

THIAGO SANTOS ANDRADE

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL (BPCV) NA
ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE *Aloe vera* PROPAGADAS *IN VITRO***

São Cristóvão - SE

Fevereiro – 2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL (BPCV) NA
ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE *Aloe vera* PROPAGADAS *IN VITRO***

**Monografia apresentada ao Departamento
de Engenharia Agrônômica – Universidade
Federal de Sergipe, como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.**

APROVADO em: 11/02/2026

ORIENTADOR: WALLISON OLIVEIRA VIEIRA

COORIENTADORA: ITAMARA BOMFIM GOIS

Me. Wallison Oliveira Vieira (Orientador)

Prof.^a Dra. Itamara Bomfim Gois
(Coorientadora)

Dr. João Pedro Ferreira Barbosa
(Banca examinadora)

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista a Deus, aos meus pais e a minha esposa, por terem sido meu alicerce durante todo o processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por todo o amparo e sustento durante esses anos de graduação, por todas as vezes que me iluminou, pela sabedoria concedida e por me ajudar a superar os desafios que me foram apresentados; sei que atendeu às minhas orações e estará sempre ao meu lado, pois Tu és fiel.

Agradeço aos meus pais, José de França Andrade e Miralda Santos Andrade, por tudo o que fizeram para que esse sonho se tornasse real, por toda a inspiração e por terem me mostrado que, por meio dos estudos, nos tornamos pessoas melhores e podemos ajudar outras pessoas por meio do nosso conhecimento. Agradeço também pelo esforço que tiveram para criar e educar seus filhos no caminho certo; nunca deixaram faltar nada. Saibam que vocês são a minha maior inspiração.

Agradeço à minha esposa, Samara Júlia Souza da Silva Andrade, que me acompanhou durante todo esse processo, sendo meu apoio e me ajudando sempre que precisei, além de ser minha motivação em todos os momentos difíceis. Agradeço pela paciência e por todo o cuidado, especialmente nas madrugadas de estudo. Sou grato por todo o incentivo e pela força que me deu; essa conquista também é sua.

Agradeço aos meus amigos que percorreram esse caminho comigo e enfrentaram as dificuldades da graduação: José Henrique, João Felipe, José Francisco, Ryan Eduardo, Gustavo Ryan, Luiz Miguel, Khawê, Felipe Santana, Vinícius Santana, Jeferson Maurício, Gabriel Rosário, Domingos Neto, Marcos André, Jamille, Priscila e Lorena Hellen. Agradeço por termos nos tornado verdadeiros irmãos de vida, por termos compartilhado nossos dias durante a graduação e por nos tornarmos uma grande família, o que tornou mais leve o processo de formação.

Aos meus familiares, agradeço por todo o apoio, torcida e orações, por terem acreditado em mim. Saibam que vocês têm grande importância em minha vida.

Em especial, agradeço ao professor Paulo Gagliardi, que me acompanhou durante o desenvolvimento do trabalho, cooperando com valiosas orientações para que fosse conduzido da melhor forma.

Agradeço ao meu orientador, Wallisson Vieira, por ter me auxiliado durante a execução deste trabalho, pela paciência e por ter compartilhado comigo seu conhecimento; agradeço também a Itamara Gois por ter aceitado ser minha coorientadora e participar da banca avaliadora. Deixo, ainda, meus agradecimentos a João Pedro, por toda a ajuda prestada e por participar como avaliador deste trabalho.

Agradeço aos professores do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe (DEA/UFS), por compartilharem o melhor de cada um, visando à formação de profissionais capacitados e por sempre incentivarem a busca constante pelo conhecimento.

À BIOWORLD Soluções Regenerativas, deixo meu sincero agradecimento por ter contribuído de forma significativa, abrindo as portas para a realização deste trabalho, por disponibilizar materiais e colaboradores que auxiliaram durante a montagem e avaliação do experimento, em especial Jaqueline Panta, Jaqueline Moreira e Khawê.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
RESUMO	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 <i>Aloe vera</i>	12
2.2 Bactéria promotoras de crescimento vegetal (BPCV)	13
3. MATÉRIAS E MÉTODOS	16
3.1 Local e período experimental.....	16
3.2 Material vegetal e preparo das mudas.....	16
3.3 Delineamento experimental	16
3.4 Condução do experimento	16
3.5 Inoculação <i>ex vitro</i>	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	20
6. REFERÊNCIAS	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Altura da Planta	AP
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	B.A
Bactérias Promotoras de Crescimento	BPC
Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal.....	BPCV
<i>Bacillus subtilis</i>	B. S
Metabolismo Ácido das Crassuláceas	CAM
Comprimento da folha	CF
Dias após a aplicação.....	DAA
Delineamento inteiramente casualizado.....	DIC
Largura da Folha	LF
Miller	Mill.
Microrganismos promotores de crescimento vegetal	MPCV
Número de Folhas.....	NF
Rizobactérias Promotoras de Crescimento Vegetal	PGPR

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspecto visual inicial das mudas de <i>Aloe vera</i> no primeiro dia de aclimação	19
Figura 2 – Aspecto visual final das mudas de <i>Aloe vera</i> ao término do período experimental.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias de comprimento foliar (CF), altura de plantas (AP), largura foliar (LF) e número de folhas (NF) em função dos diferentes tratamentos	19
--	----

RESUMO

Bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), como *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Bacillus*, são empregadas no cultivo de plantas para potencializar seu desenvolvimento e qualidade, por meio da produção de fitormônios (auxinas, citocininas, giberelinas), solubilização de nutrientes (fósforo, nitrogênio), fixação biológica de nitrogênio e controle de fitopatógenos. Na propagação *in vitro*, as BPCV podem reduzir o estresse oxidativo, diminuir a necessidade de reguladores de crescimento sintéticos e promover maior sustentabilidade ao processo. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de bactérias promotoras de crescimento vegetal durante o processo de aclimação de mudas de *Aloe vera* propagadas *in vitro*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 11 tratamentos, incluindo controle, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e oito bioprospectos bacterianos, com dez repetições por tratamento. A inoculação foi realizada diretamente no substrato, e as avaliações ocorreram aos 8, 16, 25 e 32 dias após a aplicação, considerando parâmetros morfológicos como altura da planta, comprimento e largura foliar, além do número de folhas. Os resultados indicaram que os tratamentos não influenciaram significativamente a altura das plantas e o comprimento das folhas. Entretanto, observou-se efeito significativo das BPCV sobre a largura foliar e o número de folhas, com destaque para *B. subtilis*, que promoveu maior largura das folhas, e para os bioprospectos FBV15, FBW18, FBV8 e FBW10, que proporcionaram maior emissão foliar. Dessa forma, conclui-se que a utilização de BPCV apresenta potencial para melhorar características morfológicas específicas de mudas de *Aloe vera* durante a aclimação, podendo contribuir para a produção de mudas de maior qualidade, conforme o objetivo agrônomo desejado.

Palavras-chave: Micropropagação; Aclimação; Fitormônios.

1. INTRODUÇÃO

A *Aloe vera*, popularmente conhecida como babosa, é uma planta africana muito utilizada no Brasil em virtude das suas propriedades medicinais muito requisitadas pela indústria farmacêutica e cosmética. O nome popular babosa decorre da sua consistência viscosa encontrada no tecido parenquimático no interior das suas folhas, o qual é rico em vitaminas, polissacarídeos e aminoácidos (Bach; Lopes, 2007).

Aloe vera pertence à família Asphodelaceae, e é uma espécie adaptada a climas secos, seu cultivo torna-se agronomicamente viável no Brasil, principalmente no semiárido nordestino por ter clima muito semelhante ao país de Barbados o qual deu origem a *Aloe barbadensis* Millier (EMBRAPA, 2019), que foi a espécie utilizada no presente trabalho. No nordeste brasileiro a *Aloe vera* marca presença em estados como Sergipe Bahia, Pernambuco, Paraíba e Ceará (Cabral; Maciel, 2011).

Segundo Matos *et al.* (2007), a demanda de *Aloe vera* aumentou consideravelmente, o que fez com que o cultivo tradicional não suportasse as exigências do mercado, fazendo com que a busca por novos cultivos fosse explorada, como a propagação *in vitro*, visto que a propagação natural de perfilhos e rebentos enfrentam dificuldades relacionadas a viabilidade de sementes e seu crescimento lento, enquanto a cultura de tecido tem sido amplamente utilizada produzindo mudas clones em massa (Matos *et al.*, 2007), reduzindo custos e aumentando a população de plantas.

A aclimação de mudas produzidas *in vitro* gera um choque nas plântulas podendo gerar impactos negativos no desenvolvimento inicial, visando diminuir esses impactos, as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) surgem como alternativa para mitigar os impactos causados pelo ambiente *ex vitro*, reduzir custos com reguladores de crescimento sintéticos e melhorar a qualidade das mudas, mas requer a superação de barreiras como a seleção de cepas compatíveis, controle de contaminação e padronização de protocolos, justificando a necessidade de investigação científica.

O principal problema a ser abordado nesta pesquisa é a limitação da propagação natural de *Aloe vera*, que apresenta baixa viabilidade de sementes, taxa de germinação reduzida e crescimento vegetativo lento, dificultando a produção em larga escala para atender à crescente demanda nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia.

Neste trabalho, foi realizada a inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) em mudas de *Aloe vera* produzidas *in vitro*, com o objetivo de avaliar o crescimento vegetal durante o período inicial do processo de aclimação. Essa abordagem

apresenta potencial para elevar a produção de mudas de alta qualidade, atendendo às demandas industriais de forma mais eficiente e sustentável.

O experimento destaca-se pela inovação ao integrar bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) na propagação de mudas de *Aloe vera* produzidas *in vitro*, uma abordagem que combina biotecnologia e sustentabilidade para superar as limitações da propagação natural e tradicional. A originalidade reside na seleção e teste de bioprospectos, *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*, visando o crescimento vegetal e diminuindo o impacto da adaptação após o processo *in vitro*.

Essa estratégia reduz a dependência de insumos sintéticos, minimiza impactos ambientais e propõe um protocolo inovador de aclimatização *ex vitro*, com potencial para ser escalonado industrialmente, atendendo à demanda crescente por produtos derivados de *Aloe vera* de forma economicamente viável e ecologicamente responsável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Aloe vera*

A *Aloe vera* é uma planta suculenta perene, amplamente utilizada nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia devido às suas propriedades medicinais, incluindo ação anti-inflamatória, antioxidante, antimicrobiana e cicatrizante. A planta é rica em compostos bioativos, como aloína, acemanano e polissacarídeos, que conferem benefícios à saúde humana.

Nesse contexto, a espécie destaca-se como uma cultura de grande relevância para a agricultura sustentável, principalmente devido à sua adaptação a condições de clima árido e semiárido, elevada resistência ao déficit hídrico e baixo requerimento nutricional. Essas características tornam-na uma alternativa estratégica para regiões com limitações edafoclimáticas, contribuindo para o uso mais eficiente da água e para a diversificação produtiva em sistemas agrícolas. Além disso, estudos recentes indicam que resíduos do processamento da planta podem ser aproveitados como insumos orgânicos, favorecendo a fertilidade do solo e reforçando seu potencial dentro de modelos de produção mais sustentáveis (JARAMILLO et al., 2025).

Ademais, a crescente demanda por insumos de origem vegetal e com apelo sustentável tem ampliado as oportunidades de comercialização, agregando valor à cadeia produtiva e gerando alternativas de renda para pequenos e médios produtores. Dessa

forma, a cultura apresenta não apenas relevância agronômica, mas também significativa contribuição socioeconômica, especialmente em regiões semiáridas (IJFMR, 2024).

Contudo, a propagação de *Aloe vera* é limitada por baixa viabilidade de sementes, taxa de germinação reduzida e crescimento vegetativo lento, o que torna a propagação *in vitro* uma alternativa eficiente para produção em larga escala e conservação da espécie (Cristiano et al., 2016).

Diante dessas limitações e da necessidade de otimizar o desenvolvimento inicial das mudas, estratégias biotecnológicas têm sido investigadas para promover maior vigor e eficiência no estabelecimento das plantas. Entre essas estratégias, destacam-se as bactérias promotoras de crescimento vegetal, que atuam por diferentes mecanismos fisiológicos e bioquímicos, contribuindo para o aumento do crescimento e da qualidade das mudas em sistemas de produção sustentável.

2.2 Bactéria promotoras de crescimento vegetal (BPCV)

Os microrganismos promotores de crescimento vegetal, incluindo bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) e fungos micorrízicos, atuam por mecanismos diretos e indiretos para melhorar o desenvolvimento vegetal. De acordo com Dias e Santos (2022), as BPCV são microrganismos de vida livre que colonizam a rizosfera ou tecidos internos das plantas, estabelecendo relações simbióticas benéficas. Mecanismos diretos incluem a fixação de nitrogênio, solubilização de fósforo, produção de fitohormônios (como auxinas e citocininas) e melhoria na absorção de nutrientes. Mecanismos indiretos envolvem o biocontrole de patógenos via produção de antibióticos, sideróforos e indução de resistência sistêmica, além da mitigação de estresses abióticos como déficit hídrico e salinidade.

No contexto de propagação *in vitro*, os microrganismos envolvidos na promoção de crescimento podem ser inoculados para reduzir contaminação, estimular a regeneração de brotos, melhorar a aclimatização e aumentar a produção de metabólitos secundários. Dias e Santos (2022) mencionam experimentos *in vitro* em outras espécies, como videiras (cv. Malbec) para tolerância a arsênio, abacaxizeiros para solubilização de fosfato e testes de antagonismo contra patógenos. Esses exemplos ilustram o potencial de BPCV em culturas *in vitro* para promover crescimento e tolerância a estresses. Estudos com *Aloe vera* confirmam benefícios semelhantes, especialmente em endófitos e rizobactérias.

Esses microrganismos interagem com as plantas via rizodeposição, liberando exsudatos radiculares que atraem microrganismos benéficos. Em condições *in vitro*, onde o ambiente é estéril e controlado, a inoculação intencional de BPCV pode otimizar o

crescimento sem competição microbiana indesejada (Novo *et al.*, 2018; Ilangumaran *et al.*, 2022). Assim, mecanismos diretos incluem a produção de fitohormônios, com BPCV sintetizando auxinas (como ácido indol-3-acético, AIA), citocininas e giberelinas, promovendo alongação de raízes e brotos; em *Aloe vera*, endófitos isolados de raízes produziram AIA em níveis de até 225,2 µg/mL, aumentando o crescimento vegetal (p. ex., *Enterobacter tabaci*).

Outros mecanismos diretos englobam a solubilização de nutrientes, com BPCV solubilizando fósforo e produzindo sideróforos para captação de ferro; em testes *in vitro* com *Aloe vera*, rizobactérias como *Paraburkholderia* sp. solubilizaram até 45,7 mg/L de fosfato, melhorando a nutrição. Além disso, a fixação de nitrogênio por diazotróficos como *Azospirillum* spp. fornece N assimilável, sendo útil em meios de cultura com limitações nutricionais (Marra *et al.*, 2012; Shrivastava, 2018; Silva *et al.*, 2021).

Já os mecanismos indiretos compreendem o biocontrole, com a produção de compostos antifúngicos e antibacterianos que inibem patógenos: em *Aloe vera*, endófitos exibiram antagonismo contra *Fusarium* sp. e *Rhizoctonia* sp., reduzindo contaminação em culturas *in vitro*. Outra ação indireta é a mitigação de estresses, onde, sob déficit hídrico, MPCV como *Pseudomonas putida* e *Pantoea agglomerans* aumentaram a taxa de sobrevivência e peso fresco de brotos em *Aloe barbadensis*, elevando atividades enzimáticas antioxidantes (Catalase, Superóxido Dismutase, Peroxidase) e teores de macronutrientes (N, P, K). Além disso, observou-se o aumento de metabólitos secundários com a inoculação de rizobactérias nativas (ex.: *Paenibacillus* sp. e *Arthrobacter* sp.) em *Aloe vera*, promovendo acúmulo de aloína e outros compostos via comunicação metabólica circular, envolvendo terpenos e glicosídeos que atraem microrganismos benéficos.

BPCV reduzem o "choque de transplante" *ex vitro*, melhorando a absorção de água e raízes. Um estudo geral sobre PGPM em tecidos culturais destacou que inoculações com bactérias e fungos micorrízicos aumentam a proliferação de brotos e sobrevivência, podendo reduzir parcialmente a necessidade de auxinas e citocininas sintéticas comumente empregadas em cultura de tecido.

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) habitam a rizosfera e/ou tecidos vegetais, favorecendo o crescimento por mecanismos como solubilização de fósforo, fixação biológica de nitrogênio, produção de auxinas, sideróforos, ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico e indução de resistência sistêmica, sendo especialmente relevantes em plantas CAM como *Aloe vera*, tanto para o vigor vegetativo quanto para a

qualidade do gel, incluindo açúcares, polifenóis e aloína (Vargas-Hernández *et al.*, 2023; Chandel; Singh; Vaishnav, 2025).

Evidências mostram que consórcios nativos de rizobactérias (*Paenibacillus*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas* e *Bacillus*) em solos salinos aumentaram o número de folhas, massa fresca, teor de gel e atividade enzimática do solo, além de elevar açúcares e polifenóis no gel; enquanto *Pseudomonas putida* e *Pantoea agglomerans*, em associação com o fungo micorrízico arbuscular *Funneliformis mosseae*, melhoraram o estado nutricional e o vigor de *Aloe vera* sob déficit hídrico, sendo o co-inóculo mais eficaz que as aplicações isoladas (Chandel; Singh; Vaishnav, 2025b; Khajeeyan *et al.*, 2024).

A triagem de endófitos em raízes de *Aloe* identificou comunidades bacterianas multifuncionais com potencial para bioinoculantes, e outros trabalhos comprovaram que endófitos aumentam o crescimento e o teor de aloína, com resultados semelhantes verificados por Khajeeyan *et al.* (2022) após inoculação com PGPR e micorrizas (Silva *et al.* 2020; Sounouvou *et al.*, 2022).

O diálogo metabólico entre *Aloe vera* e bactérias nativas da rizosfera, caracterizado pelo crosstalk metabólico, envolve exsudatos radiculares que selecionam microrganismos capazes de solubilizar nutrientes e produzir fitormônios, remodelando a comunidade microbiana e influenciando a síntese de metabólitos secundários como polifenóis, com consórcios bacterianos superando isolados individuais devido à complementaridade funcional e formação de biofilmes, enquanto a associação com fungos micorrízicos arbusculares aumenta a absorção de nutrientes e a tolerância a estresses como salinidade e seca (Chandel; Singh; Vaishnav, 2025a; Chandel; Singh; Vaishnav, 2025b; Khajeeyan *et al.*, 2024).

Estudos indicam que consórcios bacterianos e co-inoculação com fungos micorrízicos aumentam a biomassa, teor de gel e compostos bioativos em *Aloe vera*, especialmente sob condições de estresse, contribuindo para a modulação da rizosfera, a disponibilidade de nutrientes, a atividade enzimática do solo e a resiliência das plantas (Khajeeyan *et al.*, 2024; Chandel; Singh; Vaishnav, 2025b). Apesar dos resultados promissores, há variabilidade nas respostas em função do genótipo da planta, da origem das cepas e das condições ambientais, sendo necessários ensaios de campo em larga escala para padronizar doses, frequência e veículos de aplicação, além de metodologias harmonizadas para avaliar os efeitos na qualidade fitoquímica, especialmente em marcadores comerciais como aloína e polifenóis (Chandel; Singh; Vaishnav, 2025b; Sounouvou *et al.*, 2022).

3. MATÉRIAS E MÉTODOS

3.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido na empresa BIOWORLD Soluções Regenerativas, São Cristóvão - SE, sob condições ambientais semi-controladas no período de 27 de novembro a 30 de dezembro de 2025. Durante o período experimental, as mudas foram mantidas sob luz solar indireta e irrigadas conforme a necessidade hídrica da cultura.

3.2 Material vegetal e preparo das mudas

Foram utilizadas mudas de *Aloe vera*, obtidas a partir da propagação *in vitro* provenientes de plantas matrizes saudáveis e uniformes.

As mudas selecionadas foram padronizadas quanto ao comprimento e largura foliar, número de folhas e altura de plantas, visando reduzir a variabilidade experimental e aumentar a precisão das avaliações. As mudas selecionadas foram transplantadas para tubetes plásticos.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por 11 tratamentos e 10 repetições, totalizando 110 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por uma muda de *Aloe vera*.

Os tratamentos consistiram em: Controle, FBW10, FBW18, FBV8, FBV12, FBW12, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, FBV19, FBV15 e FBW6.

3.4 Condução do experimento

As mudas foram mantidas em ambiente semi-controlado, recebendo irrigação manual diária, com o uso de pisseta, de modo a manter a umidade do substrato próxima à capacidade de campo atendendo a necessidade da planta em processo de aclimação (Hartmann *et al.* 2011). Não foram realizados controles químicos de pragas ou doenças durante o período experimental.

As unidades experimentais foram dispostas em bandejas de tubetes, organizadas em fileiras, sendo que cada fileira correspondeu a um tratamento. Abaixo de cada unidade experimental foram colocados copos descartáveis de 50 mL, com o intuito de evitar que, após a irrigação, as bactérias perdessem o contato com o substrato, comprometendo sua

eficiência durante o experimento, conforme adotado em estudos de inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (Hartmann *et al.* 2011).

3.5 Inoculação *ex vitro*

Foram aplicados 5 ml de inóculo em cada unidade experimental, de acordo com cada tratamento, sendo aplicado diretamente no substrato; para aplicação foi utilizado uma pipeta graduada, onde após a utilização com um inóculo, a ponta da pipeta era descartada e trocada para a próxima aplicação, a fim de evitar contaminação cruzada entre os tratamentos.

As bactérias que foram disponibilizados pela BLOWORLD são do gênero *Bacillus*, onde todas demonstraram potencial como fixadoras de nitrogênio, potencializando o crescimento vegetal. A suspensão bacteriana foi ajustada para 10^6 UFC/mL de todos os inóculos.

A nomenclatura foi definida de acordo com o local e a ordem de prospecção; por exemplo: FBW12 – Fazenda BLOWORLD – Prospecção 12, e FBV15 – Fazenda Boa Vista – Prospecção 15.

3.6 Avaliações e análise estatística

As avaliações foram realizadas aos 32 dias após a aplicação (DAA). Foram avaliadas as variáveis: comprimento foliar, altura de planta, largura foliar e número de folhas. Para as análises, os tubetes foram cuidadosamente retirados das bandejas, e as medidas foram aferidas com auxílio de uma fita métrica. Para avaliação da altura da muda, foi utilizada a fita métrica posicionando da base da planta no substrato medindo até o ponto mais alto da muda. A largura das folhas foi medida de um ponto a outro da parte medial das folhas, sempre escolhendo o segundo par de folhas, assim como na largura, o comprimento foliar foi avaliado através da fita métrica, medindo da base ao ápice da folha. O número de folhas foi obtido por contagem direta (Benizri; Baudoin; Guckert, 2001).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o software R. Para as variáveis Comprimento da Folha e Altura da Planta, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), não sendo necessária a aplicação do teste de comparação de médias. Por outro lado, para as variáveis Largura da Folha e Número de Folhas, verificou-se efeito significativo dos

tratamentos ($p < 0,05$), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos aplicados não influenciaram de forma significativa ($p > 0,05$) as variáveis comprimento da folha (CF) e altura da planta (AP) (Tabela 1). As médias gerais observadas foram de 5,38 para CF e 6,33 para AP.

A ausência de resposta significativa para as variáveis altura da planta (AP) e comprimento da folha (CF) pode estar relacionada ao estágio inicial de desenvolvimento das mudas. Durante a aclimação, as plantas passam por intensos ajustes fisiológicos e metabólicos para se adaptarem ao novo ambiente, priorizando o controle estomático e a eficiência na absorção de água e nutrientes em detrimento do crescimento linear (Taiz *et al.*, 2017).

Embora as médias tenham sido semelhantes entre os tratamentos, o maior comprimento foliar foi registrado para o tratamento FBW12 (5,99), enquanto a maior média de altura de plantas foi observada para o tratamento FBV12 (7,05). Tais variações numéricas podem ser atribuídas à eficiência diferenciada de cada isolado bacteriano na produção de substâncias promotoras de crescimento e na sua interação específica com a cultura (Lopes *et al.*, 2021).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos para as variáveis largura da folha (LF) e número de folhas (NF). O tratamento com *Bacillus subtilis* apresentou maior largura foliar, o que pode estar relacionado à produção de auxinas, como o ácido indolacético (AIA), que estimulam a expansão celular e o crescimento vegetativo. Além disso, *B. subtilis* pode atuar na solubilização de fósforo e na maior disponibilização de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea (GLICK, 2012; BACKER *et al.*, 2018).

Para o número de folhas (NF), os tratamentos FBV15, FBW18, FBV8, FBW10 e o controle apresentaram maior emissão foliar, enquanto *B. subtilis* registrou o menor valor. O aumento do número de folhas nos demais tratamentos pode estar associado à produção de citocininas, que estimulam divisão celular e formação de novos órgãos, além da ação da enzima ACC-deaminase, que reduz os níveis de etileno sob estresse e favorece o crescimento da parte aérea (GLICK, 2012). Assim, diferentes estirpes bacterianas podem atuar por mecanismos hormonais distintos, resultando em respostas específicas no desenvolvimento das mudas.

Tabela 1 – Médias de comprimento foliar (CF), altura de plantas (AP), largura foliar (LF) e número de folhas (NF) em função dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	CF	AP	LF	NF
	cm	cm	cm	und
FBW12	5,99	5,88	0,99b	4,10b
FBV19	5,74	6,14	1,12b	4,60b
<i>B. amyloliquefaciens</i>	5,61	6,35	1,63b	4,30b
FBW18	5,47	6,40	1,51b	6,90a
FBW10	5,34	5,95	1,31b	6,60a
FBV12	5,32	7,05	1,18b	4,80b
FBV8	5,19	5,98	1,17b	6,60a
FBV15	5,18	6,91	1,44b	7,60a
<i>B. subtilis</i>	5,16	6,60	5,54a	1,08c
FBW6	5,13	5,93	1,09b	4,30b
Controle	5,08	6,48	1,61b	4,10b
Média geral	5,38	6,33	1,69	5,07
CV (%)	28,40	19,04	36,09	23,75

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

As diferenças visuais após o uso dos tratamentos podem ser notadas nas figuras abaixo, onde a figura 1 demonstra as mudas em seu 1º dia de aclimação e a figura 2 no último dia do experimento.

Figura 1 – Aspecto visual inicial das mudas de *Aloe vera* no primeiro dia de aclimação.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 2 – Aspecto visual final das mudas de *Aloe vera* ao término do período experimental.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A inoculação de rizobactérias promotoras de crescimento, especialmente do gênero *Bacillus*, tem se mostrado uma estratégia eficaz para melhorar o desenvolvimento inicial de mudas, uma vez que esses microrganismos estimulam o crescimento vegetal e a qualidade fisiológica das plantas. Estudos recentes demonstram que a inoculação com *Bacillus* spp. pode aumentar o crescimento vegetal e a qualidade nutricional de mudas, evidenciando sua ação como agente bioestimulante e promotor de crescimento em fase inicial de desenvolvimento vegetal (ZHANG et al., 2024).

5. CONCLUSÕES

Os tratamentos avaliados não influenciaram o crescimento em altura (AP) e o comprimento foliar (CF) das plantas.

Por outro lado, a largura e o número de folhas foram significativamente impactados, revelando respostas distintas: o tratamento B.S favoreceu a expansão lateral das folhas (maior LF), embora tenha apresentado o menor desempenho em termos de emissão foliar. Já os tratamentos FBV15, FBW18, FBV8 e FBW10 destacaram-se como superiores para o aumento do número de folhas, sugerindo maior eficiência no estímulo ao metabolismo vegetativo para estas variáveis.

Considerando o desempenho geral das variáveis avaliadas, o tratamento FBV15 mostrou-se mais promissor para o desenvolvimento inicial das mudas, por proporcionar maior número de folhas, característica diretamente associada ao vigor vegetativo e à capacidade fotossintética. Assim, para fins de produção de mudas mais vigorosas, esse tratamento apresenta maior potencial de recomendação.

6. REFERÊNCIAS

BACH; LOPES, 2007. Estudo da viabilidade econômica do cultivo da babosa (Aloe vera L.). Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 31, n. 4, p. 1136-1144, jul./ago. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/FP6mhg3dn7L9NYdzMzPCjrb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jan. 2026.

BACKER, R.; ROKEM, J. S.; ILANGUMARAN, G.; LAMONT, J.; PRASLIICKOVA, D.; RICCI, E.; SUBRAMANIAN, S.; SMITH, D. L. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, Article 1473, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>. Acesso em: 20 ago. 2025.

BENIZRI, E.; BAUDOIN, E.; GUCKERT, A. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. *Biology and Fertility of Soils*, v. 34, p. 151–157, 2001.

CABRAL, G. A. L.; MACIEL, J. R. Levantamento etnobotânico da coleção de plantas medicinais do Jardim Botânico do Recife, PE. Botânico do Recife, PE. *Natureza online*, v.9, n.3, p.146-151, 2011. Disponível em: <https://naturezaonline.com.br/revista/article/view/355>. Acesso em: 31 de jan. 2026.

CHANDEL, N. S.; SINGH, H. B.; VAISHNAV, A. Mechanistic understanding of metabolic cross-talk between Aloe vera and native soil bacteria for growth promotion and secondary metabolites accumulation. *Frontiers in Plant Science*, v. 16, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1577521>.

CHANDEL, N. S.; SINGH, H. B.; VAISHNAV, A. Disentangling the functioning of native soil microbes in enhancing nutritional value of Aloe vera and soil health parameters. *Frontiers in Soil Science*, v. 5, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsoil.2025.1576176>.

CRISTIANO, Giuseppe; MURILLO-AMADOR, Bernardo; DE LUCIA, Barbara. Propagation techniques and agronomic requirements for the cultivation of Barbados Aloe (Aloe vera (L.) Burm. F.)—a review. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01410>.

Disponível

em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5033982/>. Acesso em: 20 ago. 2025.

DIAS, Anderson dos Santos; SANTOS, Cleberton Correia. *Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso*. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 98 p.; il.

GEORGE, E. F.; HALL, M. A.; DE KLERK, G. J. Plant propagation by tissue culture. 3. ed. Dordrecht: Springer, 2008.

GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, v. 2012, p. 1–15, 2012.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002.

HARTMANN, H. T. et al. Plant propagation: principles and practices. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011.

HUNGRIA, M. Inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

ILANGUMARAN, G., & SMITH, D. L. (2017). Plant growth promoting rhizobacteria in amelioration of salinity stress: A systems biology perspective. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1768. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01768>

INTERNATIONAL JOURNAL FOR MULTIDISCIPLINARY RESEARCH (IJFMR). Potencial econômico e sustentabilidade da Aloe vera na agricultura. IJFMR, v. 6, n. 2, 2024.

JARAMILLO, I. E. et al. Turning waste into fertilizer: Aloe vera leaf shavings improve plant growth and support soil fertility in organic systems. *Soil Systems*, 2025.

KHAJEEYAN, R.; SALEHI, A.; MOVAHHEDI DEHNAVI, M.; HAMIDIAN, M.; HAZRATI, S. Evaluation of the benefits of plant growth-promoting rhizobacteria and mycorrhizal fungi on biochemical and morphophysiological traits of *Aloe barbadensis* Mill under water deficit stress. *Scientific Reports*, v. 14, p. 14480, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64878-9>.

KHAJEEYAN, R.; SALEHI, A.; DEHNAVI, M. M.; FARAJEE, H.; KOHANMOO, M. A. Growth parameters, water productivity and aloin content of *Aloe vera* affected by mycorrhiza and PGPR application under different irrigation regimes. *South African Journal of Botany*, v. 147, p. 1188–1198, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.02.026>.

KHATRI, K. et al. Mechanisms of plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Applied Microbiology*, v. 134, n. 3, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12561941/>. Acesso em 01 de fev. 2026

LOPES, M. J. S. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: a review on mechanisms and applications in sustainable agriculture. *Brazilian Journal of Biology*, v. 81, n. 2, p. 259-273, 2021.

MARRA, L. M., SOARES, C. R. F. S., OLIVEIRA, S. M., FERREIRA, P. A. A., SOARES, B. L., CARVALHO, R. F., LIMA, J. M., & MOREIRA, F. M. S. (2012). Biological nitrogen fixation and phosphate solubilization by bacteria isolated from tropical soils. *Plant and Soil*, 357(1-2), 289–307. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1157-z>

MATOS, A. Optimización de un protocolo de cultivo in vitro de *Aloe vera* L. (Zábila). *Ciencia*, v. 15, n. 3, p. 319–330, 2007. Disponível em: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9727>. Acesso em: 08 jan. 2026.

MURILLO-AMADOR, Bernardo; CRISTIANO, Giuseppe; DE LUCIA, Barbara. Propagation techniques and agronomic requirements for the cultivation of Barbados Aloe (*Aloe vera* (L.) Burm. F.)—a review. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01410>.

Disponível

em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5033982/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

DE LUCIA, Barbara; CRISTIANO, Giuseppe; MURILLO-AMADOR, Bernardo. Propagation techniques and agronomic requirements for the cultivation of Barbados Aloe (Aloe vera (L.) Burm. F.)—a review. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01410>.

Disponível

em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5033982/>. Acesso em: 25 nov. 2025.

Novo, L. A. B., Castro, P. M. L., Alvarenga, P., & da Silva, E. F. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria-assisted phytoremediation of mine soils. In A. A. Ansari, S. S. Gill, R. Gill, G. R. Lanza, & L. Newman (Eds.), *Bio-geotechnologies for mine site rehabilitation* (pp. 281–295). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812986-9.00016-](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812986-9.00016-6)

6

QUEIROGA, Vicente de Paula; GIRÃO, Ênio Giuliano; FIRMINO, Paulo de Tarso; ALBUQUERQUE, Esther Maria Barros de (org.). *Aloe vera (babosa): tecnologias de plantio em escala comercial para o semiárido e utilização*. 1. ed. Campina Grande: Associação da Revista Eletrônica A Barriguda – AREPB, 2019. 152 f. ISBN 978-85-67494-33-3.

RAI, A.; et al. Study of phosphate solubilizing fluorescent *Pseudomonas* isolated from the rhizosphere of *Aloe barbadensis*. *Geomicrobiology Journal*, v. 40, n. 4, p. 347–359, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490451.2023.2171165>.

SANTOS, Cleberton Correia; DIAS, Anderson dos Santos. *Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso*. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 98 p.; il.

SHRIVASTAVA, M.; SHRIVASTAVA, P. C.; D’SOUZA, S. F. Phosphate-solubilizing microbes: diversity and phosphates solubilization mechanism. In: MEENA, V. S. (Ed.). *Role of rhizospheric microbes in soil*. Springer, 2018.

SILVA, C. F.; et al. Screening of plant growth-promoting endophytic bacteria from the roots of the medicinal plant Aloe vera. *South African Journal of Botany*, v. 134, p. 3–16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.09.019>. Acesso em: 16 nov. 2025

SILVA, Cintia Faria da et al. Las bacterias endofíticas promueven el crecimiento y aumentan el contenido de aloína del Aloe vera. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, v. 21, n. 5, p. 607-619, 2022. DOI <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.5.37>. Disponível em: <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/306/314>. Acesso em: 3 fev. 2026.

SOUNOUVOU, H. T.; et al. Las bacterias endofíticas promueven el crecimiento y aumentan el contenido de aloína del Aloe vera. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, v. 21, n. 5, p. 607–619, 2022. DOI: <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.5.37>. Acesso em: 13 nov. 2025

SURJUSHE, Amar; VASANI, Resham; SAPLE, D. G. Aloe vera: a short review. *Indian Journal of Dermatology*, v. 53, n. 4, p. 163–166, 2008. Disponível em: <https://www.ijdv.com/article.asp?issn=00195154;year=2008;volume=53;issue=4;spage=163;epage=166>. Acesso em: 1 fev. 2026.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.86

VARGAS-HERNÁNDEZ, M.; et al. Sustainable applications of endophytic bacteria and their role in plant growth promotion and disease control of medicinal and herbal plants. *Microorganisms*, v. 11, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020453>.