



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUCAS MATHEUS DA SILVA MONTEIRO

ESTUDO DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM *Canistrum aurantiacum* SUBMETIDAS AO CO-CULTIVO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO.

Recife, PE

2025

LUCAS MATHEUS DA SILVA MONTEIRO

ESTUDO DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM *Canistrum aurantiacum* SUBMETIDAS AO CO-CULTIVO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Ulisses de Carvalho Silva

Coorientadora: MSc.
Henarmanny Cristina Alves de Oliveira

Recife, PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi - CRB-4 809

M772e Monteiro, Lucas Matheus da Silva.

Estudo dos parâmetros bioquímicos em *Canistrum aurantiacum* submetidas ao co-cultivo com bactérias promotoras de crescimento. / Lucas Matheus da Silva Monteiro. — Recife, 2025.

32 f.; il.

Co-orientador(a): Hena Cristina
Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em
Ciências Biológicas, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Bactérias. 2. Metabolismo. 3. Plantas ornamentais. 4.
Bacilos gram-positivos 5. Nitratos. I. Silva, Cláudia Ulisses de

LUCAS MATHEUS DA SILVA MONTEIRO

ESTUDO DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM *Canistrum aurantiacum* SUBMETIDAS AO CO-CULTIVO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 26/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr^a Cláudia Ulisses de Carvalho Silva (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dr. Flávia Carolina da Silva Lins (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dr^a Ana Virgínia de Lima Leite (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho às próximas gerações, que herdarão esta terra e, com sorte, sua verde arquitetura ainda intacta. Que suas raízes sejam tão firmes quanto as árvores que hoje lutamos para preservar, que seus sonhos floresçam sob a sombra de folhas que ainda respiram.

Às plantas que sustentam a vida, silenciosas artífices do equilíbrio. Que a luz continue a alimentar seus tecidos num ciclo essencial, e não se tornem apenas memória, mas que permaneçam vivas, resistentes, cumprindo seu papel insubstituível neste planeta.

E a quem, no presente ou no futuro, ousar lutar por cada folha, cada semente, cada pétala: que encontre forças e paixão na resiliência da própria natureza, onde mesmo o menor broto desafia o tempo, e renasce.

AGRADECIMENTOS

Sempre serei grato pela oportunidade de experienciar este universo. Mais ainda pela chance de conhecê-lo assim, tão microscopicamente, de forma tão íntima. A vida é uma aventura incrível, de uma fascinação sem fim, e isto me atrai magneticamente. Foi movido por uma curiosidade imensa que eu decidi investigar como vivem as plantas. Eu queria saber mais, e me apaixonei pelo que conheci. Tive a sorte de encontrar no caminho gente tão entusiasta no assunto que, a cada contato, eu saía mais extasiado pelo reino vegetal. Assim, gostaria de agradecer à minha orientadora, Cláudia, que possui o olhar mais sensível e dedicado de só quem verdadeiramente ama a natureza tem. Um agradecimento especial à Nanny, que me ofereceu todos os tipos de suporte possíveis, desde o começo, intelectual, emocional e profissional.

Obrigado a todos do grupo de pesquisa do LFP, que sempre foram muito gentis em responder minhas questões, muitas vezes em horários avançados da noite. Agradeço ao meu colega de pesquisa, Esdras, com quem passei incontáveis horas na casa de vegetação, e duvidando das bactérias. Preciso agradecer também à minha amiga Flávia, que me ajudou tantas vezes, pesando material seco no laboratório, até quase perder o ônibus. Agradeço a todos que minimamente conseguiram me tolerar nos meus picos de atividade, onde eu passei mais tempo falando de bromélia do que qualquer outra coisa. Vocês todos foram demais!

Por fim, porém talvez mais importante que tudo, eu gostaria de deixar registrado o meu agradecimento maior a minha família, em especial minha mãe, que sempre, absolutamente todas as vezes, me apoiou e me incentivou a persistir pelos meus sonhos, e de concluir minha graduação. Esta mulher inquebrantável, que foi o meu maior suporte, durante toda esta empreitada. Seu apoio foi o solo onde minhas ideias puderam crescer e florescer, e sua dedicação, como uma planta que se adapta e se fortalece, sempre foi meu maior exemplo de resiliência. Muito obrigado, mãe, por ser o farol que me guiou e me fez acreditar em cada passo dado nesta jornada.

RESUMO

Este estudo investigou a influência de bactérias promotoras de crescimento (BPCs) do gênero *Bacillus* no metabolismo primário de *Canistrum aurantiacum*, uma espécie ornamental nativa de Pernambuco e vulnerável. A pesquisa focou em parâmetros bioquímicos como pigmentos fotossintéticos e carotenoides, carboidratos, aminoácidos, proteínas e nitrato, com o objetivo de avaliar os efeitos das bactérias na planta. Os resultados indicaram que a inoculação com BPCs não apresentou variações significativas nos teores de pigmentos, carboidratos ou proteínas, tanto nas folhas quanto nas raízes. No entanto, observou-se uma modulação dos aminoácidos nas raízes, com os grupos tratados apresentando uma estabilidade maior em relação ao grupo controle. O tratamento com *Bacillus megaterium* mostrou um aumento significativo nos teores de nitrato nas raízes, sugerindo uma melhoria na absorção de nutrientes. Este estudo fornece insights iniciais importantes para o uso de BPCs em programas de cultivo de *Canistrum aurantiacum*.

Palavras-chave: bactérias promotoras de crescimento, metabolismo primário, *Canistrum aurantiacum*, *Bacillus*, nitrato, aminoácidos.

ABSTRACT

This study investigated the influence of plant growth-promoting bacteria (PGPB) from the *Bacillus* genus on the primary metabolism of *Canistrum aurantiacum*, an ornamental species native to Pernambuco and classified as vulnerable. The research focused on biochemical parameters such as photosynthetic pigments, carotenoids, carbohydrates, amino acids, proteins, and nitrate, aiming to evaluate the effects of the bacteria on the plant. The results indicated that inoculation with PGPB did not cause significant variations in the levels of pigments, carbohydrates, or proteins, either in the leaves or roots. However, modulation of amino acids in the roots was observed, with treated groups showing greater stability compared to the control group. Treatment with *Bacillus megaterium* led to a significant increase in nitrate levels in the roots, suggesting an improvement in nutrient absorption. This study provides important initial insights into the use of PGPB in *Canistrum aurantiacum* cultivation programs.

Keywords: plant growth-promoting bacteria, primary metabolism, *Canistrum aurantiacum*, *Bacillus*, nitrate, amino acids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Inflorescência de <i>Canistrum aurantiacum</i>.	13
Figura 2 – Teores de Clorofila <i>a</i> Clorofila <i>b</i> e Carotenoides.	18
Figura 3 – Teores de clorofila total e razão clorofila <i>a</i> e <i>b</i>.	19
Figura 3 – Teores de aminoácidos livres totais nas folhas e raízes.	20
Figura 4 – Concentrações de proteínas nas folhas e nas raízes.	21
Figura 5 – Teores de carboidratos nas folhas e nas raízes.	22
Figura 7 – Teores de nitrato nas folhas e nas raízes.	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3	OBJETIVOS.....	16
3.1	Geral	16
3.2	Específicos.....	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1	Material vegetal e condições experimentais	16
4.2	Cepas Bacterianas.....	17
4.3	Análises Bioquímicas	17
4.3.1	Pigmentos Fotossintéticos (Clorofilas <i>a</i> , <i>b</i> e Carotenoides)	17
4.3.2	Carboidratos, Aminoácidos, Proteínas e Nitrato.....	17
4.3.3	Análise de Dados	18
5	RESULTADOS	19
5.1.1	Pigmentos fotossintéticos.....	19
5.1.2	Aminoácidos livres totais em folhas e raízes.....	21
5.1.3	Proteínas solúveis totais em folhas e raízes	22
5.1.4	Carboidratos solúveis totais em folhas e raízes	23
5.1.5	Nitrato em folhas e raízes.....	24
6	DISCUSSÃO.....	25
7	CONCLUSÃO	27
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

As florestas úmidas tropicais são ecossistemas de extraordinária biodiversidade, desempenhando um papel crucial na regulação do clima global e na manutenção dos ciclos de nutrientes. Entre essas florestas, a Mata Atlântica se destaca como uma das mais ricas e ameaçadas do mundo. Com uma alta taxa de endemismo, a ecorregião enfrenta problemáticas severas, como a fragmentação de habitat e a retirada insustentável de espécies nativas, que comprometem sua integridade ecológica e a sobrevivência de inúmeras espécies (Oliveira, 2004; Branco et al., 2021).

Nesse contexto de degradação ambiental, o grupo das bromélias emergem interesse particular para a conservação, as quais pertencem a família Bromeliaceae, desempenham um papel fundamental nos ecossistemas da Mata Atlântica e são notáveis por sua habilidade de criar micro-habitats, conhecidos como fitotelmos, que acumulam água e nutrientes, oferecendo refúgio e recursos para uma vasta gama de organismos (Benzing, 2000). A importância dessas plantas para a biodiversidade é reforçada por sua capacidade de sustentar níveis tróficos variados e facilitar interações ecológicas complexas.

As bromélias, especialmente as epífitas, participam efetivamente no processo de ciclagem de nutrientes (Oliveira, 2004), estabelecendo interações que fortalecem seus ecossistemas. Sua arquitetura em roseta permite a criação de condições microclimáticas favoráveis dentro dos fitotelmos. Esses ambientes, ao receberem água das chuvas e detritos, possibilitam o estabelecimento dos primeiros níveis tróficos através da colonização de fitoplanctons, microalgas e cianobactérias (Givnish et al., 2014). Esses mos servem como refúgios temporários ou permanentes para diversos organismos, incluindo anuros, insetos, aves e mamíferos (Rocha et al., 2004).

Portanto, a conservação das bromélias é essencial não apenas pela preservação das próprias plantas, mas também pela manutenção da biodiversidade associada. Em seus tanques, podem conter diferentes quantidades de nutrientes em suspensão ou dissolução destes na água acumulada, provenientes da decomposição de materiais orgânicos (Nadkarni & Primack, 1989; Medina, 1990). Esses detritos são fundamentais para a diversidade de espécies associadas, ocupando uma posição basal na cadeia alimentar e sendo essenciais para a sobrevivência de muitos organismos (Martin, 1994; Oliveira et al., 1994; Rocha et al., 2004).

A família Bromeliaceae apresenta um número considerado de espécies ameaçadas de extinção no Brasil (IUCN, 2021; MMA, 2013) e o desaparecimento de suas espécies, causa impactos significativos e alterações severas no ambiente, sendo

que dois fatores básicos relacionados ao declínio ou perda de espécies na natureza são a destruição dos habitats, devido às ações antrópicas e o extrativismo seletivo. A modificação e degradação dos ecossistemas naturais afetam negativamente as populações de bromélias, além da exploração para paisagismo e jardinagem, as quais contribuem significativamente para a diminuição de suas populações.

Dada a importância dessa família vegetal para o ecossistema e o risco de seu desaparecimento, estratégias inovadoras são necessárias para garantir sua sobrevivência. Uma abordagem promissora envolve o uso da fisiologia vegetal como estratégia de rustificação para posterior reintrodução ao ambiente natural. Considerando que as populações de bromélias são escassas e vulneráveis, o uso de bactérias promotoras do crescimento (BPCs) de plantas, surge como uma das estratégias para minimizar sua escassez em habitat natural, promovendo o desenvolvimento e conseqüentemente a propagação destas plantas de maneira mais eficiente. Esses microrganismos podem melhorar a disponibilidade de nutrientes, promover a síntese de fitormônios e contribuir para o controle biológico de fitopatógenos, oferecendo inúmeros benefícios para as plantas (Olanrewaju et al., 2017; Gul et al., 2023).

A interação entre bromélias e BPCs pode ser uma estratégia eficaz para projetos de reintrodução, ajudando a garantir que as plantas reintroduzidas tenham maior capacidade de adaptação ao ambiente natural. O uso de microrganismos promotores do crescimento de plantas pode influenciar positivamente o metabolismo primário das plantas (Hungria et al., 2010; Aquino et al., 2019). A hipótese deste estudo é que o co-cultivo de bromélias com BPCs melhorará significativamente o desenvolvimento e a sobrevivência das plantas, facilitando sua reintrodução e contribuindo para a conservação da Mata Atlântica.

Portanto, o objetivo geral deste estudo foi investigar o crescimento e desenvolvimento de *Canistrum aurantiacum*, espécie nativa da porção norte da Mata Atlântica, associada com bactérias promotoras do crescimento, avaliando os benefícios e implicações dessa interação para estratégias de reintrodução e conservação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Mata Atlântica é um dos seis domínios morfoclimáticos que compõem o continente brasileiro. Originalmente ocupava aproximadamente 13% do território nacional, cobrindo toda a costa brasileira e estendendo-se até zonas interioranas, porém com o impacto das ações humanas, atualmente a Mata Atlântica possui somente cerca de 7% de sua área original (Fundação SOS Mata Atlântica, 2024). Apesar dessa enorme

diminuição de suas áreas original, continua a exibir uma deslumbrante diversidade, com grande número de espécies endêmicas, e por isso a Mata Atlântica está classificada entre os principais *hotspots* para a conservação da biodiversidade, dada a sua alta vulnerabilidade (Myers et al. 2000). Com predominância de temperaturas amenas e alta pluviosidade, com raros períodos de seca, o ambiente oferecido pela Mata Atlântica é absolutamente favorável para as mais diversas espécies vegetais (Santos, 2014).

Dentro da vasta biodiversidade da Mata Atlântica, a família Bromeliaceae destaca-se pela sua relevância ecológica, as quais são notáveis não apenas por sua diversidade, mas também pelo papel fundamental que desempenham nos ecossistemas, especialmente no que diz respeito à criação de micro-habitats e à facilitação de interações ecológicas complexas. Entretanto, diversas espécies dentro dessa família, enfrentam riscos significativos de extinção devido à fragmentação de habitat e à exploração insustentável (Martinelli et al., 2008, Forzza, 2014).

A planta escolhida para a realização deste trabalho pertence à subfamília Bromelioideae e gênero *Canistrum*, cujas plantas são nativas do Brasil. A espécie *Canistrum aurantiacum*, por sua vez, é endêmica da Floresta Atlântica dos Estados de Pernambuco e Alagoas (Brasil). É uma espécie esciófila, epifítica, terrestre ou rupícola que habita os sub-bosques das matas (Siqueira Filho, 1997). Esta espécie, bem como o gênero *Canistrum* (do grego Kanos, "cesto repleto de flores"), foram descritos originalmente por Édouard Morren em 1873, a partir de espécies coletadas em Pernambuco e publicadas em um periódico intitulado "La Belgique Horticole". *C. aurantiacum* apresenta o porte mais avantajado dentre todas do gênero, sendo sua inflorescência a mais robusta e compacta. É uma planta herbácea ou arbustiva habitando desde o nível do mar até cerca de 900 m de altitude (Leme, 1997). Apresentam inflorescências mais curtas que as lâminas foliares, brácteas involucrais vermelhas e flores amarelo-ouro com pétalas lanceoladas (Figura 1). Suas flores surgem no final de outubro, com pico de floração em dezembro, podendo ainda florescer em janeiro e fevereiro (Siqueira Filho & Machado, 2001). Todo o gênero *Canistrum* apresenta ornitofilia como principal síndrome de polinização, cuja antese é diurna e sem odor nas flores. As principais aves que visitam suas flores são beija-flores, e outros passeriformes, incluindo espécies também endêmicas e ameaçadas da Mata Atlântica nordestina, como *Tangara faustuosa* (Saíra-pintor) (Azevedo Junior et al., 1998; Collar, 1994).



Figura 1. Inflorescência de *Canistrum aurantiacum*.

Fonte: Página do BioDiversity4All na internet¹

Atualmente, *C. aurantiacum* ocupa uma área de apenas 164 km², sendo esta área alvo de desmatamento e fragmentação. Estima-se que cada subpopulação possui apenas cerca de 50 indivíduos, por essa razão, além da carência de dados sobre sua ecologia, reprodução e fenologia, a espécie foi classificada como "Em Perigo" (EN) em 2013 pela Lista Vermelha da Flora Brasileira (CNCFlora, 2012; MMA, 2013). Existem registros de ocorrência da espécie nas Reservas Biológicas de Saltinho, em Tamandaré, na Reserva Ecológica de Brejo dos Cavalos, em Caruaru, no Parque Estadual de Dois Irmãos, em Recife e na Estação Ecológica do Murici, em Murici, Alagoas (Siqueira Filho & Leme, 2006; Martinelli et al., 2008).

A conservação de espécies ameaçadas como *C. aurantiacum* requer a implementação de estratégias inovadoras. Uma abordagem promissora é a rustificação de plantas, que visa adaptar espécies cultivadas em condições controladas para posterior reintrodução ao ambiente natural. Esta técnica é essencial para aumentar a resistência das plantas às condições adversas do habitat natural e melhorar suas chances de sobrevivência e adaptação.

¹ Disponível em <https://www.biodiversity4all.org/taxa/430780-Canistrum-aurantiacum>. Acesso em 24 de fev. de 2025.

Nos ambientes naturais, o sistema radicular das plantas geralmente está associado a uma microbiota que promove uma série de benefícios ao vegetal em desenvolvimento. Os organismos capazes de promover o crescimento em plantas são bem explorados na agricultura e em técnicas de biotização, no cultivo *in vitro* de órgãos e/ou plantas. Diferentes microrganismos, incluindo bactérias e fungos, que vivem na rizosfera das plantas e se alimentam de células vegetais descamadas, proteínas e açúcares liberados pelas raízes (Hütsch et al., 2002; Al-Ani, 2019a, b), têm sido usados como microrganismos promotores de crescimento na agricultura. Estes microrganismos podem sintetizar fitormônios e vários outros compostos orgânicos que podem melhorar o crescimento e a produtividade das plantas, auxiliando no enraizamento, no alongamento dos brotos e podem ser úteis na fase de rustificação. Esses microrganismos influenciam todos os aspectos da vida das plantas, incluindo germinação, crescimento e resposta a estresses bióticos e/ou abióticos (Soumare et al., 2021).

Os microrganismos promotores de crescimento podem melhorar o crescimento e a proteção das plantas por meio de ações diretas e/ou indiretas. Os mecanismos diretos melhoram o crescimento das plantas, fornecendo nutrientes ou produzindo reguladores de crescimento, enquanto os mecanismos indiretos ajudam a planta a crescer de forma saudável sob estresses abióticos ou protegem a planta contra infecções, parasitas ou certos predadores (estresses bióticos) (Souza & Passaglia, 2015; Soumare et al., 2021).

Tradicionalmente, os microrganismos promotores de crescimento são classificados em dois grupos: os fungos e bactérias promotoras do crescimento. Estas últimas são constituídas por bactérias de vida livre, associativas, endofíticas e formadoras de nódulos (simbióticas). Estes microrganismos podem atuar como biofertilizantes, bioestimulantes e/ou agentes de controle biológico. Os gêneros de BPCs mais amplamente explorados são *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Frankia*, *Burkholderia*, *Thiobacillus*, *Serratia* e *Streptomyces* (Adesemoye et al., 2008; Sivasakthivelan & Saranraj, 2013; Verma et al., 2019; Subramaniam et al., 2020a, b). As BPCs, exercem um impacto significativo no metabolismo primário das plantas. Elas promovem o crescimento radicular, aumentam a absorção de nutrientes e melhoram a resistência a estresses bióticos e abióticos. Esses efeitos benéficos justificam a investigação utilizando BPCs como uma estratégia para a rustificação de plantas nativas, visando sua reintrodução em habitats naturais.

Diante das considerações apresentadas, a hipótese deste estudo é que o co-cultivo com BPCs melhorará significativamente o crescimento e desenvolvimento de *C. aurantiacum*, facilitando sua reintrodução e contribuindo para a conservação da Mata Atlântica.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Analisar a influência das bactérias promotoras de crescimento (BPCs) na bioquímica do metabolismo primário de *Canistrum aurantiacum*.

3.2 Específicos

- Analisar os parâmetros bioquímicos do metabolismo primário (pigmentos fotossintéticos, proteínas, aminoácidos, carboidratos e nitrato) das plantas de *C. aurantiacum* cultivadas com bactérias promotoras de crescimento (BPCs);
- Avaliar de forma comparativa para determinar qual espécie de bactéria promotora de crescimento proporcionou maior rustificação nas plantas de *C. aurantiacum*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal e condições experimentais

O experimento foi conduzido na casa de vegetação anexa ao Laboratório de Fisiologia de Plantas (LFP) pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE (8°04'03" S e 34°55'00" W). Sementes de *C. aurantiacum* foram doadas pelo Jardim Botânico do Recife-PE (08°04' e 08°05'S; 34°59' e 34°57" W), provenientes do município de Taquaritinga do Norte - PE e de uma subpopulação localizada no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), Recife - PE.

As sementes foram extraídas do fruto de *C. aurantiacum* e semeadas em bandejas de 30,2 L x 20,8 C x 6,3 A (cm) contendo uma camada de areia lavada sobre uma camada de substrato orgânico (1:1). Após 10 dias houve de forma não sincronizada a emergência das plântulas. Estas foram mantidas em casa de vegetação, recebendo rega a cada dois dias, permanecendo assim por aproximadamente 60 dias, para que as plantas pudessem adquirir o tamanho ideal para iniciar o experimento.

Aos 60 dias as plantas foram transplantadas para bandejas contendo 2kg de uma mistura de substrato orgânico e areia lavada (1:1) esterilizados em por duas vezes em autoclave, durante 90 min a 120°C.

4.2 Cepas Bacterianas

Foram utilizadas 3 cepas de BPCs: (1) *Bacillus subtilis*, (2) *Bacillus megaterium* e (3) *Bacillus cereus*, as quais foram avaliadas quanto a atividade isolada do organismo promotor de crescimento nas plantas. As cepas supracitadas foram fornecidas pelo Laboratório de Fitobacteriologia da UFRPE, do Departamento de Agronomia. Inicialmente foram cultivadas em caldo nutritivo para o isolamento e cultivo de microrganismos: meio Luria Bertani (LB) suplementado com 10 g L⁻¹ triptona, 5 g L⁻¹ extrato de levedura, 10 g L⁻¹ NaCl e mantidas em caldo nutritivo com 20% de glicerol a -80°C. As colônias individuais foram transferidas para frascos com capacidade de 100 ml contendo meio de cultura e cultivadas de forma aeróbica em um agitador rotativo (200 rpm) por 48h a 28°C. A suspensão bacteriana foi diluída em água destilada esterilizada até a concentração final de 10⁹ UFC/ml para uso de inoculação, conforme método de Santoro et al. (2011).

O experimento foi composto por um tratamento controle: (B0) sem bactéria (controle); e quatro tratamentos com BPCs: (B1) *Bacillus subtilis*; (B2) *Bacillus megaterium*; (B3) *Bacillus cereus*; além de um tratamento contendo um consórcio entre as três espécies de bactérias: (B4). Foram inseridos 50 ml de suspensão bacteriana na mistura de solo da bandeja, enquanto plantas controles receberam 50 ml de água estéril. As plantas permaneceram nessas condições por 64 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, contendo 10 repetições por tratamento, perfazendo um total de 50 plantas.

4.3 Análises Bioquímicas

O extrato vegetal foi obtido a partir da maceração de 0,2 g das folhas e raízes frescas, em 2 ml de álcool (80%), em seguida levado à centrífuga por 15 minutos a 1000 rpm, em temperatura ambiente. Após isso, foram transferidos os 2 ml do sobrenadante para tubos com álcool a 80% completando o volume de 12,5 ml.

4.3.1 Pigmentos Fotossintéticos (Clorofilas a, b e Carotenoides)

Os teores de clorofila total (a e b) e carotenoides foram determinados de acordo com o método descrito por Bezerra & Barreto (2011). As leituras espectrofotométricas foram realizadas em 645, 663 e 470 nm para as clorofilas b, a e carotenoides respectivamente. Os teores de pigmentos fotossintéticos foram calculados pelas equações propostas por Lichtenthaler & Buschmann (2001) e os resultados estão expressos em mg g⁻¹ massa seca.

4.3.2 Carboidratos, Aminoácidos, Proteínas e Nitrato

Os teores de carboidratos solúveis foram mensurados segundo Yemm &

Willis (1954), utilizando 2,0 ml de reagente antrona para cada 0,100 μL do extrato vegetal. A solução foi aquecida em banho-maria a 100°C por 10 minutos e posteriormente resfriadas em banho de gelo por 5 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados estão expressos em mg g^{-1} peso seco.

Os teores de aminoácidos livres totais também foram quantificados de acordo com a metodologia proposta por Bezerra & Barreto (2011), onde 0,500 μL do extrato vegetal foi diluído em tubos de ensaio contendo 0,250 μL de tampão citrato e 0,600 μL do agente revelador (20 mL de Ninidrina 5% e 100 mL de KCN 0,2 mM). Os tubos foram aquecidos em banho-maria a 100°C por 15 minutos e depois resfriados em banho de gelo por 5 minutos. Após isso, 1,5 mL de etanol a 60% foi pipetado em cada tubo, e seguiram para as análises em espectrofotômetro a 570 nm.

Para a determinação de proteína solúvel, foi utilizado o método de Bradford, em que 200 μL do extrato vegetal foi adicionado em 200 μL de albumina de soro bovino (BSA PA) e 4 mL do reagente coomassie brilliant blue, de acordo com Bezerra & Barreto (2011). As soluções foram agitadas e ficaram em repouso por 5 minutos, em seguida foram feitas as análises em espectrofotômetro a 595 nm.

O nitrato vegetal foi verificado seguindo o mesmo protocolo proposto por Bezerra & Barreto (2011), onde 0,2 mL do extrato vegetal foi pipetado em tubos de ensaio contendo 0,5 mL do agente revelador ($\text{AS-H}_2\text{SO}_4$). Essa mistura ficou em repouso por 20 minutos e posteriormente foi lentamente adicionado 10 mL de NaOH 4 M, e finalmente os tubos foram agitados até a coloração homogênea. Após os tubos esfriarem procedeu-se a leitura da absorbância a 410 nm em espectrofotômetro.

4.3.3 Análise de Dados

As análises e medidas foram submetidas à análise de variância (ANOVA one-way), respeitando os pré-requisitos (normalidade e homogeneidade), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando o software R versão 4.4.1.

5 RESULTADOS

5.1.1 Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila *a* (Fig. 2a), clorofila *b* (Fig. 2b) e carotenoides (Fig. 2c) não diferiram significativamente entre os tratamentos de inoculação com BPCs.

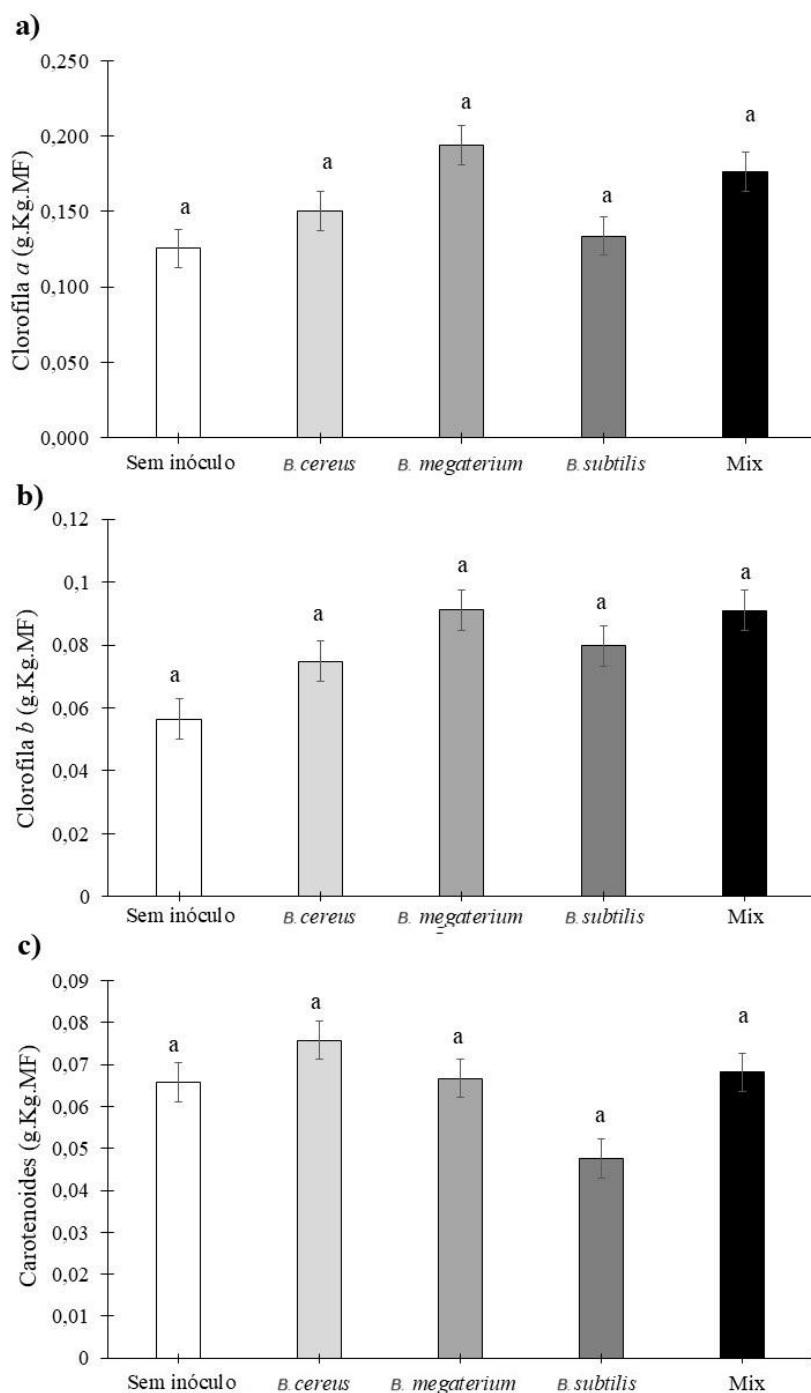


Figura 2. Teores de Clorofila *a* (a); Clorofila *b* (b) e Carotenoides (c) em *C. aurantiacum* submetida ao cocultivo com bactérias promotoras de crescimento do gênero *Bacillus* (controle:

sem inóculo; *B. cereus*; *B. megaterium*; *B. subtilis* e mix: consórcio de *B. cereus*, *B. megaterium* e *B. subtilis* aos 64 dias de cocultivo.

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos. A significância foi determinada pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$. Os componentes desse e de todos os outros gráficos neste trabalho são médias e erro padrão (n=5).

Os valores de clorofila total (Fig. 3a) e a relação clorofila *a/b* (Fig. 3b) não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

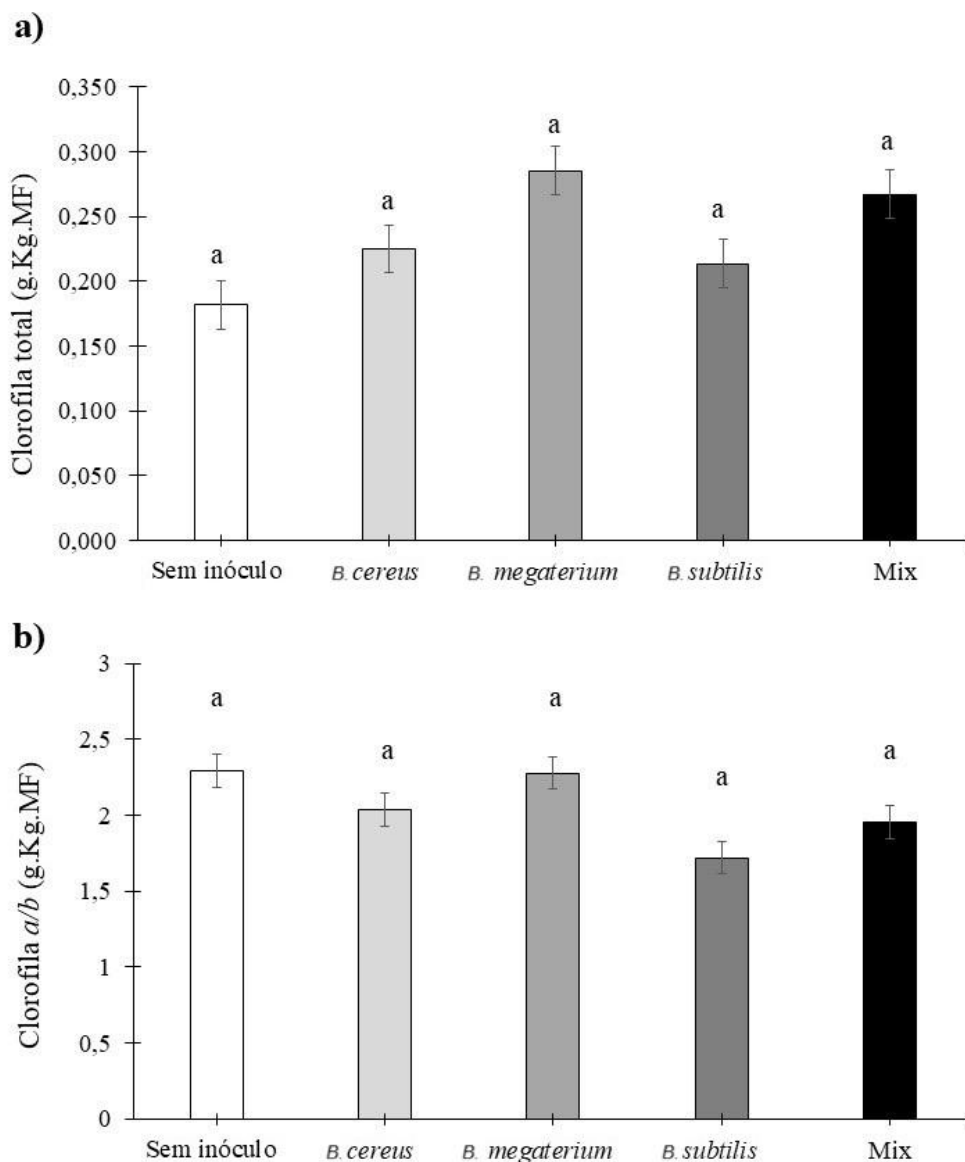


Figura 3. Teores de clorofila total (a) e razão clorofila *a* e *b* (b) de *C. aurantiacum* submetida ao cocultivo com bactérias promotoras de crescimento do gênero *Bacillus* (controle: sem inóculo; *B. cereus*; *B. megaterium*; *B. subtilis* e mix: consórcio de *B. cereus*, *B. megaterium* e *B. subtilis*) após 64 dias de cocultivo.

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos. A significância foi determinada pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$. Os componentes desse e de todos os outros gráficos neste trabalho são médias e erro padrão ($n=5$).

5.1.2 Aminoácidos livres totais em folhas e raízes

Os teores de aminoácidos nas folhas (Fig. 4a) não diferiram significativamente entre os tratamentos. Por outro lado, nas raízes (Fig. 4b), os teores de aminoácidos do grupo controle (não inoculado) são maiores que todos os tratamentos com inoculação por BPCs.

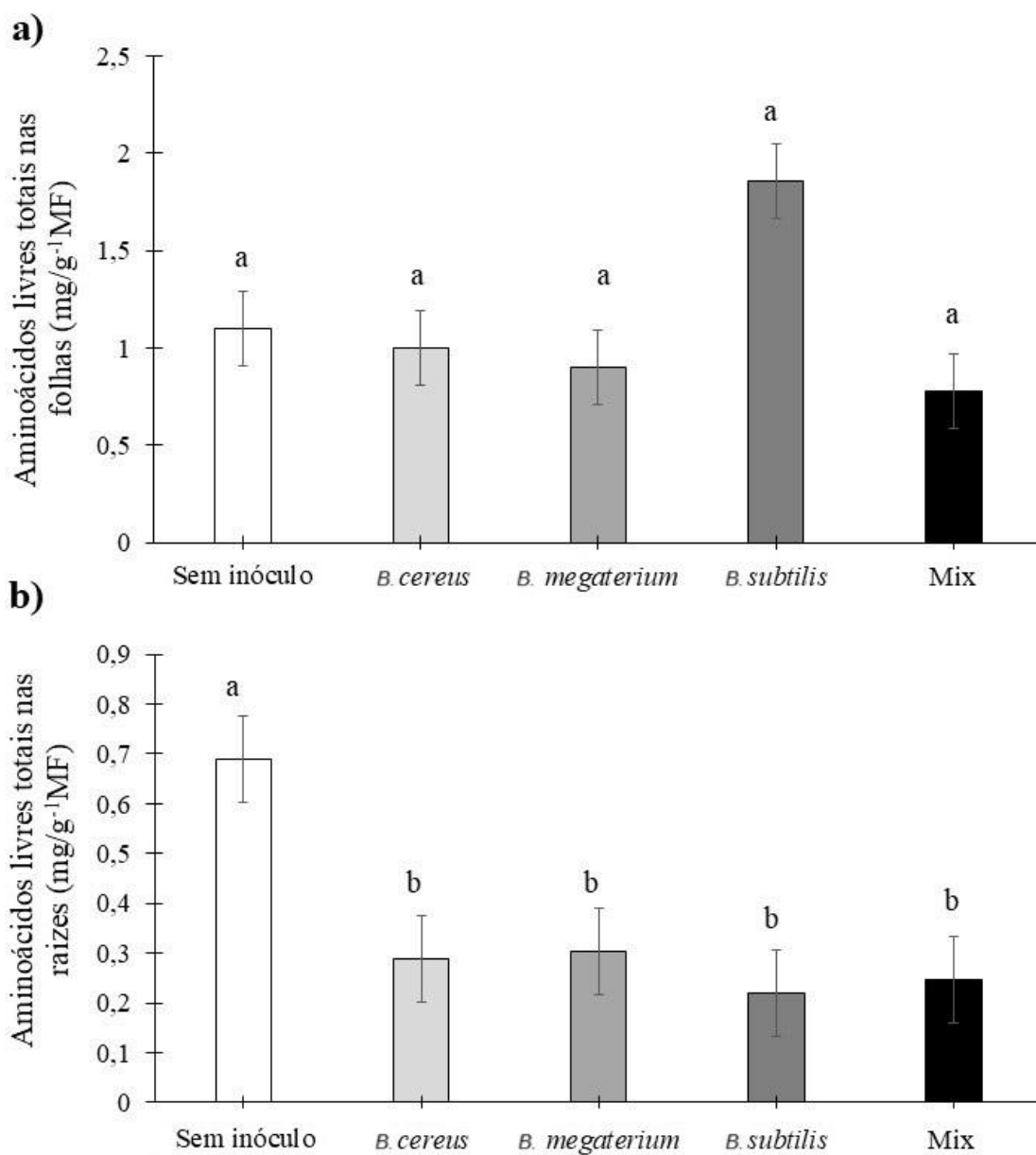


Figura 4. Teores de aminoácidos livres totais nas folhas (a) e nas raízes (b) de *C. aurantiacum* submetida ao cocultivo com BPCs do gênero *Bacillus* (controle: sem inóculo; *B. cereus*; *B.*

megaterium; *B. subtilis* e mix: consórcio de *B. cereus*, *B. megaterium* e *B. subtilis*) aos 64 dias de cocultivo.

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos. A significância foi determinada pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$. Os componentes desse e de todos os outros gráficos neste trabalho são médias e erro padrão ($n=5$).

5.1.3 Proteínas solúveis totais em folhas e raízes

Os teores de proteínas tanto nas folhas (Fig. 5a) quanto nas raízes (Fig. 5b) nos diferentes tratamentos de inoculação com BPCs não apresentaram variações significativas.

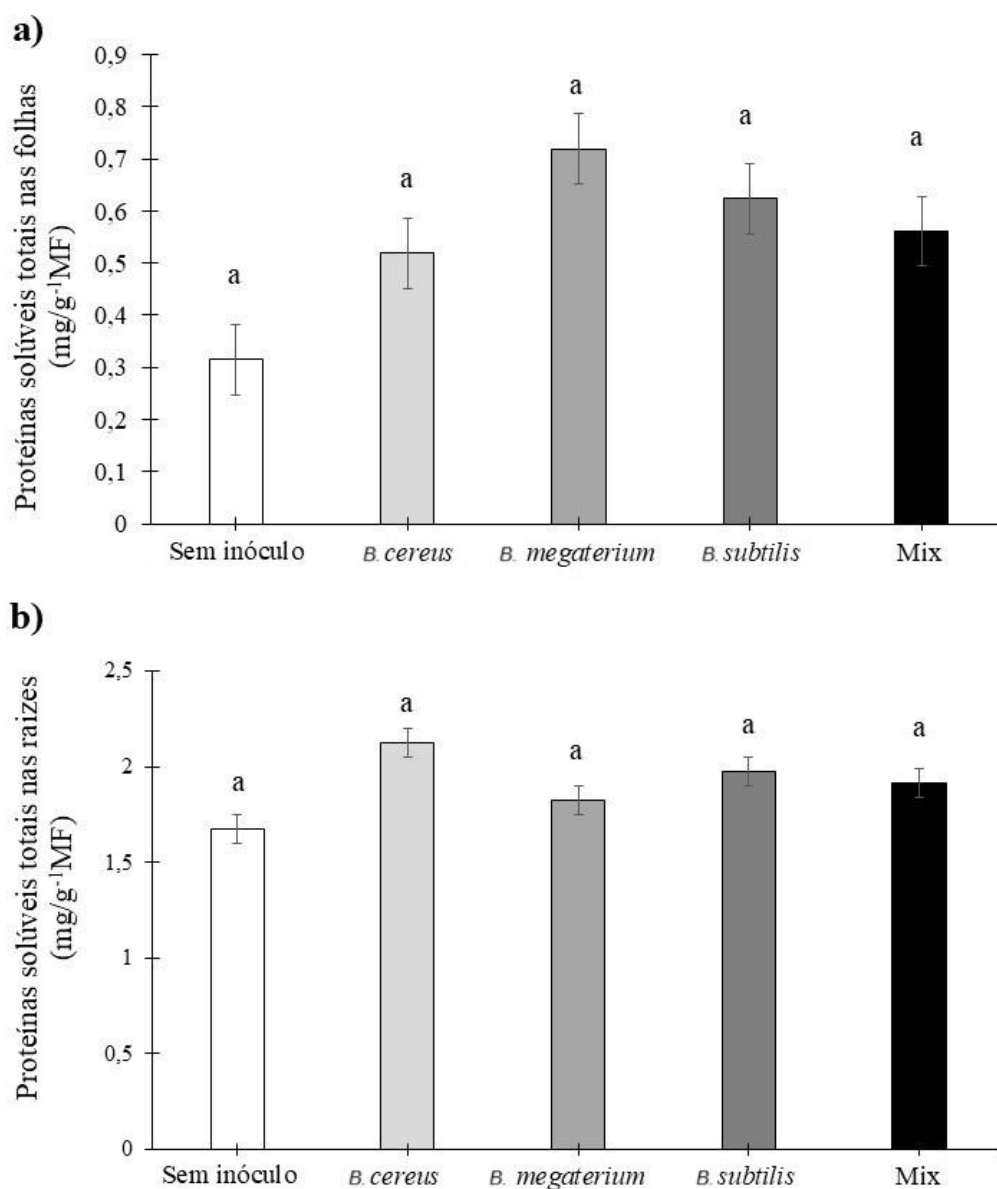


Figura 5. Concentrações de proteínas nas folhas (a) e nas raízes (b) de *C. aurantiacum* submetida ao cocultivo com bactérias promotoras de crescimento do gênero *Bacillus* (controle:

sem inóculo; *B. cereus*; *B. megaterium*; *B. subtilis* e mix: consórcio de *B. cereus*, *B. megaterium* e *B. subtilis*) após 64 dias de cocultivo.

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos. A significância foi determinada pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$. Os componentes desse e de todos os outros gráficos neste trabalho são médias e erro padrão ($n=5$).

5.1.4 Carboidratos solúveis totais em folhas e raízes

Os teores de carboidratos nas folhas (Fig. 6a) e nas raízes (Fig. 6b) não diferiram significativamente entre os tratamentos.

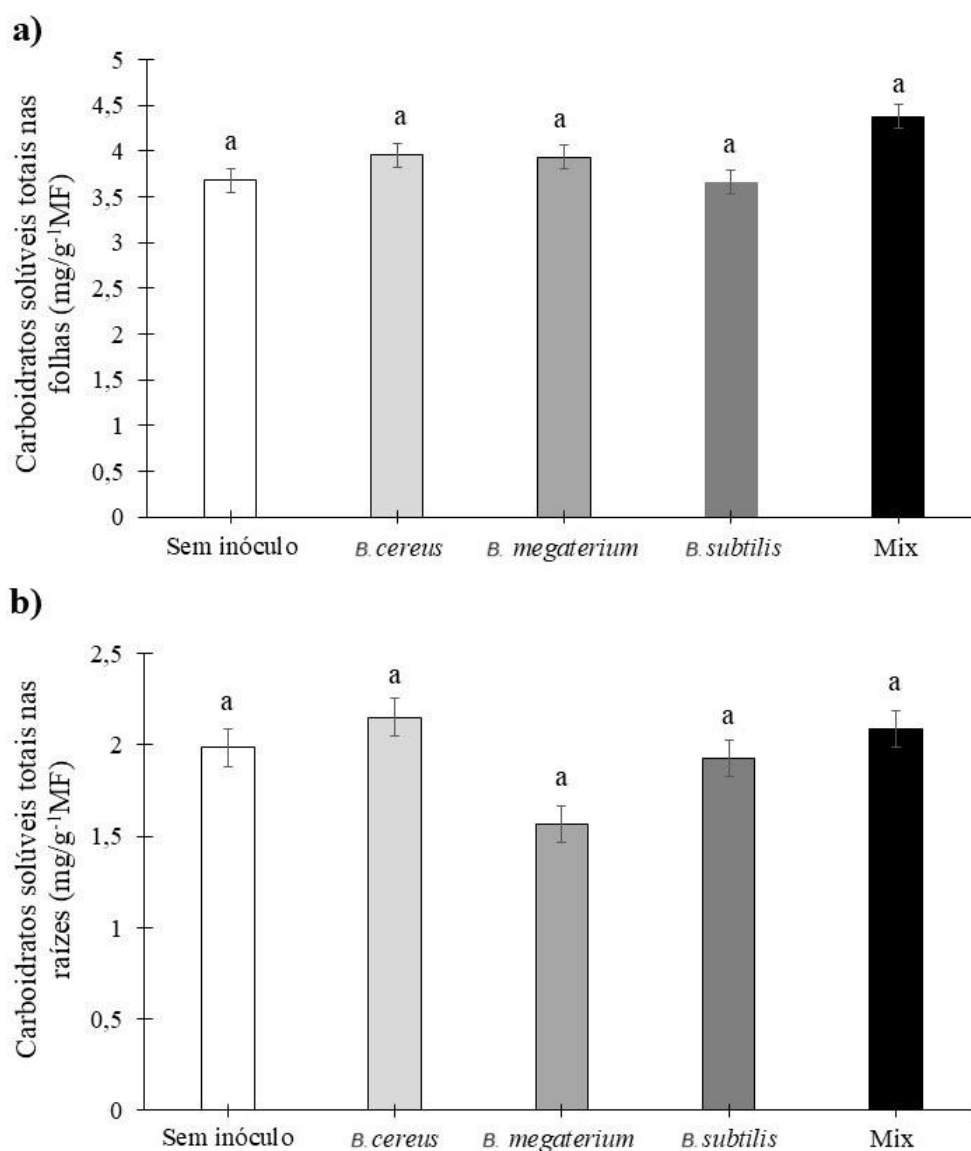


Figura 6. Teores de carboidratos nas folhas (a) e nas raízes (b) de *C. aurantiacum* submetida ao cocultivo com bactérias promotoras de crescimento do gênero *Bacillus* (controle: sem inóculo; *B. cereus*; *B. megaterium*; *B. subtilis* e mix: consórcio de *B. cereus*, *B. megaterium* e *B. subtilis*) aos 64 dias de cocultivo.

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos. A significância foi determinada pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$. Os componentes desse e de todos os outros gráficos neste trabalho são médias e erro padrão ($n=5$).

5.1.5 Nitrato em folhas e raízes

Os teores de nitrato nas folhas (Fig. 7a) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, nas raízes (Fig. 7b), foi possível observar que o tratamento com *B. megaterium* apresentou nível de nitrato superior em relação aos tratamentos com *B. cereus* e o consórcio *mix*.

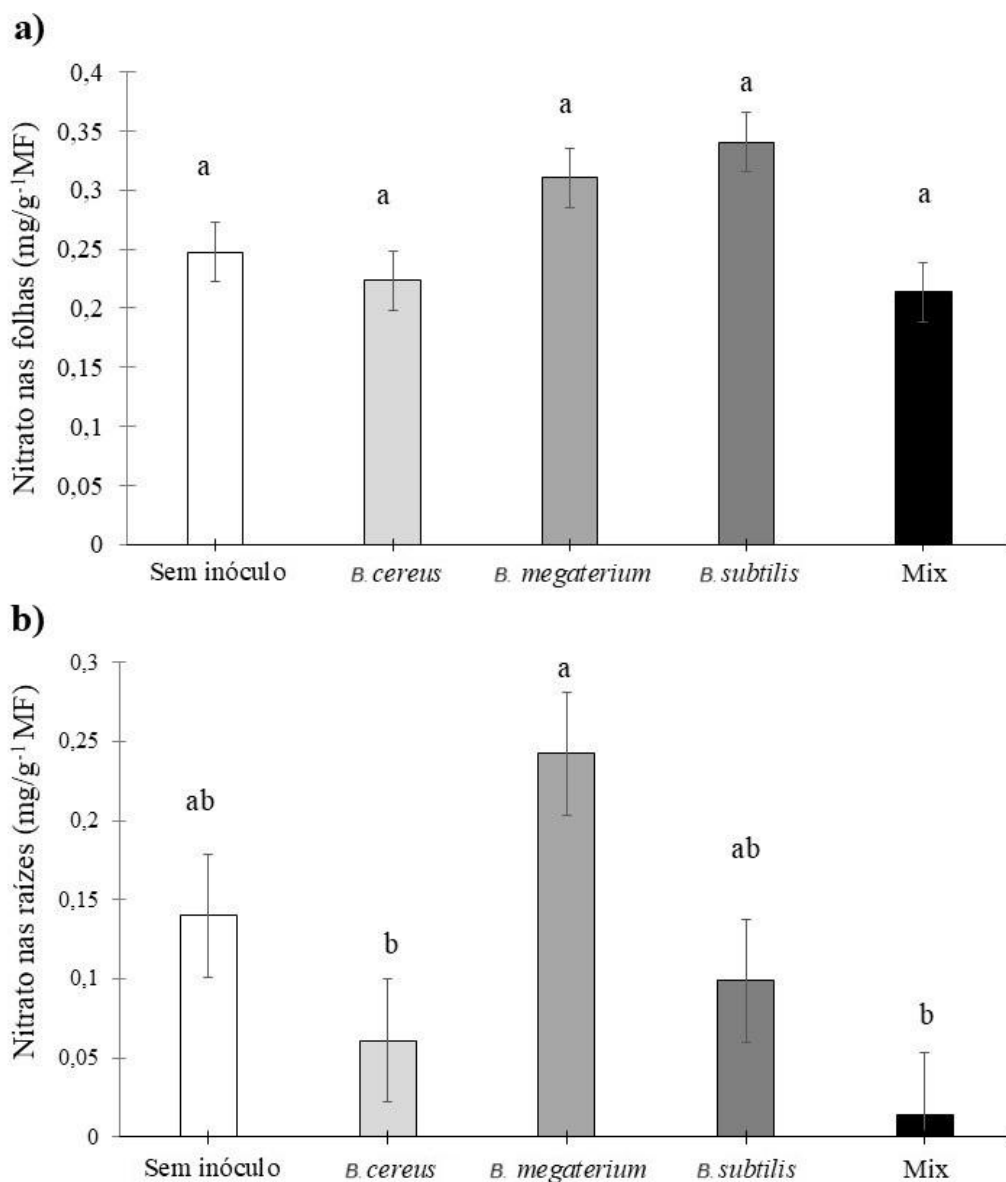


Figura 7. Teores de nitrato nas folhas (a) e nas raízes (b) de *C. aurantiacum* submetida ao cocultivo com bactérias promotoras de crescimento do gênero *Bacillus* (controle: sem inóculo; *B. cereus*; *B. megaterium*; *B. subtilis* e mix: consórcio de *B. cereus*, *B. megaterium* e *B. subtilis*) após 64 dias de cocultivo.

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos. A significância foi determinada pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$. Os componentes desse e de todos os outros gráficos neste trabalho são médias e erro padrão ($n=5$).

6 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo sobre a influência de bactérias promotoras de crescimento na bioquímica do metabolismo primário de *Canistrum aurantiacum*, espécie nativa de Pernambuco, ornamental e vulnerável ao desaparecimento. Nossos resultados sugerem que a inoculação com BPCs do gênero *Bacillus*, isoladas ou em consórcio, teve pouco efeito nos tecidos foliares, mas demonstrou potencial significativo nos tecidos radiculares. Os resultados observados nas raízes indicam que as BPCs podem modular processos-chave do desenvolvimento inicial de *C. aurantiacum*, favorecendo a absorção de nutrientes e promovendo respostas benéficas ao crescimento e ao desenvolvimento da espécie a longo prazo.

Os resultados das análises de aminoácidos livres totais nas raízes indicam que a única variação significativa ocorreu no grupo controle (B0), enquanto os demais grupos tratados com BPC permaneceram estáveis. Uma possível explicação para esse resultado é que, nos grupos que receberam tratamento, os aminoácidos podem ter sido mobilizados e incorporados em processos metabólicos essenciais da planta, como a síntese de proteínas e outros compostos nitrogenados. No entanto, para confirmar essa hipótese, análises mais detalhadas, incluindo a quantificação de proteínas e intermediários metabólicos, seriam necessárias para esclarecer o destino desses aminoácidos no metabolismo de *C. aurantiacum*.

No caso das análises de nitrato, a variação considerável observada no grupo tratamento com *B. megaterium* (B2) representa um achado promissor, sugerindo uma possível influência dessa bactéria na disponibilidade ou absorção de nitrato pelas raízes das plantas. Esse resultado reforça a necessidade de estudos adicionais para investigar essa interação em maior profundidade, incluindo testes com diferentes concentrações de inóculo e um período experimental mais longo, a fim de compreender melhor os mecanismos envolvidos e sua influência no metabolismo primário de *C. aurantiacum*.

Nossa principal hipótese era que a inoculação com BPCs do gênero *Bacillus* aumentaria os teores relacionados à bioquímica do metabolismo primário nas folhas e raízes de *C. aurantiacum*. O efeito benéfico seria refletido no aumento de compostos relevantes para o crescimento inicial, como os teores de clorofila, proteínas, aminoácidos e carboidratos, além de otimizar a absorção de nitrato. Embora a hipótese tenha sido parcialmente corroborada, o potencial das cepas do gênero *Bacillus* é

amplamente reconhecido por sua aplicação em diversas culturas agrícolas, como cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), arroz (*Oryza sativa*), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e soja (*Glycine max* L.), devido à sua capacidade de promover crescimento e resistência das plantas (De Souza et al., 2013; Pliego & Lugtenberg, 2011; Zuluaga et al., 2021). Contudo, o uso de BPCs em cocultivo com espécies nativas, especialmente para proporcionar uma melhor rustificação e estabelecimento antes da transferência para o campo, ainda é pouco estudado. Este estudo sugere que cepas do gênero *Bacillus* podem atuar como uma ferramenta ecológica na conservação de espécies nativas e vulneráveis ao desaparecimento, como *C. aurantiacum*.

As cepas pertencentes ao gênero *Bacillus* têm sido identificadas como dominantes na rizosfera e no microbioma de várias espécies, incluindo o abacaxi (*Ananas comosus*) (Putrie et al., 2020). *Bacillus spp.* destacam-se pela influência direta e indireta no crescimento vegetativo, promovendo absorção de nutrientes e proteção contra patógenos. Microrganismos promotores de crescimento, como *Bacillus spp.*, influenciam o crescimento vegetal, tanto direta, quanto indiretamente. Indiretamente, contribuem para a saúde do solo ao liberar compostos orgânicos que favorecem a estrutura e fertilidade do substrato. Além disso, auxiliam na proteção contra patógenos, produzindo substâncias antimicrobianas que reduzem o impacto de doenças. Diretamente, no sistema radicular, otimizam a absorção de nutrientes e produzem compostos como o ácido indol-3-acético (AIA), que auxilia na fixação e mobilização de nitrogênio — características essenciais em condições limitantes de recursos (Jayakumar et al., 2020; Putrie et al., 2020).

Neste estudo, embora a inoculação com *Bacillus spp.* não tenha alterado significativamente os teores de pigmentos fotossintéticos, as análises revelaram diferenças nos teores de nitrato e aminoácidos livres totais nas raízes, apontando para uma possível modulação do metabolismo do nitrogênio – especialmente com *B. megaterium*, que pode favorecer a absorção ou assimilação do nitrato. Entretanto, esses efeitos isolados não permitem concluir de forma robusta um impacto promotor substancial no crescimento de *C. aurantiacum*, devendo ser interpretado com cautela em função das variáveis ambientais e nutricionais. Assim, investigações futuras são necessárias para aprofundar a compreensão dessa interação e determinar seu potencial na promoção do desenvolvimento radicular.

Adicionalmente, conforme sugerido por Hayat et al. (2010) e Chieb et al. (2023), as bactérias promotoras de crescimento são conhecidas por contribuir diretamente para o desenvolvimento das plântulas. Todavia, a extrapolação desses efeitos para a

melhoria da rustificação e sobrevivência de espécies nativas, como *C. aurantiacum*, ainda requer investigações complementares. Estudos futuros, incorporando diferentes tempos de exposição, concentrações bacterianas e condições ambientais controladas, serão essenciais para esclarecer de forma mais precisa a relevância das BPCs na promoção do desenvolvimento inicial e na conservação de bromélias potencialmente vulneráveis.

7 CONCLUSÃO

As análises realizadas neste estudo demonstraram variações significativas nos teores de aminoácidos e nitrato exclusivamente nas raízes. Esses resultados corroboram apenas parcialmente a hipótese inicial, indicando a necessidade de estudos futuros com maior tempo de experimento em casa de vegetação, avaliação de diferentes cepas bacterianas e análises da microbiota de *Canistrum aurantiacum* para identificar as espécies mais comuns. Tais investigações fornecerão dados mais robustos, contribuindo para uma melhor compreensão dessa interação e auxiliando na conservação da espécie.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adesemoye, A. O., Obini, M., & Ugoji, E. O. (2008). Comparação da promoção de crescimento de plantas por *Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus subtilis* em três vegetais. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 423-426.

Al-Ani, L. K. T. (2019a). Secondary metabolites of non-pathogenic *Fusarium*: Scope in agriculture. *Secondary metabolites of plant growth promoting rhizomicroorganisms: Discovery and applications*, 59-76.

Al-Ani, L. K. T. (2019b). Bioactive secondary metabolites of *Trichoderma* spp. for efficient management of phytopathogens. *Secondary metabolites of plant growth promoting rhizomicroorganisms: Discovery and applications*, 125-143.

Andreola, F., & Fernandes, S. A. P. (2007). A microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. *Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônomo*, 21-37.

Aquino, J. P. A. D., Macedo Junior, F. B. D., Antunes, J. E. L., Figueiredo, M. D. V. B., Alcântara Neto, F. D., & Araujo, A. S. F. D. (2019). Plant growth-promoting endophytic bacteria on maize and sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49, e56241.

Armbruster, P., Hutchinson, R. A., & Cotgreave, P. (2002). Fatores que influenciam a estrutura da comunidade em uma fauna de bromélias-tanque sul-americanas. *Oikos*, 96 (2), 225-234.

Azevedo-Júnior, S. M., Coelho, A. G. M., Larrazabal, M. E., Neves, R. M. L., & TELINOJUNIOR, W. (1998). Conservação e diversidade das aves da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife, Pernambuco, Brasil). Recife, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 326p, 241-250.

Benzing, D. H. (2000). *Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation*. Cambridge University Press.

Bezerra, N. E. & Barreto, L. P. (2011). Análises químicas e bioquímicas em plantas. Recife: UFRPE.

CNCFlora. *Canistrum aurantiacum* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Canistrum_aurantiacum>. Acesso em 9 setembro 2023.

Chieb, M., & Gachomo, E. W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC plant biology*, 23(1), 407.

Coelho, M. S.; Santos, R. L.; Almeida, M. G.; Araújo-de-Almeida, E. (2005). Macrofauna associada à fitotelmo *Hohenbergia* sp. (Bromeliaceae) em fragmento de Mata Atlântico da escola agrícola de Jundiáí, Macaíba (RN, Brasil). In: VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – Minas Gerais.

Collar, N. J., Crosby, M. J., & Stattersfield, A. J. (1994). Birds to watch 2: the world list of threatened birds. Birdlife International (conservation series, n. 4) Cambridge, England.

Costa, M. D. C., Moreira, M. J. S., Souza, F. V. D., & da Rocha, M. A. C. (2012). In vitro conservation of *Aechmea fasciata* (Lindley) Baker and *Aechmea miniata* Beer ex Baker (Bromeliaceae-Bromelioideae). *Magistra*, 24(4), 293-303.

de Souza, R., Beneduzi, A., Ambrosini, A., Da Costa, P. B., Meyer, J., Vargas, L. K., ... & Passaglia, L. M. (2013). The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in southern Brazilian fields. *Plant and soil*, 366, 585-603.

Forzza, R. C., Costa, A., Siqueira Filho, J. A., Martinelli, G., Monteiro, R. F., Santos-Silva, F., ... & Versieux, L. (2014). Bromeliaceae in lista de espécies da flora do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. URL: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5930>>.

Fundação SOS Mata Atlântica. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2025.

Givnish, T. J., Barfuss, M. H., Van Ee, B., Riina, R., Schulte, K., Horres, R., ... & Sytsma, K. J. (2011). Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. *American journal of botany*, 98(5), 872-895.

Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., & Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of microbiology*, 60, 579-598.

Hungria, M., Campo, R. J., Souza, E. M., & Pedrosa, F. O. (2010). Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and soil*, 331, 413-425.

Hütsch, B. W., Augustin, J., & Merbach, W. (2002). Plant rhizodeposition—an important source for carbon turnover in soils. *Journal of plant nutrition and soil science*, 165(4), 397-407.

International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species Version 2021. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/22685521/0>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2025.

Jayakumar, A., Padmakumar, P., Nair, I. C., & Radhakrishnan, E. K. (2020). Drought tolerant bacterial endophytes with potential plant probiotic effects from *Ananas comosus*. *Biologia*, 75(10), 1769-1778.

Leme, E. M. C. (1997). *Canistrum*: Bromélias da Mata Atlântica. Salamandra.

Leme, E. M. C., & Siqueira-Filho, J. A. (2006). Taxonomia das bromélias dos fragmentos de Mata Atlântica de Pernambuco e Alagoas. *Fragmentos de Mata Atlântica do nordeste, biodiversidade, conservação e suas bromélias. Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro*, 190-381.

MacArthur, R., Recher, H., & Cody, M. (1966). On the relation between habitat selection and species diversity. *The American Naturalist*, 100(913), 319-332.

Martin, C. E. (1994). Physiological ecology of the Bromeliaceae. *The Botanical Review*, 60, 1-82.

Martinelli, G., Vieira, C. M., Gonzalez, M., Leitman, P., Piratininga, A., Costa, A. F. D., & Forzza, R. C. (2008). Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia*, 59, 209-258.

Medina, E. (1990). Eco-fisiologia y evolucion de las Bromeliaceae. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Cordoba*, 59, 1-100.

Ministério do Meio Ambiente. (2013). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1100 p.

Moreira, M. J. S. (2008). Conservação in vitro de bromeliáceas.

Nadkarni, N. M., & Primack, R. B. (1989). The use of gamma spectrometry to measure within-plant nutrient allocation of a tank bromeliad, *Guzmania lingulata*. *Selbyana*, 22-25.

Oliveira, M. G. N., Rocha, C. F. D., & Bagnall, T. (1994). A comunidade animal associada à bromélia-tanque *Neoregelia cruenta* (R. Graham) LB Smith. *Bromélia*, 1(1), 22-29.

Oliveira, R. R. D. (2004). The importance of epiphytic bromeliads on the turnover of nutrients at the Atlantic Rain Forest. *Acta Botanica Brasilica*, 18, 793-799.

- Pliego, C., Kamilova, F., & Lugtenberg, B. (2011). Plant growth-promoting bacteria: fundamentals and exploitation. In *Bacteria in agrobiolgy: crop ecosystems* (pp. 295-343). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Putrie, R. F. W., Aryantha, I. N. P., IRIAWATI, I., & Antonius, S. (2020). Diversity of endophytic and rhizosphere bacteria from pineapple (*Ananas comosus*) plant in semi-arid ecosystem. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(7).
- Richardson, B. A. (1999). The bromeliad microcosm and the assessment of faunal diversity in a Neotropical forest 1. *Biotropica*, 31(2), 321-336.
- Rocha, C. F. D., Cogliatti-Carvalho, L., Almeida, D. R., & Freitas, A. F. N. (1997). Bromélias: ampliadoras da biodiversidade. *Bromélia*, 4(4), 7-10.
- Rocha, C. F. D., Cogliatti-Carvalho, L., Almeida, D. R., & Freitas, A. F. N. (2000). Bromeliads: biodiversity amplifiers. *Journal of Bromeliad Society*, 50(2), 81-83.
- Rocha, C. F. D., Cogliatti-Carvalho, L., Nunes-Freitas, A. F., Rocha-Pessôa, T. C., Dias, A. D. S., Ariani, C. V., & Morgado, L. N. (2004). Conservando uma larga porção da diversidade biológica através da conservação de Bromeliaceae. *Vidalia*, 2(1), 52-68.
- Santos, R. C. M. (2010). Mata atlântica: características, biodiversidade e a história de um dos biomas de maior prioridade para conservação e preservação de seus ecossistemas. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/aic/article/viewFile/530/438>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- Silveira, D. G., Souza, F. V. D., Pelacani, C. R., Souza, A. D. S., Ledo, C. A. D. S., & Santana, J. R. F. D. (2009). Micropropagation and in vitro conservation of *Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam.) Mez, a fiber producing bromeliad from Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52, 923-932.
- Siqueira Filho, J. A. (1997). Ecology and distribution of *Canistrum aurantiacum*. *Bromelia*, 4, 23-27.
- Siqueira Filho, J. A., & Leme, E. M. C. (2006). Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste: biodiversidade, conservação e suas bromélias. *Andrea Jakobsson Estúdio*.
- Siqueira Filho, J. A., & Machado, I. C. S. (2001). Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 15, 427-443.
- Sivasakthivelan, P., & Saranraj, P. (2013). *Azospirillum* and its formulations: a review. *International Journal of Microbiological Research*, 4(3), 275-287.

Soumare, A., Diédhiou, A. G., Arora, N. K., Tawfeeq Al-Ani, L. K., Ngom, M., Fall, S., ... & Sy, M. O. (2021). Potential role and utilization of plant growth promoting microbes in plant tissue culture. *Frontiers in Microbiology*, 12, 649878.

Souza, R. D., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and molecular biology*, 38, 401-419.

Subramaniam, G., Srinivas, V., and Prasanna, S. L. (2020a). "Streptomyces" in Beneficial microbes in agro-ecology: Bacteria and fungi. eds. N. Amaresan, M. Senthil Kumar, K. Annapurna, K. Kumar and A. Sankaranarayanan (Academic Press), 55–71.

Subramaniam, G., Thakur, V., Saxena, R. K., Vadlamudi, S., Purohit, S., Kumar, V., et al. (2020b). Complete genome sequence of sixteen plant growth promoting Streptomyces strains. *Sci. Rep.* 10:10294. doi: 10.1038/s41598-020-67153-9.

Srivastava, D. S. (2006). Habitat structure, trophic structure and ecosystem function: interactive effects in a bromeliad–insect community. *Oecologia*, 149(3), 493-504.

Verma, M., Mishra, J., & Arora, N. K. (2019). Plant growth-promoting rhizobacteria: diversity and applications. *Environmental biotechnology: for sustainable future*, 129-173.

Zuluaga, M. Y. A., Milani, K. M. L., Miras-Moreno, B., Lucini, L., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., ... & de Oliveira, A. L. M. (2021). Inoculation with plant growth-promoting bacteria alters the rhizosphere functioning of tomato plants. *Applied Soil Ecology*, 158, 103784.