




L-tryptophan as a performance enhancer in bacterial bioinoculants for BRS Capiaçú


L-triptofano como indutor de desempenho em bioinoculantes bacterianos para BRS Capiaçú


SANTOS, José Matheus Gonzaga⁽¹⁾; TAVARES, Brena Maíza de Siqueira⁽²⁾; BARBOSA, Vitor Mineu Silva⁽³⁾; LINS, Witoria Maria Cavalcante⁽⁴⁾; BARBOSA, Artur Mineu da Silva⁽⁵⁾; PINTO, Gabriel Oliveira⁽⁶⁾; ESPÍNDOLA, Natália Lima de⁽⁷⁾; OLIVEIRA, João Tiago Correia⁽⁸⁾


⁽¹⁾  0009-0001-6339; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. matheusgonzaga961@gmail.com


⁽²⁾  0009-0007-8531-3442; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. brenamaiza@gmail.com


⁽³⁾  0009-0007-4009-7248; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. vitormineu@gmail.com

⁽⁴⁾  0009-0009-5852-4740; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. witoriamclins@gmail.com

⁽⁵⁾  0009-0009-7633-8925; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. arturmineu@gmail.com

⁽⁶⁾  0009-0002-1433-7133; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. gabrielop1582@gmail.com

⁽⁷⁾  0000-0002-9548-118X; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. agronataliaespindola@outlook.com

⁽⁸⁾  0000-0001-7469-5106; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Garanhuns, PE, Brasil. joao.oliveira@ufape.edu.br

O conteúdo exposto nesse artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Cenchrus purpureus (Schum.) cultivar BRS Capiaçú stands out for its high productivity, requiring the development of technologies to optimize its management. In this context, the use of plant growth-promoting bacteria (PGPB) emerges as a promising strategy. This study aimed to evaluate the morphological characteristics of BRS Capiaçú seedlings after the inoculation of stem cuttings with bacterial strains with biotechnological potential, isolated from *Brachiaria decumbens* Stapf. and *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt. The experiment was conducted in a completely randomized design with 28 treatments, including nine bacterial strains grown in Tryptic Soy Broth supplemented with 0.0, 10.0, and 15.0 mM L-tryptophan, in addition to a non-inoculated control treatment. Seedlings were maintained in a growth chamber at 25 ± 5 °C under a 12-hour photoperiod. The 10 mM L-tryptophan concentration promoted the greatest increases in the evaluated morphological traits. Among the strains, *Sphingomonas paucimobilis* (UAGB 80), *Rhizobium cauense* (UAGB 150), *Burkholderia territorii* (UAGB 105), *Klebsiella variicola* F2R9 (UAGB 154), *Enterobacter kobei* (UAGB 119), and *Ralstonia pickettii* (UAGB 128) stood out, demonstrating high potential as PGPB. It is concluded that the association between bacterial strains and L-tryptophan supplementation, particularly at 10 mM, constitutes an effective strategy to promote early growth and establishment of BRS Capiaçú, with potential application in more sustainable agricultural systems.

RESUMO

O *Cenchrus purpureus* (Schum.) cultivar BRS Capiaçú destaca-se pela elevada produtividade, demandando o desenvolvimento de tecnologias que otimizem seu manejo. Nesse contexto, o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) surge como uma estratégia promissora. Este estudo teve como objetivo avaliar as características morfológicas de plântulas de BRS Capiaçú após a inoculação de rebolos com estirpes bacterianas com potencial biotecnológico, isoladas de *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 28 tratamentos, incluindo nove estirpes bacterianas cultivadas em meio *Tryptic Soy Broth*, suplementado com 0,0; 10,0 e 15,0 mM de L-triptofano, além de um tratamento controle sem inoculação. As plântulas foram mantidas em câmara de germinação a 25 ± 5 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A concentração de 10 mM de L-triptofano promoveu os maiores incrementos nas características morfológicas avaliadas. Entre as estirpes, destacaram-se *Sphingomonas paucimobilis* (UAGB 80), *Rhizobium cauense* (UAGB 150), *Burkholderia territorii* (UAGB 105), *Klebsiella variicola* F2R9 (UAGB 154), *Enterobacter kobei* (UAGB 119) e *Ralstonia pickettii* (UAGB 128), evidenciando elevado potencial como BPCPs. Conclui-se que a associação entre estirpes bacterianas e a suplementação com L-triptofano, especialmente a 10 mM, constitui uma estratégia eficiente para promover o crescimento inicial e o estabelecimento de BRS Capiaçú, com potencial aplicação em sistemas agrícolas mais sustentáveis.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo

Submetido: 28/02/2025

Aprovado 06/03/2026

Publicado: 26/06/2026



Keywords:

Plant growth-promoting bacteria, Bacteria-plant interaction, Forage plant, Agricultural sustainability.

Palavras-Chave

Bactérias promotoras de crescimento de plantas, Interação bactéria, Planta forrageira, Sustentabilidade agrícola.

Introdução

Nas práticas agrícolas modernas, observa-se o uso intensivo de insumos químicos, como fertilizantes minerais e pesticidas, os quais, embora promovam incrementos na produtividade vegetal, podem desestabilizar os processos ecológicos do solo. Essa interferência contribui para a degradação da microbiota edáfica e na redução da biodiversidade, comprometendo funções ecossistêmicas essenciais (Pandey e Saharan, 2025). Nesse cenário, torna-se necessária a adoção de tecnologias sustentáveis e de baixo custo que conciliem a manutenção da produtividade com a conservação ambiental (Deus *et al.*, 2022).

Dentre essas tecnologias, o emprego de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) ganha destaque (Espíndola *et al.*, 2024), podendo ser utilizadas na promoção da germinação, crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Silva *et al.*, 2024). As BPCPs compreendem microrganismos rizosféricos, epifíticos, endofíticos e/ou de vida livre, capazes de estabelecer interações simbióticas ou associativas com as plantas. Seus efeitos decorrem de mecanismos diretos e indiretos, como a produção de sideróforos e enzimas extracelulares, a fixação biológica de nitrogênio e a síntese de fitormônios, especialmente auxinas, como o ácido indolacético. A biossíntese dessas moléculas pode ocorrer por diferentes rotas bioquímicas, dependentes ou não do aminoácido precursor L-triptofano (Oliveira *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2021; Elnahal *et al.*, 2022). Nesse contexto, a adição de L-triptofano ao meio de cultura tem sido empregada como estratégia para potencializar a produção de compostos indólicos por bactérias (Oliveira *et al.*, 2018; Espíndola *et al.*, 2024).

Quando aplicadas em sementes ou tecidos vegetais, as BPCPs colonizam a rizosfera e/ou os tecidos internos da planta, favorecendo o desenvolvimento vegetal. Destacam-se as linhagens produtoras de auxinas, que promovem maior germinação, estimulam o crescimento radicular e incrementam a parte aérea, atuando diretamente nos meristemas e contribuindo para o desempenho produtivo, especialmente em espécies forrageiras (Oliveira *et al.*, 2022; Mesquita *et al.*, 2023).

Apesar dos avanços, ainda persistem lacunas quanto à otimização dos meios de cultivo desses microrganismos, particularmente no uso de precursores metabólicos que intensifiquem sua atividade. São escassos os estudos que avaliam, de forma integrada, o efeito de diferentes concentrações de L-triptofano incorporadas ao meio de cultivo bacteriano, associadas à aplicação em material propagativo vegetativo, como colmos de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone (sin. *Pennisetum purpureum* (Schum.)). Essa abordagem, que integra o enriquecimento do meio de cultura com L-triptofano e a análise das respostas morfológicas iniciais. Diante disso, parte-se da hipótese de que a adição de L-triptofano ao meio de cultura utilizado no crescimento das BPCPs estimula a síntese de auxinas, potencializando seus efeitos sobre o desenvolvimento vegetal após a inoculação. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes concentrações de L-triptofano (0,0; 10,0 e 15,0 mM), adicionadas ao meio de cultura *Tryptic Soy Broth*, na produção de inóculos bacterianos

destinados à aplicação em colmos de *C. purpureus* (Schumach), cultivar BRS Capiacu, bem como analisar as respostas nas características morfológicas das plântulas.

Procedimentos metodológicos

O experimento foi conduzido utilizando rebolos (material vegetativo) de BRS Capiacu provenientes de capineiras cultivadas no Município de Bom Conselho, Pernambuco, Brasil, em propriedades parceiras da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 9×3 (nove estirpes \times três concentrações de L-triptofano: 0,0; 10,0 e 15,0 mM), acrescido de um tratamento controle (sem inoculação e sem L-triptofano), totalizando 28 tratamentos.

As nove estirpes bacterianas utilizadas foram, seis isoladas de *Brachiaria decumbens* Stapf. (duas endofíticas as cepas *Enterobacter kobei* CIP 105566, código UAGB69 e *Klebsiella variicola* F2r9, código UAGB154, e quatro epifíticas a *Sphingomonas paucimobilis* DSM 30198, código UAGB80, *Sinomonas atrocyanea* DSM 20127, código UAGB71, *Burkholderia cenocepacia* AU 1054, código UAGB139, e a *Rhizobium* sp., código UAGB150. E três isoladas de *Brachiaria humidicola* (Rendle.) Schweickhardt (uma endofítica, a *Burkholderia territorii* LGM 28158, código UAGB105, e duas epifíticas, a *Enterobacter kobei* CIP 105566, código UAGB119 e a *Ralstonia pickettii* 12J, código UAGB128). Todas apresentam potencial biotecnológico e foram previamente caracterizadas por Oliveira et al. (2018). As estirpes integram a Coleção de Culturas Bacterianas Júlia Kuklinsky-Sobral, pertencente ao Núcleo de Forragicultura e Biotecnologia da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), Brasil.

Os inóculos bacterianos foram preparados a partir de colônias puras cultivadas em meio Tryptic Soy Broth, composto por, $1,7 \text{ g L}^{-1}$ de triptona; $0,3 \text{ g L}^{-1}$ de extrato de soja; $0,25 \text{ g L}^{-1}$ de glucose; $0,5 \text{ g L}^{-1}$ de NaCl; $0,25 \text{ g L}^{-1}$ de Na_2HPO_4 , a pH 7,3; suplementado com L-triptofano nas concentrações de 10 e 15 mM. Após incubação, as culturas foram diluídas em solução salina tamponada com fosfato ($8,0 \text{ g L}^{-1}$ de NaCl; 200 mg L^{-1} de KCl; $1,44 \text{ g L}^{-1}$ de Na_2HPO_4 ; 240 mg L^{-1} de KH_2PO_4 , a pH 7,4), com densidade óptica ajustada em espectrofotômetro a 630 nm, correspondente a 10^6 unidade formadora de colônia (UFC mL^{-1}).

Para a confecção dos rebolos, no campo houve uma triagem das plantas de BRS Capiacu, eliminando as que apresentavam sintoma de deficiência e/ou acometidas por fitopatógenos. Posteriormente, as plantas foram cortadas e os colmos limpos, com a retirada das folhas e bainhas foliares. Para padronização dos rebolos, foram descartadas via corte, as três primeiras gemas laterais próximo ao colo da planta (limite entre o colmo e a raiz), e as três primeiras gemas laterais com folha totalmente expandida próximo do meristema apical, considerando folha totalmente expandida as que apresentavam a exposição da lígula. Cada

rebolo consistiu em uma gema lateral (nó), acompanhada por 3 centímetros de entrenó em cada extremidade, conforme recomendação de Barreto et al. (2001) e Espíndola et al. (2024).

Cada tratamento foi composto por três repetições, contendo 10 rebolos cada. Antes da inoculação, os rebolos foram desinfestados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% por 5 minutos, lavados com água destilada e imersos nas suspensões bacterianas por 30 minutos, sob agitação manual suave, conforme metodologia adaptada de Lima et al. (2021). Foi adicionado fungicida Cercobin aos inóculos. No tratamento controle, os rebolos foram imersos em água destilada autoclavada. Após a inoculação, os rebolos foram dispostos sobre papel Germitest umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel e mantidos em câmara de germinação a 25 ± 5 °C, sob fotoperíodo de 12 horas, por 21 dias, final do período experimental, conforme Espíndola et al. (2024).

Ao fim do período experimental, foram avaliadas as seguintes variáveis, número de plúmulas por plântula (NP); comprimento da parte aérea da plântula em centímetros (CPA), mensurado desde a base do rebolo até a plúmula totalmente expandida, utilizando régua graduada; número de raízes (NR), contabilizando as raízes emergentes do nó do colmo por plântula; e o comprimento da maior raiz em centímetros (CR), medido da extremidade do meristema radicular até a base do rebolo com o auxílio de régua graduada.

Os dados foram submetidos à análise estatística por meio de contrastes ortogonais (teste t, $p \leq 0,05$) para avaliação das concentrações de L-triptofano, e teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) para comparação entre estirpes bacterianas, utilizando o software Sisvar® versão 5.6 (Ferreira, 2007). Adicionalmente, foi realizada análise multivariada por componentes principais (PCA), considerando as concentrações do aminoácido e os nichos de isolamento das estirpes, utilizando o software Past® versão 4.1.

Resultados e Discussões

De forma geral, as inoculações bacterianas (sem e com a presença de L-triptofano no meio de cultura) promoveram o desenvolvimento vegetal, com alterações significativas ($p \leq 0,05$) nas características morfológicas das plântulas de BRS Capiáçu (Tabela 1), o que proporcionou uma diferenciação espacial entre o tratamento sem inoculação e sem adição de L-triptofano e os grupos de tratamento com inoculação bacteriana, sem e com adição do aminoácido no meio de cultura (Figura 1A).

Tabela 1.

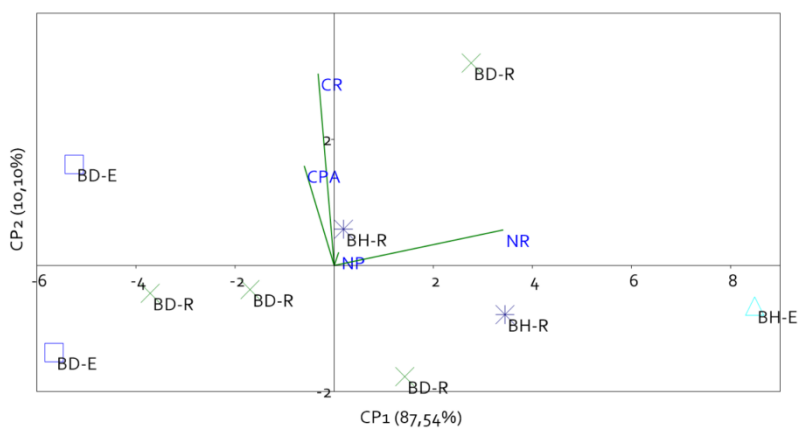
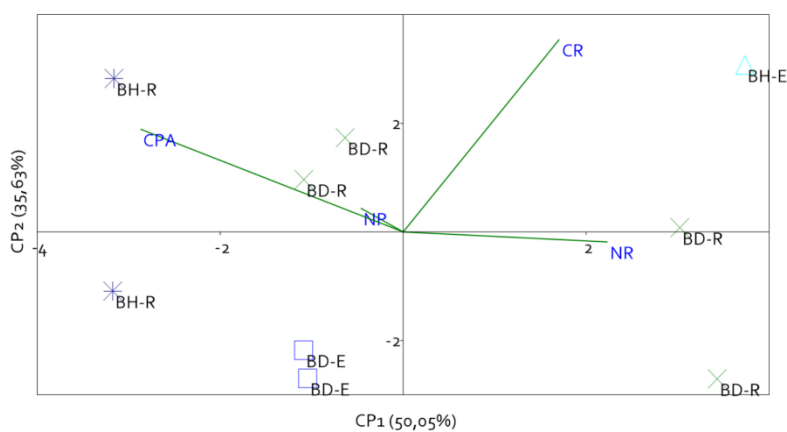
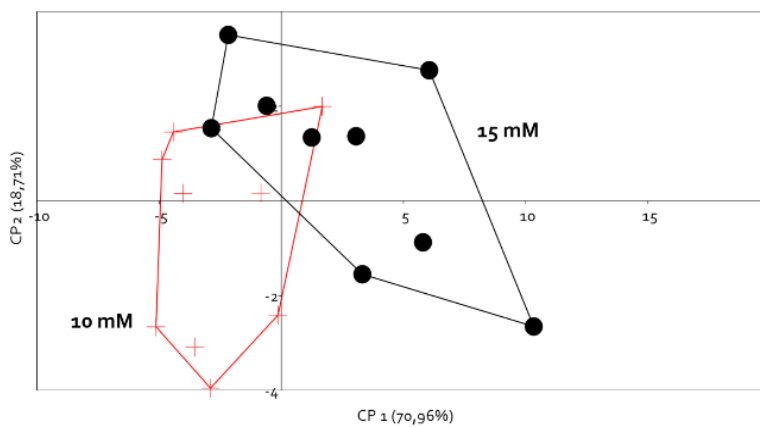
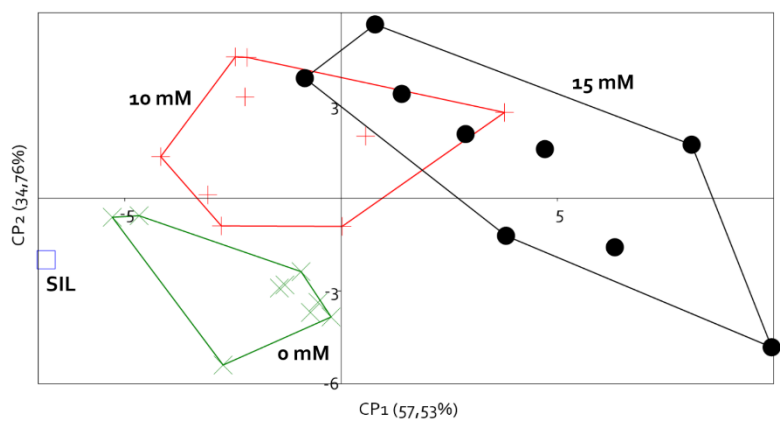
*Comparação entre grupos de médias por contrastes ortogonais dos tratamentos com base nas inoculações de bactérias promotoras de crescimento de planta, cultivadas em meio de cultura Tryptic Soy Broth acrescido com diferentes concentrações de L-triptofano (0; 10 e 15 mM), além do tratamento controle, sem inoculação e sem L-triptofano, e sua influência nas características morfológicas de plântulas de *Cenchrus purpureus* (Schum.) cultivar BRS Capiacu, no 21º dia de cultivo em câmara de germinação.*

Inóculos	NP	CPA	NR	CR
	-	cm	-	cm
SI + SLT	1,500	3,400	4,500	8,050
CI + SLT	1,500	3,500	5,550	11,350
CI + CLT	1,750	4,775	9,500	12,250
CI + CLT 10,0 mM	2,000	5,800	7,000	11,000
CI + CLT 15,0 mM	1,500	3,750	12,000	13,500
Teste t				
SI + SLT vs. CI+SLT	-	-0,254	-1,254*	-2,875*
SI + SLT vs. CI+CLT	-0,241*	-1,021*	-3,289*	-3,255*
CI+SLT vs. CI+CLT	-			
	0,233*	-1,001*	-2,998*	-1,239*
CI + CLT 10,0 mM vs. CI + CLT 15,0 mM	1,011*	1,751*	-2,547*	-1,325*

SI: sem inóculo; CI: com inóculo; SLT: sem L-triptofano; CLT: com L-triptofano (10 e 15 mM); NP: número de plúmulas por plântula; CPA: comprimento da parte aérea da plântula em centímetros; NR: número de raiz por plântula, e CR: comprimento da raiz da plântula em centímetros. Os valores seguidos por o * determinam a significância pelo teste t a 5% de probabilidade.

Figura 1.

*Análise componente principal (CP) dos diferentes grupos e tratamentos com base nas inoculações de bactérias promotoras de crescimento de planta cultivadas em meio de cultura Tryptic Soy Broth acrescido com diferentes concentrações de L-triptofano (0; 10 e 15 mM), e sua influência nas características morfológicas de plântulas de *Cenchrus purpureus* (Schum.) cultivar BRS Capiacu, no 21º dia de cultivo em câmara de germinação. (A) diferenciação entre grupo de tratamentos, concentração de L-triptofano no meio de cultura 0,0; 10,0 e 15,0 mM e o tratamento SIL (sem inóculo e sem L-triptofano); (B) diferenciação entre grupo de tratamentos das concentrações de L-triptofano no meio de cultura 10 e 15mM; (C) comportamento dos isolados bacterianos por espécie vegetal e nicho de isolamento cultivado em meio de cultura acrescido com 10 mM de L-triptofano; (D) comportamento dos isolados bacterianos por espécie vegetal e nicho de isolamento cultivado em meio de cultura acrescido com 15 mM de L-triptofano. BD: estirpes bacterianas isoladas de *Brachiaria decumbens* (BD-E do nicho endofítico e BD-R do nicho rizosférico); BH: estirpes bacterianas isoladas de *Brachiaria humidicolas* (BH-E do nicho endofítico e BH-R do nicho rizosférico); NP: número de plúmulas; CPA: comprimento da parte aérea; NR: número de raiz, e CR: comprimento da raiz.*



A adição de 10 e 15 mM de L-triptofano no meio de cultura promoveu alterações significativas ($p \leq 0,05$) em todas as variáveis analisadas (Tabela 1), o que possibilitou o distanciamento espacial dos tratamentos com inoculação bacteriana, porém sem L-triptofano no meio de cultura, em relação ao tratamento sem inoculação e sem o aminoácido (Figura 1A). Entre as concentrações, destaca-se a de 10 mM nas características da parte aérea das plântulas e, igualmente, a de 10 mM nas características do sistema radicular (Tabela 1). A maior concentração do aminoácido precursor de fitormônios da classe das auxinas possivelmente estimulou a produção de ácido indolacético pelas bactérias inoculadas, refletindo no crescimento vegetal. A ação primordial do ácido indolacético ocorre nas células do meristema radicular, promovendo seu alongamento, bem como maior enraizamento do vegetal (Taiz *et al.*, 2017).

Ao avaliar as espécies e os nichos de origem das estirpes, diferentemente do observado na literatura em estudos sobre a inoculação de BPCPs em plantas forrageiras, como em Espíndola *et al.* (2024), com BRS Capiáçu, e em Oliveira *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2024), com *Brachiaria decumbens* cultivar Basilisk, nos quais se verificou que bactérias isoladas do nicho endofítico, por apresentarem maior produção de fitormônios da classe das auxinas, favorecem o crescimento vegetal, especialmente do sistema radicular, esse padrão não foi observado no presente estudo. Esse resultado pode estar relacionado ao elevado aporte de L-triptofano no meio de cultura bacteriano (Figura 1C e D).

Entre as estirpes bacterianas avaliadas nas concentrações de L-triptofano em destaque (10 e 15 mM), destacam-se *Sphingomonas paucimobilis* (UAGB 80), *Rhizobium sp.* (UAGB 150), *Klebsiella variicola* F2R9 (UAGB 154), *Burkholderia territorii* (UAGB 105), *Enterobacter kobei* (UAGB 119) e *Ralstonia pickettii* 12J (UAGB 128), por apresentarem os melhores resultados, independentemente das concentrações testadas (Tabela 2). Observa-se, em particular, que essas estirpes atingiram desempenho máximo na concentração de 10 mM de L-triptofano, evidenciando o comportamento diferencial de cada microrganismo no meio de cultivo.

Com base na Tabela 2, verifica-se que a suplementação com diferentes concentrações de L-triptofano no meio de cultura influenciou significativamente as características morfológicas avaliadas após a inoculação com BPCPs, sendo a concentração de 10,0 mM a que proporcionou os maiores incrementos para a maioria das variáveis analisadas. Para o NP, as estirpes UAGB154, UAGB80, UAGB119 e UAGB128 apresentaram os maiores valores na concentração de 10,0 mM, enquanto a estirpe UAGB150 destacou-se com o maior incremento sob 15,0 mM, ambas diferindo estatisticamente das demais. Esses resultados sugerem que doses moderadas de L-triptofano, precursor direto na biossíntese de auxinas, podem otimizar o estabelecimento inicial das plantas. Achados semelhantes foram reportados por Sharma *et al.* (2020), que observaram aumento expressivo no número de plúmulas de gramíneas sob suplementação com L-triptofano associada à inoculação com rizobactérias.

Tabela 2.

Desempenho, média das inoculações de bactérias promotoras de crescimento de planta cultivadas em meio de cultura Tryptic Soy Broth acrescido com 10,0 e 15,0 mM de L-triptofano e sua influência nas características morfológicas de plântulas de Cenchrus purpureus (Schum.) cultivar BRS Capiaçú, no 21^o dia de cultivo em câmara de germinação.

Origem	Estirpes	NP		CPA		NR		CR	
		10,0 mM	15,0 mM	10,0 mM	15,0 mM	10,0 mM	15,0 mM	10,0 mM	15,0 mM
BD-E	UAGB69	2,000 Ba	1,000 Cb	5,500 Eb	6,500 Aa	7,000 Da	7,000 Ca	8,000 Cb	12,200 Ba
BD-E	UAGB154	3,000 Aa	2,000 Bb	5,800 Da	4,200 Cb	8,000 Ca	6,000 Db	7,300 Cb	10,200 Ea
BD-R	UAGB80	3,000 Aa	1,000 Cb	2,700 Fb	3,700 Ea	8,000 Ca	7,000 Cb	12,000 Aa	11,300 Db
BD-R	UAGB71	2,000 Ba	1,000 Cb	6,500 Ca	3,500 Fb	6,000 Eb	8,000 Ba	11,000 Ba	1,300 Hb
BD-R	UAGB139	2,000 Ba	1,000 Cb	1,800 Fb	3,700 Ea	9,000 Ba	8,000 Bb	9,600 Ca	9,200 Gb
BD-R	UAGB150	2,000 Bb	3,000 Aa	5,800 Da	4,700 Bb	5,000 Fa	5,000 Ea	12,200 Ab	13,500 Aa
BH-E	UAGB105	2,000 Ba	1,000 Cb	5,500 Ea	2,3 00Hb	11,000 Aa	6,000 Ab	12,000 Aa	9,400 Fb
BH-R	UAGB119	3,000 Aa	2,000 Bb	9,500 Aa	2,700 Gb	6,000 Ea	6,000 Da	11,400 Ba	10,200 Eb
BH-R	UAGB128	3,000 Aa	2,000 Bb	7,500 Ba	3,800 Db	6,000 Eb	9,000 Aa	8,000 Cb	11,500 Ca

BD: estirpes bacterianas isoladas de *Brachiaria decumbens* (BD-E do nicho endofítico e BD-R do nicho rizosférico); BH: estirpes bacterianas isoladas de *Brachiaria humidicola* (BH-E do nicho endofítico e BH-R do nicho rizosférico); NP: número de plúmulas por plântula; CPA: comprimento da parte aérea da plântula em centímetros; NR: número de raiz por plântula, e CR: comprimento da raiz da plântula em centímetros. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (entre as estirpes bacterianas) e minúscula na linha (entre as concentrações de L-triptofano) não diferem entre si pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No parâmetro CPA, a estirpe UAGB119 apresentou desempenho superior na concentração de 10,0 mM, enquanto a estirpe UAGB69 foi responsável pelo maior incremento a 15,0 mM. Esses dados reforçam a importância do L-triptofano na ativação de rotas metabólicas associadas à síntese de ácido indolacético, promovendo a expansão dos tecidos meristemáticos e, conseqüentemente, o crescimento vegetativo (Rosa, 2023).

Quanto aos parâmetros radiculares, tanto o número quanto o comprimento de raízes apresentaram valores expressivos para a estirpe UAGB105 na concentração de 10,0 mM. Para o comprimento radicular, as estirpes UAGB150 e UAGB80 também se destacaram nessa mesma concentração, enquanto a UAGB150 manteve superioridade a 15,0 mM. Esses resultados corroboram os achados de Alves et al. (2023), que reportaram incremento significativo no comprimento de raízes de *Digitaria eriantha* cultivar Suvernola (capim-pangola) após inoculação com bactérias endofíticas e suplementação com precursores de fitormônios. Adicionalmente, Lima et al. (2021) ressaltam que a aplicação de L-triptofano potencializa os efeitos de bactérias diazotróficas, favorecendo o crescimento radicular e aumentando a eficiência de absorção de água e nutrientes, aspectos essenciais para a implantação e produtividade de pastagens e capineiras.

De forma geral, os resultados obtidos indicam um efeito sinérgico entre as estirpes UAGB154, UAGB80, UAGB119, UAGB128, UAGB150, UAGB105 e concentrações específicas de L-triptofano, promovendo não apenas o crescimento inicial, mas também uma arquitetura radicular mais robusta, característica determinante para a resiliência das plantas em condições

adversas (Gupta *et al.*, 2022). Essa interação revela potencial para aplicação em estratégias de manejo sustentável, visando otimizar o desenvolvimento de forrageiras como o BRS Capiaçú, especialmente em sistemas que buscam reduzir a dependência de insumos químicos.

Considerações Finais

As inoculações bacterianas, com as estirpes *Sphingomonas paucimobilis* (UAGB 80), *Rhizobium cauense* (UAGB 150), *Burkholderia territorii* (UAGB 105), *Klebsiella variicola* F2R9 (UAGB 154), *Enterobacter kobei* (UAGB 119) e a *Ralstonia pickettii* 12J (UAGB 128), associadas à adição de 10 mM de L-triptofano ao meio de cultura promoveram melhorias significativas nas características morfológicas das plântulas de BRS Capiaçú.

Os resultados evidenciam o papel do L-triptofano como precursor-chave na biossíntese de fitormônios, especialmente do ácido indolacético, favorecendo um efeito sinérgico com as bactérias promotoras de crescimento de plantas e intensificando as respostas no desenvolvimento vegetal. Sob a perspectiva aplicada, a associação entre estirpes bacterianas promissoras e a suplementação com L-triptofano configura uma estratégia consistente para a formulação de bioinsumos. Essa abordagem apresenta potencial para otimizar o estabelecimento inicial, aumentar o vigor das plântulas e contribuir para ganhos produtivos do BRS Capiaçú, além de reduzir a dependência de insumos químicos e favorecer sistemas agrícolas mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- Alves, M. J. G., Mendonça, J. J., Vitalino, G. M., Oliveira, J. P., Carvalho, E. X., Fracetto, F. J. C., Fracetto, G. G. M., & Júnior, M. A. L. (2023). Screening *Digitaria eriantha* cv. *suvernola* endophytic bacteria for maize growth promotion. *Plantas*, 12(14), 2589. <https://doi.org/10.3390/plants12142589>
- Barreto, G. P., Lira, M. de A., Santos, M. V. F. dos, & Júnior, J. C. B. D. (2001). Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetidos a estresse hídrico. 1. Parâmetros Morfológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1–6. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000100001>
- Deus, T. R. V. de., Giongo, V., Salviano, A. M., Santana, M. da S., & Silva, V. C. da., Santos, T. C. dos. (2022). Selection of green manures to provide ecosystem services in a semi-arid environment. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46(1), e0210105. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781268>
- Elnahal, A. S. M., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Desoky, E. S. M., El-Tahan, A. M., Rady, M. M., & El-Tarabily, K. A. (2022). The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review. *European Journal of Plant Pathology*, 162(4), 1007–1007. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02472-3>
- Espíndola, N. L. de., Tavares, B. M. de S., Santos, J. M. G., Barbosa, V. M. S., Santos, I. B. dos., & Oliveira, J. T. C. (2024). Inoculation of plant growth-promoting bacteria on *Pennisetum*

- purpureum Schumach cultivar BRS Capiacu. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 59, e1916–e1916. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781916>
- Ferreira, D. F. (2007). SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6(2), 36–41. <https://doi.org/10.5327/22176-94781916>
- Gupta, G., Paul, S., Singh, S., Pietramellara, G., Pathan, S. I., Danish, S., Jabborova, D., Datta, R., & Jha, P. N. (2022). Exploring functional diversity and community structure of diazotrophic endophytic bacteria associated with *Pennisetum glaucum* growing under field conditions in a semi-arid region. *Land*, 11(7), 991. <https://doi.org/10.3390/land11070991>
- Lima, D. R. M. de., Santos, I. B. dos., Oliveira, J. T. C., Costa, D. P. da., Queiroz, J. V. J. de., Romagnoli, E. M., Andreote, F. D., Freire, F. J., & Kuklinsky-Sobral, J. (2021). Genetic diversity of N-fixing and plant growth-promoting bacterial community in different sugarcane genotypes, association habitat and phenological phase of the crop. *Archives of Microbiology*, 203(3), 1089–1105. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02103-7>
- Mesquita, A. de F. N., Bandeira, L. L., Cavalcante, F. G., Ribeiro, G. A. L., Martins, S. C. S., & Martins, C. M. (2023). In vitro co-inoculation of rhizobacteria from the semi-arid aiming at their implementation as bio-inoculants. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 58(1), 59–66. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781481>
- Oliveira, H. P. de., Melo, R. O. de., Baldotto, M. A., Andrade, M. A., & Baldotto, L. E. B. (2018). Performance of pre-sprouted sugarcane seedlings in response to the application of humic acid and plant growth-promoting bacteria. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(3), 1365–1370. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1365>
- Oliveira, J. T. C., Pereira, A. P. A., Souza, A. J. de., Kuklinsky-Sobral, J., Freire, F. J., Santos, M. V. F. dos., & Lira, M. D. A. (2022). Inoculation with plant-growth promoting bacteria improves seed germination and initial development of *Brachiaria decumbens*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(1), e20200124. <https://doi.org/10.1590/0001-3765220220200124>
- Pandey, K., & Saharan, B. S. (2025). Soil microbiomes: a promising strategy for boosting crop yield and advancing sustainable agriculture. *Discovery Agriculture*, 3(1), 54. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00208-5>
- Rosa, F. C., Mota, A. G., Almeida, B. L. de., Souza, G. D. S. de., Araújo, M. C., Melo, M. H. F., & Mendonça, R. D. C. M. (2023). Importância dos metabólitos secundários produzidos por actinobactérias. *Revista Ciências da Saúde CEUMA*, 1(1), 72–87. <https://doi.org/10.61695/rcs.v1i1.6>
- Sharma, M., Saleh, D., Charron, J. B., & Jabaji, S. (2020). A crosstalk between *Brachypodium* root exudates, organic acids, and *Bacillus velezensis* B26, a growth promoting bacterium. *Frontiers in Microbiology*, 11, 575578. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.575578>
- Silva, L. S. da., Espíndola, N. L. de., Tavares, B. M. de S., Santos, J. M. G., Barbosa, V. M. S., Andrade, P. A. M. de., & Oliveira, J. T. C. (2024). Agricultural sustainability: bioinputs from bacteria as alternatives to improve the physiological and morphological development of *Urochloa decumbens* cv. Basilisk. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 59, e1980–e1980. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781980>

- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6a ed.). Artmed Editora.
- Zuluaga, M. Y. A., Fattorini, R., Cesco, S., & Pii, Y. (2024). Plant–microbe interactions in the rhizosphere for smarter and more sustainable crop fertilization: the case of PGPR-based biofertilizers. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1440978.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1440978>