

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

LUCAS GUILHERME HAHN KEHL

**ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS DO PICÃO-PRETO E CARACTERIZAÇÃO
DA PROMOÇÃO OU INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE PLANTAS**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

LUCAS GUILHERME HAHN KEHL

**ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS DO PICÃO-PRETO E CARACTERIZAÇÃO
DA PROMOÇÃO OU INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE PLANTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Maurício Dutra Costa

Coorientadores: Antônio Alberto da Silva
Francisco Cláudio Lopes de Freitas

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Kehl, Lucas Guilherme Hahn, 1987-

K26i
2021

Isolamento de rizobactérias do picão-preto e caracterização da promoção ou inibição do crescimento de plantas / Lucas Guilherme Hahn Kehl. – Viçosa, MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (67 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Maurício Dutra Costa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, 2021.

Referências bibliográficas: f. 60-67.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.194>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas.
2. Milho - Doenças e pragas - Controle integrado. 3. Competição (Biologia). I. Costa, Maurício Dutra, 1966-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.15899

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

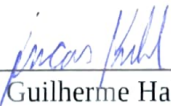
LUCAS GUILHERME HAHN KEHL

**ISOLAMENTO DE RIZOBACTÉRIAS DO PICÃO-PRETO E CARACTERIZAÇÃO
DA PROMOÇÃO OU INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE PLANTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 agosto de 2021.

Assentimento:



Lucas Guilherme Hahn Kehl
Autor



Maurício Dutra Costa
Orientador

A Deus,
À minha noiva,
Aos meus pais,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao bom Deus, pelo sopro da vida.

Ao grande Mestre Jesus, pela sabedoria.

Ao meu guia espiritual, Mestre Gabriel, pelos ensinamentos e exemplos.

À minha noiva, Alyce Helora, pelo amor, pela paciência, pela compreensão, pela sinceridade e pelo companheirismo.

Aos meus pais, Luiz e Rosely, pelo amor e apoio incondicional e, através deles, estendo minha gratidão aos meus antepassados e contemporâneos.

Aos meus irmãos Gugu, Ana e Leo, pela amizade e pelo convívio, e através deles estendo a minha gratidão à Camila e, ao Beto (*in memoriam*) e à Bárbara (minha sobrinha).

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e ao Departamento de Microbiologia, por contribuírem com minha formação profissional e pela oportunidade.

Ao meu orientador, professor Maurício Dutra Costa, pela proposição do trabalho e pela confiança para realizá-lo, sempre incentivando e instigando a cada passo.

Aos meus coorientadores, professor Francisco Cláudio Lopes de Freitas e professor Antônio Alberto da Silva, por todo auxílio, pela disponibilidade e pela prontidão na execução do experimento.

Aos meus amigos Ernani, Hermann e Vanderli, pelo auxílio na minha chegada a Viçosa e no estabelecimento nos períodos iniciais.

Aos amigos do LEM, Argemiro, Felipe, Fernanda, Gustavo, Hair Santiago, Helbert, Jaqueline, Larissa, Naydu Shirley e Victor, pelas trocas, pelas conversas, pelas discussões e pelo auxílio nos experimentos.

Aos colegas do grupo MIPD, Cristiane, Davi, João Vitor e Maria Carolina, pelo auxílio nos experimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

*“Vosso coração conhece em silêncio os segredos dos dias e das noites.
Mas vossos ouvidos anseiam pelo som do conhecimento do vosso coração.
Vós sabeis por palavras aquilo que sempre soubestes em pensamento.
Tocai com a ponta dos dedos o corpo nu dos vossos sonhos.
E ainda bem que assim é.*

*A nascente oculta de vossa alma deve erguer-se e correr a murmurar para o mar.
E o tesouro de vossas profundezas infinitas será revelado perante os vossos olhos.
Mas que não haja medidas para pesar o vosso tesouro desconhecido.
E não procureis as profundezas de vosso conhecimento com limites.
Pois o ser em si não tem limites nem medidas.*

E disse o Divino: ‘Ame seu inimigo!’ e eu obedeci e amei a mim mesmo!”

(Khalil Gibran)

BIOGRAFIA

LUCAS GUILHERME HAHN KEHL, filho de Luiz Candido Kehl e Rosely Hahn Kehl, nasceu em Nova Petrópolis, Rio Grande do Sul, no dia 25 de maio de 1987. Em 1992, ingressou no Ensino Fundamental e concluiu, em 2004, o Ensino Médio no Colégio Estadual Padre Werner, em Nova Petrópolis. Em 2006, ingressou no Ensino Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, em São Francisco de Paula, graduando-se em 2010. Em 2013, ingressou no Curso de Agronomia, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em 2016, fez graduação sanduíche na Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, em Santa Cruz de La Sierra, Bolívia. Em 2018, fez Mobilidade Acadêmica na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Graduou-se em Agronomia em 2019 e, no mesmo ano, ingressou no Mestrado em Fitotecnia do Departamento de Agronomia da UFV, submetendo-se à defesa em 11 de agosto de 2021.

RESUMO

KEHL, Lucas Guilherme Hahn, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2021. **Isolamento de rizobactérias do picão-preto e caracterização da promoção ou inibição do crescimento de plantas.** Orientador: Maurício Dutra Costa. Coorientadores: Francisco Cláudio Lopes de Freitas e Antônio Alberto da Silva.

Os sistemas de cultivo de cereais, a exemplo do milho (*Zea mays* L.), demandam a utilização de herbicidas para o controle de plantas daninhas. Caso não sejam controladas, as plantas daninhas podem competir com o milho e reduzir a produtividade. O uso de herbicidas na cultura do milho aumenta os custos de produção e gera impactos ambientais negativos. A microbiota rizosférica pode influenciar as interações de competição e facilitação entre plantas, podendo ser usada no manejo integrado de plantas daninhas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi o de isolar bactérias da rizosfera do picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e caracterizá-las quanto à capacidade de promoção ou inibição do crescimento do milho e da planta hospedeira em condições de casa de vegetação. Foram obtidos o total de 191 isolados bacterianos da rizosfera do picão-preto. Esses isolados apresentaram efeitos neutros ou de promoção do crescimento do milho, não sendo observada atividade inibitória. Para altura da parte aérea (ALT), observaram-se ganhos mínimos e máximos de 10 e 41 %, respectivamente, nos tratamentos com inoculação bacteriana em comparação ao tratamento controle. Ganhos de 1 a 31 % foram, também, observados para o diâmetro do colmo (DIA). Para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), os ganhos mínimos e máximos observados corresponderam, respectivamente, a 16 e 120, 9 e 130 e 15 e 103 %. A inoculação do milho aumentou em 26 a 84 % e reduziu de 2 a 36 % a relação raiz/parte aérea (R/PA). Os isolados bacterianos tiveram efeitos neutros, de promoção ou de inibição do crescimento do picão-preto. Para ALT, observaram-se ganhos mínimos e máximos de 16 e 66 %, respectivamente ou, redução do crescimento de 4 a 37 %, a depender do isolado bacteriano. Para MSPA, MSR e MST, os ganhos mínimos e máximos observados corresponderam, respectivamente, a 25 e 89, 12 e 54 e 13 e 53 %. Os isolados com efeito inibitório do crescimento reduziram de 9 a 76 % a MSPA, 20 a 79 % a MSR, 18 a 77 % a MST e 3 a 42 % a R/PA. A análise dos resultados de produção de MSPA, MSR, MST e da ALT das plantas de milho (M) e picão-preto (P) inoculados com as bactérias rizosféricas permitiu a obtenção de seis fenótipos combinados para os isolados bacterianos testados (M/P): +/+, +/0, +/-, 0/+, 0/0 e 0/-, onde + = promoção do crescimento, - = inibição do crescimento e 0 = sem efeito sobre o crescimento da planta. A rizosfera do picão-preto contém populações

expressivas de bactérias promotoras do crescimento do milho e inibidoras do crescimento da planta hospedeira. Esses microrganismos podem contribuir para processos de facilitação e competição durante as interações cultura-planta daninha.

Palavras-chave: Facilitação. Competição. Manejo integrado de plantas daninhas. PGPR. DRB.

ABSTRACT

KEHL, Lucas Guilherme Hahn, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August 2021. **Isolation bacteria from the blackjack rhizosphere and characterization of plant growth promoting and inhibiting.** Major advisor: Maurício Dutra Costa. Co-advisors: Francisco Cláudio Lopes de Freitas and Antônio Alberto da Silva.

Cereal cultivation systems, such as maize (*Zea mays* L.), require the use of herbicides to control weeds. If left unchecked, weeds can compete with maize and reduce yields. The use of herbicides increases maize production costs and generates negative environmental impacts. The rhizospheric microbiota can influence the competition and facilitation interactions between plants and can be used in weed integrated management. Thus, the objective of this work was to isolate bacteria from the blackjack (*Bidens pilosa* L.) rhizosphere and to characterize them for their capacity to promote or inhibit the growth of maize and the host plant under greenhouse conditions. A total of 191 bacterial isolates were obtained with either neutral or growth-promoting effects on maize. No inhibitory activity on maize was observed. For shoot height (ALT), minimum and maximum gains of 10 and 41 % were observed, respectively, in treatments with bacterial inoculation compared to the control treatment. Gains of 1 to 31 % were also observed for stem diameter (DIA). For shoot (MSPA), root (MSR) and total dry mass (MST), the minimum and maximum gains observed corresponded, respectively, to 16 and 120, 9 and 130 and 15 and 103 %. Corn inoculation promoted increases of 26 to 84 % and decreases of 2 to 36 % in the root/shoot ratio (R/PA). The bacterial isolates had neutral, promoting or inhibiting effects on blackjack growth. For ALT, minimum and maximum gains of 16 and 66 %, respectively, and growth decreases of 4 to 37 % were observed, depending on the bacterial isolate. For MSPA, MSR and MST, minimum and maximum gains observed corresponded, respectively, to 25 and 89, 12 and 54, and 13 and 53 %. Isolates with growth inhibiting effects led to 9 to 76 % decreases in MSPA, 20 to 79 % in MSR, 18 to 77 % in MST, and 3 to 42 % in R/PA. MSPA, MSR, MST, and ALT data for maize (M) and blackjack (P) plants inoculated with rhizospheric bacteria allowed us to obtain six combined phenotypes for the bacterial isolates tested (M/P): +/+, +/0, +/-, 0/+, 0/0 and 0/-, where + = growth promotion, - = growth inhibition, and 0 = no effect on plant growth. The blackjack rhizosphere contains expressive populations of bacteria that promote maize growth and inhibit the growth of the host plant. These microorganisms can contribute to facilitation and competition processes during crop-weed interactions.

Keywords: Facilitation. Competition. Integrated weed management. PGPR. DRB.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Boxplot para as variáveis altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) para plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.....38

Figura 2: Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para as variáveis altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R.PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) após 22 dias de cultivo em casa de vegetação. **, *** = significativo a $p < 1\%$ e $0,1\%$, respectivamente, pelo teste t. × = não significativo estatisticamente.....41

Figura 3: Plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos promotores e inibidores do crescimento vegetal após 60 dias de cultivo em casa de vegetação. (+) planta inoculada com isolado promotor do crescimento; (0) controle sem inoculação; (-) planta inoculada com isolado inibidor do crescimento.....47

Figura 4: Boxplot para as variáveis altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) para plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 60 dias em casa de vegetação.....48

Figura 5: Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para as variáveis altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R.PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos após 60 dias de cultivo em casa de vegetação. *, *** = significativo a $p < 5\%$ e $0,1\%$, respectivamente, pelo teste t. × = não significativo estatisticamente.....50

Figura 6: Fenótipos de isolados bacterianos rizosféricos em relação à promoção ou inibição do crescimento do milho (*Zea mays* L.; vaso à esquerda) e do picão-preto (*Bidens pilosa* L.; vaso à direita). Promoção: + ; inibição: - ; neutro: 0, sem efeito.....52

Figura 7: Matriz dos percentuais e do número (n) de isolados bacterianos rizosféricos em relação à capacidade de promoção ou inibição da altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) do milho (*Zea mays* L.) e do picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Promoção: + ; inibição: - ; neutro: 0, sem efeito. Valores na intersecção das linhas e colunas, dentro da matriz, referem-se à percentagem e número dos isolados com efeitos combinados para milho e picão-preto. Valores percentuais e número de isolados fora da matriz, à direita e em baixo, referem-se ao somatório das linhas ou colunas, respectivamente. O diâmetro do caule do picão-preto não foi medido, impossibilitando a análise combinada do efeito dos isolados sobre essa variável para as duas plantas simultaneamente, sendo assinalado na matriz como na. nd = não determinado.....53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Característica química do solo da camada de 0-20 cm de profundidade.....27
- Tabela 2: Características morfológicas coloniais utilizadas para triagem de isolados bacterianos obtidos do solo rizosférico do picão-preto (*Bidens pilosa* L.).....29
- Tabela 3: Altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.....33
- Tabela 4: Médias, valores mínimos e máximos para altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) para plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.....39
- Tabela 5: Altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), inoculadas ou não (controle) com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), cultivadas por 60 dias de cultivo em casa de vegetação.....42
- Tabela 6: Médias, valores mínimos e máximos para altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) para plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 60 dias em casa de vegetação.....49
- Tabela 7: Agrupamento dos isolados bacterianos rizosféricos baseado nos fenótipos de interação com plantas de milho (*Zea mays* L.) e de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) em relação

à massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). + = promoção; - = inibição; 0 = neutro, sem efeito.....55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1. Importância do milho.....	18
2.2. Plantas daninhas.....	18
2.2.1. Importância do picão-preto.....	19
2.3. Interações ecológicas.....	20
2.3.1. Competição.....	20
2.3.2. Facilitação.....	21
2.4. Rizobactérias promotoras de crescimento em plantas.....	23
2.5. Rizobactérias deletérias.....	24
2.6. Controle biológico de plantas daninhas com microrganismos.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1. Isolamento de bactérias da rizosfera do picão-preto.....	27
3.2. Seleção de bactérias com atividade de promoção ou de inibição de crescimento vegetal.....	30
3.3. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	31
4. RESULTADOS.....	32
4.1. Isolamento.....	32
4.2. Promoção do crescimento do milho.....	32
4.3. Promoção do crescimento do picão-preto.....	40
4.4. Fenótipos combinados de promoção do crescimento de milho e picão-preto.....	51
5. DISCUSSÃO.....	56
6. CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna, baseada no denominado sistema convencional de cultivo proveniente da Revolução Verde, com a utilização de pacotes tecnológicos, que incluem sementes melhoradas, fertilizantes químicos, agrotóxicos e maquinário, proporcionou a expansão da produção de commodities agrícolas, a exemplo do milho, da soja, do trigo, da cana-de-açúcar, dentre outras culturas. Essa expansão foi ocasionada pela necessidade de fomentar a indústria alimentícia, a produção animal em larga escala e a produção de biocombustíveis.

O sistema de cultivo de cereais, como o do milho, para manutenção do estande de plantas no período inicial de cultivo, demanda a utilização de herbicidas para o controle de plantas daninhas que, caso não sejam controladas, competem com a cultura e, conseqüentemente, podem reduzir em 51 até 87 % da produtividade. Essa redução da produtividade, não somente traz grandes prejuízos ao produtor, como também afeta a cadeia produtiva, ocasionando flutuação nos preços da matéria prima e seus derivados.

A utilização de herbicidas, de modo geral, representa 59,56 % do volume total de agrotóxicos utilizados na agricultura brasileira (IBAMA, 2020). Para a cultura do milho (*Zea mays* L.), os herbicidas são utilizados para o controle das principais plantas daninhas: picão-preto (*Bidens pilosa* L.), dente-de-leão (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.), maria-mole (*Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster), soja voluntária (*Glycine max* (L.) Merr.), capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.).

Em relação aos custos de produção no custeio na média nacional, a utilização de herbicidas representa 10,77 % do montante, equivalente a R\$ 236,78 por hectare (CONAB, 2021), desconsiderando a tecnologia embutida na semente e a aplicação do produto. A área de produção do milho no ano de 2021 foi de 19,6 milhões de ha (IBGE, 2021a). Considerando-se que, em sua quase totalidade a cultura do milho utiliza herbicidas, estima-se que, aproximadamente, R\$ 4,6 bilhões são gastos anualmente para a aplicação desses insumos nessa cultura (CONAB, 2021; IBGE, 2021a). Alguns estudos já apontam a resistência de plantas daninhas a herbicidas, a exemplo do picão-preto. Além disso, esses insumos podem afetar negativamente as comunidades microbianas do solo.

A influência da microbiota do solo na promoção de crescimento de plantas tem recebido muita atenção, com estudos recentes sobre a influência dos microrganismos sobre as

interações cultura-planta daninha. Até o presente, pouco se sabe sobre os efeitos de promoção e inibição do crescimento de plantas daninhas por bactérias rizosféricas, bem como sobre o papel das mesmas nas interações ecológicas de competição e facilitação que essas plantas estabelecem com as culturas. O uso de bactérias com a capacidade de inibir o crescimento vegetal no manejo integrado de plantas daninhas pode constituir tecnologia alternativa ao alto consumo de herbicidas na agricultura, trazendo benefícios econômicos e ambientais.

Assim, o objetivo deste trabalho foi isolar bactérias da rizosfera do picão-preto (*B. pilosa* L.) e caracterizá-las quanto à capacidade de promoção ou inibição do crescimento do milho (*Z. mays* L.) e da planta hospedeira em condições de casa de vegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. IMPORTÂNCIA DO MILHO

O milho (*Z. mays* L.) é planta pertencente à família Poaceae, cujo centro de origem localiza-se no México, na América Central. Sua domesticação ocorreu em Oaxaca, há 6.300 anos atrás (SMITH, 2001), por meio do melhoramento do seu ancestral selvagem, o teosinto (*Z. mays* L. subsp. *parviglumis* Iltis & Doebley) [DOEBLEY, 1990].

O milho é o cereal mais produzido no mundo, correspondendo a 12,21 % da produção mundial total de alimentos (FAOSTAT, 2019). É a segunda cultura mais produzida depois da cana-de-açúcar (17,52 %) [FAOSTAT, 2019]. Os principais produtores de milho são os Estados Unidos (25,81 %), a China (18,16 %) e o Brasil (5,97 %).

Essa cultura tem ampla aplicação na alimentação humana e animal, na extração de derivados para utilização na indústria alimentícia e na produção de etanol. No período de 2020/21 o Brasil consumiu 102,8 milhões de toneladas de milho, sendo a produção equivalente a 86,34 % do consumo (ABRAMILHO, 2021b). As principais demandas são o consumo animal (55,46 %), a exportação (23,50 %), o consumo industrial (12,98 %) e o consumo humano (2,11 %) [ABRAMILHO, 2021b].

No Brasil, o milho é a terceira cultura mais produzida e o primeiro cereal, correspondendo a 10,38 % da produção nacional de alimentos (IBGE, 2021a). O primeiro e o segundo são, respectivamente, a cana-de-açúcar (68,89 %) e a soja (11,71 %) (IBGE, 2021a). Atualmente, tem-se investido na produção de etanol de milho, que representa mercado em ascensão. O setor pretende crescer 200 % até 2028 (ABRAMILHO, 2021a) e um terço do milho utilizado na destilação é transformado em alimento animal "grão seco por destilação" (DDG, do inglês *Dried Distillers Grains*) (FS, 2021).

2.2. PLANTAS DANINHAS

O termo "plantas daninhas" refere-se às plantas cuja presença é indesejável a alguma atividade humana (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011). Quando há ocorrência de plantas de uma cultura anterior na área cultivada, por exemplo, milho em soja ou vice-versa, estas são chamadas de "voluntárias". As plantas daninhas são hábeis na utilização dos recursos do meio, a exemplo da luz, água e de nutrientes, competindo, desse modo, com a cultura. Caso não seja realizado o controle, as plantas daninhas, podem reduzir a produtividade do milho em

51 a 87 % (KOZLOWSKI, 2002; TURSUN *et al.*, 2016). O método de controle químico, por meio de herbicidas, é um dos mais utilizados (MARKUS *et al.*, 2021).

O consumo de herbicidas no Brasil em 2019 foi de 369,6 mil toneladas de ingrediente ativo, equivalente 59,6 % do total de agrotóxicos consumidos no País (IBAMA, 2020). O Brasil é o 3º consumidor mundial desses produtos (FAOSTAT, 2019). Atualmente, no mundo, a resistência de plantas daninhas a herbicidas já foi relatada para 216 espécies, as quais são tolerantes a 21 mecanismos de ação distintos dos herbicidas (HEAP, 2021). No Brasil, já são 28 espécies que apresentam resistência a 8 mecanismos de ação herbicida (HEAP, 2021). Isto acarreta no aumento do consumo desses insumos, por meio do uso de misturas e, conseqüentemente, maiores danos econômicos, à saúde e ao ambiente (HESS *et al.*, 2021; SOUZA *et al.*, 2021).

As plantas daninhas são boas indicadoras das mudanças nos padrões de cultivo, na biodiversidade e na variabilidade dos agroecossistemas (SPAHILLARI *et al.*, 1999). A capacidade dessas plantas em ocupar ambientes perturbados, a exemplo dos cultivos agrícolas, e ter sucessão exitosa dependem de algumas características, tais como o rápido crescimento, a alta produção de flores e propágulos, a habilidade de dispersão, a plasticidade fenotípica, a germinação assíncrona, entre outras (ZIMDAHL, 2018).

2.2.1. Importância do picão-preto

As plantas daninhas têm grande influência na produtividade do milho (KOZLOWSKI, 2002; TURSUN *et al.*, 2016). Dentre as principais, destaca-se o picão-preto, pertencente à família Asteraceae e cujo centro de diversificação foi o México (BALLARD, 1986). O picão-preto possui seis variedades e é considerada cosmopolita (BALLARD, 1986). É uma planta herbácea, de porte ereto, que atinge até 1,0 m de altura, com folhas glabras inteiras ou lobadas, flores dispostas em capítulos e possuindo frutos secos do tipo aquênio linear-tetragonal de 5-9 mm (SANTOS; CURY, 2011).

O picão-preto tem capacidade de acumular altos teores de nitrogênio, fósforo e micronutrientes, e é eficiente na utilização e na extração de água em condições de baixo potencial hídrico do solo (SANTOS; CURY, 2011). O extrato aquoso de picão-preto (*B. pilosa* L.) tem efeito alelopático sobre a semente de milho, diminuindo o índice de velocidade de germinação (IVG) e aumentando o número de plântulas anormais (TEIXEIRA, 2018).

Em alguns relatos, o milho teve o crescimento facilitado pelo picão-preto em função da modulação da interação cultura-planta daninha pela microbiota do solo (MATOS *et al.*,

2019a). Estudos posteriores demonstraram que a adição de NaCl promoveu mudanças de competição para facilitação na coexistência entre milho e picão-preto, devido a alterações da comunidade microbiana rizosférica (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Há biótipos de picão-preto com resistência múltipla aos herbicidas atrazine (inibidor do fotossistema II) e imazethapyr (inibidor da ALS) [TAKANO *et al.*, 2016]. Com o aumento da resistência de plantas daninhas a herbicidas na cultura do milho, o uso combinado de herbicidas com diferentes mecanismos de ação em pré e pós-emergência tem sido a estratégia adotada para reduzir a pressão de seleção e controle de biótipos de plantas daninhas resistentes. As diferentes combinações de herbicidas em pré-emergência/pós-emergência (pethoxamid/glyphosate; mesotrione + s-metolachlor/glyphosate; acetochlor + terbuthylazine/glyphosate; aclonifen + isoxaflutole/mesotrione), afetaram a comunidade rizobacteriana do milho, com diminuição nas populações de Proteobacteria, Acidobacteria e Actinobacteria em diferentes graus (VALVERDE *et al.*, 2014).

2.3. INTERAÇÕES ECOLÓGICAS

As interações ecológicas podem ser intra- ou interespecíficas, com efeitos positivos, nulos ou negativos, e ocorrer a nível de população ou comunidade (LIANCOURT; DOLEZAL, 2021).

2.3.1. Competição

A competição é uma interação negativa entre duas populações na qual há redução do potencial de crescimento de uma ou de ambas (ZÉLÉ *et al.*, 2018). Esse tipo de interação ocorre no ambiente agrícola entre culturas e plantas daninhas, ocasionando reduções de produtividade (ZIMDAHL, 2018). A intensidade competição varia de acordo com as condições ambientais. As plantas daninhas são mais prejudiciais ao rendimento das culturas em condições abióticas favoráveis em comparação a ambientes mais hostis (STEFAN *et al.*, 2021).

A competição por luz ocorre acima da superfície do solo e o fechamento do dossel da cultura pode influenciar na germinação das sementes e o crescimento de plantas daninhas (PETIT *et al.*, 2018). A quantidade e a qualidade de luz influencia na estrutura da comunidade de plantas daninhas (HOLT, 1995), afetando a distribuição, abundância e frequência dessas plantas nas áreas de cultivo (CONCENÇO *et al.*, 2017; NKOVA *et al.*, 2015).

Um estudo avaliou a relação da diversificação do cultivo (anual, perene ou hortícola), da sazonalidade (verão e inverno) e do tipo de solo (argiloso ou arenoso) sobre a estrutura da comunidade de plantas daninhas (MAHGOUB, 2021). Das 150 espécies de plantas daninhas de maior influência analisadas, foram constituídos três grupos com padrões distintos de ocorrência de acordo com a época do ano e o tipo de cultura (perene ou hortícola) (MAHGOUB, 2021).

Abaixo da superfície do solo acontece competição por água. O sucesso competitivo da planta por esse recurso é determinado pela eficiência de uso da água o qual se relaciona com a profundidade e volume de raízes e capacidade fotossintética da planta (PETIT *et al.*, 2018; ZIMDAHL, 2018). Sob condições de baixa disponibilidade de água, *Amaranthus palmeri* em competição com o algodão foi capaz de extrair duas vezes mais água do solo que a cultura, sendo a área de influência das raízes de 1 m de profundidade e 2,4 m de raio (BERGER *et al.*, 2015). Esta planta daninha pode causar 65 % de perda de produtividade na cultura do algodão (BERGER *et al.*, 2015).

A competição por nutrientes ocorre por meio da sobreposição espacial da área de exploração dos sistemas radiculares (PETIT *et al.*, 2018). A resposta de plantas daninhas à fertilização, que varia de espécies a espécie, depende da capacidade fotossintética das mesmas, podendo influenciar a intensidade e o resultado da competição com as culturas (LITTLE *et al.*, 2021).

O sistema de cultivo pode também influenciar a competição entre plantas daninhas e as culturas (POFFENBARGER *et al.*, 2015). Em cultivo orgânico, *Amaranthus hybridus* foi mais competitivo com o milho em relação ao particionamento de nitrogênio do que o milho (POFFENBARGER *et al.*, 2015). Já no cultivo convencional, *Setaria faberi* foi mais competitiva (POFFENBARGER *et al.*, 2015). Mesmo com tais resultados, não foram observadas perdas na produtividade do milho. Os resultados demonstraram a existência de particionamento de nitrogênio entre milho e *A. hybridus* e que o milho e a planta daninha são capazes de adquirir nitrogênio inorgânico de diferentes tipos de solos (POFFENBARGER *et al.*, 2015).

2.3.2. Facilitação

A comunidade vegetal, vista como análoga a um organismo vivo (CLEMENTS, 1928), mantém interações benéficas entre os indivíduos visando ao benefício próprio e ao da comunidade (BEVER, 2003; ZÉLÉ *et al.*, 2018). Esses tipos de interação na ecologia é

definida como facilitação, onde os efeitos podem ser positivos para ambos (mutualismo), positivo e neutro (comensalismo) e positivo e negativo (antagonismo) (ZÉLÉ *et al.*, 2018).

Recentemente, além do conhecimento das interações ecológicas, houve o desenvolvimento da Teoria do Holobionte, segundo o qual um macrorganismo hospedeiro vive integrado com comunidades microbianas que desempenham funções importantes para a manutenção do macrorganismo e da microbiota associada como uma unidade evolutiva única (BAEDKE *et al.*, 2020; GORDON *et al.*, 2013; VANDENKOORNHUYSE *et al.*, 2015).

Originalmente, Adolf Mayer-Abich propôs em 1943 a Teoria da Holobiose, segundo a qual os organismos são primeiramente parceiros simbiotes e evoluem para holobiontes (BAEDKE *et al.*, 2020). Mais tarde, na década de 1990, Lynn Margulis propôs a Teoria da Simbiogênese, na qual biontes associados entre si formam um complexo simbiótico (BAEDKE *et al.*, 2020). Essa teoria já havia sido proposta por Boris Kozo-Polyansky em 1924, sendo que ambos os proponentes consideraram que a complexificação dos organismos é um passo evolutivo natural (AGAFONOV *et al.*, 2021).

Os processos contínuos de co-seleção de diversas plantas e suas comunidades microbianas rizosféricas podem ter efeito positivo nas propriedades do agroecossistema a longo prazo, levando à maior produtividade das culturas em face, provavelmente, do aumento da complementaridade entre os holobiontes (HAHL *et al.*, 2020). As interações entre plantas ocorrem acima da superfície do solo e abaixo da mesma, quando, então, passa a envolver as comunidades microbianas edáficas (WARDLE *et al.*, 2004).

Alguns estudos apontam que a facilitação promovida por plantas enfermeiras é mediada pela microbiota do solo (RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA *et al.*, 2016), e evoluiu fisiologicamente de maneira distinta em diferentes linhagens de plantas (NAVARRO-CANO *et al.*, 2016). A facilitação exercida pela planta enfermeira ocorre em efeito cascata de modo a contribuir para a sucessão ecológica no meio (NAVARRO-CANO *et al.*, 2019).

São denominadas plantas enfermeiras aquelas que possuem a capacidade de facilitar o desenvolvimento de outras plantas (CALLAWAY; WALKER, 1997). As plantas enfermeiras recrutam microrganismos que influenciam positivamente as interações entre espécies vegetais, contribuindo para a preservação da diversidade e para a evolução da comunidade de plantas (RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA *et al.*, 2013).

Demonstrou-se que o aumento de produtividade de cereais e leguminosas em consórcio foi devido a processos ecológicos desconhecidos e não à supressão das plantas daninhas (STEFAN *et al.*, 2021). Os autores sugeriram que esses processos estejam ligados ao particionamento de nutrientes e luz e às mudanças na comunidade microbiana do solo.

As relações de *feedbacks* planta-solo para *Jacobea vulgaris* Gaertn. são, frequentemente, relatados como negativas (BEZEMER *et al.*, 2018). Porém, quando a planta cresce sozinha, há diminuição dessas interações com o tempo, ao passo que, quando essa planta coexistiu com *Holcus lanatus* L., houve aumentos das interações de *feedback* negativas (BEZEMER *et al.*, 2018). Neste relato, a competição entre as plantas alterou a dinâmica temporal dos *feedbacks* planta-solo.

Em plantas de milho, foram detectadas variações na comunidade microbiana rizosférica entre diferentes linhagens (IKEDA *et al.*, 2020). O cultivo do milho em dois locais distintos levou à dissimilaridade das comunidades microbianas rizosféricas associadas (PEIFFER *et al.*, 2013). Diferenças significativas nos filos Bacteroidetes, Gemmatimonadetes, Planctomycetes, Proteobacteria e Verrucomicrobia foram também observadas ao comparar solos agrícolas e não cultivados, sendo que as comunidades bacterianas da rizosfera do milho foram distintas nos diferentes estágios fenológicos dos cultivares avaliados (FEDERICI RODRIGUEZ *et al.*, 2017).

O grau de facilitação entre simbioses depende de fatores intrínsecos tais como o estágio de desenvolvimento, a identidade genética, a sobreposição funcional, a diversidade genética e o distanciamento filogenético (ZÉLÉ *et al.*, 2018).

2.4. RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTAS

As rizobactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPR, do inglês *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) são bactérias do solo que habitam o ambiente rizosférico da planta hospedeira (SIDDIQUI, 2006). As rizobactérias associam-se com a planta hospedeira utilizando-se de diferentes mecanismos e, posteriormente, desempenham diversos papéis no crescimento e no desenvolvimento da planta (SIDDIQUI, 2006).

Para que ocorra a colonização bacteriana da rizosfera, as plantas liberam diversas substâncias denominadas exsudados radiculares. Essas moléculas sinalizadoras são quimioatrativas e fonte de energia para os microrganismos do solo (BLOUIN, 2018).

As PGPR utilizam de diversos mecanismos diretos para promover o crescimento vegetal, tais como a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fósforo, a solubilização de potássio, a produção de sideróforos e a produção de fitormônios (GOSWAMI *et al.*, 2016). Além desses, mecanismos indiretos podem também ser expressos, a exemplo da produção de metabólitos antifúngicos, da resistência sistêmica induzida (RSI), da produção de

exopolissacarídeos, da produção de sideróforos e da atividade de ACC desaminase (GOSWAMI *et al.*, 2016).

Estudos de bioprospecção de PGPR da rizosfera de diferentes genótipos (linhagens e híbridos) de milho demonstrou que cada genótipos tem a capacidade de recrutar espécies de diferentes gêneros em maior ou menor proporção a depender do distanciamento genético entre eles (IKEDA *et al.*, 2013).

2.5. RIZOBACTÉRIAS DELETÉRIAS

As rizobactérias deletérias (DRB, do inglês *Deleterious Rhizobacteria*) são bactérias que colonizam sementes e raízes de plantas, predominantemente saprófitas, e que não causam danos aos tecidos vegetais, porém, suprimem o crescimento da planta (KREMER, 2006). Microrganismos da rizosfera podem ser usados para retardar o crescimento de plantas daninhas. Os mecanismos envolvidos na atividade bio-herbicida são a produção de fitotoxinas, antibióticos, ácido indolacético (AIA), ácido delta-aminolevulínico (ALA) e ácido cianídrico (HCN) [DAHIYA; SINDHU, 2019].

As plantas possuem comunidade de rizobactérias que incluem as DRB e PGPR, podendo alternar os efeitos de promoção e inibição do crescimento para proteção contra os principais patógenos (NEHL *et al.*, 1997). A inoculação de dois isolados bacterianos rizosféricos da mostarda, *Brassica juncea* L., promoveram aumento de até 191 % na massa seca da parte aérea e na massa seca das raízes dessa cultura e redução de até 92 % nas mesmas variáveis avaliadas para a planta daninha *Lathyrus aphaca* L. após 75 dias de cultivo (PHOUR; SINDHU, 2019). Esse efeito foi atribuído ao ALA (PHOUR; SINDHU, 2019).

Estirpes de *Pseudomonas* suprimem a germinação de sementes de trigo por meio da produção níveis moderados de AIA (TABATABAEI *et al.*, 2016). No entanto, os mesmos níveis composto promoveram o crescimento de plântulas de trigo, mostrando que o efeito desse fitormônio depende do estágio de desenvolvimento vegetal (TABATABAEI *et al.*, 2016). Neste mesmo trabalho, demonstrou-se que, em condições de deficiência de nutrientes, as bactérias foram capazes de produzir e secretar maiores quantidades de AIA quando comparadas às condições onde o nível de nutrientes eram adequados.

A bioprospecção em solo agrícola resultou em 301 isolados bacterianos selecionados conforme características morfológicas e de coloração, sendo quatro isolados testados em sementes de rabanete chinês e alface (PARK *et al.*, 2015). A cepa identificada como

Enterobacter sp. induziu a redução nas variáveis massa fresca e comprimento da parte aérea e raiz para ambas as espécies testadas. Essa redução foi atribuída à produção de AIA pelos isolados testados.

Duas estirpes de *P. fluorescens* e uma de *Alcaligenes xylooxidans*, por meio da produção de HCN, induziram redução no crescimento da planta daninha *Raphanus raphanistrum* em cultivo de uva com cobertura de trevo (FLORES-VARGAS; O'HARA, 2006). No entanto, as estirpes não causaram danos à videira e induziram aumentos da nodulação do trevo (FLORES-VARGAS; O'HARA, 2006). A bactéria endofítica *Klebsiella pneumoniae* foi isolada de sementes esterilizadas da planta daninha *Oenothera biennis* (KANG *et al.*, 2020). Essa bactéria apresentou produção de AIA e amônia, que inibiram a germinação das sementes da planta daninha e aumentaram o conteúdo de ácido abscísico endógeno, responsável pela modulação da dormência e germinação das sementes (KANG *et al.*, 2020).

2.6. CONTROLE BIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS COM MICRORGANISMOS

Para o controle adequado de plantas daninhas torna-se necessário o conhecimento da biologia desse grupo de plantas e do momento correto de agir com eficácia. O período crítico de prevenção à interferência (PCPI) é o intervalo no qual é necessário controlar as plantas daninhas sem que essas afetem o rendimento da cultura (KNEZEVIC *et al.*, 2002).

O PCPI é parâmetro útil para saber o momento adequado para iniciar o controle, sendo um componente chave para o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) (KNEZEVIC *et al.*, 2002). Utilizando-se de diversos métodos, o MIPD engloba o controle biológico, quando determinado organismo tem efeito antagônico ou inibitório ao desenvolvimento da planta daninha, e o controle cultural, quando o organismo promove o crescimento da cultura proporcionando que ocupe o espaço de cultivo (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011).

O fungo *Streptomyces sp.* apresentou atividade herbicida com seletividade para a planta daninha *Digitaria ciliaris* por meio da produção do ácido carboxílico quinolina 4 (KIM *et al.*, 2020). *Phoma macrostoma* é um fungo que produz macrocidina (HUBBARD *et al.*, 2016). Este metabólito secundário possui diversos modos de ação, atuando na inibição do fotossistema II e da síntese de carotenóides. Quando testado em grão-de-bico e nas plantas daninhas *Taraxacum officinale* e *Senecio vulgaris*, induziu a clorose de modo distinto nessas plantas (HUBBARD *et al.*, 2016). O uso da patulina (PAT), micotoxina produzida por fungos

dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, dentre outros, foi testada em 64 espécies de plantas daninhas e apresentou potencial como inibidor do fotossistema II de amplo espectro (GUO *et al.*, 2021).

Um produto formulado com *Pseudomonas trivialis* (uma DRB) apresentou bom desempenho em casa de vegetação para o controle de *Bromus diandrus* na cultura do trigo-duro, *Triticum durum* (MEJRI *et al.*, 2013).

O mercado de controle biológico apresenta uma taxa composta de crescimento anual de 14,7 % para o período de 2021-2026 (MORDOR INTELLIGENCE, 2020). O potencial das DRB ou de seus metabólitos secundários como bio-herbicida já é bem documentado (BOUILLANT *et al.*, 1997; FLORES-VARGAS; O'HARA, 2006; KANG *et al.*, 2020; KREMER; SOUISSI, 2001; PARK *et al.*, 2015; PHOUR; SINDHU, 2019; RADHAKRISHNAN *et al.*, 2016; SARWAR; KREMER, 1995) e aponta para um vasto caminho a ser explorado na formulação de produtos (CORDEAU *et al.*, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Ecologia Microbiana (LEM), localizado no Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

O solo para o isolamento bacteriano foi coletado da rizosfera de plantas de picão-preto adultas na bordadura de um cultivo de citros na Horta Central do Setor de Fitotecnia da UFV. O solo foi caracterizado quimicamente (Tabela 1). Foi considerado solo rizosférico aquele que permanece ligado às raízes depois de forte agitação. O solo rizosférico foi coletado com o auxílio de pinça desinfestada, acondicionado em sacos plásticos e transportado à temperatura ambiente para o LEM, onde foi realizado o isolamento imediato das bactérias rizosféricas.

Tabela 1: Característica química do solo da camada de 0-20 cm de profundidade

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m
H ₂ O	cmol _c dm ⁻³						%		
6,5	5,06	1,06	0,0	1,98	6,71	6,71	8,69	77,2	0,0
MO	P-rem	P	K	Zn	Fe	Mn	Cu	B	
dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³							
2,15	41,1	128,4	230	14,1	117,6	105,0	6,9	0,3	

pH em H₂O – KCl:CaCl₂ (1:2,5); P, K, Fe, Zn, Mn, Cu - Extrator Mehlich 1; Ca, Mg, Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ - pH 7,0; B - Extrator água quente; MO - C.Org x 1,724 - Walkley-Black

3.1. ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS DA RIZOSFERA DO PICÃO-PRETO

Vinte e cinco gramas de solo rizosférico foram adicionados em Erlenmeyer de 0,5 L contendo 225 mL de solução salina estéril (NaCl a 0,85 %, w/v). A suspensão de solo foi incubada em agitador horizontal por 1h a 150 rpm e 30°C. Diluições seriadas na base dez foram realizadas e alíquotas de 0,1 mL das diluições 10⁻³ a 10⁻⁷ foram semeadas em placa de Petri contendo ágar nutriente, pH 6,8, suplementado com ciclohexamida (20 g mL⁻¹). Cada diluição foi plaqueada com 10 repetições pelo método da semeadura por espalhamento (MADIGAN *et al.*, 2016). Após a incubação das placas por 1 a 7 dias, a 28 °C, colônias com características fenotípicas distintas (Tabela 2) foram selecionadas e reisoladas duas vezes seguidas para obtenção de culturas puras (HUNGRIA; SILVA, 2011) pela técnica de semeadura por esgotamento (MADIGAN *et al.*, 2016). Para a constituição de estoques, as culturas puras obtidas foram cultivadas em 15 mL de caldo nutriente, em agitador horizontal,

a 150 rpm e 30 °C, por 24h. Alíquotas de 1,7 mL das culturas bacterianas foram adicionadas em tubos Eppendorf de 2 mL, contendo 0,3 mL de glicerol para concentração final de 15 %. Os tubos foram agitados em vórtex, congelados em nitrogênio líquido e armazenados em Ultrafreezer a - 80 °C.

3.2. SELEÇÃO DE BACTÉRIAS COM ATIVIDADE DE PROMOÇÃO OU DE INIBIÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL

Sementes de milho e de picão-preto foram inoculadas por imersão, por 60 min, em 4 mL de cada cultura bacteriana em caldo nutriente preparado como descrito acima e com densidade óptica (D.O.) ajustada para 0,6 a 560 nm. Um tratamento controle, sem inoculação, foi também incluído e consistiu da imersão das sementes em água destilada esterilizada por 1 h.

Após a inoculação das sementes, realizou-se a semeadura pela deposição de três sementes de milho com 1 cm de profundidade, em potes de 0,35 L, e de 10 sementes de picão-preto, superficialmente, em potes de 0,30 L, ambos preenchidos com substrato Tropstrato HT Hortaliças® (Vida Verde). Após a emergência, realizou-se o desbaste do milho aos 7 dias após a semeadura (DAS), mantendo-se uma plântula por pote, seguido de uma inoculação de reforço feita aos 12 DAS. O desbaste das plântulas de picão-preto foi feito 21 DAS, sendo mantidas três plantas por pote, seguido de uma inoculação de reforço feita 25 DAS. O substrato recebeu irrigação por microaspersão 12 h após a semeadura e inoculação de reforço e, durante o experimento, duas vezes ao dia, no início da manhã e no meio da tarde de acordo com a condição de umidade do substrato.

A inoculação de reforço consistiu na aplicação de 2 mL de cada cultura bacteriana em caldo nutriente preparado como descrito acima e aplicado em cada unidade experimental. A aplicação foi realizada com pipetas de 1000 µL na profundidade de 1 cm do substrato, com 1 mL em cada lado próximo à planta de milho e entre as plantas de picão-preto.

O cultivo do milho foi realizado no período de 10/02 a 05/03, com duração de 22 dias. O cultivo de picão-preto foi realizado no período de 01/04 a 01/06, com duração de 60 dias. As plantas de picão-preto foram adubadas com 50 mL de solução nutritiva de Clark (CLARK, 1975) aos 47, 50 e 53 DAS. Ambos os cultivos foram realizados em casa de vegetação.

Ao longo da condução dos experimentos foi registrado o número de dias necessário para germinação após a semeadura (GDAS) das sementes de milho e picão-preto.

Após o cultivo foi feita a medição da altura (ALT) e do diâmetro do colmo (DIA). A ALT das plantas foi medida usando-se uma régua, as plantas de milho foram medidas da base até a última folha expandida e as plantas de picão-preto foram medidas do coleto até a última folha, sendo considerada a média das três plantas para a unidade experimental. O DIA foi medido apenas para o milho na altura da folha cotiledonar, com paquímetro digital King Tools 0-150 mm com precisão de 0,01 mm. Após a medição, a parte aérea das plantas foi cortada na

base e as raízes foram separadas do substrato e lavadas com água de torneira. Ambas foram acondicionada em sacos de papel para secagem do material vegetal em estufa de secagem e esterilização Fanem Mod. 302-SE, com ventilação forçada, a 70°C, até peso constante. A massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) foram determinadas por pesagem após secagem. Com os dados de MSPA e MSR, calculou-se a massa seca total (MST) e a relação raiz/parte aérea (R/PA).

3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os experimentos foram conduzidos em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com três repetições, com o seguinte modelo estatístico $Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$. Os dados obtidos foram testados quanto à distribuição normal dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e à homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias obtidas para cada tratamento foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Foram calculados ainda os coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para todas as combinações entre ALT, DIA, MSPA, MSR, MST, R/PA e GDAS. A significância dos valores de r foi determinada pelo p -valor ($p < 0,05$). Para todas as análises, foi utilizado o software estatístico R 3.6.1 (CORE R TEAM, 2020).

Os pacotes utilizados no R foram o “ExpDes.pt”, para o teste de agrupamento de Scott-Knott; o “ggplot2”, para boxplot (função `geom_boxplot`); o “gridExtra”, para agrupar os gráficos de boxplot; e o “corrplot”, para correlação simples de Pearson (r).

4. RESULTADOS

4.1. ISOLAMENTO

Foram obtidas o total de 462 culturas puras de bactérias da rizosfera do picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Os isolados foram, então, triados quanto às características morfológicas, tais como tamanho, forma, borda, elevação, superfície, consistência, aspecto e produção de pigmentos (Tabela 2). Do total de isolados, foram selecionados 191. Além das características morfológicas, os isolados apresentaram velocidades de crescimento distintas, avaliada pelo tempo de incubação necessário para produzir a turvação do meio caldo nutriente. Os 191 isolados obtidos representam tipos morfológicos distintos presentes na rizosfera do picão-preto.

4.2. PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO MILHO

A inoculação do milho com os isolados rizosféricos bacterianos resultou em diferenças significativas na ALT, DIA, MSPA, MSR, MST e R/PA em relação ao tratamento controle, sem inoculação (Tabela 3). Os isolados bacterianos tiveram efeitos neutros ou de promoção do crescimento do milho, não sendo observado o fenótipo de DRB (Tabela 3). Para ALT, observaram-se ganhos mínimos e máximos de 10 e 41 %, respectivamente, nos tratamentos com inoculação bacteriana em comparação ao tratamento controle (Tabela 3). Ganhos de 1 a 31 % foram, também, observados para o DIA (Tabela 3). Para MSPA, MSR e MST, os ganhos mínimos e máximos observados corresponderam, respectivamente, a 16 e 120, 9 e 130 e 15 e 103 % (Tabela 3). Alguns isolados inoculados promoveram aumentos de 26 a 84 % e diminuição de -2 a -36 % na R/PA do milho (Tabela 3).

As médias dos tratamentos de inoculação para cada variável resposta foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade (Tabela 3; Figura 1). Cada grupo obtido apresentou valores de mediana (Figura 1), média, mínimos e máximos (Tabela 4). As porcentagens de aumento ou diminuição nas variáveis resposta variaram para cada grupo de Scott-Knott obtido (Tabela 4).

Tabela 3: Altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

Isolados	ALT		DIA		MSPA		MSR		MST		R/PA	
	(cm)		(mm)		(g)		(g)		(g)			
Controle*	10,33	b	9,44	c	1,27	d	0,91	e	2,18	d	0,73	c
001	11,47	a 11%	9,76	b 3%	1,26	d -1%	1,05	d 15%	2,31	d 6%	0,84	c 15%
002	12,00	a 16%	10,68	a 13%	1,56	c 23%	2,09	a 130%	3,65	a 67%	1,34	a 84%
003	10,13	b -2%	9,78	b 4%	1,57	c 23%	1,26	c 39%	2,83	c 30%	0,79	c 8%
004	11,53	a 12%	9,96	b 5%	1,69	c 33%	1,18	d 31%	2,88	c 32%	0,70	d -4%
005	12,90	a 25%	10,36	b 10%	1,98	b 55%	1,01	d 12%	2,99	c 37%	0,51	e -30%
007	12,23	a 18%	9,91	b 5%	1,73	c 36%	1,23	c 35%	2,95	c 35%	0,71	d -3%
008	10,20	b -1%	9,97	b 6%	1,62	c 27%	1,75	b 93%	3,37	b 55%	1,09	b 50%
009	11,75	a 14%	10,21	b 8%	1,69	c 33%	1,08	d 19%	2,77	c 27%	0,64	d -12%
010	11,77	a 14%	10,84	a 15%	1,82	c 43%	1,10	d 21%	2,92	c 34%	0,60	d -17%
011	12,97	a 25%	10,49	a 11%	1,62	c 27%	1,22	c 35%	2,85	c 31%	0,76	c 4%
012	10,60	b 3%	10,03	b 6%	1,64	c 29%	0,95	e 5%	2,59	c 19%	0,58	e -20%
013	11,23	b 9%	9,63	b 2%	1,42	d 12%	0,96	e 6%	2,38	d 9%	0,69	d -6%
015	12,57	a 22%	10,22	b 8%	1,90	b 49%	1,79	a 97%	3,69	a 69%	0,94	b 29%
016	11,20	b 8%	10,38	a 10%	2,01	b 58%	1,31	c 44%	3,32	b 52%	0,65	d -11%
017	12,77	a 24%	10,61	a 12%	1,96	b 54%	1,35	c 49%	3,31	b 52%	0,69	d -5%
018	11,50	a 11%	10,26	b 9%	1,63	c 28%	1,24	c 36%	2,86	c 31%	0,76	c 4%
019	12,27	a 19%	9,66	b 2%	2,05	b 61%	1,36	c 50%	3,41	b 56%	0,66	d -9%
020	13,17	a 27%	11,53	a 22%	2,21	a 74%	1,45	c 60%	3,66	a 68%	0,65	d -11%
021	10,77	b 4%	10,34	b 10%	1,61	c 26%	1,26	c 39%	2,87	c 32%	0,79	c 8%
022	12,70	a 23%	12,38	a 31%	2,50	a 97%	1,32	c 46%	3,83	a 76%	0,53	e -27%
024	14,17	a 37%	12,16	a 29%	2,75	a 116%	1,35	c 49%	4,09	a 88%	0,50	e -31%
025	12,23	a 18%	11,29	a 20%	1,76	c 38%	1,06	d 17%	2,83	c 30%	0,59	e -19%
026	11,73	a 14%	11,70	a 24%	2,32	a 82%	1,18	d 30%	3,50	b 60%	0,52	e -29%
027	11,87	a 15%	11,82	a 25%	2,44	a 91%	1,37	c 51%	3,81	a 75%	0,57	e -22%
028	13,17	a 27%	11,94	a 26%	2,47	a 94%	1,67	b 84%	4,14	a 90%	0,67	d -8%
029	13,83	a 34%	12,09	a 28%	2,61	a 105%	1,82	a 101%	4,43	a 103%	0,71	d -3%
031	11,90	a 15%	11,59	a 23%	1,84	b 45%	1,12	d 24%	2,96	c 36%	0,61	d -16%
032	13,83	a 34%	11,43	a 21%	2,54	a 99%	1,37	c 51%	3,91	a 80%	0,54	e -25%
033	13,63	a 32%	11,75	a 24%	2,55	a 101%	1,68	b 85%	4,23	a 94%	0,66	d -9%
034	13,60	a 32%	12,06	a 28%	2,80	a 120%	1,42	c 57%	4,22	a 94%	0,51	e -30%
036	13,33	a 29%	10,73	a 14%	2,21	a 73%	1,25	c 37%	3,45	b 58%	0,58	e -21%
037	13,97	a 35%	11,45	a 21%	2,59	a 103%	1,20	d 33%	3,79	a 74%	0,46	e -36%
038	12,03	a 16%	11,44	a 21%	1,84	b 45%	1,99	a 120%	3,83	a 76%	1,08	b 48%
040	13,97	a 35%	11,16	a 18%	2,35	a 85%	1,36	c 50%	3,71	a 70%	0,59	e -19%
042	12,40	a 20%	10,87	a 15%	1,94	b 52%	1,49	c 64%	3,42	b 57%	0,82	c 13%
043	13,67	a 32%	10,93	a 16%	1,85	b 46%	1,67	b 84%	3,52	b 62%	0,92	b 26%
044	12,17	a 18%	10,76	a 14%	1,99	b 56%	1,13	d 25%	3,12	b 43%	0,57	e -21%
045	11,50	a 11%	11,21	a 19%	2,11	b 66%	1,31	c 44%	3,42	b 57%	0,62	d -14%
046	12,30	a 19%	12,14	a 29%	2,43	a 91%	1,58	b 75%	4,01	a 84%	0,66	d -9%

*Controle sem inoculação bacteriana. Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (*continua*)

Tabela 3: (continuação) Altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

Isolados	ALT		DIA		MSPA		MSR		MST		R/PA	
	(cm)	(%)	(mm)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)		(%)
047	11,67	a 13%	11,36	a 20%	2,00	b 57%	1,19	d 32%	3,19	b 46%	0,61	d -17%
049	12,80	a 24%	10,96	a 16%	2,32	a 82%	1,16	d 28%	3,48	b 59%	0,50	e -31%
050	13,00	a 26%	10,85	a 15%	2,14	b 68%	1,24	c 37%	3,38	b 55%	0,59	e -19%
051	10,97	b 6%	11,40	a 21%	1,96	b 54%	1,08	d 19%	3,04	b 39%	0,55	e -25%
052	10,57	b 2%	8,88	c -6%	1,28	d 1%	1,36	c 50%	2,64	c 21%	1,06	b 45%
054	11,80	a 14%	9,95	b 5%	1,91	b 50%	1,32	c 45%	3,23	b 48%	0,70	d -4%
056	10,93	b 6%	9,75	b 3%	1,70	c 34%	0,96	e 6%	2,66	c 22%	0,57	e -22%
057	11,83	a 15%	10,50	a 11%	1,60	c 26%	1,23	c 35%	2,83	c 30%	0,76	c 5%
059	13,07	a 26%	8,44	c -11%	1,16	d -9%	1,11	d 23%	2,27	d 4%	0,98	b 35%
060	12,50	a 21%	12,02	a 27%	2,29	a 80%	1,15	d 27%	3,44	b 58%	0,50	e -31%
061	12,13	a 17%	10,95	a 16%	2,00	b 57%	1,04	d 15%	3,04	b 39%	0,52	e -28%
062	12,30	a 19%	10,96	a 16%	1,67	c 31%	1,10	d 22%	2,78	c 27%	0,66	d -9%
063	12,33	a 19%	10,11	b 7%	1,77	c 39%	1,56	b 72%	3,33	b 53%	0,89	c 22%
065	11,10	b 7%	9,19	c -3%	1,38	d 8%	1,28	c 41%	2,65	c 22%	0,97	b 33%
066	12,53	a 21%	10,23	b 8%	1,93	b 51%	1,11	d 22%	3,03	b 39%	0,60	e -18%
068	12,07	a 17%	10,03	b 6%	1,75	c 37%	1,30	c 43%	3,04	b 40%	0,76	c 4%
069	11,80	a 14%	9,11	c -4%	1,49	c 17%	1,39	c 53%	2,88	c 32%	0,93	b 28%
071	11,30	b 9%	10,04	b 6%	1,81	c 42%	1,19	d 32%	3,00	c 38%	0,66	d -9%
072	12,80	a 24%	11,23	a 19%	2,24	a 76%	1,49	c 64%	3,73	a 71%	0,67	d -8%
076	13,73	a 33%	11,47	a 21%	2,19	a 72%	1,41	c 55%	3,60	b 65%	0,64	d -12%
078	11,07	b 7%	10,50	a 11%	1,81	c 42%	1,19	d 32%	3,01	c 38%	0,66	d -9%
080	13,23	a 28%	11,55	a 22%	2,20	a 73%	1,42	c 57%	3,62	a 66%	0,64	d -12%
081	12,87	a 25%	11,77	a 25%	2,30	a 81%	1,88	a 108%	4,18	a 92%	0,83	c 14%
082	12,87	a 25%	10,78	a 14%	2,31	a 81%	1,15	d 26%	3,45	b 58%	0,51	e -30%
083	12,33	a 19%	10,64	a 13%	2,08	b 64%	1,08	d 19%	3,16	b 45%	0,52	e -28%
085	13,27	a 28%	11,43	a 21%	2,27	a 78%	1,54	b 70%	3,81	a 75%	0,68	d -6%
086	11,87	a 15%	11,23	a 19%	2,16	b 70%	1,24	c 37%	3,41	b 56%	0,58	e -20%
087	10,53	b 2%	9,07	c -4%	1,26	d -1%	0,78	e -14%	2,04	d -6%	0,61	d -16%
088	11,63	a 13%	10,23	b 8%	1,90	b 49%	1,09	d 20%	2,99	c 37%	0,58	e -21%
089	13,00	a 26%	10,20	b 8%	1,89	b 48%	1,02	d 13%	2,91	c 34%	0,54	e -25%
092	11,57	a 12%	9,35	c -1%	1,38	d 8%	0,91	e 1%	2,29	d 5%	0,67	d -8%
093	11,97	a 16%	9,66	b 2%	1,65	c 30%	1,43	c 57%	3,08	b 41%	0,87	c 19%
094	11,87	a 15%	9,80	b 4%	1,61	c 27%	1,33	c 47%	2,95	c 35%	0,84	c 15%
095	11,53	a 12%	9,00	c -5%	1,52	c 19%	1,07	d 18%	2,58	c 19%	0,71	d -3%
096	11,50	a 11%	9,69	b 3%	1,70	c 34%	1,03	d 14%	2,73	c 25%	0,61	d -17%
098	14,50	a 40%	11,27	a 19%	2,21	a 73%	1,12	d 24%	3,33	b 53%	0,51	e -30%
101	11,47	a 11%	9,93	b 5%	1,79	c 41%	1,01	d 12%	2,81	c 29%	0,56	e -23%
102	12,03	a 16%	9,93	b 5%	1,85	b 46%	1,29	c 43%	3,15	b 44%	0,70	d -4%
104	11,50	a 11%	9,25	c -2%	1,61	c 27%	1,20	d 32%	2,81	c 29%	0,75	c 3%
106	11,53	a 12%	9,45	c 0%	1,54	c 21%	1,01	d 11%	2,55	c 17%	0,64	d -12%

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 3: (continuação) Altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

Isolados	ALT		DIA		MSPA		MSR		MST		R/PA	
	(cm)	(%)	(mm)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)		(%)
107	12,00	a 16%	10,17	b 8%	1,96	b 54%	1,23	c 36%	3,19	b 46%	0,63	d -13%
113	11,77	a 14%	9,46	c 0%	1,37	d 8%	0,87	e -4%	2,24	d 3%	0,64	d -12%
116	11,10	b 7%	9,54	b 1%	1,37	d 8%	0,95	e 5%	2,32	d 6%	0,70	d -4%
119	11,53	a 12%	10,14	b 7%	1,86	b 46%	1,45	c 60%	3,31	b 52%	0,78	c 7%
121	12,40	a 20%	10,39	a 10%	1,85	b 45%	1,07	d 18%	2,92	c 34%	0,58	e -20%
122	10,23	b -1%	9,99	b 6%	1,52	c 19%	0,93	e 3%	2,45	d 12%	0,63	d -14%
124	11,00	b 6%	9,94	b 5%	1,75	c 38%	0,94	e 4%	2,69	c 24%	0,53	e -27%
125	11,83	a 15%	8,96	c -5%	1,48	c 16%	0,97	e 7%	2,45	d 12%	0,65	d -11%
130	12,10	a 17%	9,31	c -1%	1,47	d 15%	0,95	e 4%	2,41	d 11%	0,64	d -13%
132	12,40	a 20%	11,05	a 17%	2,28	a 79%	1,39	c 53%	3,67	a 69%	0,63	d -14%
139	11,77	a 14%	10,78	a 14%	2,01	b 58%	1,14	d 25%	3,14	b 44%	0,58	e -21%
142	11,67	a 13%	10,83	a 15%	2,12	b 67%	1,56	b 72%	3,68	a 69%	0,74	c 2%
147	13,37	a 29%	11,80	a 25%	2,58	a 103%	1,29	c 43%	3,88	a 78%	0,50	e -32%
148	14,20	a 37%	11,15	a 18%	2,33	a 83%	1,20	d 32%	3,53	b 62%	0,52	e -29%
149	12,60	a 22%	9,71	b 3%	1,83	c 44%	0,98	e 8%	2,81	c 29%	0,54	e -25%
150	12,43	a 20%	11,51	a 22%	2,04	b 60%	1,58	b 74%	3,62	a 66%	0,78	c 7%
158	11,83	a 15%	9,78	b 4%	1,59	c 25%	1,00	d 10%	2,59	c 19%	0,63	d -14%
161	11,90	a 15%	10,53	a 11%	2,08	b 63%	1,09	d 21%	3,17	b 45%	0,53	e -27%
162	10,07	b -3%	10,33	b 9%	1,82	c 43%	1,08	d 19%	2,90	c 33%	0,59	e -19%
166	14,17	a 37%	11,16	a 18%	2,40	a 88%	1,13	d 25%	3,53	b 62%	0,48	e -34%
168	13,40	a 30%	11,53	a 22%	2,29	a 80%	1,24	c 37%	3,53	b 62%	0,54	e -25%
169	12,77	a 24%	10,49	a 11%	2,19	a 72%	1,20	d 32%	3,39	b 56%	0,55	e -25%
170	13,97	a 35%	11,54	a 22%	2,27	a 79%	1,59	b 75%	3,86	a 77%	0,71	d -2%
171	12,93	a 25%	11,29	a 20%	2,31	a 81%	1,26	c 39%	3,57	b 64%	0,55	e -24%
172	12,37	a 20%	10,99	a 16%	1,84	b 45%	1,26	c 39%	3,11	b 43%	0,69	d -5%
174	13,90	a 35%	11,36	a 20%	2,43	a 91%	1,16	d 28%	3,59	b 65%	0,47	e -35%
175	13,53	a 31%	10,83	a 15%	2,41	a 89%	1,16	d 28%	3,57	b 64%	0,48	e -34%
176	12,20	a 18%	9,79	b 4%	2,01	b 58%	1,17	d 29%	3,17	b 46%	0,58	e -20%
180	11,93	a 15%	9,79	b 4%	1,72	c 35%	0,94	e 4%	2,66	c 22%	0,56	e -24%
182	11,77	a 14%	11,33	a 20%	2,13	b 68%	1,26	c 39%	3,39	b 56%	0,59	e -19%
183	12,10	a 17%	11,13	a 18%	1,99	b 56%	1,22	c 35%	3,21	b 47%	0,62	d -15%
192	12,60	a 22%	10,22	b 8%	1,88	b 48%	1,06	d 17%	2,94	c 35%	0,57	e -22%
197	13,77	a 33%	10,56	a 12%	2,13	b 68%	1,25	c 37%	3,38	b 55%	0,58	e -20%
198	11,33	b 10%	10,20	b 8%	1,78	c 40%	1,33	c 47%	3,11	b 43%	0,75	c 3%
200	9,07	b -12%	8,56	c -9%	1,01	d -21%	0,55	e -39%	1,56	d -28%	0,58	e -21%
204	12,67	a 23%	9,73	b 3%	1,60	c 26%	1,37	c 51%	2,97	c 36%	0,87	c 19%
206	13,10	a 27%	10,75	a 14%	2,09	b 64%	1,17	d 29%	3,26	b 50%	0,56	e -23%
210	11,17	b 8%	10,60	a 12%	2,01	b 58%	1,11	d 22%	3,12	b 43%	0,55	e -24%
211	11,90	a 15%	11,83	a 25%	2,40	a 88%	1,76	b 94%	4,15	a 91%	0,73	c 1%
212	12,13	a 17%	10,85	a 15%	1,99	b 57%	1,34	c 48%	3,34	b 53%	0,69	d -5%

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 3: (continuação) Altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

Isolados	ALT		DIA		MSPA		MSR		MST		R/PA	
	(cm)	(%)	(mm)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(%)	(%)
214	11,83 a	15%	10,35 b	10%	1,76 c	38%	1,13 d	25%	2,90 c	33%	0,68 d	-6%
215	11,57 a	12%	10,14 b	7%	1,75 c	38%	1,02 d	12%	2,77 c	27%	0,58 e	-20%
217	12,50 a	21%	11,12 a	18%	2,18 a	71%	1,28 c	42%	3,47 b	59%	0,59 e	-19%
218	12,43 a	20%	10,10 b	7%	2,00 b	57%	1,31 c	45%	3,31 b	52%	0,66 d	-9%
219	12,33 a	19%	11,15 a	18%	2,22 a	74%	1,11 d	22%	3,33 b	53%	0,51 e	-30%
220	12,17 a	18%	10,51 a	11%	1,87 b	47%	0,87 e	-4%	2,74 c	26%	0,47 e	-35%
226	12,77 a	24%	11,01 a	17%	1,98 b	56%	1,26 c	39%	3,24 b	49%	0,64 d	-12%
227	14,60 a	41%	10,56 a	12%	2,21 a	73%	1,09 d	20%	3,29 b	51%	0,49 e	-32%
232	13,67 a	32%	11,94 a	26%	2,58 a	103%	1,66 b	83%	4,24 a	95%	0,65 d	-11%
235	11,63 a	13%	11,21 a	19%	2,16 b	70%	1,08 d	19%	3,25 b	49%	0,50 e	-31%
237	11,53 a	12%	11,13 a	18%	1,89 b	48%	1,19 d	32%	3,08 b	41%	0,62 d	-15%
238	9,97 b	-4%	8,54 c	-10%	0,99 d	-22%	0,83 e	-8%	1,82 d	-17%	0,83 c	14%
239	11,00 b	6%	8,15 c	-14%	1,02 d	-20%	0,72 e	-20%	1,75 d	-20%	0,69 d	-6%
240	12,17 a	18%	9,13 c	-3%	1,39 d	9%	0,85 e	-6%	2,24 d	3%	0,62 d	-15%
244	11,17 b	8%	9,72 b	3%	1,30 d	2%	0,63 e	-30%	1,93 d	-11%	0,49 e	-33%
246	11,73 a	14%	9,06 c	-4%	1,29 d	2%	0,61 e	-32%	1,91 d	-13%	0,47 e	-35%
249	11,43 a	11%	9,97 b	6%	1,56 c	22%	1,01 d	11%	2,57 c	18%	0,65 d	-11%
251	9,93 b	-4%	9,09 c	-4%	1,27 d	0%	0,80 e	-11%	2,07 d	-5%	0,63 d	-13%
259	10,17 b	-2%	8,59 c	-9%	1,28 d	1%	0,79 e	-13%	2,08 d	-5%	0,62 d	-15%
265	9,93 b	-4%	8,87 c	-6%	1,22 d	-4%	0,99 d	9%	2,21 d	1%	0,82 c	12%
268	9,63 b	-7%	8,90 c	-6%	1,34 d	5%	1,01 d	11%	2,35 d	8%	0,76 c	4%
269	9,90 b	-4%	9,22 c	-2%	1,37 d	8%	0,80 e	-12%	2,17 d	0%	0,59 e	-19%
272	11,63 a	13%	9,61 b	2%	1,70 c	34%	0,88 e	-3%	2,58 c	18%	0,52 e	-29%
276	8,67 b	-16%	8,95 c	-5%	1,14 d	-10%	0,78 e	-14%	1,92 d	-12%	0,68 d	-7%
281	10,50 b	2%	9,01 c	-5%	1,52 c	20%	0,92 e	2%	2,45 d	12%	0,61 d	-16%
285	9,23 b	-11%	9,45 c	0%	1,33 d	5%	1,05 d	15%	2,38 d	9%	0,79 c	8%
290	9,17 b	-11%	8,46 c	-10%	1,09 d	-15%	0,82 e	-10%	1,91 d	-13%	0,76 c	5%
291	9,27 b	-10%	9,13 c	-3%	1,21 d	-5%	0,86 e	-5%	2,08 d	-5%	0,72 d	-2%
292	10,90 b	5%	8,84 c	-6%	1,41 d	10%	0,90 e	0%	2,31 d	6%	0,65 d	-11%
293	11,40 a	10%	9,21 c	-2%	1,36 d	7%	0,94 e	4%	2,30 d	6%	0,69 d	-5%
294	11,10 b	7%	9,03 c	-4%	1,43 d	12%	0,94 e	3%	2,36 d	8%	0,66 d	-9%
301	12,17 a	18%	10,14 b	7%	1,73 c	36%	1,02 d	13%	2,75 c	26%	0,60 e	-18%
306	11,50 a	11%	10,22 b	8%	1,70 c	34%	0,99 d	10%	2,70 c	24%	0,58 e	-20%
311	11,40 a	10%	9,44 c	0%	1,48 c	16%	0,96 e	6%	2,45 d	12%	0,65 d	-11%
315	9,33 b	-10%	9,43 c	0%	1,48 c	16%	0,85 e	-6%	2,33 d	7%	0,57 e	-21%
317	11,00 b	6%	10,27 b	9%	1,80 c	42%	1,07 d	18%	2,87 c	32%	0,59 e	-19%
322	11,13 b	8%	10,45 a	11%	1,77 c	39%	1,13 d	25%	2,90 c	33%	0,64 d	-12%
327	10,60 b	3%	9,17 c	-3%	1,65 c	29%	1,04 d	14%	2,68 c	23%	0,67 d	-8%
330	10,93 b	6%	11,20 a	19%	1,99 b	56%	1,36 c	50%	3,35 b	54%	0,69 d	-5%
336	12,47 a	21%	10,57 a	12%	1,86 b	46%	1,10 d	21%	2,96 c	36%	0,58 e	-20%

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 3: (continuação) Altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

Isolados	ALT		DIA		MSPA		MSR		MST		R/PA	
	(cm)		(mm)		(g)		(g)		(g)			
344	11,90	a 15%	10,11	b 7%	1,67	c 31%	0,98	e 8%	2,66	c 22%	0,59	e -19%
352	11,50	a 11%	9,65	b 2%	1,61	c 26%	1,07	d 18%	2,68	c 23%	0,67	d -8%
353	8,60	b -17%	10,18	b 8%	1,48	c 16%	1,06	d 17%	2,54	c 17%	0,73	c 0%
363	10,20	b -1%	9,36	c -1%	1,40	d 10%	0,92	e 1%	2,32	d 6%	0,65	d -10%
364	11,00	b 6%	9,81	b 4%	1,68	c 32%	0,98	e 8%	2,65	c 22%	0,60	e -18%
367	12,00	a 16%	9,85	b 4%	1,79	c 40%	1,14	d 26%	2,93	c 34%	0,64	d -12%
371	8,40	b -19%	8,39	c -11%	1,12	d -12%	0,79	e -13%	1,91	d -13%	0,70	d -4%
373	9,30	b -10%	9,14	c -3%	1,35	d 6%	0,98	e 8%	2,33	d 7%	0,74	c 2%
375	10,03	b -3%	10,08	b 7%	1,62	c 27%	1,04	d 14%	2,66	c 22%	0,64	d -12%
376	11,50	a 11%	10,33	b 9%	1,79	c 41%	1,15	d 27%	2,95	c 35%	0,65	d -11%
378	10,00	b -3%	9,52	b 1%	1,61	c 26%	0,89	e -1%	2,50	c 15%	0,57	e -22%
389	10,07	b -3%	9,27	c -2%	1,33	d 5%	0,84	e -7%	2,18	d 0%	0,63	d -14%
393	11,17	b 8%	10,40	a 10%	1,89	b 49%	0,95	e 5%	2,85	c 31%	0,50	e -32%
394	9,33	b -10%	8,38	c -11%	1,28	d 1%	0,94	e 4%	2,22	d 2%	0,74	c 2%
399	8,27	b -20%	7,60	c -20%	0,89	d -30%	0,65	e -28%	1,54	d -29%	0,72	c -1%
405	10,73	b 4%	9,51	b 1%	1,48	c 16%	0,93	e 3%	2,42	d 11%	0,64	d -12%
408	10,70	b 4%	9,94	b 5%	1,65	c 29%	0,96	e 6%	2,61	c 20%	0,62	d -14%
409	10,10	b -2%	10,03	b 6%	1,59	c 25%	0,88	e -3%	2,48	d 14%	0,57	e -22%
410	11,83	a 15%	10,63	a 13%	2,05	b 61%	1,06	d 17%	3,11	b 43%	0,53	e -27%
417	11,33	b 10%	10,95	a 16%	2,02	b 59%	1,02	d 12%	3,04	b 39%	0,51	e -30%
418	10,83	b 5%	10,02	b 6%	1,45	d 14%	0,72	e -21%	2,17	d 0%	0,50	e -32%
422	11,60	a 12%	10,89	a 15%	1,96	b 54%	1,13	d 25%	3,09	b 42%	0,58	e -20%
423	11,57	a 12%	10,70	a 13%	1,78	c 40%	1,39	c 54%	3,17	b 45%	0,79	c 8%
425	11,73	a 14%	10,05	b 6%	1,78	c 40%	1,07	d 18%	2,85	c 31%	0,64	d -12%
426	12,57	a 22%	11,21	a 19%	2,27	a 79%	1,19	d 32%	3,47	b 59%	0,53	e -27%
433	12,97	a 25%	11,17	a 18%	2,42	a 90%	1,34	c 48%	3,76	a 72%	0,56	e -23%
444	11,93	a 15%	10,25	b 9%	1,94	b 52%	1,18	d 31%	3,12	b 43%	0,62	d -15%
447	10,13	b -2%	9,99	b 6%	1,75	c 37%	1,01	d 11%	2,75	c 26%	0,59	e -19%
456	11,90	a 15%	10,41	a 10%	2,19	a 72%	1,35	c 49%	3,54	b 62%	0,62	d -15%
458	10,93	b 6%	11,40	a 21%	2,03	b 59%	1,46	c 61%	3,49	b 60%	0,72	d -2%
461	12,40	a 20%	10,65	a 13%	2,08	b 63%	1,35	c 49%	3,42	b 57%	0,64	d -12%
462	10,93	b 6%	11,30	a 20%	1,93	b 52%	1,31	c 45%	3,24	b 49%	0,69	d -5%

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

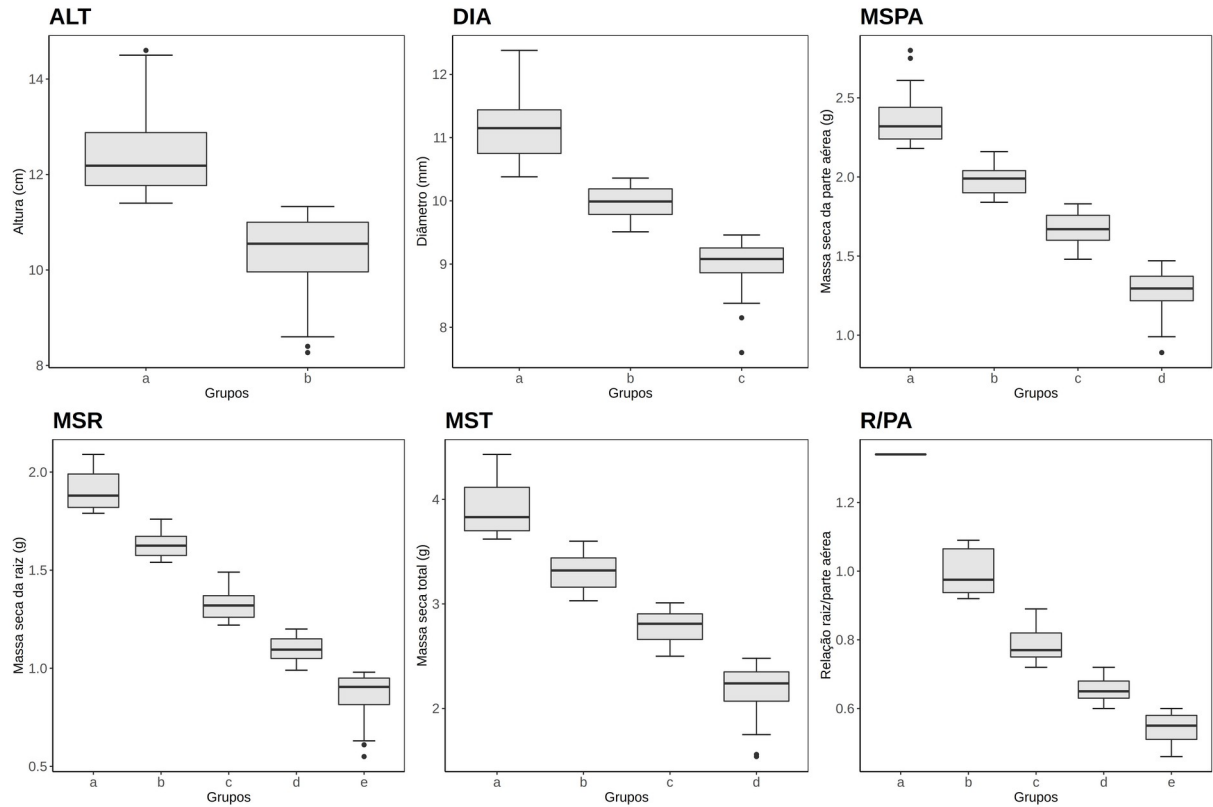


Figura 1: Boxplot para as variáveis altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) para plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

Tabela 4: Médias, valores mínimos e máximos para altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) para plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 22 dias em casa de vegetação.

ALT							DIA						
Grupos	Média		Mínimo		Máximo		Grupos	Média		Mínimo		Máximo	
	cm							mm					
a	12,40	(20%)	11,40	(38%)	14,60	(29%)	a	11,14	(24%)	10,38	(37%)	12,38	(31%)
b	10,34	-	8,27	-	11,33	-	b	9,98	(11%)	9,51	(25%)	10,36	(10%)
							c	8,98	-	7,60	-	9,46	-

MSPA							MSR						
Grupos	Média		Mínimo		Máximo		Grupos	Média		Mínimo		Máximo	
	g							g					
a	2,37	(86%)	2,18	(144%)	2,80	(91%)	a	1,91	(120%)	1,79	(223%)	2,09	(112%)
b	1,98	(55%)	1,84	(106%)	2,16	(47%)	b	1,63	(88%)	1,54	(179%)	1,76	(79%)
c	1,67	(31%)	1,48	(66%)	1,83	(25%)	c	1,33	(52%)	1,22	(121%)	1,49	(51%)
d	1,27	-	0,89	-	1,47	-	d	1,10	(26%)	0,99	(79%)	1,20	(22%)
							e	0,87	-	0,55	-	0,98	-

MST							R/PA						
Grupos	Média		Mínimo		Máximo		Grupos	Média		Mínimo		Máximo	
	g												
a	3,90	(79%)	3,62	(134%)	4,43	(79%)	a	1,34	(71%)	1,34	(86%)	1,34	(51%)
b	3,31	(51%)	3,03	(97%)	3,60	(45%)	b	1,00	(27%)	0,92	(27%)	1,09	(22%)
c	2,79	(28%)	2,50	(62%)	3,01	(21%)	c	0,78	-	0,72	-	0,89	-
d	2,18	-	1,54	-	2,48	-	d	0,66	(-16%)	0,60	(-17%)	0,72	(-19%)
							e	0,55	(-30%)	0,46	(-36%)	0,60	(-33%)

Valores percentuais entre parênteses indicam aumento ou diminuição da variável em relação ao grupo do controle.

Observaram-se correlações simples de Pearson positivas e significativas ($p < 0,05$) para todas as variáveis resposta (Figura 2). Os valores de correlação entre ALT e MST foram moderados, enquanto que aqueles entre MSPA e MST foram considerados muito fortes. As correlações entre GDAS e as demais variáveis não foram significativas.

4.3. PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO PICÃO-PRETO

A inoculação do picão-preto com os isolados rizosféricos bacterianos resultou em diferenças significativas na ALT, MSPA, MSR, MST, R/PA e GDAS dessa planta daninha (Tabela 5). Foram observados efeitos neutros, de promoção ou de inibição do crescimento do picão-preto (Tabela 5; Figura 3). Foi possível identificar o fenótipo de DRB com frequência variando entre 49 a 78 % a depender da variável. Para ALT, observaram-se ganhos mínimos e máximos de 16 e 66 %, respectivamente, e redução do crescimento de 4 a 37 %, a depender do isolado bacteriano (Tabela 5). Para MSPA, MSR e MST, os ganhos mínimos e máximos observados corresponderam, respectivamente, a 25 e 89, 12 e 54 e 13 e 53 %, na presença de bactérias promotora de crescimento (Tabela 5). Os isolados que apresentaram fenótipo DRB levaram a reduções de 9 a 76 % na MSPA, 20 a 79 % na MSR, 18 a 77 % na MST e 3 a 42 % na R/PA (Tabela 5).

As médias dos tratamentos de inoculação para cada variável resposta foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade (Tabela 5; Figura 4). Cada grupo obtido apresentou valores de mediana (Figura 4), média, mínimos e máximos (Tabela 6). As porcentagens de aumento ou diminuição nas variáveis resposta variaram para cada grupo de Scott-Knott obtido (Tabela 6).

Foram observadas correlações simples de Pearson positivas e significativas ($p < 0,05$) para todas as variáveis resposta (Figura 5). Os valores de correlação entre MSPA, MSR e MST foram muito fortes. Já a ALT apresentou correlação forte com as variáveis MSPA, MSR e MST.

A correlação da variável GDAS com as demais apresentou correlação moderada, com exceção da correlação com a variável R.PA que foi fraca com significância a 5 %. Para as demais variáveis o nível de significância foi 0,1 %.

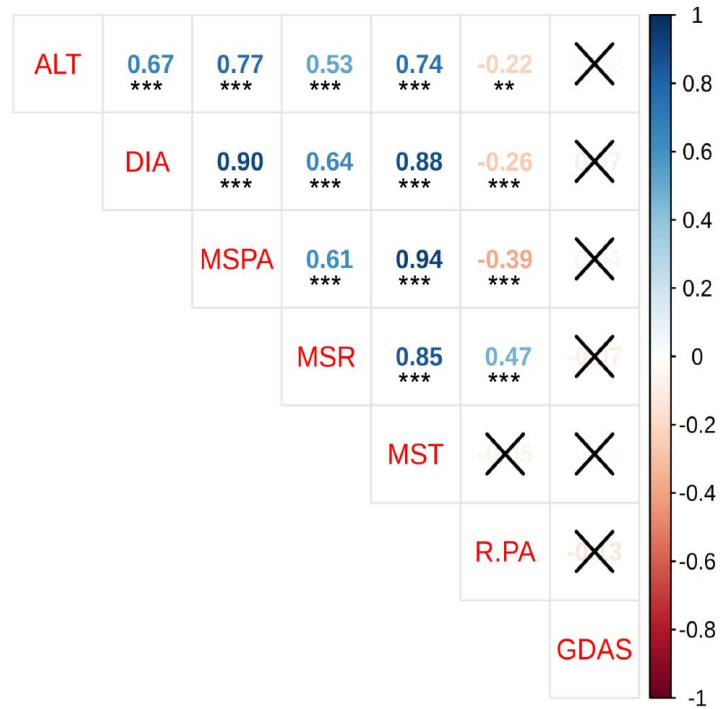


Figura 2: Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para as variáveis altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R.PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) após 22 dias de cultivo em casa de vegetação. **, *** = significativo a $p < 1\%$ e $0,1\%$, respectivamente, pelo teste t. × = não significativo estatisticamente.

Tabela 5: Altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), inoculadas ou não (controle) com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), cultivadas por 60 dias de cultivo em casa de vegetação.

Isolados	ALT		MSPA		MSR		MST		R/PA		GDAS	
	(cm)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(%)	(%)	(dias)	
Controle*	9,03	c	0,80	c	0,50	b	1,30	b	0,65	a	12	b
001	8,50	d -6%	0,66	d -17%	0,46	b -8%	1,12	b -14%	0,68	a 5%	14	a
002	8,67	d -4%	0,76	c -5%	0,54	b 8%	1,30	b 0%	0,72	a 10%	12	b
003	7,33	e -19%	0,48	e -40%	0,35	c -30%	0,83	c -36%	0,72	a 10%	10	c
004	7,83	d -13%	0,52	e -36%	0,36	c -27%	0,88	c -32%	0,71	a 9%	12	b
005	9,00	c 0%	0,70	d -12%	0,66	a 32%	1,36	b 5%	0,94	a 44%	9	c
007	8,17	d -10%	0,54	d -33%	0,40	c -20%	0,94	c -28%	0,73	a 12%	8	c
008	8,00	d -11%	0,55	d -32%	0,41	b -18%	0,95	c -27%	0,73	a 12%	9	c
009	7,67	d -15%	0,47	e -41%	0,33	c -33%	0,81	c -38%	0,70	a 7%	10	c
010	7,67	d -15%	0,62	d -23%	0,47	b -6%	1,09	b -16%	0,75	a 16%	13	b
011	8,00	d -11%	0,54	d -33%	0,44	b -12%	0,98	c -25%	0,81	a 24%	8	c
012	7,67	d -15%	0,58	d -27%	0,37	c -25%	0,96	c -26%	0,64	a -2%	11	b
013	7,83	d -13%	0,60	d -26%	0,50	b 0%	1,09	b -16%	0,83	a 27%	13	b
015	7,67	d -15%	0,61	d -23%	0,45	b -10%	1,06	c -18%	0,74	a 13%	13	b
016	8,33	d -8%	0,61	d -24%	0,47	b -6%	1,08	b -17%	0,77	a 18%	10	c
017	7,83	d -13%	0,78	c -3%	0,56	a 12%	1,34	b 3%	0,66	a 1%	16	a
018	8,83	c -2%	1,04	b 29%	0,66	a 32%	1,69	a 30%	0,66	a 1%	13	b
019	9,00	c 0%	0,86	c 7%	0,65	a 30%	1,51	a 16%	0,76	a 17%	12	b
020	8,33	d -8%	0,71	d -11%	0,48	b -4%	1,19	b -8%	0,68	a 4%	13	b
021	8,17	d -10%	0,66	d -18%	0,44	b -12%	1,10	b -16%	0,67	a 3%	12	b
022	10,10	c 12%	1,02	b 27%	0,68	a 36%	1,70	a 31%	0,67	a 2%	14	a
024	9,17	c 1%	0,67	d -16%	0,43	b -14%	1,10	b -16%	0,64	a -2%	13	b
025	8,33	d -8%	0,62	d -23%	0,44	b -12%	1,05	c -19%	0,71	a 9%	14	a
026	10,00	c 11%	0,71	d -11%	0,40	b -20%	1,11	b -15%	0,57	b -13%	13	b
027	8,50	d -6%	0,65	d -19%	0,47	b -5%	1,13	b -13%	0,72	a 11%	13	b
028	7,83	d -13%	0,76	c -6%	0,49	b -2%	1,25	b -4%	0,65	a 0%	13	b
029	8,50	d -6%	0,68	d -16%	0,43	b -13%	1,11	b -15%	0,64	a -2%	11	b
031	9,00	c 0%	0,64	d -21%	0,42	b -15%	1,06	c -18%	0,66	a 2%	10	c
032	8,83	c -2%	0,63	d -21%	0,45	b -10%	1,08	b -17%	0,70	a 7%	11	b
033	7,67	d -15%	0,53	d -34%	0,34	c -31%	0,87	c -33%	0,65	a -1%	7	d
034	8,67	d -4%	0,68	d -15%	0,51	b 2%	1,19	b -8%	0,74	a 14%	11	b
036	8,50	d -6%	0,62	d -23%	0,40	b -20%	1,02	c -22%	0,65	a -1%	14	a
037	8,67	d -4%	0,70	d -13%	0,43	b -14%	1,12	b -14%	0,61	b -6%	13	b
038	8,50	d -6%	0,79	c -2%	0,54	b 8%	1,32	b 2%	0,69	a 6%	10	c
040	9,50	c 5%	1,02	b 27%	0,73	a 46%	1,75	a 34%	0,73	a 12%	10	c
042	8,83	c -2%	0,63	d -21%	0,41	b -18%	1,04	c -20%	0,64	a -2%	15	a
043	8,33	d -8%	0,76	c -5%	0,45	b -9%	1,21	b -7%	0,61	b -6%	14	a
044	9,00	c 0%	0,89	c 11%	0,54	b 8%	1,43	b 10%	0,61	b -7%	15	a
045	11,00	b 22%	0,91	c 14%	0,48	b -3%	1,39	b 7%	0,53	b -19%	18	a
046	8,33	d -8%	0,66	d -18%	0,45	b -10%	1,11	b -15%	0,68	a 5%	14	a

*Controle sem inoculação bacteriana. Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 5: (continuação) Altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), inoculadas ou não (controle) com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), cultivadas por 60 dias de cultivo em casa de vegetação.

Isolados	ALT		MSPA		MSR		MST		R/PA		GDAS
	(cm)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(%)	(dias)	
047	8,00 d	-11%	0,59 d	-26%	0,42 b	-16%	1,01 c	-23%	0,71 a	8%	14 a
049	10,50 b	16%	1,00 b	25%	0,51 b	3%	1,51 a	16%	0,54 b	-18%	12 b
050	8,33 d	-8%	0,49 e	-39%	0,27 d	-46%	0,76 c	-42%	0,55 b	-16%	14 a
051	8,17 d	-10%	0,51 e	-37%	0,27 d	-46%	0,78 c	-40%	0,53 b	-18%	13 b
052	8,17 d	-10%	0,64 d	-21%	0,39 c	-22%	1,03 c	-21%	0,61 b	-6%	13 b
054	8,33 d	-8%	0,51 e	-37%	0,30 c	-40%	0,80 c	-38%	0,56 b	-15%	7 d
056	7,67 d	-15%	0,41 e	-48%	0,22 d	-55%	0,64 d	-51%	0,54 b	-17%	6 d
057	9,17 c	1%	0,53 d	-34%	0,33 c	-33%	0,86 c	-34%	0,63 b	-3%	9 c
059	7,83 d	-13%	0,47 e	-41%	0,23 d	-53%	0,70 d	-46%	0,49 b	-25%	4 d
060	8,33 d	-8%	0,43 e	-47%	0,26 d	-48%	0,68 d	-47%	0,59 b	-9%	4 d
061	8,17 d	-10%	0,50 e	-38%	0,30 c	-40%	0,80 c	-39%	0,60 b	-8%	4 d
062	7,33 e	-19%	0,42 e	-48%	0,20 d	-59%	0,62 d	-52%	0,48 b	-26%	5 d
063	7,83 d	-13%	0,52 e	-35%	0,30 c	-39%	0,82 c	-37%	0,58 b	-10%	5 d
065	7,50 d	-17%	0,40 e	-50%	0,17 d	-66%	0,57 d	-56%	0,42 b	-36%	5 d
066	8,50 d	-6%	0,55 d	-31%	0,39 c	-22%	0,94 c	-28%	0,71 a	8%	7 d
068	7,83 d	-13%	0,48 e	-40%	0,28 c	-43%	0,77 c	-41%	0,59 b	-9%	10 c
069	6,33 e	-30%	0,52 e	-36%	0,34 c	-32%	0,85 c	-34%	0,66 a	2%	6 d
071	8,33 d	-8%	0,76 c	-5%	0,49 b	-2%	1,25 b	-4%	0,63 b	-3%	9 c
072	7,67 d	-15%	0,69 d	-14%	0,48 b	-3%	1,17 b	-10%	0,70 a	7%	14 a
076	8,00 d	-11%	0,65 d	-19%	0,38 c	-24%	1,02 c	-21%	0,59 b	-10%	14 a
078	8,83 c	-2%	0,87 c	8%	0,64 a	28%	1,50 a	16%	0,74 a	13%	14 a
080	8,17 d	-10%	0,78 c	-3%	0,53 b	6%	1,31 b	1%	0,67 a	2%	14 a
081	8,33 d	-8%	0,64 d	-20%	0,46 b	-8%	1,10 b	-16%	0,71 a	8%	11 b
082	11,33 b	25%	1,29 a	61%	0,67 a	34%	1,96 a	51%	0,62 b	-4%	17 a
083	8,67 d	-4%	0,60 d	-26%	0,37 c	-26%	0,96 c	-26%	0,61 b	-6%	9 c
085	7,67 d	-15%	0,51 e	-37%	0,35 c	-30%	0,86 c	-34%	0,69 a	6%	13 b
086	8,00 d	-11%	0,61 d	-23%	0,41 b	-18%	1,02 c	-21%	0,66 a	1%	13 b
087	6,33 e	-30%	0,37 e	-53%	0,24 d	-51%	0,62 d	-53%	0,64 a	-1%	14 a
088	6,67 e	-26%	0,40 e	-51%	0,24 d	-51%	0,64 d	-51%	0,62 b	-5%	11 b
089	7,67 d	-15%	0,44 e	-45%	0,28 c	-44%	0,72 d	-45%	0,61 b	-6%	12 b
092	7,17 e	-21%	0,40 e	-51%	0,25 d	-50%	0,65 d	-50%	0,62 b	-4%	10 c
093	6,50 e	-28%	0,40 e	-50%	0,23 d	-55%	0,63 d	-52%	0,56 b	-14%	15 a
094	7,00 e	-23%	0,36 e	-55%	0,21 d	-58%	0,57 d	-56%	0,57 b	-13%	14 a
095	6,17 e	-32%	0,31 e	-61%	0,21 d	-59%	0,52 d	-60%	0,64 a	-1%	9 c
096	7,17 e	-21%	0,40 e	-51%	0,25 d	-49%	0,65 d	-50%	0,63 b	-4%	7 d
098	6,50 e	-28%	0,28 e	-65%	0,17 d	-66%	0,45 d	-65%	0,61 b	-6%	13 b
101	6,33 e	-30%	0,39 e	-51%	0,26 d	-48%	0,65 d	-50%	0,64 a	-2%	12 b
102	7,00 e	-23%	0,31 e	-61%	0,21 d	-58%	0,52 d	-60%	0,68 a	5%	11 b
104	7,50 d	-17%	0,40 e	-51%	0,23 d	-53%	0,63 d	-52%	0,60 b	-8%	10 c
106	7,00 e	-23%	0,38 e	-52%	0,26 d	-48%	0,64 d	-51%	0,67 a	3%	11 b

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 5: (continuação) Altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), inoculadas ou não (controle) com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), cultivadas por 60 dias de cultivo em casa de vegetação.

Isolados	ALT	MSPA	MSR	MST	R/PA	GDAS
	(cm)	(g)	(g)	(g)		(dias)
107	6,67 e -26%	0,37 e -53%	0,22 d -55%	0,60 d -54%	0,60 b -7%	12 b
113	8,17 d -10%	0,52 e -35%	0,30 c -40%	0,82 c -37%	0,58 b -12%	10 c
116	7,17 e -21%	0,37 e -54%	0,26 d -48%	0,62 d -52%	0,71 a 8%	14 a
119	6,33 e -30%	0,29 e -64%	0,18 d -65%	0,46 d -64%	0,62 b -5%	9 c
121	7,17 e -21%	0,47 e -42%	0,28 c -43%	0,75 c -42%	0,60 b -8%	11 b
122	7,50 d -17%	0,40 e -50%	0,24 d -52%	0,64 d -51%	0,59 b -9%	9 c
124	7,00 e -23%	0,37 e -54%	0,22 d -55%	0,59 d -54%	0,60 b -8%	8 d
125	6,50 e -28%	0,36 e -56%	0,23 d -55%	0,58 d -55%	0,64 a -2%	12 b
130	7,50 d -17%	0,50 e -38%	0,31 c -37%	0,81 c -37%	0,62 b -5%	12 b
132	7,83 d -13%	0,46 e -42%	0,25 d -50%	0,71 d -45%	0,54 b -17%	13 b
139	7,50 d -17%	0,48 e -41%	0,28 c -44%	0,75 c -42%	0,58 b -11%	12 b
142	8,00 d -11%	0,49 e -38%	0,28 c -43%	0,78 c -40%	0,60 b -7%	12 b
147	8,50 d -6%	0,64 d -21%	0,50 b 1%	1,14 b -12%	0,80 a 23%	13 b
148	8,33 d -8%	0,55 d -32%	0,32 c -35%	0,87 c -33%	0,59 b -10%	9 c
149	7,67 d -15%	0,46 e -43%	0,30 c -40%	0,76 c -42%	0,66 a 1%	13 b
150	7,83 d -13%	0,60 d -25%	0,49 b -2%	1,09 b -16%	0,81 a 24%	14 a
158	8,00 d -11%	0,57 d -29%	0,36 c -27%	0,93 c -28%	0,65 a 0%	14 a
161	6,83 e -24%	0,40 e -50%	0,26 d -48%	0,66 d -49%	0,64 a -2%	11 b
162	7,83 d -13%	0,64 d -21%	0,41 b -17%	1,05 c -19%	0,64 a -1%	9 c
166	8,17 d -10%	0,60 d -25%	0,42 b -15%	1,02 c -21%	0,69 a 6%	15 a
168	7,33 e -19%	0,45 e -44%	0,32 c -36%	0,76 c -41%	0,69 a 6%	12 b
169	7,33 e -19%	0,50 e -37%	0,35 c -30%	0,85 c -34%	0,69 a 6%	11 b
170	7,50 d -17%	0,42 e -48%	0,28 c -44%	0,70 d -46%	0,69 a 6%	14 a
171	6,50 e -28%	0,41 e -49%	0,26 d -48%	0,67 d -48%	0,61 b -6%	16 a
172	7,50 d -17%	0,58 d -28%	0,37 c -26%	0,94 c -27%	0,64 a -1%	14 a
174	7,67 d -15%	0,43 e -46%	0,34 c -32%	0,77 c -41%	0,78 a 20%	11 b
175	8,83 c -2%	0,71 d -11%	0,49 b -2%	1,20 b -8%	0,69 a 6%	14 a
176	7,33 e -19%	0,61 d -24%	0,33 c -33%	0,94 c -28%	0,56 b -14%	13 b
180	7,17 e -21%	0,58 d -27%	0,42 b -16%	1,00 c -23%	0,74 a 13%	11 b
182	7,17 e -21%	0,45 e -44%	0,33 c -34%	0,78 c -40%	0,73 a 12%	12 b
183	8,33 d -8%	0,71 d -11%	0,53 b 7%	1,25 b -4%	0,75 a 15%	12 b
192	7,00 e -23%	0,43 e -46%	0,30 c -40%	0,73 d -44%	0,69 a 6%	12 b
197	6,17 e -32%	0,29 e -63%	0,13 d -74%	0,42 d -67%	0,44 b -32%	11 b
198	6,67 e -26%	0,38 e -53%	0,19 d -62%	0,57 d -56%	0,50 b -23%	14 a
200	7,83 d -13%	0,72 d -11%	0,53 b 6%	1,24 b -4%	0,72 a 11%	13 b
204	5,67 e -37%	0,19 e -76%	0,11 d -79%	0,30 d -77%	0,55 b -16%	5 d
206	7,33 e -19%	0,35 e -57%	0,16 d -67%	0,51 d -61%	0,47 b -27%	7 d
210	7,67 d -15%	0,46 e -43%	0,28 c -44%	0,74 d -43%	0,62 b -5%	13 b
211	6,17 e -32%	0,20 e -75%	0,11 d -78%	0,31 d -76%	0,55 b -15%	5 d
212	6,67 e -26%	0,23 e -71%	0,11 d -79%	0,34 d -74%	0,46 b -30%	6 d

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 5: (continuação) Altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), inoculadas ou não (controle) com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), cultivadas por 60 dias de cultivo em casa de vegetação.

Isolados	ALT		MSPA		MSR		MST		R/PA		GDAS
	(cm)		(g)		(g)		(g)			(dias)	
214	7,00	e -23%	0,37	e -54%	0,19	d -63%	0,56	d -57%	0,50	b -24%	6 d
215	7,00	e -23%	0,38	e -53%	0,20	d -60%	0,58	d -56%	0,53	b -19%	6 d
217	6,50	e -28%	0,33	e -59%	0,16	d -68%	0,49	d -62%	0,48	b -27%	7 d
218	7,00	e -23%	0,37	e -54%	0,23	d -53%	0,60	d -54%	0,63	b -4%	6 d
219	8,17	d -10%	0,82	c 2%	0,61	a 22%	1,43	b 10%	0,77	a 18%	16 a
220	9,17	c 1%	1,08	b 34%	0,70	a 41%	1,41	b 9%	0,65	a 0%	15 a
226	7,67	d -15%	0,54	d -32%	0,45	b -9%	1,00	c -23%	0,82	a 26%	14 a
227	12,50	b 38%	1,51	a 89%	0,58	a 16%	1,60	a 23%	0,38	b -42%	15 a
232	10,00	c 11%	1,08	b 35%	0,60	a 20%	1,68	a 29%	0,57	b -12%	16 a
235	12,00	b 33%	1,16	a 45%	0,58	a 16%	1,74	a 34%	0,50	b -23%	15 a
237	7,50	d -17%	0,66	d -18%	0,45	b -10%	1,11	b -15%	0,68	a 4%	15 a
238	10,17	c 13%	0,98	c 22%	0,53	b 7%	1,51	a 16%	0,54	b -17%	17 a
239	8,00	d -11%	0,55	d -31%	0,39	c -22%	0,94	c -28%	0,71	a 9%	14 a
240	8,50	d -6%	0,92	c 15%	0,57	a 14%	1,49	a 15%	0,62	b -5%	9 c
244	7,83	d -13%	0,65	d -19%	0,43	b -13%	1,08	b -17%	0,66	a 1%	12 b
246	11,17	b 24%	1,02	b 27%	0,59	a 19%	1,61	a 24%	0,59	b -9%	12 b
249	9,00	c 0%	0,70	d -13%	0,44	b -12%	1,13	b -13%	0,62	b -5%	15 a
251	8,83	c -2%	0,68	d -15%	0,50	b 1%	1,19	b -9%	0,74	a 13%	11 b
259	10,00	c 11%	0,93	c 16%	0,58	a 16%	1,50	a 16%	0,63	a -3%	12 b
265	8,33	d -8%	0,66	d -18%	0,55	b 10%	1,20	b -7%	0,83	a 28%	12 b
268	8,67	d -4%	0,66	d -18%	0,51	b 3%	1,17	b -10%	0,79	a 21%	9 c
269	8,50	d -6%	0,63	d -21%	0,47	b -6%	1,10	b -16%	0,74	a 14%	14 a
272	8,50	d -6%	0,71	d -12%	0,47	b -6%	1,17	b -10%	0,68	a 5%	13 b
276	10,50	b 16%	1,13	b 41%	0,77	a 54%	1,89	a 46%	0,70	a 8%	13 b
281	9,67	c 7%	0,96	c 20%	0,62	a 24%	1,58	a 21%	0,64	a -1%	11 b
285	9,00	c 0%	0,71	d -12%	0,49	b -2%	1,20	b -8%	0,69	a 5%	13 b
290	9,67	c 7%	1,06	b 32%	0,70	a 40%	1,76	a 35%	0,67	a 2%	11 b
291	9,33	c 3%	1,05	b 31%	0,74	a 48%	1,79	a 38%	0,71	a 9%	12 b
292	9,17	c 1%	0,98	c 22%	0,59	a 19%	1,57	a 21%	0,60	b -8%	11 b
293	10,17	c 13%	1,12	b 40%	0,58	a 16%	1,70	a 31%	0,51	b -22%	12 b
294	9,83	c 9%	0,79	c -1%	0,60	a 20%	1,39	b 7%	0,75	a 15%	8 c
301	9,00	c 0%	0,61	d -24%	0,44	b -12%	1,05	c -19%	0,72	a 10%	13 b
306	8,67	d -4%	0,73	d -9%	0,49	b -2%	1,22	b -6%	0,65	a 0%	9 c
311	8,33	d -8%	0,61	d -24%	0,37	c -26%	0,97	c -25%	0,60	b -7%	12 b
315	9,00	c 0%	0,60	d -25%	0,35	c -30%	0,95	c -27%	0,58	b -12%	7 d
317	7,17	e -21%	0,49	e -38%	0,27	c -45%	0,77	c -41%	0,56	b -15%	10 c
322	8,50	d -6%	0,57	d -28%	0,35	c -29%	0,93	c -29%	0,60	b -7%	13 b
327	7,33	e -19%	0,48	e -41%	0,29	c -42%	0,76	c -41%	0,61	b -7%	7 d
330	8,17	d -10%	0,57	d -29%	0,39	c -21%	0,96	c -26%	0,71	a 8%	11 b
336	9,33	c 3%	0,67	d -17%	0,31	c -37%	0,98	c -25%	0,47	b -28%	8 d

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. (continua)

Tabela 5: (continuação) Altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), inoculadas ou não (controle) com isolados bacterianos rizosféricos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), cultivadas por 60 dias de cultivo em casa de vegetação.

Isolados	ALT		MSPA		MSR		MST		R/PA		GDAS
	(cm)		(g)		(g)		(g)			(dias)	
344	8,67	d -4%	0,70	d -12%	0,34	c -32%	1,04	c -20%	0,48	b -27%	11 b
352	7,50	d -17%	0,50	e -37%	0,33	c -34%	0,83	c -36%	0,66	a 1%	7 d
353	11,00	b 22%	0,88	c 10%	0,49	b -2%	1,37	b 5%	0,55	b -16%	11 b
363	8,00	d -11%	0,70	d -12%	0,43	b -13%	1,14	b -13%	0,61	b -6%	10 c
364	8,17	d -10%	0,62	d -23%	0,43	b -14%	1,04	c -20%	0,68	a 5%	12 b
367	9,17	c 1%	0,63	d -22%	0,40	b -19%	1,03	c -21%	0,63	a -3%	13 b
371	8,50	d -6%	0,62	d -23%	0,44	b -11%	1,06	c -18%	0,70	a 8%	12 b
373	9,33	c 3%	0,64	d -20%	0,45	b -9%	1,09	b -16%	0,71	a 8%	15 a
375	9,17	c 1%	0,72	d -10%	0,54	b 9%	1,26	b -3%	0,77	a 18%	10 c
376	8,33	d -8%	0,64	d -20%	0,54	b 9%	1,18	b -9%	0,85	a 30%	10 c
378	9,67	c 7%	0,67	d -16%	0,45	b -9%	1,12	b -14%	0,69	a 6%	15 a
389	11,17	b 24%	0,94	c 18%	0,67	a 35%	1,62	a 24%	0,71	a 9%	13 b
393	7,83	d -13%	0,55	d -31%	0,37	c -25%	0,93	c -29%	0,67	a 3%	14 a
394	9,00	c 0%	0,97	c 21%	0,61	a 22%	1,57	a 21%	0,62	b -4%	14 a
399	7,67	d -15%	0,84	c 4%	0,51	b 2%	1,35	b 4%	0,57	b -13%	18 a
405	6,50	e -28%	0,26	e -68%	0,18	d -64%	0,44	d -66%	0,70	a 7%	5 d
408	9,00	c 0%	0,88	c 9%	0,59	a 19%	1,47	a 13%	0,68	a 5%	15 a
409	10,67	b 18%	1,22	a 53%	0,76	a 53%	1,99	a 53%	0,63	b -4%	15 a
410	7,67	d -15%	0,39	e -51%	0,22	d -56%	0,61	d -53%	0,56	b -14%	7 d
417	9,33	c 3%	0,72	d -11%	0,51	b 2%	1,22	b -6%	0,73	a 12%	12 b
418	9,83	c 9%	1,20	a 49%	0,71	a 42%	1,91	a 47%	0,59	b -9%	16 a
422	7,50	d -17%	0,47	e -41%	0,23	d -55%	0,70	d -46%	0,48	b -26%	7 d
423	8,83	c -2%	0,39	e -51%	0,19	d -61%	0,58	d -55%	0,49	b -25%	5 d
425	15,00	a 66%	1,05	b 31%	0,68	a 36%	1,73	a 33%	0,65	a -1%	18 a
426	7,33	e -19%	0,55	d -32%	0,32	c -36%	0,86	c -34%	0,58	b -12%	10 c
433	7,83	d -13%	0,35	e -56%	0,16	d -67%	0,51	d -61%	0,47	b -28%	5 d
444	7,67	d -15%	0,47	e -41%	0,23	d -53%	0,71	d -46%	0,49	b -24%	12 b
447	8,00	d -11%	0,57	d -28%	0,34	c -32%	0,91	c -30%	0,59	b -9%	13 b
456	8,33	d -8%	0,52	d -35%	0,28	c -44%	0,80	c -38%	0,53	b -19%	10 c
458	7,50	d -17%	0,51	e -36%	0,32	c -36%	0,83	c -36%	0,62	b -4%	7 d
461	10,33	c 14%	1,21	a 51%	0,62	a 24%	1,83	a 41%	0,52	b -20%	18 a
462	10,50	b 16%	1,17	a 46%	0,54	b 8%	1,33	b 3%	0,46	b -30%	18 a

Para cada isolado bacteriano, valores percentuais positivos ou negativos representam o aumento ou a diminuição da média de cada variável em relação à média do controle. Na coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.



Figura 3: Plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos promotores e inibidores do crescimento vegetal após 60 dias de cultivo em casa de vegetação. (+) planta inoculada com isolado promotor do crescimento; (0) controle sem inoculação; (-) planta inoculada com isolado inibidor do crescimento.

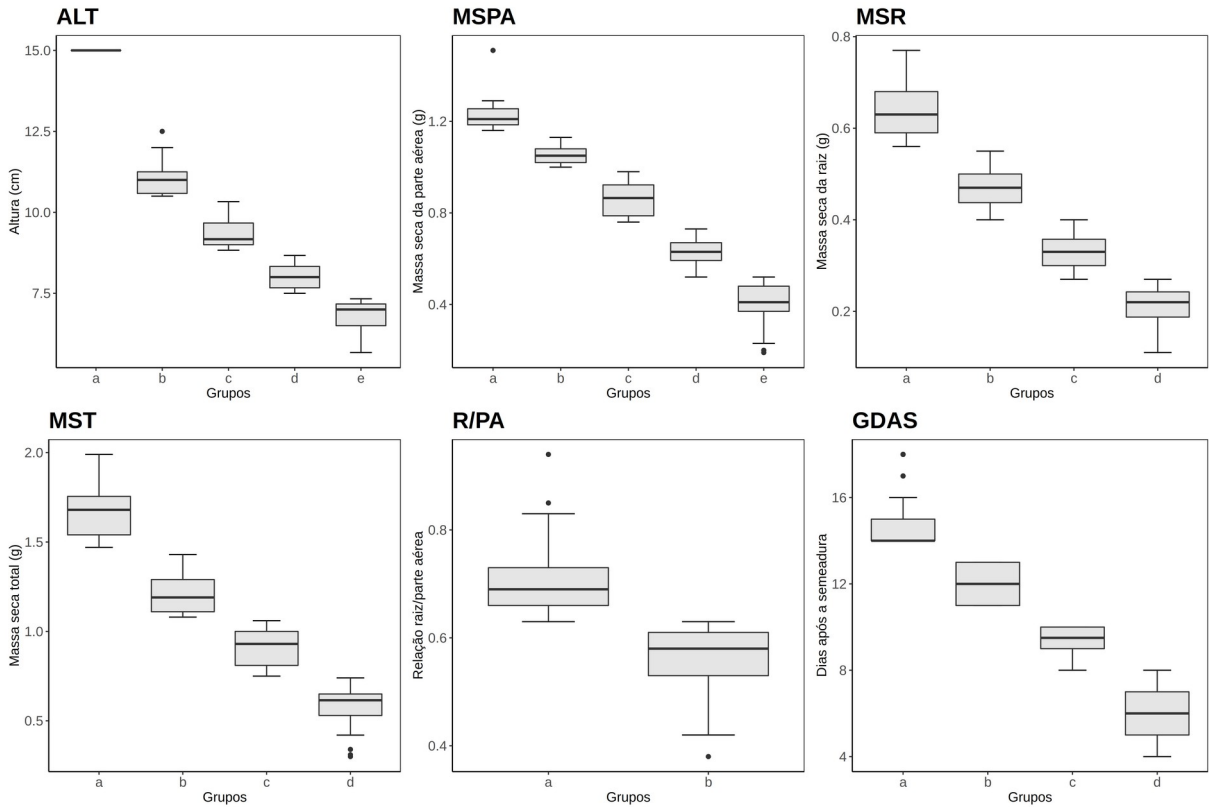


Figura 4: Boxplot para as variáveis altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) para plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 60 dias em casa de vegetação.

Tabela 6: Médias, valores mínimos e máximos para altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) para plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizosféricos de diferentes grupos obtidos pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade (a até e) e cultivadas por 60 dias em casa de vegetação.

ALT						MSPA							
Grupos	Média		Mínimo		Máximo	Grupos	Média		Mínimo		Máximo		
	cm												
a	15,00	(61%)	15,00	(70%)	15,00	(45%)	a	1,25	(46%)	1,16	(54%)	1,51	(55%)
b	11,12	(19%)	10,50	(19%)	12,50	(21%)	b	1,06	(23%)	1,00	(32%)	1,13	(15%)
c	9,32	-	8,83	-	10,33	-	c	0,86	-	0,76	-	0,98	-
d	8,05	(-14%)	7,50	(-15%)	8,67	(-16%)	d	0,63	(-27%)	0,52	(-31%)	0,73	(-25%)
e	6,83	(-27%)	5,67	(-36%)	7,33	(-29%)	e	0,41	(-52%)	0,19	(-74%)	0,52	(-47%)

MSR						MST							
Grupos	Média		Mínimo		Máximo	Grupos	Média		Mínimo		Máximo		
	g												
a	0,64	(37%)	0,56	(40%)	0,77	(40%)	a	1,67	(39%)	1,47	(37%)	1,99	(39%)
b	0,47	-	0,40	-	0,55	-	b	1,21	-	1,08	-	1,43	-
c	0,33	(-30%)	0,27	(-32%)	0,40	(-27%)	c	0,91	(-25%)	0,75	(-30%)	1,06	(-26%)
d	0,21	(-55%)	0,11	(-73%)	0,27	(-51%)	d	0,59	(-51%)	0,30	(-72%)	0,74	(-48%)

R/PA						GDAS							
Grupos	Média		Mínimo		Máximo	Grupos	Média		Mínimo		Máximo		
	dias												
a	0,70	-	0,63	-	0,94	-	a	15	(24%)	14	(27%)	18	(38%)
b	0,56	(-20%)	0,38	(-40%)	0,63	(-33%)	b	12	-	11	-	13	-
							c	9	(-22%)	8	(-27%)	10	(-23%)
							d	6	(-50%)	4	(-64%)	8	(-38%)

Valores percentuais entre parênteses indicam aumento ou diminuição da variável em relação ao grupo do controle.

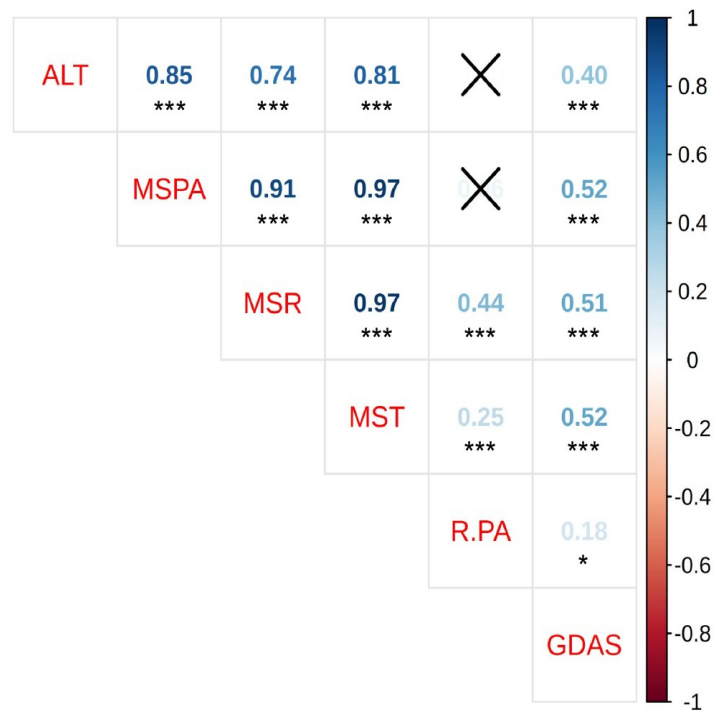


Figura 5: Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para as variáveis altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R.PA) e dias necessários para germinação após a semeadura (GDAS) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) inoculadas com isolados bacterianos rizoféricos após 60 dias de cultivo em casa de vegetação. *, *** = significativo a $p < 5\%$ e $0,1\%$, respectivamente, pelo teste t. × = não significativo estatisticamente.

4.4. FENÓTIPOS COMBINADOS DE PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE MILHO E PICÃO-PRETO

A análise dos resultados de promoção ou inibição da produção de MSPA, MSR, MST e da ALT das plantas de milho e picão-preto inoculados com as bactérias rizosféricas (Tabela 3; Tabela 5) permitiu a obtenção de seis fenótipos combinados para os isolados bacterianos testados: +/+, +/0, +/-, 0/+, 0/0 e 0/- (Figura 6). Observou-se que um mesmo isolado pode exercer efeito de promoção de crescimento sobre uma espécie vegetal e inibição sobre outra, a exemplo dos isolados 085, 170 e 211, dentre outros (Tabela 3; Tabela 5; Figura 6). Note-se que dos isolados obtidos, nenhum foi capaz de atuar como DRB sobre o milho (Tabela 3; Figura 6). No entanto, aproximadamente 65 % dos isolados obtidos do picão-preto foram capazes de reduzir a ALT e MST dessa planta, de cuja rizosfera foram obtidos.

A cada isolado bacteriano foi atribuído um fenótipo combinado, sendo calculada as porcentagens de cada um deles na população de isolados obtidos (Figura 7). Para ALT, MSPA, MSR e MST, as porcentagens de isolados promotores do crescimento do milho, 69, 82, 75 e 79 %, respectivamente, foram superiores àquelas observadas para o picão-preto, demonstrando que a rizosfera da planta hospedeira (picão-preto) contém número maior de bactérias capazes de promover o crescimento da cultura do que seu próprio (Figura 7).

Interessantemente, a inibição do crescimento ocasionado pela inoculação bacteriana só foi observado para o picão-preto (Figura 7). Para esta planta, os efeitos neutros ou de inibição do crescimento pela inoculação foram observados para a maioria dos isolados testados (Figura 7). Por exemplo, a porcentagem de isolados que manifestaram efeito inibitório foi de 73 % para ALT, 78 % para MSPA, 49 % para MSR e 58 % para MST (Figura 7).

O DIA só foi avaliado para as plantas de milho, sendo que 80 % dos isolados aumentaram essa variável (Figura 7).

Os isolados bacterianos reduziram a relação R/PA (Figura 7). Em geral, a inoculação do milho reduziu a relação R/PA, resposta observada para 80 % dos isolados bacterianos testados (Figura 7). Já para o picão-preto, 54 % não alteraram a relação R/PA, enquanto 46 % induziram a diminuição desta variável (Figura 7).

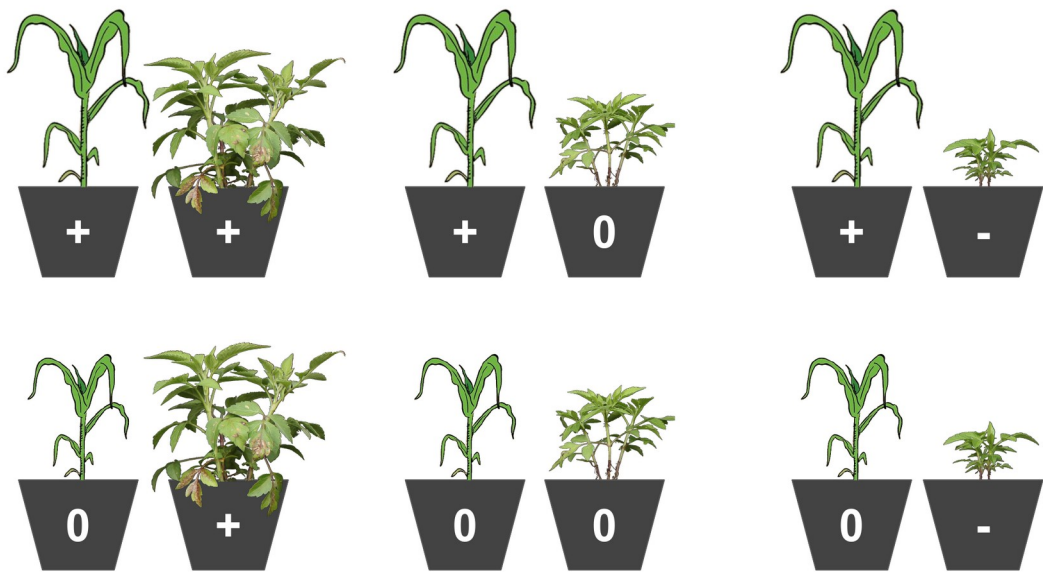


Figura 6: Fenótipos de isolados bacterianos rizosféricos em relação à promoção ou inibição do crescimento do milho (*Zea mays* L.; vaso à esquerda) e do picão-preto (*Bidens pilosa* L.; vaso à direita). Promoção: + ; inibição: - ; neutro: 0, sem efeito.

		Picão-preto			
		+	0	-	
Milho	+	3,7% (n = 7)	12% (n = 22)	54% (n = 103)	69% (n = 132)
	0	2,6% (n = 5)	9% (n = 18)	19% (n = 36)	31% (n = 59)
	-	0,0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)
		6,3% (n = 12)	21% (n = 40)	73% (n = 139)	100% (n = 191)

		Picão-preto			
		+	0	-	
Milho	+	na	na	na	80% (n = 152)
	0	na	na	na	20% (n = 39)
	-	na	na	na	0% (n = 0)
		nd	nd	nd	100% (n = 191)

		Picão-preto			
		+	0	-	
Milho	+	7% (n = 13)	8% (n = 15)	67% (n = 128)	82% (n = 156)
	0	3% (n = 6)	4% (n = 8)	11% (n = 21)	18% (n = 35)
	-	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)
		10% (n = 19)	12% (n = 23)	78% (n = 149)	100% (n = 191)

		Picão-preto			
		+	0	-	
Milho	+	7% (n = 14)	28% (n = 53)	40% (n = 77)	75% (n = 144)
	0	8% (n = 16)	7% (n = 14)	9% (n = 17)	25% (n = 47)
	-	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)
		16% (n = 30)	35% (n = 67)	49% (n = 94)	100% (n = 191)

		Picão-preto			
		+	0	-	
Milho	+	7% (n = 13)	21% (n = 40)	51% (n = 98)	79% (n = 151)
	0	7% (n = 14)	7% (n = 13)	7% (n = 13)	21% (n = 40)
	-	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)	0% (n = 0)
		14% (n = 27)	28% (n = 53)	58% (n = 111)	100% (n = 191)

		Picão-preto			
		+	0	-	
Milho	+	0% (n = 0)	3% (n = 5)	2% (n = 4)	5% (n = 9)
	0	0% (n = 0)	7% (n = 13)	8% (n = 16)	15% (n = 29)
	-	0% (n = 0)	45% (n = 85)	36% (n = 68)	80% (n = 153)
		0% (n = 0)	54% (n = 103)	46% (n = 88)	100% (n = 191)

Figura 7: Matriz dos percentuais e do número (n) de isolados bacterianos rizosféricos em relação à capacidade de promoção ou inibição da altura (ALT), diâmetro do colmo (DIA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) do milho (*Zea mays* L.) e do picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Promoção: + ; inibição: - ; neutro: 0, sem efeito. Valores na intersecção das linhas e colunas, dentro da matriz, referem-se à percentagem e número dos isolados com efeitos combinados para milho e picão-preto. Valores percentuais e número de isolados fora da matriz, à direita e em baixo, referem-se ao somatório das linhas ou colunas, respectivamente. O diâmetro do caule do picão-preto não foi medido, impossibilitando a análise combinada do efeito dos isolados sobre essa variável para as duas plantas simultaneamente, sendo assinalado na matriz como na. nd = não determinado.

Considerando-se os fenótipos combinados de promoção e inibição do crescimento do milho e do picão-preto, foi observado que a maioria dos isolados que promoveram aumentos de ALT, MSPA, MSR e MST para o milho, diminuíram as médias das mesmas variáveis para o picão-preto (Figura 7). Essa característica foi predominante entre os isolados testados.

Os isolados bacterianos foram agrupados de acordo com os fenótipos combinados em relação às variáveis MSPA, MSR e MST (Tabela 7). As características ALT, DIA e R/PA não foram incluídas no agrupamento final. Alguns isolados apresentaram a capacidade de promover ou inibir uma ou mais de uma dessas variáveis, indicando a existência de mecanismos distintos de interação com a planta (Tabela 7). Os isolados que apresentaram o mesmo fenótipo para as três variáveis receberam uma única classificação fenotípica, por exemplo, o 018 (Tabela 7). Às vezes, a atribuição do fenótipo combinado variou com compartimento analisado (MSPA, MSR e MST), assim, um mesmo isolado foi agrupado em mais de um fenótipo, a exemplo dos isolados 019 e 220, dentre outros (Tabela 7).

Tabela 7: Agrupamento dos isolados bacterianos rizosféricos baseado nos fenótipos de interação com plantas de milho (*Zea mays* L.) e de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) em relação à massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). + = promoção; - = inibição; 0 = neutro, sem efeito.

Promoção de crescimento		Compartimento da planta								
		MSPA			MSR			MST		
Milho	Picão	Isolados								
+	+	018	220	425	005	040	232	018	078	408
		022	227	461	017	078	235	019	082	425
		040	232	462	018	082	425	022	227	461
		049	235		019	219	461	040	232	
		082	409		022	227		049	235	
+	0	002	044	281	002	043		002	032	080
		017	045	353	008	046		020	034	081
		019	071	408	015	081		024	037	147
		028	078		028	150		027	038	150
		038	080		029			028	046	
+	-	043	219		038			029	072	
		060	168	174	033	170		015	142	
		085	169	211	063	211		033	170	
		098	170	217	085			085	211	
		132	171	433	142			132	433	
0	+	246			220	290	394	238	290	409
		276			240	291	408	240	291	418
		290			246	292	409	246	292	
		291			259	293	418	259	293	
		293			276	294		276	389	
0	0	418			281	389		281	394	
		238	389		013	251	371	001	265	363
		240	394		180	269	373	013	268	373
		259	399		200	272	378	200	269	399
		292			238	363	399	244	285	
0	-	294			244	364		251	294	
		059	116		056	124		059	122	315
		065	130		087	125		087	125	371
		087			092	405		092	130	405
		092			116			113	239	
			122			116	311			

Legenda

- 1 Efeito apenas no compartimento
- 2 Efeito na MSPA e MST
- 3 Efeito na MSR e MST
- 4 Efeito na MSPA e MSR
- 5 Efeito na MSPA, MSR e MST

5. DISCUSSÃO

Neste trabalho, demonstrou-se que a rizosfera de picão-preto contém ampla diversidade de bactérias promotoras e inibidoras do crescimento vegetal. A triagem dos isolados obtidos, baseada na morfologia das colônias, permitiu a obtenção de 191 morfotipos com características distintas de tamanho, forma, borda, elevação, superfície, consistência, aspecto e produção de pigmento. Além disso, os isolados obtidos variaram na velocidade de crescimento (dados não mostrados) e na capacidade de promoção e inibição do crescimento do milho e do picão-preto, planta de cuja rizosfera procedeu-se o isolamento bacteriano.

Os isolados bacterianos obtidos da rizosfera de picão-preto apresentaram efeitos neutros ou de promoção do crescimento do milho (Figura 7). Os isolados diferiram quanto aos ganhos obtidos para as diferentes variáveis resposta da planta, indicando a expressão de diferentes mecanismos de promoção do crescimento para cada isolado. Microrganismos rizosféricos podem expressar mais de um mecanismo de promoção de crescimento simultaneamente (JIMTHA; RADHAKRISHNAN, 2018; KHATOON *et al.*, 2020), auxiliando a planta a superar condições limitantes do meio. Alguns estudos demonstram que as populações microbianas rizosféricas de plantas daninhas variam na capacidade de disponibilizar nutrientes, a exemplo do fósforo (SANTOS *et al.*, 2013). Essa variação no número e no nível de expressão dos mecanismos de promoção podem explicar as diferenças dos isolados testados na promoção do crescimento do milho.

Alguns isolados bacterianos aumentaram a relação R/PA, enquanto outros, reduziram essa variável. Alteração na R/PA podem estar relacionadas com o balanço hormonal da planta (ALBACETE *et al.*, 2008; PUIG *et al.*, 2012). Alguns microrganismos promotores de crescimento estimulam a produção de sistema radicular por meio da produção de auxinas (PATEL *et al.*, 2018; SPAEPEN *et al.*, 2007). A expansão do sistema radicular permite maior aquisição de água e nutrientes (ROBINSON, 1994; WALTER *et al.*, 2003), levando ao maior crescimento da planta. Isolados que induziram menores valores de R/PA possivelmente expressaram mecanismos de promoção relacionados à melhor disponibilização de nutrientes, a exemplo da produção de fosfatases ou da maior mineralização dos componentes orgânicos do substrato de plantio. Neste caso, as plantas puderam absorver mais nutrientes por meio de um sistema radicular menor.

Para o picão-preto foi possível detectar bactérias capazes de promover ou inibir o crescimento da planta, além daquelas com efeito neutro. As bactérias inibidoras caracterizadas neste trabalho podem ser classificadas como DRB (KREMER, 2006). Durante o cultivo das

plantas de picão-preto em casa de vegetação, não foram observados sintomas de doença com a inoculação dessas bactérias, embora a redução do crescimento das plantas fosse notória visualmente. As bactérias inibidoras da rizosfera do picão-preto levaram a reduções de 42 % da MST, fato que pode estar relacionado à produção de fitotoxinas, antibióticos, AIA, ALA e HCN pelo microrganismo (DAHIYA; SINDHU, 2019). A diversidade de bactérias com capacidade de inibir o crescimento do picão-preto obtidas neste trabalho poderá ser usada para a prospecção de novas moléculas de herbicidas que possam ser utilizadas na agricultura. Adicionalmente, a gama de plantas daninhas suscetíveis à inibição do crescimento por essas bactérias deverá ainda ser determinada.

Os isolados bacterianos inoculados nas sementes de picão-preto conduziram a diferentes tempos de emergência das plântulas após a semeadura, indicando efeitos estimulatórios ou inibitórios sobre a germinação, fato este evidenciado no gênero *Pseudomonas* por meio da produção de AIA e HCN (BANOWETZ *et al.*, 2008; TABATABAEI *et al.*, 2016). Observaram-se correlações positivas e significativas entre GDAS e ALT, MSPA, MSR, MST e R/PA. Essas correlações indicam que alguns isolados estimularam a germinação das sementes e não o crescimento das plantas, enquanto outros retardaram a germinação e promoveram o crescimento das plantas. Os mecanismos microbianos que atuaram na germinação das sementes de picão-preto são desconhecidos. Estudos futuros deverão ser feitos para a elucidação dos processos envolvidos visando o desenvolvimento de possíveis biotecnologias de aplicação do microrganismo ou de seus metabólitos.

Foi possível agrupar os isolados em seis fenótipos de promoção ou inibição do crescimento para as variáveis MSPA, MSR e MST para o milho e o picão-preto (+/+, +/0, +/-, 0/+, 0/0, 0/-). Interessantemente, demonstrou-se que a rizosfera do picão-preto contém bactérias inibitórias do crescimento da própria planta hospedeira. Da mesma forma, a maioria dos isolados obtidos da rizosfera da planta daninha foi capaz de promover o crescimento do milho. Já para o picão-preto, a maioria dos isolados apresentou efeitos inibitórios sobre o crescimento dessa espécie. Em termos gerais, os fenótipos predominantes entre os isolados bacterianos obtidos foi o +/- . As plantas daninhas podem facilitar o crescimento das culturas (BROOKER *et al.*, 2021), por meio de vários mecanismos a exemplo do aumento da disponibilidade de recursos do solo (nutrientes e água) e compartilhamento de recursos por meio de redes micorrízicas comuns. Recentemente, relatou-se que as relações de facilitação entre milho e picão-preto são dependentes da estrutura e diversidade das comunidades microbianas do solo (MATOS *et al.*, 2019a; MONTEIRO *et al.*, 2021). Hipotetiza-se que o

picão-preto contém na sua rizosfera microrganismos promotores de crescimento do milho importantes nas situações de convivência da cultura com a planta daninha. Nessa situação, os microrganismos promotores do crescimento do milho poderiam estimular a degradação da matéria orgânica da rizosfera (MATOS *et al.*, 2019b), disponibilizando nutrientes às custas de carbono exsudado pela cultura. O picão-preto competiria por esses nutrientes sem gasto maior de carbono e em detrimento do milho. Os microrganismos inibitórios do crescimento do picão-preto regulariam o crescimento da planta impedindo grandes investimentos de carbono na rizosfera para aquisição de nutrientes.

As interações entre o milho e o picão-preto têm sido estudadas por meio de métodos moleculares, sem o isolamento de microrganismos que possam atuar direta ou indiretamente nas interações de facilitação e competição entre a cultura e a planta daninha (MATOS *et al.*, 2019a; MONTEIRO *et al.*, 2021). Também, nesses trabalhos, não foi possível atribuir a modulação das interações de facilitação ou competição a um táxon microbiano específico. No presente relato, foi possível obter bactérias com efeitos de promoção do crescimento do milho e de promoção e inibição do crescimento do picão-preto. O efeito dos isolados com diferentes fenótipos sobre a convivência do milho com o picão-preto poderá ser testado em experimentos de substituição em série (RADOSEVICH, 1987), permitindo a elucidação do papel de isolados bacterianos específicos nas interações de facilitação e competição entre plantas.

O uso crescente de herbicidas nas atividades agrícolas e florestais é uma preocupação constante da sociedade que busca por formas mais sustentáveis e menos poluentes de produção de alimentos e madeira. O uso de microrganismos capazes de inibir ou retardar o crescimento vegetal têm grande potencial de aplicação no manejo integrado de plantas daninhas, contribuindo para um manejo mais racional do agroecossistemas. O conjunto de isolados bacterianos obtidos poderá ser testado em condições de campo, associados ou não ao uso de herbicida, para o controle de plantas daninhas.

Este trabalho constitui o primeiro relato de isolamento e caracterização de bactérias deletérias da rizosfera do picão-preto.

6. CONCLUSÕES

A rizosfera de picão-preto contém bactérias promotoras e inibidoras do crescimento vegetal. A maioria dos isolados bacterianos obtidos estimulou o crescimento do milho, não apresentando efeitos inibitórios sobre esta cultura. Os isolados bacterianos apresentaram capacidades distintas de promover aumentos na altura, na massa seca da parte aérea, na massa seca da raiz e na massa seca total. As bactérias inibidoras do crescimento do picão-preto apresentam potencial de uso no manejo integrado de plantas daninhas e na prospecção de novos bio-herbicidas.

REFERÊNCIAS

- ABRAMILHO - Associação Brasileira dos Produtores de Milho. **Etanol de milho: setor quer crescer 200% até 2028 e ‘surfar a onda da economia verde’**. Lago Sul/DF, 08 fev. 2021. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/2021/02/08/etanol-de-milho-setor-quer-crescer-200-ate-2028-e-surfar-a-onda-da-economia-verde/> Acesso em: 12 fev. 2021a.
- ABRAMILHO - Associação Brasileira dos Produtores de Milho. **Dados Estatísticos**. 2021. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/dados-estatisticos/> Acesso em: 08 out. 2021b.
- ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D.; SILVA, A. F. DA; AGOSTINETTO, D. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. In: Embrapa Soja-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 31., 2018, Rio de Janeiro. Desafios e sustentabilidade no manejo de plantas daninhas: resumos. Londrina: SBCPD, 2018.
- AGAFONOV, V. A.; NEGROBOV, V. V.; IGAMBERDIEV, A. U. Symbiogenesis as a driving force of evolution: The legacy of Boris Kozo-Polyansky. **Biosystems**, v. 199, p. 104302, 2021.
- ALBACETE, A.; GHANEM, M. E.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; ACOSTA, M.; SÁNCHEZ-BRAVO, J. Hormonal changes in relation to biomass partitioning and shoot growth impairment in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 15, p. 4119-4131, 2008.
- BAEDKE, J.; FÁBREGAS-TEJEDA, A.; NIEVES DELGADO, A. The holobiont concept before Margulis. **Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution**, v. 334, n. 3, p. 149-155, 2020.
- BANOWETZ, G. M.; AZEVEDO, M. D.; ARMSTRONG, D. J.; HALGREN, A. B.; MILLS, D. I. Germination-Arrest Factor (GAF): Biological properties of a novel, naturally-occurring herbicide produced by selected isolates of rhizosphere bacteria. **Biological Control**, v. 46, n. 3, p. 380-390, 2008.
- BERGER, S. T.; FERRELL, J. A.; ROWLAND, D. L.; WEBSTER, T. M. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) competition for water in cotton. **Weed Science**, v. 63, n. 4, p. 928-935, 2015.
- BEVER, J. D. Soil community feedback and the coexistence of competitors: conceptual frameworks and empirical tests. **New phytologist**, v. 157, n. 3, p. 465-473, 2003.
- BLOUIN, M. Chemical communication: An evidence for co-evolution between plants and soil organisms. **Applied soil ecology**, v. 123, p. 409-415, 2018.
- BOUILLANT, M. L.; MICHÉ, L.; OUEDRAOGO, O.; ALEXANDRE, G.; JACOUD, C.; SALLÉ, G.; BALLY, R. Inhibition of *Striga* seed germination associated with sorghum growth promotion by soil bacteria. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie**, v. 320, n. 2, p. 159-162, 1997.

- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2019.
- BROOKER, R. W.; GEORGE, T. S.; HOMULLE, Z.; KARLEY, A. J.; NEWTON, A. C.; PAKEMAN, ROBIN J.; SCHÖB, C. Facilitation and biodiversity–ecosystem function relationships in crop production systems and their role in sustainable farming. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 5, p. 2054-2067, 2021.
- CLEMENTS, F. E. et al. **Plant succession and indicators**. 1928.
- CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n. 3, p. 458-460, 1975.
- CONCENÇO, G.; FARIAS, P. M. A.; QUINTERO, N. F.; SCHREIBER, F. Phytosociological surveys in weed science: Old concept, new approach. **Plant Ecology Traditional Approaches to Recent Trends. Intech Open Sci**, p. 121-146, 2017.
- CORDEAU, S.; TRIOLET, M.; WAYMAN, S.; STEINBERG, C.; GUILLEMIN, J. P. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. **Crop Protection**, v. 87, p. 44-49, 2016.
- DAHIYA, A.; CHAHAR, K.; SINDHU, S. S. The rhizosphere microbiome and biological control of weeds: A review. **Spanish J Agric Res**, v. 17, n. 4, p. e10R01, 2019.
- DE MATOS, C. C.; MONTEIRO, L. C. P.; GALLO, S. A. D.; COSTA, M. D.; DA SILVA, A. A. Changes in soil microbial communities modulate interactions between maize and weeds. **Plant and Soil**, v. 440, n. 1, p. 249-264, 2019a.
- DE MATOS, C. C.; TEIXEIRA, R.; SILVA, I.; COSTA, M. D.; SILVA, A. A. Crop-weed competition changes the decomposition of soil organic matter fractions in the rhizosphere. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 65, n. 11, p. 1507-1520, 2019b.
- DE SOUZA, R. S.; BARBIERI, I. B.; ADRIANO, M. Z. A contaminação agroquímica no Brasil vista como crime de ecocídio. Por uma abordagem ecocêntrica na regulação de agrotóxicos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, 2021.
- DOEBLEY, J. Molecular evidence and the evolution of maize. **Economic Botany**, v. 44, n. 3, p. 6-27, 1990.
- DUARTE, A. P.; SILVA, A. C.; DEUBER, R. Plantas infestantes em lavouras de milho safrinha, sob diferentes manejos, no médio Paranapanema. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 285-291, 2007.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical databases**, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 30 jul 2021.
- FEDERICI RODRIGUEZ, M. T. F.; BAJSA VALVERDE, N.; LAGURARA, P.; REVALE, S.; MARCONDES DE SOUZA, J. Soil and rhizosphere bacterial diversity in maize agro-ecosystem. **Sustainable Agriculture Research**, v. 6, n. 526-2017-2683, 2017.

- FLORES-VARGAS, R. D.; O'HARA, G. W. Isolation and characterization of rhizosphere bacteria with potential for biological control of weeds in vineyards. **Journal of Applied Microbiology**, v. 100, n. 5, p. 946-954, 2006.
- FS - Fueling Sustainability. **Nutrição Animal**. Disponível em: <https://www.fs.agr.br/negocios-e-atividades/nutricao-animal/> Acesso em: 12 fev. 2021.
- GORDON, J.; KNOWLTON, N.; RELMAN, D. A.; ROHWER, F.; YOULE, M. Superorganisms and holobionts. **Microbe**, v. 8, n. 4, p. 152-153, 2013.
- GOSWAMI, D.; THAKKER, J. N.; DHANDHUKIA, P. C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, 2016.
- GUO, Y.; LIU, W.; WANG, H.; WANG, X.; QIANG, S.; KALAJI, H. M.; STRASSER, R. J.; CHEN, S. Action Mode of the Mycotoxin Patulin as a Novel Natural Photosystem II Inhibitor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 26, p. 7313-7323, 2021.
- HAHL, T.; VAN MOORSEL, S. J.; SCHMID, M. W.; ZUPPINGER-DINGLEY, D.; SCHMID, B. Plant responses to diversity-driven selection and associated rhizosphere microbial communities. **Functional ecology**, v. 34, n. 3, p. 707-722, 2020.
- HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. 2021. Disponível em: www.weedscience.org Acesso em: 13 out. 2021.
- HESS, S. C.; NODARI, R. O.; LOPES-FERREIRA, M. Agrotóxicos: críticas à regulação que permite o envenenamento do país. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, 2021.
- HOLT, J. S. Plant responses to light: a potential tool for weed management. **Weed Science**, v. 43, n. 3, p. 474-482, 1995.
- HUBBARD, M.; TAYLOR, W. G.; BAILEY, K. L.; HYNES, R. K. The dominant modes of action of macrociclins, bioherbicidal metabolites of *Phoma macrostoma*, differ between susceptible plant species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 132, p. 80-91, 2016.
- HUNGRIA, M.; SILVA, K. da. **Manual de curadores de germoplasma-microorganismos: rizóbios e bactérias promotoras do crescimento vegetal**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Documentos (INFOTECA-E), 2011.
- IBAMA - RELATÓRIOS DE COMERCIALIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS. **Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil**. Boletim 2019 - Vendas por classe de uso, 2020. Disponível em: http://ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/2019/Vendas_por_classe_de_uso_2019.xls Acesso em: 07 fev. 2021.
- IBGE - LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Tabela 6588 - Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**, 2021a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#notas-tabela> Acesso em: 07 out. 2021.

- IBGE - LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Tabela 6852 - Número de estabelecimentos agropecuários, por tipologia, uso de agrotóxicos, origem da orientação técnica recebida, forma de obtenção de informações técnicas recebidas pelo estabelecimento, grupos de área de lavoura e grupos de área total. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**, 2021b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6852#resultado> Acesso em: 07 fev. 2021.
- IKEDA, A. C. et al. Morphological and genetic characterization of endophytic bacteria isolated from roots of different maize genotypes. **Microbial ecology**, v. 65, n. 1, p. 154-160, 2013.
- IKEDA, A. C. et al. Bioprospecting of elite plant growth-promoting bacteria for the maize crop. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, 2020.
- JOHN JIMTHA, C.; RADHAKRISHNAN, E. K. Multipotent plant probiotic rhizobacteria from Western Ghats and its effect on quantitative enhancement of medicinal natural product biosynthesis. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 88, n. 2, p. 755-768, 2018.
- KANG, S. M.; BILAL, S.; SHAHZAD, R.; KIM, Y. N.; PARK, C. W. Effect of Ammonia and Indole-3-acetic Acid Producing Endophytic *Klebsiella pneumoniae* YNA12 as a Bio-Herbicide for Weed Inhibition: Special Reference with Evening Primroses. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 761, 2020.
- KHATOON, Z.; HUANG, S.; RAFIQUE, M.; FAKHAR, A.; KAMRAN, M. A. Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. **Journal of Environmental Management**, v. 273, p. 111118, 2020.
- KIM, H. J.; BO, A. B.; KIM, J. D.; KIM, Y. S.; KHAITOV, B. Herbicidal Characteristics and Structural Identification of the Potential Active Compounds from *Streptomyces* sp. KRA17-580. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 52, p. 15373-15380, 2020.
- KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.
- KREMER, R. J.; SOUISSI, T. Cyanide production by rhizobacteria and potential for suppression of weed seedling growth. **Current microbiology**, v. 43, n. 3, p. 182-186, 2001.
- KREMER, R. J. Deleterious rhizobacteria. In: **Plant-Associated Bacteria**. Springer, Dordrecht, 2007. p. 335-357.
- LAKSHMI, V.; KUMARI, S.; SINGH, A. PRABHA, C. Isolation and characterization of deleterious *Pseudomonas aeruginosa* KC1 from rhizospheric soils and its interaction with weed seedlings. **Journal of King Saud University-Science**, v. 27, n. 2, p. 113-119, 2015.
- LIANCOURT, P.; DOLEZAL, J. Community-scale effects and strain: Facilitation beyond conspicuous patterns. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 1, p. 19-25, 2021.

- LITTLE, N. G.; DITOMMASO, A.; WESTBROOK, A. S.; KETTERINGS, Q. M.; MOHLER, C. L. Effects of Fertility Amendments on Weed Growth and Weed-Crop Competition: A Review. **Weed Science**, p. 1-48, 2021.
- MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Microbiologia de Brock - 14ª Edição**. Artmed Editora, 2016.
- MAHGOUB, A. M. M. A. Measuring the ecological preference for growth of 150 of the most influential weeds in weed community structure associated with agronomic and horticultural crops. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 10, p. 5593-5608, 2021.
- MARKUS, C.; BARROSO, A. A. M.; DALAZEN, G.; RONCATTO, E.; MEROTTO JÚNIOR, A. **Resistência de plantas daninhas aos herbicidas**. 2021
- MEJRI, D.; GAMALERO, E.; SOUISSI, T. Formulation development of the deleterious rhizobacterium *Pseudomonas trivialis* X33d for biocontrol of brome (*B romus diandrus*) in durum wheat. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 1, p. 219-228, 2013.
- MONTEIRO, L. C. P.; DE MATOS, C. C.; CÂNDIDO, A. O.; MENDES, T. A. O.; SANTANA, M. F.; COSTA, M. D. Changes in rhizosphere microbial diversity and composition due to NaCl addition to the soil modify the outcome of maize-weed interactions. **Applied Soil Ecology**, v. 159, p. 103818, 2021.
- MORDOR INTELLIGENCE. Biological Control Market - Growth, Trends, Covid-19 Impact, And Forecasts (2021 - 2026). **Mordor Intelligence**, 2020. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/biological-control-market>. Acesso em: 07 nov. 2021.
- NAVARRO-CANO, J. A.; GOBERNA, M.; VALIENTE-BANUET, A.; VERDÚ, M. Same nurse but different time: temporal divergence in the facilitation of plant lineages with contrasted functional syndromes. **Functional Ecology**, v. 30, n. 11, p. 1854-1861, 2016.
- NAVARRO-CANO, J. A.; HORNER, B.; GOBERNA, M.; VERDÚ, M. Additive effects of nurse and facilitated plants on ecosystem functions. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 6, p. 2587-2597, 2019.
- NEHL, D. B.; ALLEN, S. J.; BROWN, J. F. Deleterious rhizosphere bacteria: an integrating perspective. **Applied Soil Ecology**, v. 5, n. 1, p. 1-20, 1997.
- NKOA, R.; OWEN, M. D. K.; SWANTON, C. J. Weed abundance, distribution, diversity, and community analyses. **Weed Science**, v. 63, n. SP1, p. 64-90, 2015.
- PARK, J. M.; RADHAKRISHNAN, R.; KANG, S. M.; LEE, I. J. IAA producing *Enterobacter sp.* I-3 as a potent bio-herbicide candidate for weed control: a special reference with lettuce growth inhibition. **Indian journal of microbiology**, v. 55, n. 2, p. 207-212, 2015.

- PATEL, D.; PATEL, A.; VORA, D.; MENON, S.; VADAKAN, S.; ACHARYA, D.; GOSWAMI, D. A resourceful methodology to profile indolic auxins produced by rhizo-fungi using spectrophotometry and HPTLC. **3 Biotech**, v. 8, n. 10, p. 1-13, 2018.
- PETIT, S.; CORDEAU, S.; CHAUVEL, B.; BOHAN, D.; GUILLEMIN, J. P. Biodiversity-based options for arable weed management. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 5, p. 1-21, 2018.
- PHOUR, M.; SINDHU, S. S. Bio-herbicidal effect of 5-aminoleveulinic acid producing rhizobacteria in suppression of *Lathyrus aphaca* weed growth. **BioControl**, v. 64, n. 2, p. 221-232, 2019.
- POFFENBARGER, H. J.; MIRSKY, S. B.; TEASDALE, J. R.; SPARGO, J. T.; CAVIGELLI, M. A.; KRAMER, M. Nitrogen competition between corn and weeds in soils under organic and conventional management. **Weed Science**, v. 63, n. 2, p. 461-476, 2015.
- PUIG, J.; PAULUZZI, G.; GUIDERDONI, E.; GANTET, P. Regulation of shoot and root development through mutual signaling. **Molecular Plant**, v. 5, n. 5, p. 974-983, 2012.
- RADHAKRISHNAN, R.; PARK, J. M.; LEE, I. J. *Enterobacter sp.* I-3, a bio-herbicide inhibits gibberellins biosynthetic pathway and regulates abscisic acid and amino acids synthesis to control plant growth. **Microbiological research**, v. 193, p. 132-139, 2016.
- RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, p. 190-198, 1987.
- ROBINSON, D. The responses of plants to non-uniform supplies of nutrients. **New Phytologist**, v. 127, n. 4, p. 635-674, 1994.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; ARMAS, C.; PISTÓN, N.; HORTAL, S.; PUGNAIRE, F. I. A role for below-ground biota in plant–plant facilitation. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 6, p. 1420-1428, 2013.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; LOZANO, Y. M.; BARDGETT, R. D. Influence of soil microbiota in nurse plant systems. **Functional Ecology**, v. 30, n. 1, p. 30-40, 2016.
- SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 29, n. SPE, p. 1159-1172, 2011.
- SANTOS, E. A.; FERREIRA, L. R.; COSTA, M. D.; DA SILVA, M. C. S. Ocorrência de fungos simbiotes e solubilização rizosférica de fosfato em plantas daninhas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 1, p. 49-55, 2013.
- SARWAR, Muhammad; KREMER, Robert J. Enhanced suppression of plant growth through production of L-tryptophan-derived compounds by deleterious rhizobacteria. **Plant and Soil**, v. 172, n. 2, p. 261-269, 1995.
- SIDDIQUI, Z. A. (Ed.). **PGPR: biocontrol and biofertilization**. Dordrecht, the Netherlands: Springer, 2006.

- SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Levantamento dos principais números do setor de defensivos agrícolas no Brasil.** São Paulo, SP: SINDIVEG, 2021. Disponível em: <https://sindiveg.org.br/mercado-total/> Acesso em: 02 fev 2021.
- SMITH, B. D. Documenting plant domestication: the consilience of biological and archaeological approaches. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 4, p. 1324-1326, 2001.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R.. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **FEMS microbiology reviews**, v. 31, n. 4, p. 425-448, 2007.
- STEFAN, L.; ENGBERSEN, N.; SCHÖB, C. Crop–weed relationships are context-dependent and cannot fully explain the positive effects of intercropping on yield. **Ecological Applications**, v. 31, n. 4, p. e02311, 2021.
- TABATABAEI, S.; Ehsanzadeh, P.; Etesami, H.; Alikhani, H. A.; Glick, B. R. Indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* isolates inhibit seed germination and α -amylase activity in durum wheat (*Triticum turgidum* L.). **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 1, p. 15, 2016.
- TAKANO, H. K. et al. Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 5, p. 547-554, 2016.
- TEIXEIRA, A. C. **Potencial alelopático de *Bidens pilosa* L. sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de culturas de verão.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, 45p., 2018.
- TURSUN, N. et al. The critical period for weed control in three corn (*Zea mays* L.) types. **Crop Protection**, v. 90, p. 59-65, 2016.
- USDA - United States Department of Agriculture. **Feed Grains: Year Book Tables.** Economic Research Service. 2021. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-yearbook-tables/> Acesso em: 12 fev. 2021.
- VALVERDE, J. R.; MARÍN, S.; MELLADO, R. P. Effect of herbicide combinations on Bt-maize rhizobacterial diversity. **Journal of microbiology and biotechnology**, v. 24, n. 11, p. 1473-1483, 2014.
- VANDENKOORNHUYSE, P.; QUAISER, A.; DUHAMEL, M.; LE VAN, A.; DUFRESNE, A. The importance of the microbiome of the plant holobiont. **New Phytologist**, v. 206, n. 4, p. 1196-1206, 2015.
- WALTER, A.; FEIL, R.; SCHURR, U. Expansion dynamics, metabolite composition and substance transfer of the primary root growth zone of *Zea mays* L. grown in different external nutrient availabilities. **Plant, Cell & Environment**, v. 26, n. 9, p. 1451-1466, 2003.
- ZÉLÉ, F. et al. Ecology and evolution of facilitation among symbionts. **Nature communications**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2018.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. Academic Press, 2018.