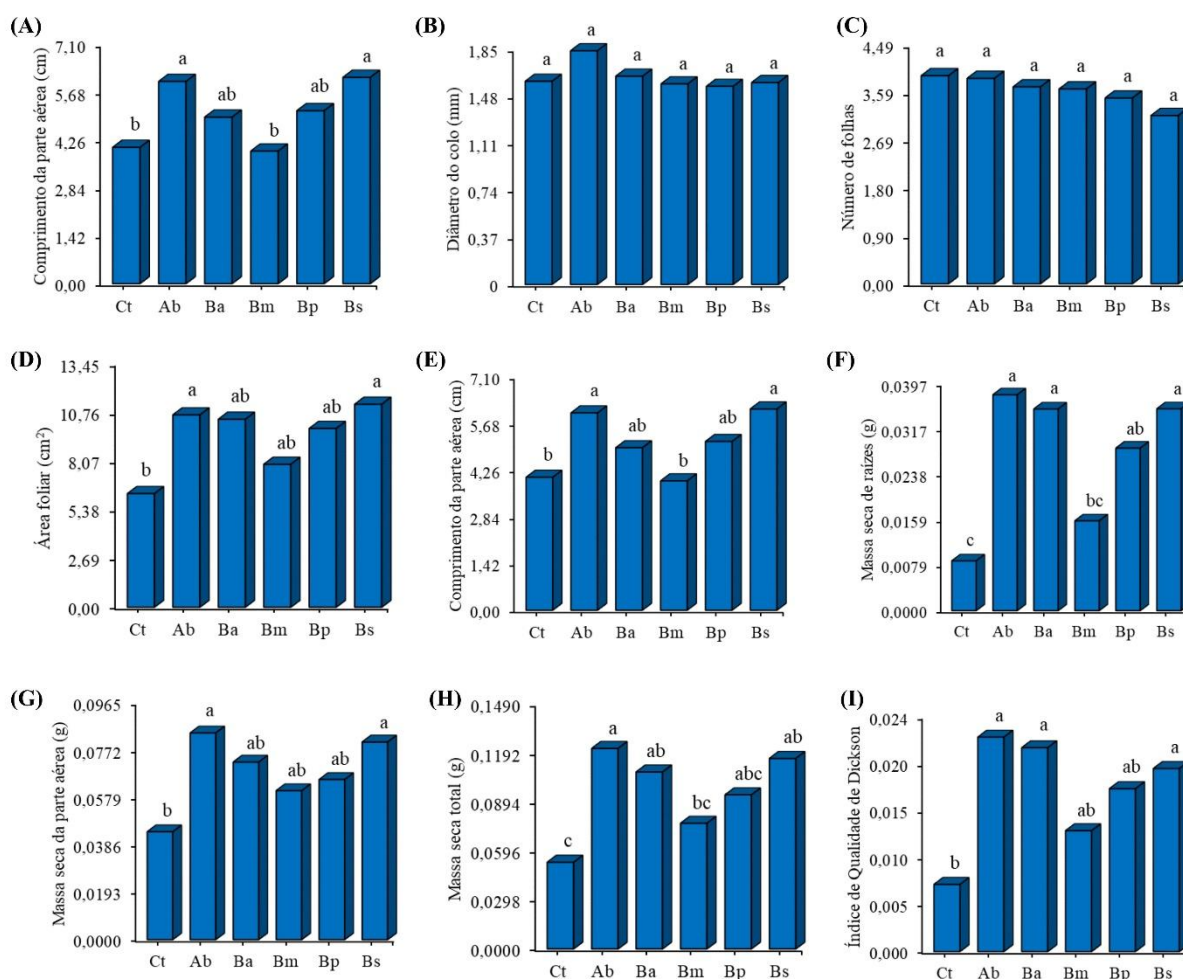
Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância; para o estudo do efeito das rizobactérias, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e para o extrato da alga, quando significativo, foi realizada a análise de regressão polinomial a fim de verificar o efeito das variáveis em função do aumento das concentrações do extrato, utilizando-se o Software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Junior, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito das rizobactérias

A análise dos indicadores biométricos (Fig. 2) mostra que as rizobactérias foram eficientes em promover o crescimento e a qualidade das mudas de jequitibá-branco, uma vez que, as plantas que foram inoculadas com as diferentes rizobactérias apresentaram maiores médias para a maioria das características avaliadas, não havendo diferenças entre os tratamentos, somente para diâmetro do caule e número de folhas (Figuras 2B e 2C, respectivamente); o tratamento cujas mudas não foram inoculadas (controle) se destacou negativamente com menores médias nas demais características, exceto para comprimento da parte aérea (Figura 2A) que foi semelhante à *B. megaterium*.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Figura 2. Comprimento da parte aérea (A), diâmetro do colo (B), número de folhas (C), área foliar (D), comprimento de raízes (E), massa seca de raízes (F), massa seca da parte aérea (G), massa seca total (H) e Índice de Qualidade de Dickson (I) de mudas de jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*) tratadas ou não (controle - Ct) com as bactérias *Azospirillum brasilense* (Ab), *Bacillus amyloliquefaciens* (Ba), *Bacillus megaterium* (Bm), *Bacillus pumilus* (Bp) e *Bacillus subtilis* (Bs).

O menor desempenho do tratamento controle pode ser observado também na Figura 3. Esses resultados reforçam as considerações de Upadhyay et al. (2022), que relatam que as rizobactérias interagem de forma benéfica com as raízes das plantas, estimulando o crescimento.



Figura 3. Aspecto visual das mudas de jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*) tratadas ou não (controle) com as rizobactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. megaterium*, *B. pumilus* e *B. subtilis*.

Para comprimento da parte aérea (Figura 2A), observa-se superioridade das mudas inoculadas com *A. brasilense* e *B. subtilis*. A rizobactéria *A. brasilense* também foi a mais eficiente em promover o crescimento em altura da arbórea *Handroanthus impetiginosus* – ipê-roxo (Campos et al., 2025); já para diâmetro do colo não houve diferenças entre os tratamentos (Figura 1B).

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao número de folhas para o jequitibá-branco (Figura 2C). Semelhantemente, Campos et al. (2023), Campos et al. (2024) e Silveira et al. (2025) também não observaram diferenças no número de folhas entre os tratamentos (rizobactérias e controle), para açazeiro (*Euterpe oleracea*), ipê-amarelo (*Handroanthus*

chrysotrichus) e zínia (*Zinnia peruviana*), respectivamente, indicando que esta característica específica parece que não tem refletido respostas efetivas.

Para área foliar, no entanto, houve superioridade das mudas inoculadas com *A. brasilense* e *B. subtilis* (Figura 2D), mostrando que essas bactérias atuaram de forma mais eficiente no metabolismo vegetal (Ren et al., 2025).

Taiz et al. (2017) comentam que maiores valores de número de folhas e área foliar e indicam melhor absorção da luz solar, assim, melhor capacidade fotossintética das mudas, permitindo que o desenvolvimento dos demais órgãos seja acelerado. Neste estudo, não houve diferenças entre os tratamentos para número de folhas, no entanto, houve para área foliar, que foi suficiente em permitir maior eficiência fotossintética.

Para comprimento das raízes, não houve diferenças entre as rizobactérias que foram superiores ao controle (Figura 2E).

Para massa seca de raízes, se destacaram *A. brasilense*, *B. amyloliquefasciens* e *B. subtilis* (Figura 2F). A massa seca das raízes é reconhecida como um dos indicadores mais simples e que melhor determina o estabelecimento das mudas em campo por influenciar diretamente na absorção de água e nutrientes (Avelino et al., 2021; Irik e Bikmaz, 2024). Assim, mudas com maior massa seca das raízes serão mais eficazes no campo, pela capacidade de aclimatização após o transplante (Manokari et al., 2023).

Para massa seca da parte aérea (Figura 2G), observa-se superioridade das mudas inoculadas com *A. brasilense* e *B. subtilis* e para massa seca total, se destacou a rizobactéria *A. brasilense* (Figura 2H).

Vários índices são utilizados para avaliar a qualidade de lotes de mudas florestais, como o Índice de Qualidade de Dickson (Alonso et al., 2024). Assim, os resultados obtidos para Índice de Qualidade de Dickson (IQD) reforçam a superioridade das mudas inoculadas com *A. brasilense*, *B. amyloliquefasciens* e *B. subtilis* (Figura 2I).

O IQD tem sido utilizado como o principal indicador da qualidade de mudas florestais uma vez que apresenta altas correlações com a sobrevivência após o plantio no campo; tem como base a relação entre diversos indicadores de crescimento para determinar a qualidade das mudas, ou seja, massa seca da parte aérea, das raízes e total, comprimento da parte aérea e diâmetro do colo; por isso, sua fórmula evidencia o equilíbrio entre crescimento e potencial de sobrevivência das plantas no pós-plantio. Assim, é um ótimo indicador da qualidade das mudas por incluir no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da alocação da biomassa (Avelino et al., 2021).

Fazendo uma análise geral, *A. brasilense*, *B. amyloliquefasciens* e *B. subtilis* foram, portanto, as mais eficientes em promover o crescimento e a qualidade das mudas de jequitibá-branco (Figura 2), evidenciando o potencial desses microrganismos como alternativa sustentável na produção de mudas em fase de viveiro.

Efeitos benéficos da inoculação de *A. brasilense* na produção de mudas de jequitibá-branco também foram verificados por Tiepo et al. (2018) que, estudando as associações das espécies arbóreas *Cariniana estrellensis* e *Trema micrantha* com as bactérias *A. brasilense* (Ab-V5) e *Azomonas* sp., verificaram que a associação de *C. estrellensis* com *A. brasilense* favoreceu o metabolismo

fotossintético e a proteção contra danos causados pelo estresse oxidativo.

Semelhantemente ao verificado neste estudo, a inoculação com *A. brasilense* tem mostrado aumento na qualidade das mudas também para outras espécies arbóreas, como observado por Campos et al. (2024) e Campos et al. (2025), respectivamente, para o ipê-amarelo e para o ipê-roxo (*H. impetiginosus*).

A rizobactéria *B. amyloliquefaciens*, que mostrou bons resultados para o jequitibá-branco (Fig. 2), também se destacou no crescimento e qualidade de mudas de ipê-amarelo (*H. chrysotrichus*), conforme observado por Campos et al. (2024), porém não apresentou bons resultados na produção de mudas de açaizeiro, conforme Campos et al. (2023).

Resultados positivos em promover o crescimento e a qualidade de mudas de outras espécies vegetais podem ser observados também com a inoculação de *B. subtilis*, como observado para o açaizeiro (Campos et al., 2023) e a herbácea zínia (Silveira et al., 2025) e, esteve entre as que promoveram os melhores resultados também para o ipê-amarelo conforme verificado por Campos et al. (2024).

A rizobactéria *B. megaterium* não apresentou resultados satisfatórios na produção de mudas de jequitibá-branco (Figura 2), no entanto, foi eficiente na produção de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea*), conforme verificado por Campos et al. (2023).

Há, portanto, diferenças nas respostas das diversas espécies vegetais em associação com as diferentes espécies e cepas de bactérias. Para algumas vezes, quando a aplicação das rizobactérias é realizada no solo, tem sido

observada incompatibilidade dos microrganismos introduzidos com a microbiota nativa associada à rizosfera da planta, o que gera competição entre eles, alterando os efeitos positivos do microrganismo-alvo (Khanghahi et al., 2024) e, conseqüentemente, desenvolvimento inadequado das mudas ou há compatibilidade gerando benefícios; no entanto, pouco se sabe sobre a dinâmica de estabelecimento dos microrganismos em substratos compostos por constituintes orgânicos e, mais ainda, quando são inertes (Campos et al., 2023).

As possibilidades de interferência na vida microbiana são vastas. Fatores abióticos, como a temperatura, nutrientes, pH, salinidade, fontes de energia e elementos tóxicos; bem como fatores bióticos representados, principalmente, pela genética microbiana e pela interação entre microrganismos, exercem um poder de limitação sobre a sobrevivência e atividade dos microrganismos (Cavalcante et al., 2022; Cunha et al., 2024) e, ainda, a dosagem, forma e frequência de inoculação das bactérias.

Assim, os efeitos benéficos da associação das rizobactérias *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* no crescimento e no desenvolvimento de mudas do jequitibá-branco, verificadas neste estudo (Figura 2), podem estar relacionados à dosagem e à forma de aplicação dessas bactérias, à composição e manejo do substrato e, também, às condições de temperatura e umidade relativa do ar (Figura 1), durante o desenvolvimento da pesquisa, que favoreceram o desenvolvimento e a associação dessas bactérias com o jequitibá-branco.

Efeito do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*

Houve ajuste de regressão quadrática para comprimento do sistema radicular e linear positiva para massa seca de raízes, massa seca total e Índice de Qualidade de Dickson (Figura 4). Para as demais características, não houve ajuste de regressão alguma, demonstrando que não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

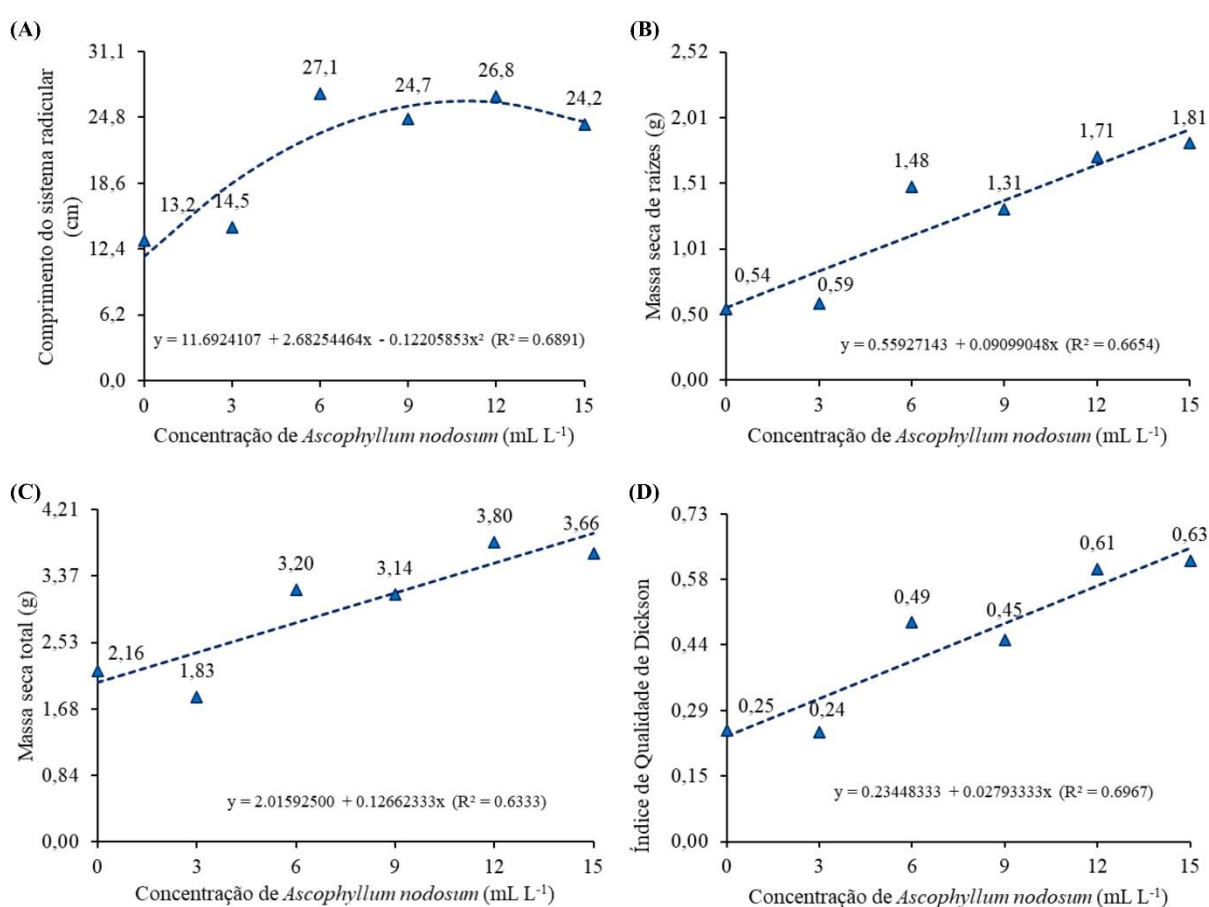


Figura 4. Comprimento do sistema radicular (A), massa seca de raízes (B) e total (C) e Índice de Qualidade de Dickson (D) de mudas de jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*) tratadas ou não (controle) com extrato da alga *A. nodosum*.

Embora o extrato de *A. nodosum* contenha diversos compostos reguladores do crescimento vegetal (Feitosa et al., 2024), sua aplicação pode

modular o comportamento fisiológico das plantas de distintas formas, conforme observado neste estudo.

A superioridade do sistema radicular das mudas de jequitibá-branco tratadas com as concentrações mais elevadas do extrato de *A. nodosum* pode ser observada também na Figura 5. Esse incremento pode estar associado aos nutrientes presentes no extrato, que favorecem o aumento do comprimento e do volume radicular, ampliando a exploração da rizosfera (Bernardes et al., 2023).

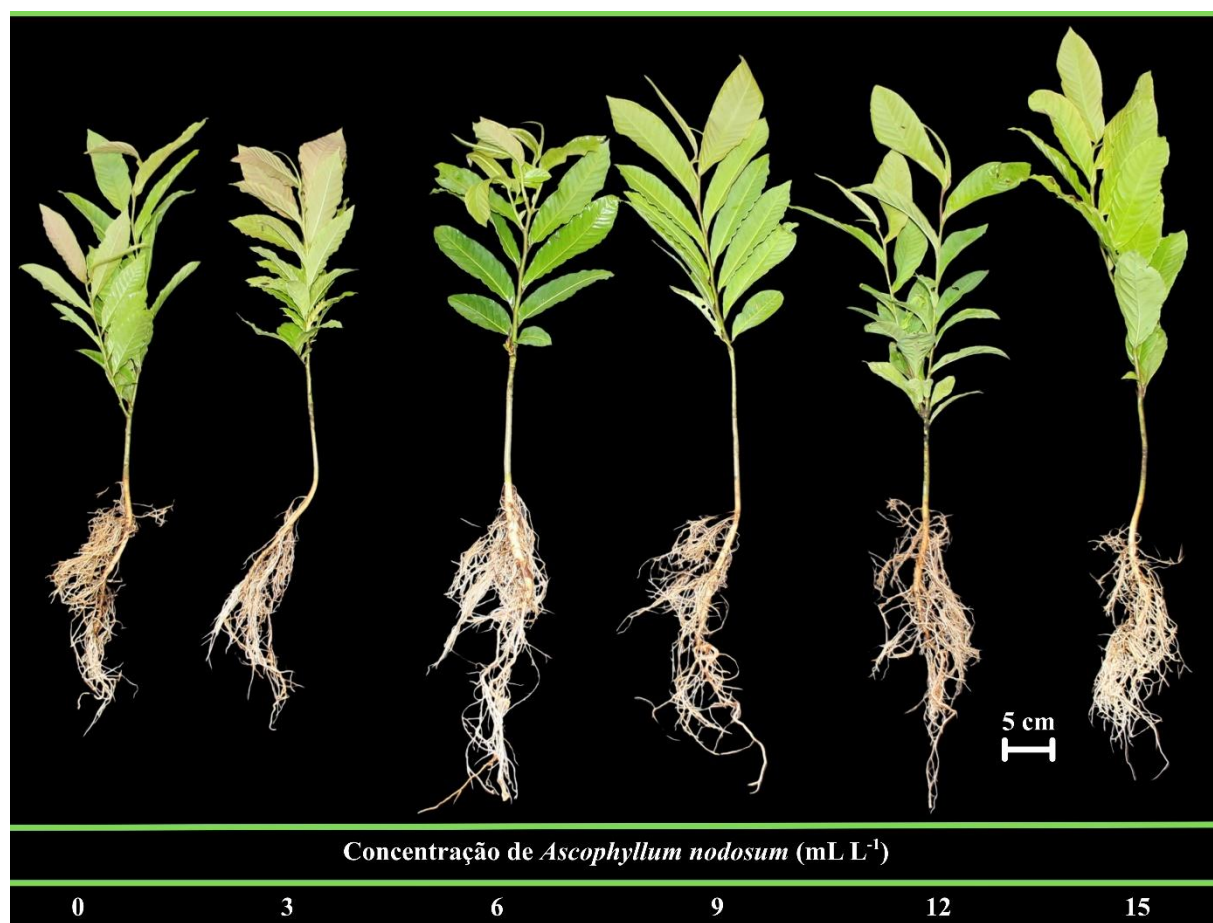


Figura 5. Aspecto visual das mudas de jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*) tratadas (3, 6, 9, 12 e 15 mL L⁻¹) ou não (controle - 0) com extrato da alga *A. nodosum*.

Além disso, esse incremento pode estar relacionado ao aumento de

fitormônios exógenos presentes no extrato de algas marinhas, os quais favorecem a divisão celular (Bernardes et al., 2023; Carvalho et al., 2024). Nesse contexto, o extrato influencia a síntese hormonal, especialmente de auxinas e citocininas, promovendo a formação e o crescimento do sistema radicular (Silva et al., 2020).

CONCLUSÕES

As rizobactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *B. subtilis* são os inoculantes mais eficientes para a produção de mudas de *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco) em condições de viveiro.

O extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, em concentrações superiores a 6 mL L⁻¹, promove a formação de mudas mais vigorosas, principalmente em decorrência do maior desenvolvimento do sistema radicular.

REFERÊNCIAS

ALONSO, R.S.; SODRÉ, G.A.; SILVA, D.C. Dickson Quality Index of cocoa genotypes under water deficit. **Forests**, v.15, n.12, p.2054-2054, 2024. <https://doi.org/10.3390/f15122054>

AVELINO, N.R.; SCHILLING, A.C.; DALMOLIN, Â.C.; SANTOS, M.S.D.; MIELKE, M.S. Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, v.31, n.4, p.1733-1750, 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509843229>

AYAZ, M.; ALI, Q.; ZHAO, W.; CHI, Y.K.; ALI, F.; RASHID, K.A.; CAO, S.; HE, Y.Q.; BUKERO, A.A.; HUANG, W.K.; QI, R.D. Exploring plant growth promoting traits and biocontrol potential of new isolated *Bacillus subtilis* BS-2301 strain in suppressing *Sclerotinia sclerotiorum* through various mechanisms. **Frontiers in Plant Science**, v.15, e1444328, 2024. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1444328>.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat** - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos - versão 1.1.0.711. 2014.

BARROS-RODRÍGUEZ, A.; PACHECO, P.; PEÑAS-CORTE, M.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A. J.; COBO-DÍAZ, J.F.; ENRIQUE-CRUZ, Y.; MANZANERA, M. Comparative study of *Bacillus*-based plant biofertilizers: A proposed index. **Biology**, v.13, n.9, p.668, 2024. <https://doi.org/10.3390/biology13090668>

BATISTA, J.E.S.; SOUZA, A.M.B.; FERREIRA, K.B.; VIEIRA, G.R.; CAMPOS, T.S.; FERRAZ, M.V.; MAZZINI-GUEDES, R.B.; PIVETTA, K.F.L. Produção sustentável de mudas de amendoim-do-campo para uso na arborização urbana. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.4, p.27821-27835, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-331>

BERNARDES, R.S.; SANTOS, S.C.; SANTOS, C.C.; HEID, D.M.; VIEIRA, M.C.; TORALES, E.P. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract and mineral nitrogen in *Alibertia edulis* seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.3, p.173-180, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n3p173-180>

CAMPOS, T.S.; PATRÍCIO, M.P.; VIEIRA, G.R.; SOUZA, A.M.B.; SANTOS, C.H.B.; RIGOBELLO, E.C.; PIVETTA, K.F.L. Rhizobacteria in growth and quality of açai seedlings. **Ornamental Horticulture**, v.29, n.2, p.210-217, 2023. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i2.2596>

CAMPOS, T.S.; VIEIRA, G.R.; SOUZA, A.M.B.; SANTOS, C.H.B.; RIGOBELLO, E.C.; PIVETTA, K.F.L. Rhizobacteria increase the growth and quality of *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos seedlings. **Revista Árvore**, v.48, e4814, 2024. <https://dx.doi.org/10.53661/1806-9088202448263634>

CAMPOS, T.S.; SOUZA, A.M.B.; VIEIRA, G.R.; BRAGA, A.C.; SANTOS, C.H.B.; RIGOBELLO, E.C.; PIVETTA, K.F.L. Enhancing growth and quality of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) seedlings by rhizobacteria inoculation. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.55, n.10, p.1-14, 2025. <https://doi.org/10.33494/nzjfs552025x419x>

CARVALHO, R.S.; SANTANA, J.O.; PAZ, C.D.; OLIVEIRA, R.A.O.; CRUZ, A.R.; SOUZA, M.J.; LOIOLA, M.V.C.; COELHO, M.J.S.; GOMES, M.C.S. Desempenho de mudas de tomate com diferentes doses de extrato de algas marinhas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v.22, n.12, p.01-16, 2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n12-112>

CAVALCANTE, F.; CHAVES, V.; SILVA, A.; MARTINS, C.; MARTINS, S.C. Actinobactérias benéficas do solo: potencialidades de uso como promotores de crescimento vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, v.19, n.40, p.15-35, 2022. http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2022B2

CUNHA, E.T.; PEDROLO, A.M.; ARISI, A.C.M. Thermal and salt stress effects on the survival of plant growth-promoting bacteria *Azospirillum brasilense* in inoculants for maize cultivation. **Journal of the Science of Food and**

Agriculture, v.104, n.9, p.5360-5367, 2024. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.13366>

DARDENGO, J.F.E.; ROSSI, A.A.B.; PEDRI, E.C.M.; PENA, G.F.; SANTOS, J.S.; TIAGO, A.V.; SANTOS, C.G.; HOOGERHEIDE, E.S.S. Agrobiodiversidade em quintais agroflorestais no norte de Mato Grosso. **Journal of Development**, v.8, n.1, p.2578-2593, 2022. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n1-167>

DIAS, A.S.; SANTOS, C.C. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso**. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 98p. <https://doi.org/10.46420/9786581460631>

DOBRYŃSKI, J.; JAKUBOWSKA, Z.; DYBEK, B. Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth. **Frontiers in Microbiology**, v.13, e1069053, 2022. <https://doi.org/doi: 10.3389/fmicb.2022.1069053>

FEITOSA, P.M.; SANTOS, C.C.; RIBEIRO, L.M.; DIAS, J.R.P.C.; UNIVER, V.S.P. Potencial do uso de extratos de algas na agricultura sustentável. In: SANTOS, C.C. **Manejo fisiológico e nutricional de plantas: abordagens práticas na agricultura**, v.2, p.78-98, 2024. <https://doi.org/10.37885/240616886>

FERREIRA, T.R.; RODRIGUES, J.D.S.; GALOTE, J.K.B.; CRASQUE, J.; NETO, B.C.; FALQUETO, A.R.; ARANTES, L.O.; ARANTES, S.D. Mitigation of high temperatures with *Ascophyllum nodosum* biostimulants in papaya (*Carica papaya* L.) seedlings. **Plants**, v.14, n.3, p.317, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14030317>

GIRI, B.R.; CHATTARAJ, S.; RATH, S.; PATTAIAK, M.M.; MITRA, D.; THATOI, H. Unveiling the molecular mechanism of *Azospirillum* in plant growth promotion. **Bacteria**, v.4, n.3, p.36, 2025. <https://doi.org/10.3390/bacteria4030036>

IRIK, H.A.; BIKMAZ, G. Effect of different salinity on seed germination, growth parameters and biochemical contents of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds cultivars. **Scientific Reports**, v.14, n.1, p.6929, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55325-w>

KHANGHAHI, M. Y.; SPAGNUOLO, M.; FILANNINO, P.; MINERVINI, F.; CRECCHIO, C. Genetic and ecological inheritance of plant growth-promoting rhizobacteria. **Plant and Soil**, v.509, n.1, p.15-33, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06852-y>

KUMARI, S.; EHRAWAT, K.D.; PHOGAT, D.; SEHRAWAT, A.R.; CHAUDHARY, R.; SUSHKOVA, S.N.; VOLOSHINA, M.S.; RAJPUT, V.D.; SHMARAEVA, A.N.; MARC, R.A.; SHENDE, S.S. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a pivotal biostimulant toward sustainable agriculture: A comprehensive review. **Agriculture**, v.13, n.6, p.1179, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061179>

LEE, S.; KIM, J.A.; SONG, J.; CHOE, S.; JANG, G.; KIM, Y. Plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus megaterium* modulates the expression of antioxidant-related and drought-responsive genes to protect rice (*Oryza sativa* L.) from drought. **Frontiers in microbiology**, v.15, p.1430546, 2024. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1430546>

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 7. ed. v. 1, São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2016. 227p.

LUO, L.; ZHAO, C.; WANG, E.; RAZA, A.; YIN, C. *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. **Microbiological Research**, v.259, p.127016, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127016>

MANOKARI, M.; RAJ, M.C.; DEY, A.; FAISAL, M.; ALATAR, A.A.; JOSHEE, N.; SHEKHAWAT, M.S. Improvements in morpho-anatomical traits of adventitious roots of *Hedyotis biflora* (L.) Lam. using silicon nanoparticles. **Silicon**, v.15, n.13, p.5747-5755, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02484-6>

REN, P.; ZHOU, B.; BI, Y.; CHEN, X.; YAO, S.; YANG, X. *Bacillus subtilis* can promote cotton phenotype, yield, nutrient uptake and water use efficiency under drought stress by optimizing rhizosphere microbial community in arid area. **Industrial Crops and Products**, v.227, p.120784, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120784>

SILVA, P.O.; CARLOS, L.; COSTA, A.M.; DIAS, J.S.; VENEZIANO, V.M.; RODRIGUES, C.R. Ureia como fonte de nitrogênio na fisiologia e crescimento inicial de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae). **Ciência Florestal**, v.30, n.4, p.1192-1200, 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509842643>

SILVEIRA, M.M.; BRAGA, A.C.; LIMA, M.C.D.; SOUZA, A.M.B.; CAMPOS, T.S.; SANTOS, C.H.B.; RIGOBELLO, E.C.; PIVETTA, K.F.L. Sustainable zinnia cultivation: influence of rhizobacteria inoculation on emergence and biometric traits. **Ornamental Horticulture**, v.31, e312785, 2025. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v31.e312785>

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. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.52, e70577, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5270577>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. 858p.

TIEPO, A.N.; HERTEL, M.F.; ROCHA, S.S.; CALZAVARA, A.K.; OLIVEIRA, A.L.M.; PIMENTA, J.A.; OLIVEIRA, H.C.; BIANCHINI, E.; STOLF-MOREIRA, R. Enhanced drought tolerance in seedlings of Neotropical tree species inoculated

with plant growth-promoting bacteria. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.130, p.277-288, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.07.021>

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal. **Dados Estação Convencional I** - 2026. Available from: <<https://www.fcav.unesp.br/#!/estacao-agroclimatologica/dados/estacao-convencional/>>. Accessed: Feb. 18, 2026.

UPADHYAY, S.K.; SRIVASTAVA, A.K., RAJPUT, V.D.; CHAUHAN, P.K.; BHOJIYA, A.A.; JAIN, D.; CHAUBEY, G.; DWIVEDI, P.; SHARMA, B.; MINKINA, T. Root exudates: mechanistic insight of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable crop production. **Frontiers in Microbiology**, v.13, p.916488, 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.916488>