

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PAULA JULIANE BARBOSA DE OLIVEIRA**

**BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS DE SOLOS DO BIOMA  
FLORESTA COM ARAUCÁRIAS E APLICAÇÃO DE CONSÓRCIOS EM MUDAS  
DE JABUTICABEIRA**

**PATO BRANCO**

**2023**

**PAULA JULIANE BARBOSA DE OLIVEIRA**

**BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS DE SOLOS DO BIOMA  
FLORESTA COM ARAUCÁRIAS E APLICAÇÃO DE CONSÓRCIOS EM MUDAS  
DE JABUTICABEIRA**

**BIOPROSPECTION OF MICROORGANISMS FROM SOILS OF THE FOREST  
BIOME WITH ARAUCÁRIAS AND APPLICATION OF INTERCOUNTS ON  
JABUTICABEIRA SEEDLINGS**

Trabalho de tese apresentada como requisito à  
obtenção do título de Doutora em Agronomia - Área  
de Concentração: Produção Vegetal da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof. Dr. Américo Wagner Júnior.  
Co-orientador: Cleverson Busso

**PATO BRANCO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da  
Educação**  
Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná  
Campus  
Pato Branco



---

PAULA JULIANE BARBOSA  
DE OLIVEIRA

**BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS DE SOLOS DO BIOMA  
FLORESTA COM ARAUCÁRIAS E APLICÇÃO DE CONSÓRCIOS EM MUDAS  
DE JABUTICABEIRA**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutor Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 28 de  
Agosto de 2023

Americo Wagner Junior, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Dra. Cynthia Canedo Da Silva, Doutorado - Fundação Universidade  
Federal de Viçosa (Ufv) Deborah Catharine De Assis Leite, - Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná  
Eder Da Costa Dos Santos, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Dra. Keli Cristina Fabiane, Doutorado - Instituto Federal Santa Catarina - Ifsc

Este trabalho é dedicado a memória de Iara Catarina Campão Barbosa de  
Oliveira.

Mãe amorosa, guerreira, visionária e sonhadora.

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.*

*A minha mãe Iara Catarina Campão Barbosa de Oliveira que me incentivou desde o início e não permitiu que eu desistisse nos momentos difíceis e compreendeu a minha ausência até o momento em que se encontrava entre nós, enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.*

*Ao meu Pai Paulo Roberto de Oliveira que segue me incentivando na realização deste trabalho.*

*Ao Professor, orientador e amigo Dr. Américo Wagner Jr. agradeço pela amizade, apoio, paciência e dedicação em aceitar me orientar ao longo destes quatro anos de curso de Pós-Graduação em Agronomia e me integrar ao grupo de pesquisa Myrtaceae. Para que eu realizasse e prosseguisse nesta caminhada de construção de conhecimentos e aprendizagem. E por fim finalizasse mais uma importante etapa acadêmica na busca pelo saber.*

*A co-orientadora professora Dra. Cynthia Silva Canedo pela orientação, amizade, paciência e por me receber em seu laboratório e grupo de pesquisa LAMAP, me fazendo sentir parte deste grupo. Por fim, pelos ensinamentos passados para que eu realizasse e prosseguisse e finalizasse este trabalho.*

*Ao co-orientador professor Dr. Cleverson Busso pela orientação e ensinamentos passados para que eu realizasse e prosseguisse e por fim finalizasse este trabalho.*

*Aos professores Dr. Carlos Eduardo Magalhães e Sérgio de Paula, Maria Catarina Megumi Kasuya, e demais professores da UFV pelo uso dos equipamentos e Laboratórios, uma grande contribuição para este trabalho.*

*Aos professores Dra. Deborah Leite, Sérgio M. Mazaro e demais professores da UTFPR-DV pelo uso dos equipamentos e Laboratórios, uma grande contribuição para este trabalho.*

*Aos professores do curso do programa de Pós-Graduação em Agronomia e demais professores da UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ-UTFPR, minha gratidão. Agradeço pela amizade e pelo conhecimento passado.*

*Aos profissionais e amigos Alex Gazolla da UFV e Thiago Villa da UTFPR-DV por toda parceria, assistência, ensinamentos passados e amizade durante a realização deste trabalho.*

*Ao setor da Fruticultura da UFV e grupo Myrtaceae da UTFPR-DV por toda assistência na realização deste trabalho.*

*A todos os colegas de Laboratório da Microbiologia da UTFPR-DV e da UFV pelo convívio e pelos momentos de amizade e ao Laboratório de Solos da UTFPR – PB pelas análises realizadas.*

*Aos professores do curso do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e demais professores da UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA-UFV, minha gratidão. Agradeço a CAPES pela oportunidade de realizar a mobilidade acadêmica e a conquista de novas amizade e pelo conhecimento passado.*

*As amigas e amigos Camila, Luana, Isadora, Lucas Cristian, Sheila Mara, Claudia, Mariana, Afnan, Angela Cristiane, Isadora L, pela amizade, pelo companheirismo, apoio, trabalho e boas risadas.*

*Aos amigos e amigas que fiz durante meu período de mobilidade acadêmica, Leticia, Helena, Debora, John, Alex, Alan, Amanda, Wiane e Lutecia obrigada pela amizade, companheirismo e boas risadas.*

*Aos amigos e amigas que fiz durante meu período na UTFPR/DV, João, Alex, Izabel, Viviane e demais amigos, obrigada pela amizade companheirismo e boas risadas*

*A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.*

*Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq pela concessão da bolsa no projeto sob n° 142521/2020-5 durante todo o período de realização deste doutorado.*

*“O papel do infinitamente pequeno na natureza é infinitamente grande”*

(Louis Pasteur)

## RESUMO

OLIVEIRA, Paula Juliane Barbosa. Doutor. BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS DE SOLOS DO BIOMA FLORESTA COM ARAUCÁRIAS E APLICAÇÃO DE CONSÓRCIOS EM MUDAS DE JABUTICABEIRA. 176 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2023.

A aplicação de microrganismos nas plantas, tem causado efeitos positivos na produtividade das culturas e tornou-se alternativa para redução de produtos químicos no solo. Diante dos efeitos significativos nas culturas agrônomicas, faz-se necessário testar em outras espécies, como por exemplo, nas frutíferas nativas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi detectar espécies de microrganismos cultiváveis presentes nos solos do Bioma Floresta com Araucárias e analisar suas potencialidades e efeito sobre o crescimento de mudas de jabuticabeiras. Para realização deste estudo, foram coletadas amostras de solo de quatro sítios remanescentes florestais com presença ou ausência de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.), localizados na Região do Sudoeste do Paraná. Após a coleta do solo, os microrganismos foram isolados e identificados por análise molecular e testados quanto a sua capacidade na produção enzimática e de AIA, na solubilização de P e, tem testes de compatibilidade e antagonismo. Os isolados foram testados individualmente em sementes e em consórcios aplicando-os em mudas de jabuticabeira. O trabalho foi conduzido na e Universidade Federal de Viçosa. Os resultados obtidos quanto a bioprospecção nos sítios de coleta mostrara existência de pouca diversidade entre as espécies de microrganismos cultiváveis. Das espécies de bactérias bioprospectadas, o gênero mais predominante foi *Bacillus* sp. e para os fungos foi *Trichoderma* sp. Quanto aos testes de produção enzimática para amilase, celulase e protease, os isolados bacterianos e fúngicos apresentaram resultados positivos. Na produção de ácido indol-ácetico (AIA), apenas os isolados I3 e I17 foram capazes de sintetizá-lo. Na solubilização de P, apenas um isolado (I49) apresentou tal capacidade. Com relação a inoculação dos consórcios nas mudas de jabuticabeira, o crescimento não foi influenciado após 30 dias de avaliação. Concluiu-se que é necessário realizar mais avaliações por maior período de tempo, observando se ocorrerá possível diferença nestas mudas.

**Palavras-chave:** Promotores de crescimento de plantas. Crescimento vegetativo. Bactérias. Fungos.



## ABSTRACT

OLIVEIRA, Paula Juliane Barbosa. BIOPROSPECTION OF MICROORGANISMS FROM SOILS OF THE FOREST BIOME WITH ARAUCÁRIAS AND APPLICATION OF INTERCOUNTS ON JABUTICABEIRA SEEDLINGS. 176 p. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Graduate Program in Agronomy (Area of Concentration: Plant Production), Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2023.

The application of microorganisms to plants has had positive effects on crop productivity and it has become an alternative for reducing chemical products in the soil. Given the significant effects on agronomic crops, it is necessary to test on other species, such as native fruit trees. Therefore, the objective of this work was to detect species of cultivable microorganisms present in the soils of the Araucária Forest Biome and analyze their potential and effect on the growth of jabuticaba tree seedlings. To carry out this study, soil samples were collected from four remaining forest sites with the presence or absence of native jabuticaba trees (*Plinia* sp.), located in the Southwest Region of Paraná. After collecting the soil, the microorganisms were isolated and identified by molecular analysis and tested for their capacity in enzyme and IAA production, P solubilization and compatibility and antagonism tests. The isolates were tested individually in seeds and in consortia applying them to jabuticaba tree seedlings. The work was carried out at the Federal Technological University of Paraná and Federal University of Viçosa. The results obtained regarding bioprospecting at the collection sites showed the existence of little diversity among the species of cultivable microorganisms. Of the bacterial species bioprospected, the most predominant genus was *Bacillus* sp. and for fungi it was *Trichoderma* sp. Regarding enzyme production tests for amylase, cellulase and protease, bacterial and fungal isolates showed positive results. In the production of indole acetic acid (IAA), only isolates I3 and I17 were able to synthesize it. In P solubilization, only one isolate (I49) showed such capacity. Regarding the inoculation of consortia in jabuticaba tree seedlings, growth was not influenced after 30 days of evaluation. It was concluded that it is necessary to carry out more evaluations for a longer period of time, observing whether there will be a possible difference in these seedlings.

**Keywords:** Plant growth promoters. Vegetative growth. Bacteria. Fungi.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa mundial de ocorrência da família Myrtaceae. Dois Vizinhos-PR, UTFPR/2023.....	24
Figura 2 -Espécies da família Myrtaceae. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	25
Figura 3- Imagens de espécies de jabuticabeira sp. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	28
Figura 4 - Mecanismos de exsudação radicular. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	36
Figura 5 - Mecanismos diretos e indiretos usados na promoção de crescimento de plantas por microrganismos PGPR. . UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	37
Figura 6- Estrutura molecular dos fitormônios auxinas, ácido abscísico, giberelinas, citocininas e etileno. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	40
Figura 7 -Mecanismos de solubilização de fosfato inorgânico e orgânico por microrganismos. . UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	43
Figura 8 - Representação esquemática do isolamento dos microrganismos do solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	52
Figura 9- Total de microrganismo bacterianos bioprospectados em solos dos sítios de remanescentes florestais. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023. ....	63
Figura 10- Total de microrganismo fungicos bioprospectados em solos dos sítios de remanescentes florestais. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023. ....	63

<b>Figura 11- Crescimento bacteriano dos isolados de solo na presença de jabuticabeira de acordo com o sitio de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 12- Crescimento bacteriano dos isolados de solo na ausência de jabuticabeira de acordo com o sitio de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 13-Crescimento micelial de fungos filamentosos isoladas de solo na presença de jabuticabeira de acordo com o município de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 14 – Crescimento micelial de fungos filamentosos isoladas de solo na presença de jabuticabeira de acordo com o sitio de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 15 – Identificação de espécies de bactérias isolados do solo na presença e ausência de jabuticabeira. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 16– Identificação de espécies de fungos isolados do solo na presença e ausência de jabuticabeira. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 17- Teste de compatibilidade entre bactérias e teste de antagonismo entre fungos filamentosos isoladas de solo com e sem jabuticabeira dos sítios Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 18 – EATMAP do teste de antagonismo entre isolados fúngico dos sítios de remanescentes florestais dos municípios de Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos, com e sem presença de jabuticabeiras. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>90</b>

<b>Figura 19 – Atividade enzimática (amilase, celulase, protease) de bactérias e fungos filamentosos. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 20- Determinação da capacidade de solubilização de fosfato em meio sólido e <i>in vitro</i>. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 21- Determinação de ácido indol acético (AIA) de isolados bacterianos por reação colorimétrica com o reagente de Salkowsk.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 22 - Plantas inoculadas com consórcios à base de isolados bacterianos. Consórcio 1 (solo sem jabuticabeiras nativas) (A) e a segunda consórcio 2 (solo sem jabuticabeiras nativas) (B). Os tubetes com mudas dos locais, Controle (1); Clevelândia (2); Vitorino (3); Pato Branco (4); Dois Vizinhos (5).....</b>	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Contribuições dos microrganismos da rizosfera no desenvolvimento da agricultura. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	32
Tabela 2 - Compostos secretados pelas raízes das plantas. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	35
Tabela 3-Efeitos da interação microrganismo e planta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	39
Tabela 4- Caracterização da resposta de cada microrganismo de acordo com a espécie frutífera. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	47
Tabela 5- Sítios de ocorrência de jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.), localizado na região do Sudoeste do Paraná em que foram realizadas coletas de solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	49
Tabela 6- Condições de amplificação das regiões genômicas no termociclador. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	56
Tabela 7- Classificação de antagonismo segundo o critério de Bell et al. (1982). UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	57
Tabela 8 - Soluções de revelação das enzimas para adição em meio de cultura. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.....	58
Tabela 9- Análise de composição química dos nutrientes do solo dos sítios de remanescentes florestais. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....	69

Tabela 10 – Germinação (%) e índice de velocidade de germinação de sementes de jabuticabeira após tratamento com 65 isolados. UTFPR – Pato Branco, 2023.....	99
Tabela 11 - Teores de N, K, Ca e Mn em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com isolados bacterianos de acordo com cada local de origem e o controle. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.....	104
Tabela 12 - Teor de fósforo (mg L <sup>-1</sup> ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com isolados bacterianos de acordo com cada local de origem e consórcio. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.....	105
Tabela 13 - Teor de magnésio (mg L <sup>-1</sup> ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com isolados bacterianos de acordo com cada local de origem e consórcio. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.....	106
Tabela 14 - Teor de zinco (mg L <sup>-1</sup> ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com isolados bacterianos de acordo com cada local de origem e consórcio. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.....	107
Tabela 15 - Teores de N, K, P, Mn, Mg, Bo, Cu, Fe e S em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com isolados bacterianos após 30 dias, de acordo com cada local de origem e o controle. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.....	108

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 – Principais frutas cultivadas na área de atuação do BNB em 2020, percentual do valor de produção. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.....</b>	<b>22</b>
--	-----------

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	21
2.1.	Fruticultura no Brasil e o comércio de frutas nativas.....	21
2.2.	Família Myrtaceae.....	24
2.3.	Jaboticabeira ( <i>Plinia</i> sp.).....	27
2.4.	Potencial biotecnológico dos microrganismos na agricultura .....	31
2.5.	Mecanismos de atuação dos microrganismos nas plantas.....	34
2.6.	Auxina.....	39
2.7.	Solubilização de fosfato (P).....	40
2.8.	Aplicação de microrganismos em frutíferas.....	44
3.	HIPÓTESE.....	47
4.	OBJETIVOS.....	47
4.1.	Geral.....	47
4.2.	Específicos.....	47
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
7.	CONCLUSÃO.....	105
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
9.	REFERÊNCIA.....	106
	APÊNDICES.....	165



## 1. INTRODUÇÃO

A relação simbiótica entre microrganismo e planta é processo evolutivo que acontece gradualmente a longo prazo entre as espécies (Hassani et al., 2018), cuja interação é fundamental para a manter a biodiversidade do solo (Chen et al., 2017).

Acredita-se que o ambiente e a vegetação presente são condições para determinar a composição da comunidade microbiana (Stone et al., 2015), assim como, as propriedades físicas, químicas e biológicas e, o manejo proporcionado ao solo (Barberán et al., 2015; Kivlin & Hawkes, 2016).

As associações entre microrganismos e planta tem funcionado como sistema integrado, em que os microrganismos atuam no fornecimento de nutrientes para as plantas (Vandenkoornhuysse et al., 2015; Sánchez-Cañizares et al., 2017; Bakker et al., 2020), assim como auxiliando para sobrevivência em decorrência de fatores abióticos e bióticos causadores de estresse (Smith et al., 2015a).

A conexão entre esses grupos ocorre por meio de processos químicos, realizados pelas estruturas das raízes das plantas (Van Dam & Bouwmeester, 2016), que liberam diferentes exsudatos na forma de metabólitos (Canarini et al., 2019) como açúcares, oligossacarídeos, aminoácidos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e compostos como flavonoides, enzimas, ácidos graxos, auxinas, giberelinas, nucleotídeos, taninos, esteroides, terpenoides, alcaloides, poliacetilenos e vitaminas (Gunina & Kuzyakov, 2015; Hayat et al., 2017) que em contrapartida servem de alimento para os microrganismos (Igiehon, 2017).

Por essa razão, é necessário maior compreensão sobre as atividades realizadas pela comunidade microbiana do solo e seus efeitos sobre a planta, principalmente quanto a possível fixação de nitrogênio (Malik et al., 1997), síntese de hormônios (Maheshwari et al., 2015), produção de enzimas hidrolíticas (Hafeez et al., 2011), solubilização de compostos minerais (Ashrafuzzaman et al., 2009) e na produção de sideróforo (Lenin & Jayanthi, 2012).

Devido a tais atividades exercidas pelos microorganismos, Van der Heijden et al. (2008) descreveram que, a maioria das plantas são incapazes de crescer ou sobreviver sem a presença de interações simbióticas. De fato, as plantas estão

sempre associadas à comunidade microbiana formando rede de interações complexas (Agler et al., 2016) tipicamente simples e que se complementam (Walker et al., 2003; Bais et al., 2006) interagindo para funcionamento do ecossistema.

As redes de interações entre as espécies microbianas e as plantas acabam formando associações específicas para determinados tipos de ambientes através da seleção de microrganismos para formação de único ambiente composto de acordo com as necessidades de cada vegetal (Berendsen et al., 2012), como por exemplo com o que ocorre na rizosfera.

Como no Brasil têm-se inúmeras florestas nativas em todas as regiões, acredita-se existir inúmeros microrganismos presentes interagindo com todos os órgãos da planta.

Na região Sul, tem-se o Bioma Floresta com Araucárias com aproximadamente 20.000 espécies vegetais das quais aproximadamente 8.000 são endêmicas (Myers et al., 2000). O clima que predomina nesta formação florestal é temperado, com as estações bem divididas, apresentando invernos bastante frios, com possibilidade de geadas e verões quentes. A precipitação ocorre com alta frequência e de maneira regular durante todo o ano. As copas das árvores são mais abertas e menos úmidas de que aquelas de florestas tropicais (Paulino, 2002).

Nesta formação florestal, têm-se indivíduos da família Myrtaceae, que ocorrem com mais de 50 espécies (Oliveira Filho & Fontes, 2000; Guilherme et al., 2004), tendo destaque as fruteiras nativas como jabuticabeira (*Plinia* sp.), pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), sete capoteiro (*Campomanesia guazumifolia*), cerejeira-do-mato (*E. involucrata* DC.), guabirobeira (*C. xanthocarpa* Berg), guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens*), araçazeiros amarelo e vermelho (*Psidium cattleianum*), entre outras.

No estudo de caracterização da dispersão geográfica de jabuticabeiras nativas na região Sudoeste do Paraná, Danner (2009) comprovou sua presença em 14 sítios de ocorrência natural, remanescentes que sobreviveram a ação antrópica realizada no passado.

Pode-se dizer que a jabuticabeira é uma das fruteiras mais promissoras dentre as espécies para uso futuro. Isso ocorre pelo fato da maior potencialidade

que apresenta em seus frutos, pois é quase que unânime sua aceitação no mercado consumidor, principalmente pelo seu sabor agradável e sem contar suas inúmeras propriedades funcionais, como a presença de compostos bioativos (Morton, 1987), tais como vitaminas (Giacometti et al., 1994), flavonoides (Danner et al., 2011) e antocianinas (Santos et al., 2010; Danner et al., 2011, Giacometti et al., 1994; Terçi, 2004; Zanatta et al., 2005; Cavalcanti et al., 2011), o que torna possível beneficiá-la para indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos, além do uso paisagístico, criando-se opções de comercialização pelo produtor.

Tais características demandam mudas de qualidade para uso em pomares, em agroflorestas, em áreas de preservação permanente ou degradadas, fundos de quintais ou até para arborização urbana. Todavia, a muda produzida, quando oriunda de espécie nativa (*Plinia* sp.) e por sementes ainda apresenta crescimento lento.

Aliado a este fato, juntamente com os possíveis benefícios que a interação microbiana pode trazer as mudas poder-se-ia verificar a presença de microrganismos nos solos do Bioma Florestas com Araucárias e o efeito da interação da comunidade microbiana isolada destes Remanescentes Florestais.

Os mecanismos que levam a interação benéfica com a muda pode suceder de forma direta, conforme já comprovado pela atuação no desenvolvimento e crescimento das plantas através da fixação de nitrogênio (Glick, 2012), produção de ácido indol-3-acético (IAA), sideróforos (Jahanian et al., 2012) e na produção de hormônios e antibióticos (Xie et al., 2016) ou de modo indireto agindo em defesa da planta contra organismos patogênicos produzindo compostos como antibióticos, entre outros.

Essa estratégia de uso dos microrganismos já vem sendo adotada pelo uso de inoculantes microbianos que promovem o crescimento de plantas, os chamados promotores de crescimento (PGPR) (Schlaeppli & Bulgarelli, 2015). Esses microrganismos promotores de crescimentos quando adicionados no solo não causam efeitos negativos no ambiente (Conway & Pretty, 2013; Rascovan et al., 2016), contribuindo assim para o desafio atual e das próximas gerações, do uso da terra economicamente viável e, ao mesmo tempo, ecologicamente sustentável.

Para se obter novas espécies de PGPR é preciso selecionar, identificar e caracterizar os isolados (Armanhi et al., 2018) em ambientes naturais como solo, tecidos vegetais e em áreas próximas as raízes, a denominada rizosfera (Thomas & Singh, 2019; Gupta, 2014). A rizosfera é uma das áreas que abriga uma das maiores diversidades de microrganismos (Venturi & Keel, 2016). Dos grupos mais abundantes encontram-se bactérias e fungos (Kalam et al., 2016; Buée et al., 2009), dentre os quais envolvem-se espécies dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Azobacter*, *Variovorax*, *Azosprillum* e *Serratia* (Glick, 2012).

Windisch et al. (2017) descreveram que os inoculantes microbianos, seu modo de ação e sua resposta varia conforme tipo de planta, dependendo das condições do ambiente (Köhl et al., 2019). Apesar do uso de bioinoculantes já ser prática consolidada em culturas agrícolas de leguminosas e cereais (Sessitsch & Mitter, 2015), ainda não foi testado em jabuticabeiras.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi verificar a presença de microrganismos isolados nos solos do Bioma Florestas com Araucárias de diferentes localidades e verificar o efeito da aplicação de consórcios microbianos selecionados em teste “*in vitro*” por meio da compatibilidade, antagonismo, produção de enzimas, síntese de ácido indol-acético (AIA) e solubilização de fosfóro (P) e, “*in vivo*” no crescimento de mudas de jabuticabeira.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Fruticultura no Brasil e o comércio de frutas nativas

A agricultura é uma das atividades que mais vem ganhando espaço no cenário mundial e entre os seguimentos desta área em expansão está a fruticultura (IBRAF, 2017). A fruticultura possibilita em torno de 5 milhões de empregos, sendo um dos setores mais rentáveis economicamente, quando comparado a outros (PNDF, 2018), permitindo a utilização de grande, média ou pequena área de cultivo.

Os três maiores produtores de frutas no mundo, em ordem decrescente, são China, Índia e Brasil (FAO, 2021). Em 2018, o Brasil produziu cerca de 40 milhões de toneladas de frutas (Anuário Brasileiro de Hortifruti, 2020) e no ano seguinte aumentou para 43 milhões de toneladas (IBGE, 2019), o que demonstrou incremento de 15% (ABRAFRUTAS, 2019).

O constante avanço neste setor só foi viável devido as tecnologias empregadas no país, à distribuição territorial existente e a diversidade de condições climáticas entre e dentro das regiões que beneficiam a produção de diferentes frutas (Moura, 2021), proporcionando conseqüentemente demanda para mais insumos e produtos. Tal avanço, permite ao setor frutífero ter sua exploração internacional, de mercados consumidores ainda não explorados pelos produtores, principalmente, visando países como a Ásia, sem abandonar o abastecimento dos mercados já existentes, como aqueles da União Europeia, Estados Unidos e Japão (ABRAFRUTAS, 2018).

No Brasil, mesmo que a fruticultura esteja presente em todos os Estados brasileiros, somente cerca de 3% da produção do país é destinada à exportação (SEBRAE, 2018), tendo como destaque os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, São Paulo e Pernambuco por serem os maiores exportadores de frutas (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2017).

Das frutas exportadas para o mercado internacional destacam-se o melão, manga, uva, melancia, limão, mamão papaia, lima, laranja e maçã (Carvalho et al., 2017), o que pode ser considerado ainda incipiente dentro de toda diversidade existente em nosso país.

Nosso país ainda apresenta potencial para atingir novos mercados, não só pelo aumento da produção das principais frutas aqui produzidas, mas pelo uso de nossas frutas nativas que se destacam pelo sabor e pelas propriedades funcionais que apresentam.

O que se percebe ainda é a necessidade de aumento no valor investido na pesquisa, necessitando que o setor público formule políticas econômicas e industriais de incentivo, que, em geral, possam estimular novos investimentos. Somado a isso, tem-se como grande desafio a necessidade de proporcionar alimentação saudável a toda população, a diminuição do desperdício dos alimentos produzidos, o aumento ao incentivo a assistência técnica rural para os pequenos agricultores e as pesquisas, além de impulsionar o mercado com as frutas nativas brasileiras, cuja totalidade está na comercialização das exóticas.

O desafio de estimular e aumentar o consumo de frutas para toda população é necessária, uma vez que, sua ingestão auxilia na prevenção de algumas doenças pelos diversos compostos presentes, tais como, vitaminas, minerais, flavonoides, antioxidantes entre outros (Jasmine, 2017). No caso das fruteiras nativas, o consumo de suas frutas vem mostrando efeitos benéficos na prevenção de doenças cardíacas, diabetes e alguns tipos de câncer, além de seu efeito antimicrobiano (Silva, 2015).

Embora existam tais desafios, um pequeno número de frutas nativas já está sendo comercializadas internacionalmente como é o caso da goiaba serrana (*Acca sellowiana* o. Berg), do araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e da pimentarosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi) em países como Nova Zelândia, Austrália, Estados Unidos e Colômbia (Morton, 1987; Patel, 2012; Moretto, 2014).

Outras espécies frutíferas pertencente à família da Myrtaceae como *Eugenia uniflora* (pitanga), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba), e *Plinia* sp.

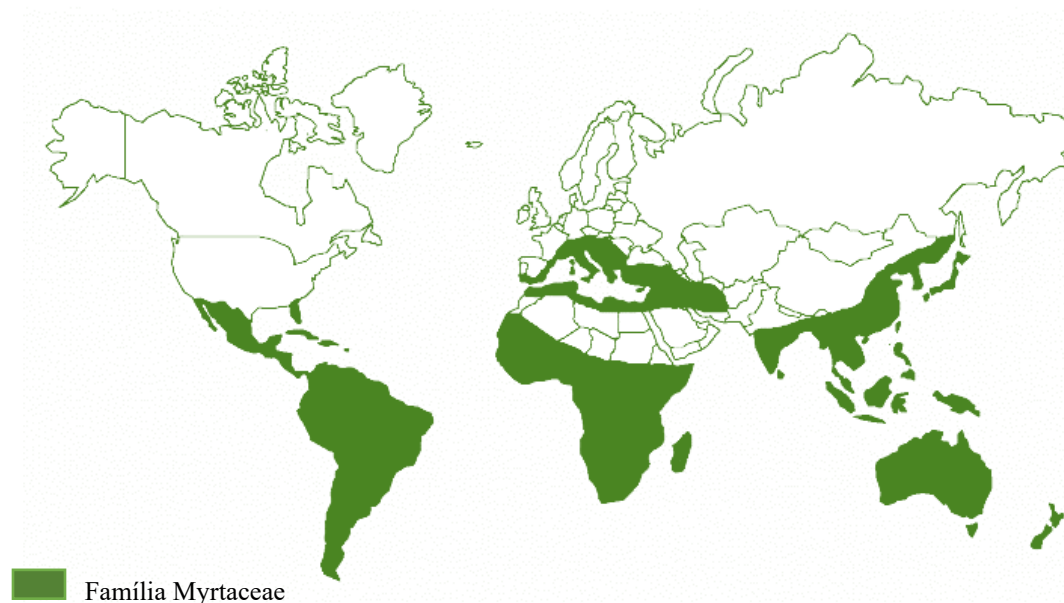
(jabuticabas) produzidas em quintais de casa podem ser encontradas à venda em exposições, feiras agrícolas, mercados e em beira de estrada (Köhler, 2014). A produção de frutas nativas corresponde à 8,7% da produção somada a demais frutas que não estão entre as principais fruteiras comercializadas no país (EMBRAPA, 2021; Andrade, 2020).

A produção de frutas nativas deve ser explorada concomitantemente as estratégias de promoção, pesquisa e construção de credibilidade das diferentes frutas brasileiras no mercado interno e externo (Jesus et al., 2011).

## 2.2 Família Myrtaceae

A família Myrtaceae é uma das mais importantes do mundo, apresentando cerca de 145 gêneros com mais ou menos 6.000 espécies (Lucas et al., 2019). A ocorrência de suas espécies abrange regiões de climas tropical, subtropical, mediterrâneo e temperado (Mabberley, 2008), principalmente em países como Austrália, do sul da América tropical, do Sudeste da Ásia e na África (Wilson et al., 2001) (Figura 1).

**Figura 1** - Mapa mundial de ocorrência de espécies da família Myrtaceae (adaptado: Heywood, 1996). UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.



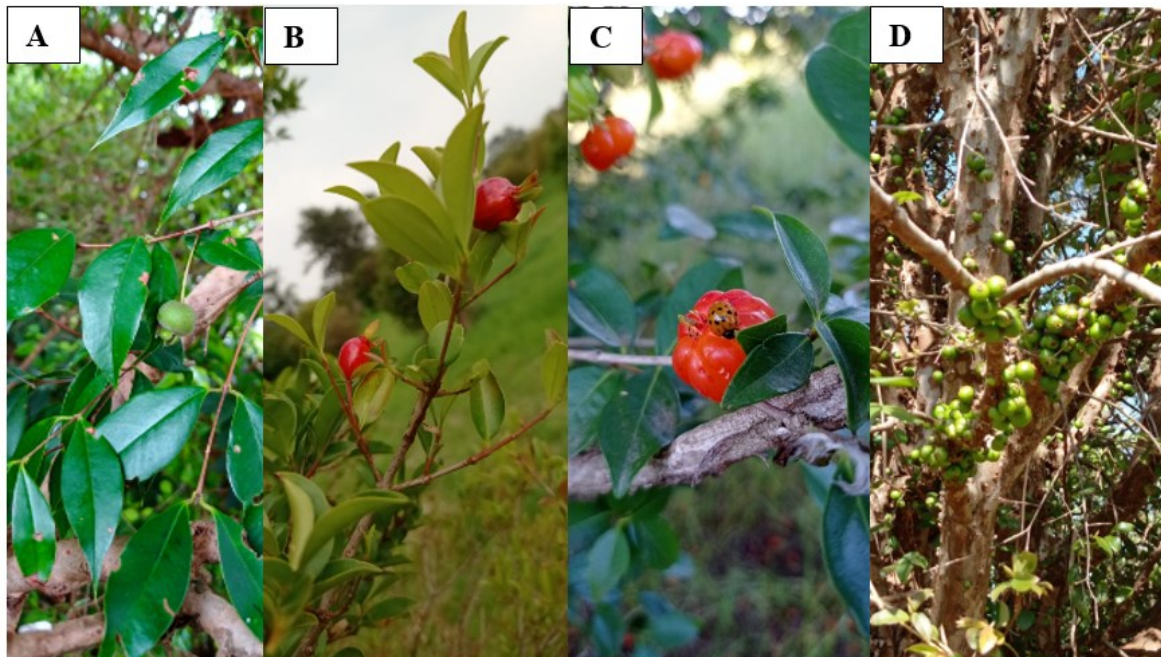
Fonte: Heywood (1996). UTFPR, Pato Branco - PR, 2023

Considerada no Brasil uma das famílias mais importantes, pode ser encontrada na Floresta Ombrófila ou Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Cerrado e Caatinga, sendo descrito cerca de 23 gêneros e 1.028 espécies (BFG, 2018). Destas, cerca de 13 gêneros encontram-se na Floresta Amazônica (BFG, 2015).

Dentre os Estados brasileiros, o Paraná possui cerca de 231 espécies de 18 gêneros desta família (Kaehler et al., 2014), com 49 tendo ocorrência principalmente na Floresta Ombrófila Mista (Scheer & Blum, 2011), com destaque para as fruteiras nativas *Eugenia pyriformis* Cambess (uvaia), *Acca sellowiana* (feijoa), *Eugenia involucrata* (cereja da mata), *Psidium cattleianum* (araçá), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba), *Plinia* sp (jaboticabas), *Plinia edulis* (cambucá), *Myrcianthes pungens* (guabiju) e *Eugenia uniflora* (pitanga) (Teixeira et al., 2019; Da Silva et al., 2019; Sganzerla et al., 2020) (Figura 2).



**Figura 2:** Espécies da família Myrtaceae. Na imagem A) *M. pungens* (guabiju); B) *Eugenia involucrata* (cerejeira da mata), C) *Eugenia uniflora* (pitanga) e D) *Plinia* sp. (jabuticaba). UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.



Fonte: autor, 2023. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.

A identificação das espécies desta família normalmente é pelas características morfológicas de suas estruturas como folha, flor e frutos. As folhas da família Myrtaceae são simples, contém margem inteira, com pontuações translúcidas, enquanto, que as flores são compostas de cálice e corola e, em geral, possuem simetria radial e coloração branca, contendo ovário (ínfero ou semi-ínfero) (Landrum & Kawasaki, 1997; Wilson et al., 2001; Rosário et al., 2017).

Os frutos geralmente em baga e dependendo da espécie podem possuir numerosas sementes. Além de considerado fonte de alimento (Infante et al., 2016), os frutos possuem aptidão promissora para a indústria alimentícia, dada suas características (Landrum & Kawasaki, 1997) e palatabilidade, sendo capazes de apresentar bom rendimento de polpa, com alto valor nutricional (P, K, Ca e Mg), de carboidratos, lipídios, proteínas (Pereira et al., 2012; Seraglio et al., 2018) e alto teor de fibra dietética, que pode variar entre 4 a 9 g 100g<sup>-1</sup> por casca seca (Salomão et

al., 2018; Resende et al., 2020), sendo importantes para alimentação humana (Vallilo et al., 2005).

Com base na alimentação mais saudável, requisitada pela população, a ingestão de frutas em especial das família Myrtaceae tem crescido bastante nos últimos anos, principalmente pelos avanço do conhecimento por meio de pesquisas realizadas que demonstraram presença de substâncias antioxidantes, cujos efeitos benéficos foram atribuídos a estes compostos voláteis, fenólicos e carotenoides (Donado-Pestana et al., 2018). Além disso, têm sido verificado ações antimicrobiana, contra patógenos, antiparasitário, anticancerígena e antimutagênica (Dias et al., 2019, Adnan, 2019; Gevú et al., 2019; Bugarin et al., 2014).

Por este motivo, além do consumo na forma *in natura*, estas frutas tem permitido obtenção de produtos industrializados como bebidas fermentadas (iogurtes), bebidas alcoólicas (licor, vinhos, espumantes, cervejas), sucos, chás, sorvetes e doces (geleias) (Farias et al., 2020). Assim como na fabricação de outros produtos, tais como, óleos essenciais (Boland et al., 1991; Chen et al., 2007), fármacos (remédios fitoterápicos e chás), cosméticos (perfumaria e cremes corporais) e produtos de limpeza (detergentes) (Sardi et al., 2017).

Além do potencial industrial, esta família é considerada boa para serem usadas na recuperação de áreas degradadas (Backes & Irgang, 2002; Pizo, 2002; Gomes et al., 2017) e, na preservação de espécies, servindo de alimento e abrigo para sobrevivência e reprodução de diversas espécies de aves e mamíferos da fauna (Coppen, 2002; Myerscough, 1998; Williams, & Woinarski, 1997; Williams & Adam, 2019).

### 2.3 Jabuticabeira (*Plinia* sp.)

A palavra jabuticaba vem do termo '*iapoti'kaba*' e '*jabotin*' que significa 'fruta de botão', cuja origem está na denominação da língua indígena tupi (de Almeida Teixeira et al., 2011, Morton, 1987).

A jabuticabeira é uma das fruteiras nativa que pertence à família Myrtaceae. Anteriormente, ela pertencia ao gênero *Myrciaria*, mas devido as características

morfológicas de sua inflorescência e de suas sementes passou a denominação *Plinia* sp. (Sobral, 1985).

A jabuticabeira é originária da Mata Atlântica, podendo ser encontrada em países como Brasil, Argentina e Paraguai (Donadio, 2000; Manica, 2002; Kinupp et al., 2011), principalmente em áreas como campos, florestas, quintais urbanos e pomares (Agra et al., 2007; 2008).

O crescimento desta espécie ocorre preferencialmente em solos mais acidificados e com baixa saturação de bases (Danner, 2009) e em ambientes de pouca declividade, geralmente próximo as margens de rios (Kinupp et al., 2011; Gomes et al., 1983; Donadio, 2000; Lorenzi et al., 2006) ou em matas fechadas. No caso do Sudoeste do Paraná, as jabuticabeiras podem ser encontradas em florestas de remanescentes florestais (Citadin et al., 2005).

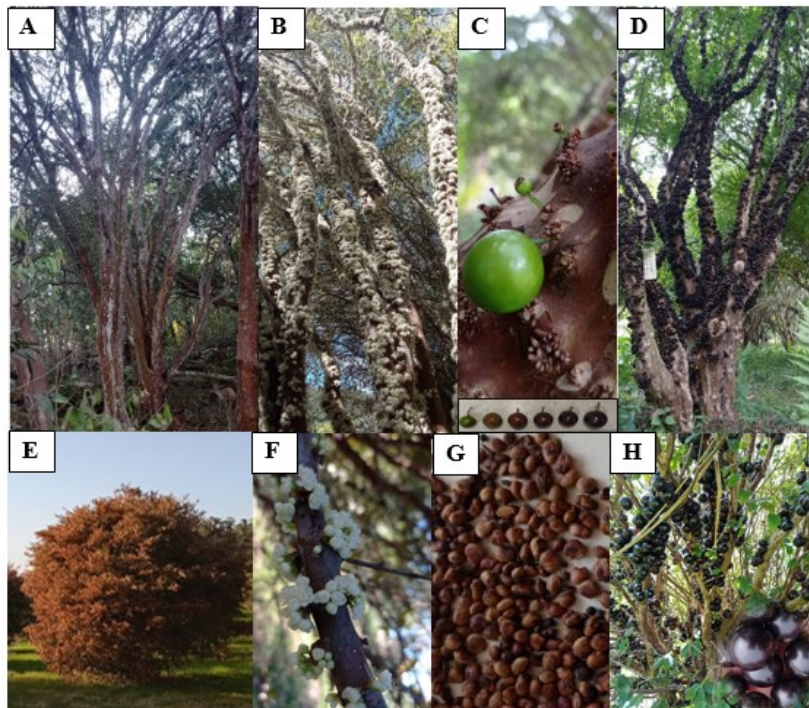
O cultivo desta espécie pode ocorrer em regiões de clima tropical e subtropical contendo temperaturas entre 20°C e 25°C, em solos argilosos, férteis, bem drenados e com ocorrência de chuvas que permitem acúmulo de 1200 a 1500 mm por ano (Mattos, 1983; Donadio et al., 2002; Kinupp et al., 2011). A jabuticabeira quando adulta se torna mais resistente aos danos provenientes de temperaturas baixas, como as geadas (Kinupp et al., 2011; Radaelli et al., 2019).

Todavia, por ser planta de fácil adaptação, com plasticidade as condições edafoclimáticas distintas, pode ser encontrada em toda extensão territorial brasileira, incluindo-se nove espécies classificadas na literatura, mas com maior abrangência para denominada jabuticabeira paulista (*Plinia cauliflora*), jabuticabeira de cabinho (*Plinia peruviana*) (Figura 3) e jabuticabeira Sabará (*Plinia jaboticaba*) (Alzugaray & Alzugaray, 1988a).

As jabuticabeiras podem atingir cerca de seis a 12 metros de altura, apresentado florescimento e frutificação nos ramos (Lorenzi et al., 2006). O fruto tem sabor sub-ácido, contendo polpa esbranquiçada macia (Manica, 2002; Pereira, 2003), exocarpo de coloração roxo escuro-preto, com tamanho de 1,6 a 2,2 cm, contendo de uma a quatro sementes (Wilbank et al., 1983), das quais são poliembriônicas (Donadio et al., 2002).

O principal meio de formação de mudas é pelo uso de suas sementes (Silva et al., 2018), com período de germinação iniciando entre 10 a 40 dias após semeadura (Donadio, 2000). Apesar deste ser o principal modo de propagação desta fruteira, ele apresenta desafios com relação a conservação da viabilidade de suas sementes, pelo fato de serem recalcitrantes, o que pode proporcionar perda da capacidade germinativa com redução da umidade (Hossel et al., 2013; Lorenzi et al., 2006).

**Figura 3:** Jabuticabeiras. A) Planta adulta de *Plinia peruviana*, B) ramos em floração de *Plinia peruviana*; C) fruto imaturo de *Plinia peruviana*, e D) frutos maduros de *Plinia peruviana*; E) Planta adulta de *Plinia cauliflora*, F) ramos em floração de *Plinia cauliflora*, G) Sementes de *Plinia cauliflora* e H) Frutos maduros de *Plinia cauliflora*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.



Fonte: Autor. UTFPR, Pato Branco - PR, 2023

No Brasil, a jabuticabeira pode florescer em dois períodos no ano, dependendo principalmente da espécie, região em que se encontra e das condições climáticas (Salomão et al., 2018). Desta forma, é possível duas colheitas anuais de produção,

com a primeira entre março-abril e a segunda entre setembro-outubro (Braga et al., 2013).

Os frutos amadurecem em período de 45 a 65 dias após plena floração, mas pode variar de região para região (Barros, 1996). Logo após a colheita, em apenas dois dias, as jabuticabas sofrem alterações em seu sabor, decorrente da perda de água, da fermentação e de sua rápida deterioração (Garcia, 2017). Por apresentar sabor agri-doce podem ser consumidos na forma *in natura* ou de sucos ou até mesmo como produtos industrializados, tais como, bebidas alcoólicas (licor), bebidas lácteas (iogurtes), geleias e sorvetes (Abe et al., 2011; Clerici & Carvalho-Silva, 2011; Albuquerque et al., 2020).

Além disso, têm-se também sua aplicação pela indústria farmacêutica devido as propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas que apresenta (Dragano et al., 2013; Araújo et al., 2014; Lenquiste et al., 2015; Batista et al., 2018; Brito et al., 2021).

O consumo da casca de jabuticaba é capaz de prevenir doenças como câncer de cólon, problemas cardiovasculares, diabetes, obesidade, alergias, asma, amigdalite, infecções intestinais, varizes (Ferreira et al., 2012) e, reduzir colesterol e gordura no fígado (Pereira, 2019). Porém, tal fruteira ainda é pouco explorada economicamente, pela falta de maior oferta de frutos aos mercados.

O preço comercializado pelo quilo da jabuticaba no mercado atacadista pode variar de acordo com a época de maior ou menor oferta do fruto, conforme os dados fornecidos pelo CEAGESP (2022), cuja média em 2022 foi de R\$ 23,03, valor este menor que em 2023, cujo aumento foi de 21,84%.

Porém, a obtenção de renda não restringe somente ao fruto, tendo possibilidade de comercialização da sua muda (Souza et al., 2018; Alcantara et al., 2019) que permite atender demandas da silvicultura urbana, para uso em áreas degradadas em recuperação, visando a sua inserção em pomares ou agroflorestas e como bonsais (Barbieri et al., 2014).

Apesar dos avanços na comercialização das mudas de jabuticabeira existe muitos desafios a serem enfrentados pelos produtores e viveirista, principalmente na falta de uniformidade e alta variabilidade genética que ela apresenta quando

oriunda de sementes (Hossel et al., 2019), além do período juvenil que pode variar de oito a 20 anos (Cassol et al., 2015; Hossel et al., 2018).

Todavia, tais entraves estão sendo contornados pela jabuticabeira denominada como híbrida (*Plinia cauliflora*), pois apresenta mesmo quando oriunda de sementes período curto de juvenilidade (3 a 4 anos), com possibilidade de colheita em mais de duas safras de produção por ano e menor vigor (Dotto, 2015). Entretanto, há necessidade de fornecer mais informações sobre as práticas de manejo e cultivo dessa espécie através da realização de pesquisas científicas visando aumentar a produção desta espécie em maior escala e em diferentes locais (Citadin et al., 2010; Kinupp et al., 2011).

Como é fruteira de ampla plasticidade adaptativa e com potencial de uso em vários segmentos industriais poder-se-ia estudá-la quanto as possíveis interações com microrganismos em seus locais de origem, analisando se existem microrganismos interagindo de forma benéfica com a planta.

#### 2.4 Potencial biotecnológico dos microrganismos na agricultura

Os microrganismos podem ser adicionados no solo e nas plantas como melhoradores biológicos da fertilidade dos solos ou da eficiência das plantas em absorver os nutrientes (Compant et al., 2019). Esta é uma prática antiga, tendo seu primeiro relato em 1800, pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, cuja pesquisa apresentou atividade de fixação de nitrogênio por algumas espécies de rizobactérias em leguminosas (Schneider, 1892).

A partir deste estudo, os microrganismos tornaram-se excelente opção de uso no sistema de produção agrícola, devido aos benefícios promovidos por sua ação. Os efeitos vão desde a capacidade de fixar nitrogênio (Ahemad & Kibret, 2014; Fukami et al., 2018b), solubilizar P e K (Sharma et al., 2013; Soumare et al., 2020), atuar em atividades antagônica aos patógenos (Verbon & Liberman, 2016), na indução da resistência das plantas, no controle de pragas, na oxidação de S, no sequestro de Fe e C (Kannahi & Senbagam, 2014; Velivelli et al., 2014) ou até na biorremediação de substâncias do solo (Adak et al., 2016).

Por esta razão, a adição de produtos biológicos no solo como fitoestimulantes (Babalola & Glick, 2012), biofertilizantes (Kalayu, 2019) e regulador de estresse (Stamenković et al., 2018) tem sido alternativa sustentável que visa substituir o uso de produtos químicos na agricultura (Busby et al., 2017). Esta atividade resulta em impactos positivos, tanto na economia como na saúde humana (Ray & Craven, 2016).

Com a comercialização de produtos biológicos abriu-se novo mercado e desde então tem contribuído para fertilidade do solo (Sarma et al., 2015) e para o crescimento das plantas (Souza et al., 2015), como os descritos por Igiehon et al. (2018) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Contribuições dos microrganismos da rizosfera no desenvolvimento da agricultura. Adaptado de Igiehon et al. (2018). UTFPR, Pato Branco - PR, 2023.

<b>Espécies microbiana</b>	<b>Efeitos da adição de microrganismos da rizosfera em cultivares agrícolas.</b>	<b>Referência</b>
<b><i>Azospirillum amazonense</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior rendimento de grãos com o aumento da massa da matéria seca.</li> <li>• Teor de nitrogênio na maturação.</li> </ul>	Rodrigues, et al. (2008).
<b><i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior capacidade de remediação no solo de plantas de fava cultivadas em ambientes contaminados com óleo.</li> <li>• Maior controle de patógenos de plantas.</li> </ul>	Philippot et al. (2013); Radwan et al. (2005); Zamioud et al. (2012).
<b><i>Serratia liquefaciens</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentou a capacidade de remediação de plantas de fava cultivadas em ambiente de solo, contendo contaminantes de óleo.</li> </ul>	Babalola (2010)
<b><i>Bradyrhizobium spp.</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhoria na nodulação em leguminosas.</li> <li>• Maior crescimento aéreo e radicular.</li> <li>• Melhorou a resistência das plantas a seca.</li> <li>• Maior produção de ácido indol-3-acético.</li> </ul>	Babalola (2010); Gopaakrishnan et al. (2015); Uma et al. (2013); Shaharoon et al. (2007).
<b><i>Azospirillum spp</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorou absorção de N em <i>Vicia sativa</i>.</li> </ul>	Mfilinge et al. (2014).
<b><i>Rhizobium spp</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentou significativamente a altura, o número e o comprimento de vagem, bem como o peso das sementes de <i>Vigna mungo</i> e <i>Vigna radiate</i>.</li> </ul>	Ravikumar et al. (2012).
<b><i>Bacillus spp.</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auxiliou as plantas a desenvolverem resistência contra patógenos e pragas.</li> </ul>	Philippot et al. (2013); Zamioud et al. (2012).

<b><i>Sinorhizobium meliloti</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhorou a biomassa na planta submetida ao estresse por cobre.</li> </ul>	Gopaakrishnan et al. (2015); Fan et al. (2011).
<b><i>Rhizobium RL9</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhorou o desenvolvimento da planta de lentilha;</li> <li>Aumentou o teor de nitrogênio e proteína em semente produzida em ambiente estressado por metais pesados.</li> </ul>	Wani et al. (2015).
<b><i>Rhizobium MRPI</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promoveu a formação de nódulos.</li> <li>Aumentou a concentração leghemoglobina, proteína de semente de ervilha.</li> </ul>	Ahemad et al. (2011).

Os microrganismos que tem se destacado pertencem aos gêneros *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Stenotrophomonas* e *Rhizobium* (Dobbelaere et al., 2003; Lindström & Mousavi, 2019), *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia* e *Trichoderma* (Bulgarelli et al., 2013), *Beauveria*, *Streptomyces* (Sarma et al., 2015), *Paenibacillus*, *Klebsiella*, *Glomus*, *Gigaspora* *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter* e *Azotobacter* (Bhattacharyya & Jha, 2012; Joseph et al., 2012; Kalita et al., 2009).

Com isso, observa-se que o comércio de produtos biológicos a base de microrganismos cada vez mais aumenta (Compant et al., 2019), permitindo a inserção de novas formulações de inoculantes microbiológicos mais eficientes.

As combinações feitas nestes produtos podem variar, incluindo apenas única ou diferentes espécies usadas de forma combinada em consórcios, como por exemplo, os produtos com *Bacillus* mais *Rhizobia*, com o fungo *Trichoderma* sp. (Hartmann et al., 2015; Compant et al., 2019; Berg et al., 2018; Bashan et al., 2014; Alori & Babalola, 2018).

Isso tem aumentado pelo fato dos resultados obtidos com as combinações de microrganismos nas formulações de produtos biológicos mostrarem-se satisfatórios, visto em culturas como trigo, por meio do crescimento da planta, quando adicionados fungos micorrízicos juntamente com *Bacillus subtilis* (Yadav et al., 2020). Da mesma maneira, com aplicações de *Azotobacter vinelandii*, seguida do fungo *Serendipita indica* em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) (Dabral et al., 2020).

No morangueiro já foram utilizadas *A. brasilense* e *G. fasciculatum* (Bellone & de Bellone, 1995), com a romãzeira com inoculação de *A. brasilense* - *Pantoea*



*dispersa*, *A. chroococcum* - *G. mosseae* (Aseri et al., 2008) e em cítricos com *Aspergillus flavus* MF113270, *Bacillus pseudomycooides* MF113272, *Acinetobacter radioresistens* MF113273, *Micrococcus yunnanensis* MF113274 e *Paenibacillus alvei* MF113275 (Srivastava et al., 2015b).

Apesar das ações benéficas que os consórcios microbianos causam nas plantas, ainda são necessários mais estudos sobre o estabelecimento dessas relações entre os microrganismos e o efeito desejado nas plantas, em especial os que habitam a rizosfera (Svenningsen et al., 2018; Turrini et al., 2018). Tal estudo se faz importante e necessário, uma vez que, os microrganismos promotores de crescimento podem aumentar e melhorar a eficiência produtiva das culturas (Babalola, 2010). Estas informações são importantes para aplicações em sistemas agrícolas sustentáveis (Quiza et al., 2015; Knapp et al., 2018).

Todavia, a inoculação nas plantas pode responder de forma diferente de acordo com o ambiente, como campo, estufa de crescimento e laboratório (Timmusk et al., 2017; Strigu et al., 2006), nas espécies de plantas (Gunes et al., 2015) e nas estruturas envolvidas com as plantas como as raízes (Regan et al., 2014; Bulgarelli et al., 2015). O período de inoculação dos microrganismos é extremamente importante, podendo persistir mais ou menos até sete semanas (Schreiter et al., 2014).

Entretanto necessita-se de mais estudos sobre o tempo de persistência dos microrganismos inoculados no solo, tendo em vista que sua permanência dependerá de fatores, como o tipo de solo e inóculo aplicado (Verbruggen et al., 2012; Nemergut et al., 2013).

## 2.5 Mecanismos de atuação dos microrganismos nas plantas

A raiz é o primeiro intermediador entre solo e planta, sendo essa interface crucial para manter as relações com outras espécies (Mommer et al., 2016). Através dela que ocorrem as trocas de nutrientes, disponibilidade de água e as associações microbianas (Iannucci et al., 2017b).

Os exsudatos liberados da estrutura radicular localizada em seu ápice (McCully & Canny, 1985; Jaeger et al., 1999; Doan et al., 2017; Sasse et al., 2018)

podem conter substâncias como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos (Gunina & Kuzyakov, 2015; Hayat et al., 2017) (Tabela 2), nos quais são expelidas através do sistema de transmembrana (Canarini et al., 2019) mediado por diferentes vias, tais como, difusão, canais iônicos e transporte vesicular (Baetz & Martinoia, 2014) (Figura 4).

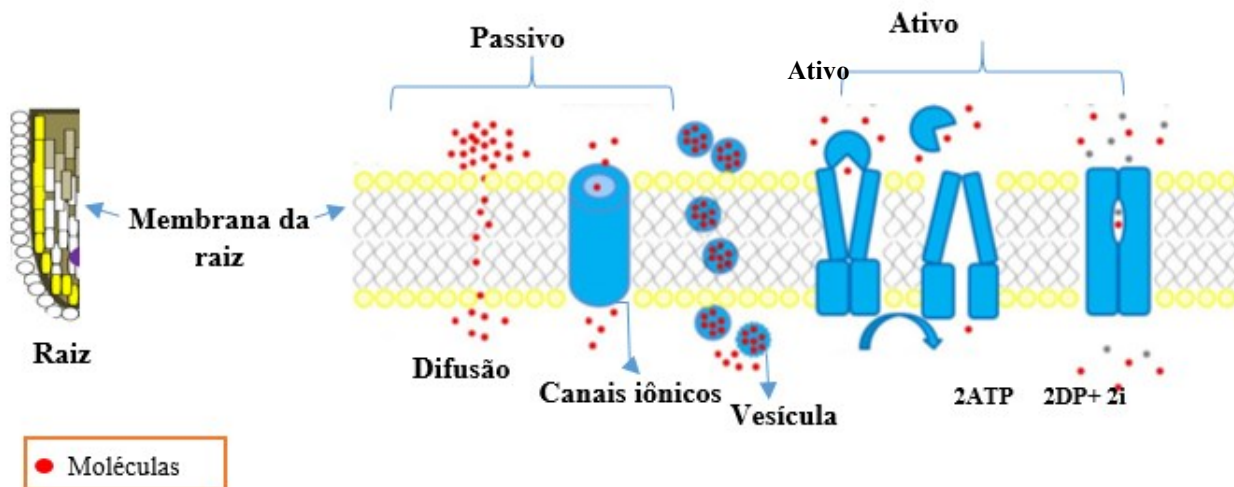
A quantidade e a qualidade liberada de cada exsudato, varia de acordo com a posição radicular (espaço e período), com o estágio vegetativo da planta, com as condições nutricionais que ela apresenta (Hartmann et al., 2009; Malusà et al., 2016) e a espécie (Zhang et al., 2014).

**Tabela 2:** Compostos secretados pelas raízes das plantas. Modificado de Dakora & Phillips (2002); Dennis et al. (2010) e Vives-Peris et al. (2019). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

<b>Compostos</b>	<b>Exsudatos liberados das raízes de plantas</b>
<b>Amino ácidos</b>	$\alpha$ -alanina, $\beta$ -alanina, $\gamma$ -aminobutírico, $\alpha$ -aminoadípico, Arginina, Asparagina Aspártico, Citrulina, Cistationina, Cisteína, Cistina, Desoximugínico, 3-epiidroximugínico, Glutamina, Glutâmico, Glicina, Histidina, Homosserina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina Mugineico, Ornitina, Fenilalanina Prolina Serina, Treonina, Triptofano, Tirosina, Valina.
<b>Ácidos graxos</b>	Linoléico, Linolênico, Oléico, Palmítico, Esteárico.
<b>Ácidos orgânicos</b>	Acético, Aconítico, Ascórbico, Aldônico, Benzóico, Butírico, Cafeico Cítrico, p-cumárico, Eritrônico, Ferúlico, Fórmico, Fumárico, Glutárico, Glicólico, Láctico, Glioxílico, Málico, Malônico, Oxalacético, Oxálico, p-hidroxibenzóico, Piscídico, Propiônico, Pirúvico, Succínico, Sérico, Tartárico, Tetrônico, Valérico, Vanílico.
<b>Açúcar</b>	Arabinose, Frutose, Galactose, Glicose, Maltose, Manose, Mucilagens de várias composições, Oligossacarídeos, Rafinose, Ramnose, Ribose, Sacarose, Xilose, Desoxirribose.
<b>Enzimas</b>	Amilase, Invertas, Peroxidase, Fenolase, Fosfatase Ácida/Alcalina, Poligalacturonase, Protease.
<b>Fatores de crescimento e vitamina</b>	Ácido p-amino benzóico, biotina, colina, inositol, ácido N-metil nicotínico, niacina, patotênico, pantotenato, piridoxina, riboflavina, estrigolactonas, tiamina.
<b>Flavonoides</b>	Chalcona, Cumarina, Flavonoides, Flavonói, Flavanonas, Flavonoides, Isoflavonas.
<b>Nucleotídeos / purinas</b>	Adenina, guanina, uridina, citidina.
<b>Esteróis</b>	Campesterol, colesterol, sitosterol, estigmasterol.

<b>Outros</b>	Álcoois, Sulfuretos de alquila, Auxinas, Camalexina, Diidroquinona, Etanol, Glucosídeos, Glucosinolatos, Glicinebetaína, Ácido cianídrico, Íons inorgânicos e moléculas gasosas, Isotiocianatos, Compostos positivos de ninidrina não identificados, Proteínas solúveis não identificáveis Compostos, Escopoletina, Sorgoleona, Estrigolactonas, Polipeptídeos induzidos por alumínio (Al).
---------------	---

**Figura 4:** Mecanismos de exsudação radicular. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

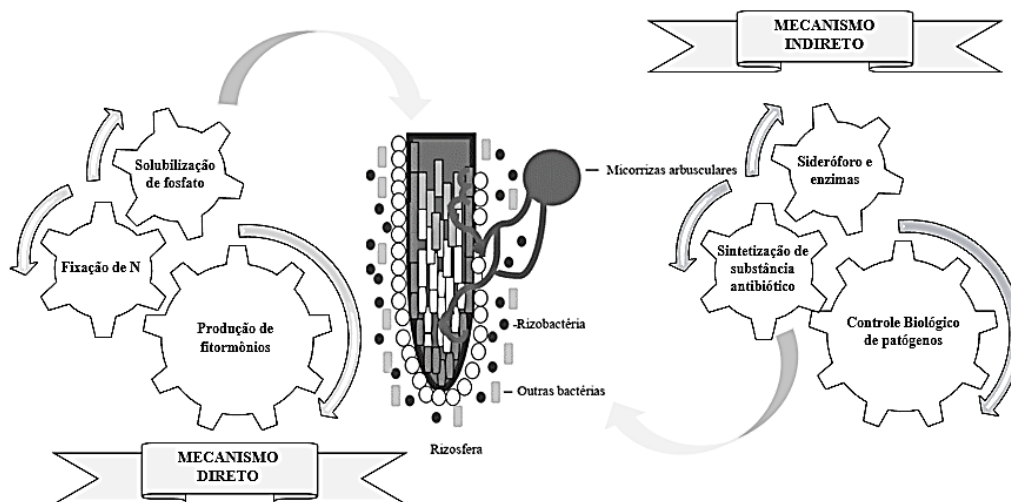


Fonte: Adaptado de Vives-Peris et al. (2020). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023

Por isso que muitos dos microrganismos selecionados pelos exsudatos liberados são específicos para cada espécie de planta (Parniske, 2008; Bonfante & Requena, 2011; Martin et al., 2017). Em contrapartida, os microrganismos fornecem nutrientes (Barea, 2015; Zolla et al., 2013) e substâncias que auxiliam na sobrevivência (Lareen et al., 2016), no crescimento e no desenvolvimento das plantas (Shi et al., 2016), na proteção contra estresses biótico e abiótico (Vandenkoornhuysen et al., 2015; Sánchez-Cañizares et al., 2017; Bakker et al., 2020) causados por mudanças ambientais (Uroz et al., 2016).

Os meios como ocorrem as ações dos microrganismos pode ser por dois mecanismos, direto ou indireto (Kour et al., 2020a; Kumar et al., 2019a; Yadav et al., 2017c) (Figura 5).

**Figura 5:** Mecanismos diretos e indiretos usados na promoção de crescimento de plantas por microrganismos PGPR. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



Fonte: Autora. Dois Vizinhos/2021.

O mecanismo direto ocorre por meio da fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato e produção de fitormônios (Compant et al., 2010; Ahemad & Kibret, 2014; Alori et al., 2017) tais como auxinas, ácido abscísico, giberelinas, citocininas e etileno (Kende & Zeevaart, 1997; Taiz & Zeiger, 2002). Os indiretos estão relacionados ao controle biológico de patógenos, na síntese de substâncias antibióticas, sideróforo e enzimas líticas (Raaijmakers et al., 2002; Compant et al., 2010) (Figura 5).

A ação destes microrganismos na planta pode ser positiva ou negativa (Tabela 2), dependendo única e exclusivamente do tipo de microrganismo que encontra-se associado (Frey et al., 2011; Olsson et al., 2017), como é o caso das bactérias *Pseudomonas* e *Bacillus*, que tem efeitos benéficos positivos estimulando o crescimento das raízes adventícias das plantas (Hamilton et al., 2012; Pieterse et al., 2014) ou de espécies fúngicas como *Trichoderma* sp, *Rhizophagus irregularis* e *Epichloë festucae* var. *Lolii* (Stukenbrock & McDonald, 2008; Johnson et al., 2013), que são capazes de defender a planta contra patógenos e auxiliar na sobrevivência em condições de estresse abiótico (Poveda et al., 2019) como salinidade e seca (Walters et al, 2018), podendo ser amenizados por algumas espécies de fungos

micorrizas (Chi et al., 2018; Moshiri et al., 2019b; Wang et al., 2014 ; Wu et al., 2014, 2013; Zou et al., 2015).

**Tabela 3:** Efeitos da interação microrganismo e planta. (Babalola et al., 2020). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

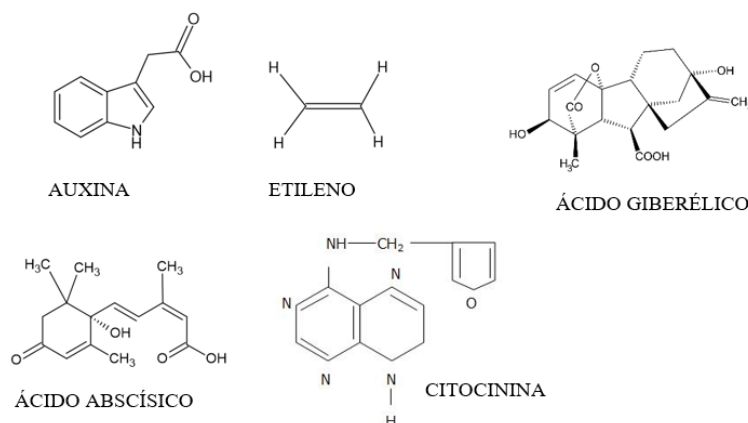
Efeito	Organismo	Espécies	Atividade microbiana	Planta hospedeira	Referências
Positivo	Bactéria	<i>Azorhizobium caulinodans</i> <i>Sinorhizobium meliloti</i> <i>Bradyrhizobium japonicum</i> <i>Bradyrhizobium elkanii</i> , <i>Rhizobium fred</i>	Fixadora de nitrogênio	Sesbania <i>Medicago sativa</i> <i>Glycine max</i>	Ondieki et al. (2017).
		<i>Herbaspirillum rubrisubalbicans</i>	Produção de reguladores de crescimento	<i>Saccharum officinarum</i>	Dos Santos et al. (2017).
		<i>Bacillus aryabhatai</i> <i>Pseudomonas auricularis</i>	Solubilização de nutrientes	<i>Camellia oleifera</i> Abel	Wu et al. (2019)
	Fungo	<i>Talaromyces pinophilus</i>	Promotores de crescimento de plantas Metabólitos	Mudas de arroz Waito-C	Khalmuratova et al. (2015).
		<i>Streptomyces rochei</i> <i>Streptomyces thermolilacinus</i>	Promotores de crescimento de plantas Metabólitos	<i>Triticum species</i>	Jog et al. (2012).
Actinomiceto	<i>Streptomyces coelicolor</i> , <i>Streptomyces olivaceus</i> , <i>Streptomyces geysiriensis</i>	Tolerância ao estresse. Síntese de sideróforo, Produção de ácido indol-acético Amônia	<i>Triticum aestivum</i>	Yandigeri et al. (2012).	
Negativo	Bactéria	<i>Pseudomonas syringae</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i> <i>Erwinia amylovora</i>	Doenças do cancro Galha da coroa Doenças da praga do fogo	Kiwi Tectona grandis Peras, Marmeleiros e Macieiras	Wang et al. (2018); Borges et al. (2019); Doolotkeldieva et al. (2019);
		<i>Xylella fastidiosa</i> <i>Ralstonia pseudosolanacearum</i>	Doenças de Pierce Bactéria murcha	Uva Tomate	Overall e Rebek (2017); Klass et al. (2020).
		<i>Microbotryum lychnidisdioicae</i>	Responsável pela doença do smut de anteras	<i>Silene latifolia</i>	Kuppireddy et al. (2017); Schirawski e Perlin (2018);
	Fungo	<i>Fusarium proliferatum</i>	Manchas necróticas marrom-escuras em folhas Murcha do caule do tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Gao et al. (2018).
	Actinomiceto	<i>Streptomyces ipomoeae</i> <i>Nocardia vaccinii</i>	Crosta de batata-doce, proliferação de botões e galhas	Batata doce e mirtilo	Anandan et al. (2016).

No entanto, podem causar efeitos negativos, com a inibição do crescimento das plantas ou microrganismos associados como os fungos (Frey-Klett et al., 2011). Um exemplo de efeito direto causado pelas bactérias é da *Streptomyces* sp. que inibiu o crescimento dos fungos *Escovopsis* sp. e *Trichoderma* sp. (Ortega et al., 2019). Outras espécies que causaram efeitos negativos na planta foram os fungos fitopatogênicos, como por exemplo *Botrytis cinerea* e *Sclerotinia sclerotiorum*, que são conhecidos por serem causadoras de doenças em plantas (Stukenbrock & McDonald, 2008; Johnson et al., 2013; Van der Heijden et al., 2015).

## 2.6. Auxina

Os microrganismos são capazes de sintetizar algumas substâncias como os fitormônios (Sgroy et al., 2009). Entre os produzidos, estão o ácido abscísico, giberelinas, citocininas, etileno e auxina (Kende & Zeevaart, 1997; Taiz & Zeiger, 2002) (Figura 6). Estas substâncias auxiliam na prevenção de fatores abióticos causados por condições climáticas como altas temperaturas, seca, salinidade e metais pesados (Spaepen et al., 2008; Khan et al., 2011).

**Figura 6:** Estrutura molecular dos fitormônios auxinas, ácido abscísico, giberelinas, citocininas e etileno. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



Fonte: AUTOR. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

A maioria dos microrganismos possui potencial para produzir fitormônios, dos quais cerca de 80% dos isolados são produtores de auxina (Neubauer et al., 2000), cuja principal função é atuar no crescimento das plantas (Grossmann et

al., 2010; Ahmed et al., 2017). A auxina pode ser sintetizada em diferentes formas, como ácido indol-acético (AIA), ácido indol-butírico (AIB) e ácido indol-pirúvico (IPA) (Olanrewaju et al., 2017).

O AIA é um dos primeiros fitormônios naturais detectados em plantas. O AIA tem como ação nas plantas para promover a divisão e alongamento celular, atuar no desenvolvimento das raízes, na formação pigmentar e na germinação de sementes (Spaepen et al., 2007). Além destes, pode atuar em processos fotossintéticos, na biossíntese de metabólitos e na resistência ao estresse (Maheshwari et al., 2015).

Alguns estudos associam este hormônio com atividades de organogênese e embriogênese, bem como, na produção de estímulos atuando na defesa da planta (Jürgens, 1995; Firm & Digby, 1980; Li et al., 2005; De Smet et al., 2010; Benjamins & Scheres, 2008; Vernoux et al., 2011; Kazan & Manners, 2009). Pode também auxiliar no surgimento de brotações novas e de raízes adventícias durante a emergência das raízes (Laskowski & Ten Tusscher, 2017).

A produção deste fitormônio ocorre por diferentes rotas dependentes do aminoácido triptofano, o qual é usado como precursor para síntese de auxina, podendo ser produzida tanto pelas plantas como por microrganismos (bactérias e fungos) (Duca et al., 2014), incluindo espécies como *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Klebsiella* (Choudhary et al., 2018) e *Streptomyces* (Patten & Glick, 1996; Shanmugaiah et al., 2009; Charulatha et al., 2013).

A capacidade de produção de algumas espécies de microrganismos em sintetizar AIA, torna-se de extrema importância para as relações entre microrganismos e plantas (Patten & Glick, 1996), uma vez que, plantas sujeitas aos estresses hídricos podem ser mais tolerantes com auxílio de bactérias produtoras de AIA (Dimkpa et al., 2009; Vurukonda et al., 2016). O exemplo desta ação benéfica é com a espécie *Azospirillum* sp., considerada promotora de crescimento em cultivares de *Triticum aestivum* (trigo) (Dobbelaere et al., 1999; Baudoin et al., 2010). O aumento elevado nos níveis de auxina proporciona alongamento do hipocótilo da planta (Gray et al., 1998).

## 2.7 Solubilização de fosfato (P)



O fósforo é o segundo nutriente mais importante absorvidos pelas plantas, atuando em vários processos celulares, desde a formação de moléculas (ATP), ácidos nucleicos (DNA e RNA), proteínas e metabólitos secundários (Heuer et al., 2017) até na divisão celular e ativação /inativação de enzimas (Razaq et al., 2017). A sua indisponibilidade afeta diretamente o crescimento, o desenvolvimento e, os processos fisiológicos e metabólicos realizados pelas plantas (Widawati & Suliasih, 2006).

Apesar de ser elemento de extrema importância para produção agrícola, a maioria dos solos no mundo é deficiente em fósforo (Dhillon et al., 2017). Para corrigir essa deficiência, o fósforo é adicionado no solo por meio da adubação química ou através de compostos orgânicos contendo fósforo (Lim et al., 2007; Jorquera et al., 2013; Fraser et al., 2015). A taxa de absorção desse nutriente, varia entre as espécies de plantas, sendo consumida apenas de 10 a 40% do fósforo total que é adicionado no solo (Adesemoye & Kloepper, 2009), o que é considerada bastante limitada para absorção da planta. Tal fato, se deve a reações que ocorrem entre o fósforo e os constituintes do solo, fazendo com que este micronutriente seja fixado ou então precipitado junto com as partículas do solo (Thonar et al., 2017).

Quando esse nutriente está presente no solo, pode ser encontrado através de duas formas estruturais, orgânica ou inorgânica (Walpola & Yoon, 2006), sendo apenas 0,1% consumido pelas plantas (Zhu et al., 2011).

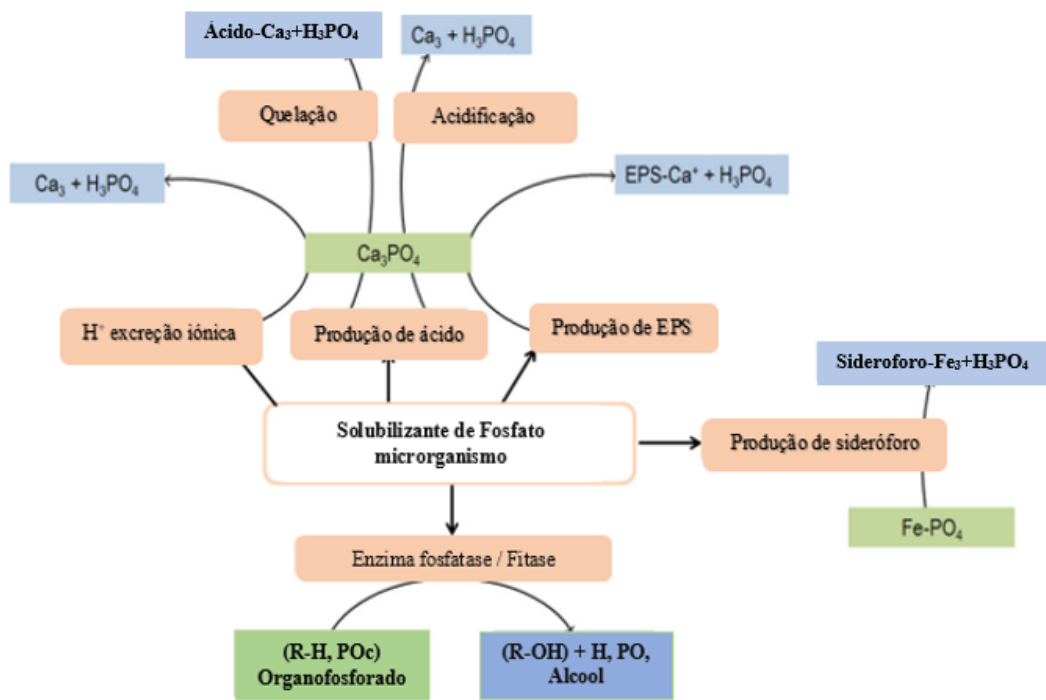
A maior parte dos solos são constituídos por fósforos orgânicos decorrentes de atividades biológicas, classificadas em três classes de ligações, os ésteres de fósforo formados por fosfatos de açúcar, fosfolipídios, ácidos nucleicos, fosfatos de inositol; os fosfatases contendo ligações C e P e; os anidridos de ácido fosfórico compostos por trifosfatos de adenosina e difosfatos de adenosina (Huang et al., 2017b) (Figura 7).

Os fósforos inorgânicos estão ligados aos minerais, importante fontes necessárias para o desenvolvimento de plantas jovens (Boitt et al., 2018). Estes minerais são fósforo de Ca e P, de Al e Fe encontrados em solos alcalinos e acidificados, respectivamente (Kumar & Shastri, 2017). Muitos dos fosfatos inorgânicos são dissolvido por ácidos orgânicos (Sashidhar & Podile, 2009; Ogbo, 2010; Patel et al., 2011) enquanto que os fosfatos orgânicos são

secretados por meio de enzimas extracelulares (fosfatase e fitase) (Tan et al., 2016; Neal et al., 2017).

Apesar da indisponibilidade no solo, existem outros mecanismos capazes de auxiliar na disponibilidade deste nutriente, como por exemplo, a ação dos microrganismos solubilizadores de fosfato (Antoun, 2012). Estes microrganismos solubilizadores de fosfato fazem uso de mecanismos envolvendo enzimas como C-P liase, fosfatases não específicas e fitases para degradação do fosfato (Singh et al., 2014; Kumar et al., 2015) ou por ácidos orgânicos.

**Figura 7:** Mecanismos de solubilização de fosfato inorgânico e orgânico por microrganismos. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



Fonte: Prabhu et al. (2019). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Os microrganismos solubilizadores de fosfato, no qual incluem bactérias e fungos, podem ser encontrados em diversos ambientes como água doce e salgada, sedimentos de rocha e solo (Liu et al., 2014, 2017; Zhang et al., 2015). As bactérias em especial, são capazes de secretar enzimas extracelulares como as fosfatases, convertendo-as de fósforo orgânico para inorgânico (Abreu, 2019). Com isso, aumentam a capacidade de absorção deste nutriente e a eficiência de fosfatados, além de produzir ácidos orgânicos (Jyoti et al., 2013; Li et al., 2015).

Existe a hipótese de que a solubilização de P ocorre pelo pH encontrarse baixo, devido a produção de ácidos orgânicos produzidos por microrganismos (Zhu et al., 2018), como por exemplo, o ácido glucônico produzido por bactéria (De Freitas et al., 1997; Collavino et al., 2010), que é determinante para imobilização do fósforo (Zhu et al., 2018). Outros ácidos são produzidos por bactérias, tais como acético, fórmico, láctico, glucônico, glicólico, 2-ceto glucônico; oxálico, succínico, málico e cítrico (Rashid et al., 2004).

Os gêneros de bactérias solubilizadoras de fosfato descritos na literatura envolvem *Pseudomonas*, *Pantoea*, *Halolamina*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Azotobacter* (Istina et al., 2015; Kumar et al., 2014; Rodriguez & Fraga, 1999; Halder et al., 1990; Craven & Hayasaka et al., 1982; Sundararao & Sinha, 1982), *Rhodococcus*, *Arthrobacter*, *Serratia*, *Chryseobacterium*, *Gordonia*, *Phyllobacterium*, *Delftia* (Wani et al., 2005; Chen et al., 2006), *Xanthomonas* (de Freitas et al., 1997) *Klebsiella* (Chung et al., 2005), *Vibrio* (Vazquez et al., 2000).

Para os fungos, incluem-se os gêneros ou espécies *Aspergillus*, *Penicillium* (Fenice et al., 2000; Khan & Khan, 2002; Reyes et al., 1999, 2002), *Trichoderma* (Altomare et al., 1999), *Rhizoctonia solani* (Jacobs et al., 2002), *Fusarium oxysporum*, *Curvularia lunata*, *Humicola* sp., *Sclerotium rolfsii*, *Pythium* sp., *Aerothecium* sp., *Phoma* sp., *Cladosporium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Cunninghamella* sp., *Rhodotorula* sp., *Candida* sp., *Schwanniomyces occidentalis*, *Oideodendron* sp., *Pseudonymnoascus* sp. (Whitelaw et al., 1999; Isabelia et al., 1999; Helen et al., 2002). Apenas cerca de 0,1 a 0,5% de fungos no solo são capazes de solubilizar fosfato (Kucey, 1983).

A aplicação de microrganismos solubilizadores no solo, tem resultado em boa eficiência na melhoria de plantas e dos campos com poucos nutrientes e, em condições favoráveis e desfavoráveis (Oleńska et al., 2020). Por outro lado, a falta deste nutriente pode levar a perdas em culturas causadas por alterações morfológicas e moleculares induzidas por estresse nutricional (López-Arredondo et al., 2014; Elanchezian et al., 2015). Outros fatores envolvidos nessa deficiência é o acúmulo de antocianinas, que irá influenciar na concentração de clorofila, aumentando a pigmentação das folhas mais novas (Veazie et al., 2020), além de reduzir o acúmulo de biomassa da parte aérea e aumento na produção de raízes (Campos et al., 2019).

## 2.8 Aplicação de microrganismos em fruteiras

O setor frutífero no país tem se destacado por ser atividade de boa rentabilidade e que pode ser desempenhada em qualquer propriedade rural (pequena, média e grande) (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2016).

A produção de frutos por hectares representa 2,5 milhões da área ocupada no Brasil (IBGE, 2016). No país é possível encontrar produção de frutas de clima tropical, subtropical ou temperado, pelas distintas condições edafoclimáticas, peculiares de cada região (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2017).

O comércio das frutas cresceu nos últimos anos pelo mundo, impulsionando o setor (Feng et al., 2014; Srivastava et al., 2015), principalmente visando atender a demanda pela produção de frutos com qualidade e sem presença de resíduos químicos.

Por este motivo, a fruticultura tem buscado novas alternativas por meio da adoção de práticas mais sustentáveis e, com menor risco de contaminação ao ambiente e a saúde da população (Gupta et al., 2015). Desta forma, os microrganismos e seu potencial benéfico para as plantas demonstram vantagens para sua inserção no processo produtivo (Lugtenberg et al., 2009; Finkel et al., 2017).

A eficácia dos inoculantes microbianos pode ser verificado nas culturas pelo crescimento das plantas (Sun et al., 2015), além de modular seu desempenho fisiológico e aumentar a fertilidade dos ambientes envolvidos (Shamseldin et al., 2010). A aplicação de biofertilizantes microbianos em fruteiras (Tabela 4) como citrus melhoraram a qualidade dos pomares, conseqüentemente aumentaram a produtividade (Shamseldin et al., 2010).

Em pomar de macieira, microrganismos dos gêneros *Azotobacter*, *Pseudomonas* e *Bacillus* também proporcionaram aumento de produção (Pešaković et al., 2017), no qual foi favorecida pelas relações que ocorreram entre a planta, solo e microrganismos (Zhang et al., 2009).

Em outro estudo, o isolado microbiano do gênero *Azotobacter* aumentou em 25% a absorção de fósforo em mamoeiro e bananeira, proporcionando acréscimo de 50% na absorção de nitrogênio pelas plantas (Singh et al., 2013).

Apesar de algumas espécies frutíferas já apresentarem efeitos benéficos pela aplicação de inoculantes microbianos, necessita-se de mais estudos voltados para outras espécies, principalmente quando voltado as fruteiras nativas como a jabuticabeira, que apesar de todo potencial existente apresenta ainda uso incipiente em pomar.

Para isso, pode-se testar consórcios microbianos aplicados no solo, após resultados de seu comportamento benéfico quando testados *in vitro* e *in vivo* (Szilagyi-Zecchin et al., 2016).

**Tabela 4:** Caracterização da resposta de cada microrganismo de acordo com a espécie frutífera. Adaptado de Srivastava et al., (2015). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

<b>Espécie frutífera</b>	<b>Inoculantes microbianos</b>	<b>Efeitos nas plantas</b>	<b>Referencias</b>
<i>Punica granatum</i> L	<i>Azotobacter chroococcum</i> <i>Glomus mosseae</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor vigor da copa.</li> <li>Alterações na rizosfera e produção de frutos.</li> </ul>	Mir e Sharma (2012)
<i>Vitis vinifera</i> L.	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento da raiz.</li> </ul>	Wange e Ranawade (1998)
<i>Cydonia oblonga</i> Mill	<i>Bacillus mycoides</i> <i>B. subtilis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Firmeza do fruto, massa da matéria seca e rendimento do fruto.</li> </ul>	Arikan et al. (2013)
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	<i>Pseudomonas fluorescens</i> (843) <i>Azospirillum brasilense</i> (W24)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Volume de copa e fertilidade do solo.</li> </ul>	Shamseldin et al. (2010)
<i>Malus domestica</i> Borkh	<i>Pseudomonas striata</i> <i>Trichoderma viride</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Germinação, crescimento da raiz e incidência de pragas.</li> </ul>	Raman (2012)
<i>Prunus persica</i> (L.) Stokes	<i>Azospirillum brasilense</i> <i>Bacillus megaterium</i> <i>Glomus fasciculatum</i> <i>Azotobacter chroococcum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura da planta, circunferência e crescimento do dossel.</li> <li>Altura da planta, circunferência e concentração de micronutrientes.</li> </ul>	Mahmoud e Mahmoud (1999) Godara et al. (1996)
<i>Mangifera indica</i> L	<i>Azotobacter chroococcum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diâmetro da muda e número de folhas.</li> </ul>	Kerni e Gupta (1986)
<i>Passiflora edulis</i> Sims	<i>Azotobacter</i> sp. <i>Azospirillum</i> sp. <i>Trichoderma</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria no crescimento e rendimento das mudas.</li> </ul>	Quiroga-Rojas et al. (2012)
<i>Musa acuminata</i> (L.)	<i>Azospirillum</i> sp. <i>Azospirillum brasilense</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura e circunferência da área foliar produção.</li> <li>Número de dedos, peso do cacho e área foliar.</li> </ul>	Tiwari et al. (1999)
<i>Prunus armeniaca</i> (L.)	<i>Bacillus</i> (OSU-142) <i>Pseudomonas</i> (BA-8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peso e tamanho da fruta.</li> <li>Comprimento do rebento, rendimento e nutriente foliar.</li> <li>Comprimento da parte aérea, produção e concentração de nutrientes nas folhas.</li> <li>Crescimento, produção e composição de nutrientes da folha.</li> </ul>	Esitken et al. (2003) Pirlak et al. (2007)
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	<i>Bacillus mycoides</i> - <i>B. polymyxa</i> <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Azotobacter chroococcum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Massa fresca do caule e raiz e propriedades microbianas da rizosfera.</li> </ul>	Keditsu e Srivastava (2014)
<i>Juglans regia</i> L	<i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Pseudomonas chlororaphis</i> - <i>P. fluorescens</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura da planta, massa da matéria seca da parte aérea e raiz.</li> </ul>	Xuan Yu et al. (2011)
<i>Carica papaya</i> L	<i>Bacillus cereus</i> <i>Glomus mosseae</i> <i>G. fasciculatum</i> <i>Gigaspora margarita</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crescimento e absorção de nutrientes.</li> </ul>	Padma e Kandasamy (1990)

### 3. HIPÓTESE

Encontrar microrganismos na rizosfera de solos com a presença e ausência de jabuticabeiras que auxiliem na adaptação das plantas e obtenha maior crescimento para sua rápida formação.

### 4. OBJETIVO

#### 4.1 Geral

Isolou-se microrganismos cultiváveis de solo rizosférico localizados em quatro sítios florestais do Bioma Florestas com Araucárias na presença e ausência de jabuticabeiras e avaliou-se sua capacidade em promover crescimento de mudas de jabuticabeira

#### 4.2. Específicos

- Isolou e identificou os microrganismos de solo rizosférico e não rizosférico de jabuticabeira dos quatro sítios remanescentes florestais do Bioma Floresta com Araucárias;
- Avaliou os isolados *in vitro* por meio de testes enzimáticos, de compatibilidade (bactérias) e de antagonismo (fungos), de síntese de auxina ácido indol-acético (AIA) e de solubilização de fósforo.
- Avaliou os isolados microbianos individualmente a partir da inoculação em sementes de jabuticabeira para selecionar microrganismos visando formação de consórcio microbiano capazes de promover o crescimento das mudas;
- Avaliou o crescimento de mudas de jabuticabeiras (*Plinia* sp.) em viveiro por meio da aplicação de consórcios microbianos.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR e Universidade Federal de Viçosa – UFV. A primeira etapa do experimento foi desenvolvida no Laboratório de Microbiologia, Fisiologia Vegetal e Unidade de Ensino e Pesquisa Viveiro de Produção de Mudanças Hortícolas da Fazenda Experimental UTFPR - Campus Dois vizinhos. A segunda etapa foi realizada em parceria com o Laboratório de Análise de Microbiologia Ambiental Aplicada - LAMAP e no Viveiro de Produção de Mudanças da UFV.

### 5.1 Local de coleta

Amostras de solo, com e sem a presença natural de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.) foram coletadas em quatro sítios remanescentes florestais do Bioma Floresta com Araucárias, todos localizados na Região do Sudoeste do Paraná (Tabela 5). Dentre os locais de coleta de solo na presença e ausência de jabuticabeira havia algum tipo de atividade agropecuária em distância de no máximo 10 m.

**Tabela 5:** Sítios de ocorrência de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.), localizado na região do Sudoeste do Paraná em que foram realizadas coletas de solo UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Sítio (locais)	Ponto de coleta do solo	Latitudes (S)	Longitude (W)
Clevelândia	SCJ- Solo com Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	26° 26' 18,79"	52° 19' 17,72"
	SSJ - Solo sem Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	26° 26' 18,70"	52° 19' 18,37"
Pato Branco	SCJ- Solo com Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	26° 6' 33,87"	52° 38' 28,67"
	SSJ - Solo sem Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	26° 6' 32,48"	52° 38' 29,39"
Vitorino	SCJ- Solo com Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	26° 19' 4,18"	52° 46' 41,71"
	SSJ - Solo sem Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	26° 19' 6,36"	52° 46' 39,69"
Dois Vizinhos	SCJ- Solo com Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	25°44'01"	53° 03' 26"
	SSJ - Solo sem Jabuticabeiras nativas ( <i>Plinia</i> sp.)	25° 44' 5"	53° 3' 31"



Os locais de coleta do solo nos municípios localizados no Sudoeste do Paraná possuem clima do tipo cfb (subtropical úmido) conforme a classificação climática Köppen- Geiger. As estações do ano são bem definidas nos municípios, durante o inverno as temperaturas podem ser inferiores à 18°C e com ocorrência de geadas. No período do verão, as temperaturas são amenas podendo permanecer à 22°C (Alvares et al., 2013). As áreas compõem as seguintes descrições:

- a) Em Clevelândia (PR) a área era composta de fragmento de Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária, possuindo 12,3 hectares, contendo 70 jabuticabeiras adultas. Além disso, próximo ao fragmento da floresta, a área era circundada por lavouras com culturas anuais de trigo, soja e milho.
- b) Em Pato Branco (PR), área de 2,8 hectares, contendo 130 jabuticabeiras adultas. Próxima a esta área havia presença de atividade agropecuária. Além do mais, possuía ocorrência de roçadas durante período da colheita dos frutos abaixo da projeção da copa.
- c) Em Vitorino (PR), área com 4 hectares de fragmento de Floresta Ombrófila Mista, contendo 398 jabuticabeiras, das quais 241 eram adultas e 157 em período juvenil. O fragmento florestal desta área era circundado por lavouras de soja e milho e, também usadas como pastagens para gado leiteiro.
- d) Em Dois Vizinhos (PR), área de pomar com 1,5 hectares, contendo 130 jabuticabeiras em fase de transição para adulta, intercaladas com outras espécies de fruteiras nativas, tais como, pitangueira, cerejeira da mata, guabirobeira, sete capoteiro, araçazeiros (amarelo e vermelho), guabijuzeiro, pessegueiro do mato. Na área ocorre sucessivas roçadas mensais, além de estar localizada próxima a outras culturas vizinhas como de citrus e, culturas anuais como de soja e milho.

Para não comprometer a qualidade do material coletado, foi realizada limpeza na superfície do solo, retirando-se restos de serrapilheira, ramos e folhas que se encontravam presentes. Depois de obter ambiente limpo, o solo foi coletado na profundidade de 0-20 cm, com auxílio de trado holandês. Cada amostra de solo, segundo os pontos amostrados foi transferida para sacos

plásticos limpos e transparentes, identificados e armazenadas por 48 horas à 4°C para posterior análise da caracterização química do solo e do isolamento microbiano.

## 5.2 Caracterização química das amostras de solo

Para caracterização química do solo, as amostras coletadas nos sítios de remanescentes florestais do Bioma Floresta com Araucárias foram encaminhadas para análise no Laboratório de Solo da UTFPR – Campus Pato Branco. Foram analisados os teores de Matéria Orgânica (MO), P, K, Al, Ca e Mg e, a soma de bases (SB), valor de saturação (V), pH e CTC presentes nos solos coletados. A MO foi obtida por extração úmida. Os teores de P, K extraídos com solução de Mehlich, pH em CaCl 1:2,5; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

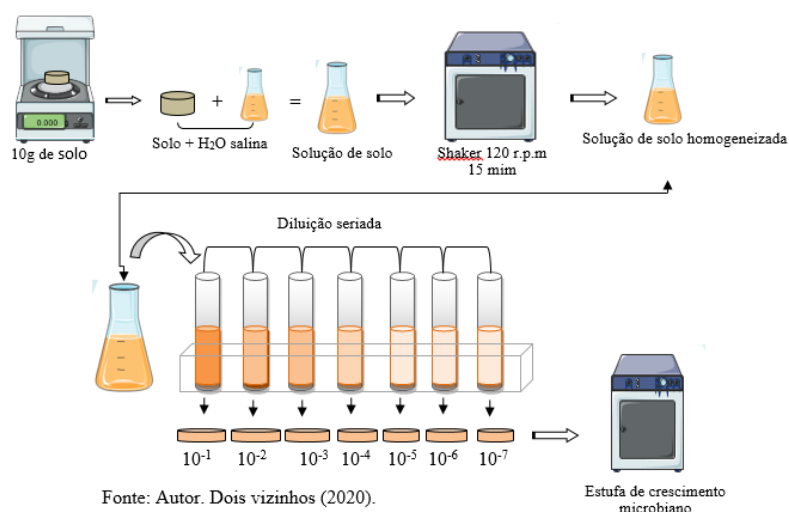
## 5.3 Isolamento dos microrganismos do solo dos quatro sítios de remanescentes florestais

Para obter os isolados microbianos, 10 g de cada amostra de solo com ou sem a presença natural de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.), coletadas de quatro sítios de remanescentes florestais foram adicionados em frascos de Erlenmeyer® de 250 mL contendo 90 mL de solução salina 0,85%. Logo em seguida, os frascos foram submetidos a agitação orbital (*shaker*) a 120 rpm por 15 min. A partir desta solução, 1,0 mL de cada amostra dos frascos foi retirado e transferido para tubos de ensaio, contendo 9,0 mL de solução salina 0,85%, para as diluições seriadas (10<sup>-1</sup> a 10<sup>-7</sup>) (Figura 8) (Hayakawa & Nonomura, 1987). Cada diluição foi plaqueada em duplicata em meios de culturas Agar Nutriente e Agar Batata Dextrose (B.D.A), com auxílio de alça de Drigalski (Figura 8) (Kanimozhi et al., 2014). As placas de Petri® foram incubadas em estufa bacteriológica a 37°C ± 1°C por 48 horas e em estufa B.O.D a 25°C ± 1°C com fotoperíodo de 12 horas, permanecendo por quatro a sete dias, visando obter crescimento das colônias.

Em seguida, foram selecionadas as colônias nas placas conforme descrito pelo protocolo *Bacteriological Manual for Foods (Food DrugsAdministration -*

FDA, 1972). Os isolados selecionados foram repicados em nova placa de Petri®, contendo meio de cultura ágar - nutriente e em meio de cultura B.D.A para armazenamento e posterior análises das colônias.

**Figura 8:** Representação esquemática do isolamento dos microrganismos do solo. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



## 5.4 Caracterização Morfológica e Bioquímica dos isolados bacterianos

### 5.4.1 Caracterização morfológica

Os isolados dos solos com e sem a presença natural de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.) foram repicados em placas de Petri®, contendo meio de cultura ágar - nutriente e em seguida incubadas em estufa a  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Após este período foram observadas em meio de cultura características morfológicas quanto a cor (amarela, branca, bege, rosa, laranja, transparente), margem (lisa, ondulada, denteada), forma (circular, irregular, filamentosa, puntiforme), densidade (brilhosa, opaca) e elevação (elevada, plana) (Bergey, 1923).

### 5.4.2 Teste de Coloração de Gram e Catalase

A fim de confirmar se os isolados bacterianos eram Gram positivos (+) ou Gram negativos (-) foi realizado o teste bioquímico de coloração de Gram, de

acordo com o protocolo descrito por Stinghen et al. (2002). As lâminas contendo os esfregaços de coloração de Gram dos isolados foram observados em microscópio óptico através do software ZEN- ZEISS na objetiva de 100X.

Com a finalidade de verificar a presença da enzima catalase nos isolados bacterianos, em lâmina foi depositada suspensão de célula bacteriana e adicionado de quatro a cinco gotas da solução de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) na concentração de 3%. Após aplicação da solução, esperou-se por cinco minutos para verificar a presença ou ausência da enzima catalase através do desprendimento de gás produzido pelos isolados quando em contato com a solução (Reiner & Karen, 2010).

#### 5.4.3 Curva de Crescimento os isolados microbianos

Para determinar o tempo de geração de cada isolado bacteriano em meio de cultura foi realizada sua curva de crescimento. Os isolados bacterianos do solo foram crescidos em meio de cultura caldo nutriente durante 24 horas, à 28°C, em estufa bacteriologia. Após crescimento, foram preparados inóculos de cada isolado bacteriano, determinados por meio da leitura 0,005 em espectrofotômetro na OD de 600 nm. Depois de determinada a concentração inicial dos pré-inóculos bacterianos, os isolados foram transferidos para placas de 96 poços contendo caldo nutriente e em seguida incubadas no leitor de microplacas (Thermo Scientific Multiskan Go) na temperatura de 28°C ± 1°C para a realização de leituras a cada 30 minutos durante 24 horas. Em cada placa, os isolados foram inoculados em triplicata (Stevenson et al., 2016).

### 5.5 Caracterização macromorfológica dos isolados fúngicos

#### 5.5.1 Determinação de crescimento e características morfológicas de isolados fúngicos em meio de cultura

A caracterização morfológica das colônias fúngicas dos isolados do solo com e sem a presença natural de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.) foi determinada a partir de aspectos macromorfológicos como coloração, forma, elevação, margem e velocidade de crescimento. Com isso, foram preparadas

placas de Petri®, contendo meio de cultura Batata Dextrose Agar (B.D.A) em triplicata. Em seguida, foram inseridos disco de micélio do fungo com 5 mm de diâmetro no centro de cada placa. Logo após, as placas foram incubadas em estufa B.O.D. a 25°C ± 1°C, com fotoperíodo de 12 horas. Após 24 horas de incubação foram realizadas as primeiras medições do diâmetro das colônias em posição ortogonal com auxílio de paquímetro digital. A medida da colônia foi usada para calcular o Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM), conforme proposto por Oliveira (1991) na eq 1.

Eq1.

$$IVCM = \frac{\sum (D-Da)}{N}$$

IVCM= índice de velocidade de crescimento micelial

D= diâmetro médio atual da colônia

Da= diâmetro médio da colônia do dia anterior

N= número de dias após a inoculação

## 5.6 Identificação taxonômica dos isolados microbianos do solo

### 5.6 Extração de DNA

O DNA genômico dos microrganismos bacterianos e fúngicos isolados de solo com e sem a presença natural de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.) foram extraídos, segundo as recomendações do protocolo do *kit PureLink® Genomic DNA Kits* e pelo protocolo CTAB (Doyle & Doyle, 1987). Após finalizar as extrações, foi realizada quantificação do DNA genômico em gel de agarose 1% por meio de transluminador UV, avaliando-se a presença e a qualidade do material genético extraído.

### 5.7 Reação em cadeia da polimerase (PCR) e purificação da amostra de DNA

O DNA genômico obtido dos isolados bacterianos e fúngicos foi amplificado por meio da PCR. Para os isolados bacterianos a região genômica amplificada foi a 16S rRNA utilizando o par de primers 10F (5'GAGTTTGATCCTGGCTCAG3')/1100r (5'AGGGTTGCGCTCGTTG 3') (Lane et al., 1991). Nos isolados fúngicos, a região amplificada foi a *internal transcribed spacer* (ITS) com *primers* ITS1 (5'TCCGTAGGTGAACCTGCGG 3')/ITS4 (5'TCCTCCGCTTATTGATATGC 3') conforme recomendado por White et al. (1990). O mix de PCR foi preparado com o produto GoTaq® DNA Polimerase (Promega), seguindo-se as recomendações do fabricante. A solução do mix de PCR contém 5µL *buffer* 5x, 3µL de MgCl (1,5 mM), 0,5µL de *primer*, 1µl dNTPs (20mM), 0,125 µL de Go Taq® DNA polimerase (5u uL<sup>-1</sup>), 2uL de DNA na concentração de 50 ng aproximadamente de cada isolado bacteriano e H<sub>2</sub>O completada para volume final de 25µL.

As condições para amplificação das regiões genômicas, correspondentes aos *primers* foram realizadas de acordo com a Tabela 6. Após obter o produto do PCR, este foi purificado utilizando-se polietilenoglicol (PEG) segundo o protocolo de Dunn & Blattner (1987). Em seguida, foi quantificado em gel de agarose a 1% e revelado por meio do transiluminador UV.

**Tabela 6:** Condições de amplificação das regiões genômicas no termociclador. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

<b>Regiões gênicas</b>	<b>Primer</b>	<b>Condições de amplificação</b>
16S rRNA	10F/1000R	95°C por 5 minutos; 30 ciclos de 95°C por 1 minuto; 57°C por 0,25 minuto; 72°C por 1 minuto e extensão final de 72°C por 5 minutos.
ITS	Its1/Its4	94°C por 10 minutos; 35 ciclos de 94°C por 30 segundos; 55°C por 1 minuto; 72°C por 1 minuto e extensão final de 72°C por 10 minutos.

## 5.8 Sequenciamento dos isolados bacterianos e fúngicos

O sequenciamento dos isolados bacterianos e fúngicos foi realizado pelo método Sanger através do aparelho ABI 3730 XL *Big Dye Terminator Kit* v.3.1 (Applied Biosystems). As sequências nucleotídicas de cada isolado foi

visualizada e editada no software *DNA Baser Assembler* v5 ([www.DNABaser.com](http://www.DNABaser.com)). Em seguida, as sequências foram comparadas com outras já depositadas no banco de dados *GenBank* através da ferramenta BLAST (colocar o site), que consiste na análise de similaridade entre sequências por meio de um valor percentual (>98%).

#### 5.9 Teste de compatibilidade dos isolados bacterianos em meio de cultura

O bioensaio de compatibilidade entre microrganismos bacterianos isolados de solo com e sem presença natural das jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.) foi realizado segundo o método *Cross Streak* (CSM) (Fernando, 1947), utilizando-se placas de Petri®, contendo o meio de cultura ágar nutriente, inoculadas com 10 isolados bacterianos por unidade experimental. Os microrganismos confrontantes foram inseridos no centro de cada placa de Petri®, linearmente em direção vertical. Os microrganismos confrontados foram inoculados paralelamente nas extremidades das placas de Petri®. Em seguida, as cepas bacterianas foram incubadas em estufa bacteriológica a  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, observando-se após esse período a compatibilidade dos isolados microbianos através da presença e ausência de crescimento adjacente ao crescimento do microrganismo testado, indicando a inibição ou sobrevivência da cultura alvo (Shomura et al., 1980).

#### 5.10 Teste de antagonismo dos fungos

Os fungos isolados de solo com e sem presença natural de jabuticabeiras nativas (*Plinia* sp.) foram submetidos ao ensaio de antagonismo. Discos de micélio de 5 mm dos fungos isolados foram retirados das colônias e inseridos em extremidades opostas, em pontos equidistantes, com 2,0 cm de distância da borda de nova placa de Petri®, contendo meio de cultura ágar B.D.A (Campanile et al., 2007). Cada tratamento foi realizado com três repetições com uma placa controle tendo somente um dos microrganismos, inserido em uma das extremidades. Após sete dias de cultivo, os fungos foram avaliados quanto ao crescimento micelial, conforme proposto pela escala de Bell et al. (1982) (Tabela

7), sendo os valores relativos a cada classificação transformados em percentuais (%).

**Tabela 7.** Classificação de antagonismo segundo o critério de Bell et al. (1982). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

<b>Critério para avaliação de antagonismo</b>	
Classe 1	Antagonista cobrindo a totalidade da superfície da placa.
Classe 2	2/3 do antagonista cobrindo a superfície da placa.
Classe 3	Antagonista cobrindo ao menos 50% da superfície da placa.
Classe 4	2/3 patógeno cobrindo a superfície da placa.
Classe 5	Patógeno cobrindo a totalidade da superfície, anulando o antagonista.

### 5.11 Ensaio da atividade enzimática dos isolados bacterianos e fúngicos

A produção enzimática pelas cepas bacterianas e fúngicas isoladas de solos com e sem presença natural de jabuticabeiras nativas foi testada em meio de cultura mineral (MSM), constituído por 2,0 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 7,0 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 0,1g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1g de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  e 15 g de ágar por litro de água destilada em pH 7,0, com a adição dos indutores 1% de amilase, 1% de celulase e 1% de protease como única fonte de carbono, segundo metodologia descrita por Stamford et al. (1998).

Os isolados bacterianos testados nas placas de Petri<sup>®</sup>, contendo o meio de cultura MSM + indutores (amilase, celulase e protease) foram inoculados em cinco pontos, de forma equidistantes na placa. Logo após, foram incubados por 48 horas em estufa de crescimento bacteriológico a  $22^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ . Os testes enzimáticos das bactérias foram realizados com cinco repetições, sendo a unidade experimental representada por cada placa de Petri<sup>®</sup>. Para os fungos, um disco de micélio de 5 mm de cada isolado microbiano foi inserido no centro de cada placa Petri<sup>®</sup>. Em seguida, as placas foram armazenadas em  $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , dentro de estufa B.O.D., com fotoperíodo 12 horas durante quatro dias. Para cada tratamento enzimático dos fungos, os testes foram realizados em triplicada. Com intuito de verificar a presença do halo de degradação após o crescimento dos isolados bacterianos e fúngicos foi preparada solução de revelação, com cada placa de Petri<sup>®</sup>, recebendo volume de 10 mL de solução, conforme descrita



na Tabela 7 (Hankin & Anagnostakis, 1975; Montenecourt & Eveleigh, 1977; Harrigan & McCanoë, 1979).

**Tabela 8:** Soluções de revelação das enzimas para adição em meio de cultura. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

<b>Indutores</b>	<b>Solução de Revelação</b>
Amilase (1% de amido solúvel)	1% de lugol
Celulase (1% de carboximetilcelulose -CMC)	Vermelho-congo
Protease (4% de gelatina)	Sulfato de amônio (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

Os resultados do halo de degradação da colônia foram obtidos através do diâmetro médio do halo de degradação e o diâmetro médio da colônia, expresso como Índice Enzimático (IE) (Anderson, 1939).

#### 5.12 Avaliação da produção de ácido indol-acético – AIA

O potencial de produção de AIA pelos isolados bacterianos e fúngicos foi determinado segundo metodologia descrita por Tang & Bonner (1947). As bactérias e os fungos foram cultivados em frasco de Erlenmeyer® de 125 mL, contendo 10 mL de meio de cultura líquido, com caldo nutriente e B.D.A suplementado com triptofano na concentração de 10,1 ug mL<sup>-1</sup> (Rodrigues et al., 2010). Foram preparados inóculos ajustados a partir da densidade óptica de 0,5 a 600 nm para as bactérias e 0,4 a 0,5 x 10<sup>4</sup> UFC mL<sup>-1</sup> a 400 nm para fungos (Steluti et al., 2004).

O material foi incubado no escuro, em rotação a 120 rpm, com uso de Shaker, mantido na temperatura de 28°C ±1°C e 25°C ±1°C por 48 horas para as bactérias e fungos, respectivamente. Após o crescimento dos isolados em meio de cultura, alíquota 1mL foi retirada de cada frasco e transferida para tubos de eppendorf®, sendo centrifugados a 10.000 x g por 10 minutos. Uma alíquota de 500 uL do sobrenadante foi coletado e adicionado em 500 uL do reagente Salkowski (12g L<sup>-1</sup> de FeCl<sub>3</sub> 0,5M em 7.9mM de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e em seguida, os tubos foram armazenados no escuro por 30 minutos.

Os isolados produtores de AIA foram determinados através da formação da coloração rosa, quantificados em espectrofotômetro 530 nm. Uma curva padrão foi criada para comparação e determinação de produção de AIA.

### 5.13 Avaliação da produção e capacidade de solubilização de fosfato (P)

Os isolados foram submetidos à análise de solubilização de fosfato. Cada isolado foi pontualmente inoculado em cinco pontos equidistantes, em placas de Petri®, contendo o meio de cultura Pikovskaya com 0,5% (p / v) de tricálcico fosfato (TCP) (Figura 12). Em seguida, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica a  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , durante sete dias para o aparecimento dos halos ao redor da colônia. Logo após, fez-se a medição dos halos ao redor da colônia com auxílio de paquímetro digital. A medida foi usada para calcular o índice de solubilização de acordo com a equação 2 (Premono et al., 1996).

Eq.2

$$\text{SI} = \frac{\text{Diâmetro da zona do halo}}{\text{Diâmetro da colônia}}$$

SI = Índice de solubilização

Diâmetro da colônia

H= diâmetro da zona do halo

C= diâmetro da colônia

Após determinar o isolado solubilizador de fosfato em meio de cultura sólido, fez-se verificação da quantidade absorvida em meio líquido através do método Fiske & Subbarow (1925). O isolado foi cultivada em frascos de Erlenmeyer® de 125 mL, contendo 10 mL de meio de cultura líquido caldo Pikovskaya (PVK) com 0,5% (p / v) de tricálcico fosfato (TCP), incubadas em agitação no *shaker* a 120 r.p.m, na temperatura de  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 7 dias. Após o crescimento das culturas, fez-se sua centrifugação a 8.000 rpm por 10 minutos. Uma alíquota de 500  $\mu\text{L}$  de sobrenadante dos isolados foi retirado e adicionado a 500  $\mu\text{L}$  de ácido tricloroacético a 10% (p / v) mais 4 mL do reagente 3M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 2,5% molibdato de amônio; 10% de ácido ascórbico;  $\text{H}_2\text{O}$  destilada; na proporção 1: 1: 1: 2 (v/v) em tubo de ensaio. A solução foi armazenada em temperatura ambiente por 15 minutos. Uma amostra controle foi com meio PVK. Em seguida, as amostras foram quantificadas em espectrofotômetro à 820 nm. Uma curva padrão foi criada a partir da concentração de fosfato.

#### 5. 14 Obtenção de sementes para mudas de jabuticabeiras nativas (*Plinia cauliflora*)

As sementes foram coletadas de jabuticabas maduras produzidas no pomar de fruteiras da Universidade Federal de Viçosa – UFV. As sementes foram extraídas de forma manual, através da compressão dos frutos em superfície plana. Após os frutos romperem, as sementes recobertas pela mucilagem foram retiradas por meio do método de fricção em peneiras de malha fina a partir da adição de cal virgem para facilitar o processo de retirada e separação da mucilagem. As sementes sem a mucilagem foram lavadas em água corrente e mantidas por 24 horas em temperatura ambiente, retirando-se o excesso de umidade. Depois de obtidas as sementes de jabuticabeiras, fez-se sua separação em dois lotes, com o primeiro destinado para testes com isolado bacteriano e outro para produção de mudas que inseridas para uso no consórcio microbiano à campo.

#### 5.15 Pré-seleção de isolados bacterianos promotores de crescimento vegetal “in vitro”

Os isolados bacterianos foram crescidos em meio de cultura, contendo caldo nutriente e armazenados em estufa bacteriológica na temperatura de  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , 24 horas antes de serem testados individualmente na semente (Alfenas & Mafia, 2016).

As sementes extraídas foram submetidas ao processo de assepsia pela imersão durante 3 minutos em álcool 70%, contendo 3 gotas de Tween<sup>®</sup> 80% e depois em solução de Hipoclorito de Sódio a 1% por 15 minutos (Brasil, 2009). Em seguida, foram realizadas sucessivas lavagens em água destilada para retirada de quaisquer resquícios de resíduo químicos na semente. Depois da assepsia, as sementes foram imersas em 40 mL de solução de meio de cultura caldo nutriente contendo os isolados bacterianas durante 30 minutos (Govindarajan et al., 2008; Moura et al., 2018). Foram testadas 107 isolados bacterianos. Após este período, as sementes inoculadas foram semeadas em substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> mantidos em tubetes cônicos dispostos em

bandejas plásticas. O tratamento controle constituiu-se no uso de sementes imersas em solução de água destilada. Cada tratamento foi composto por três repetições, formado por 12 tubetes que constituíram as unidades experimentais. Os tratamentos contendo os isolados foram transferidos para casa de vegetação, mantendo-as durante 45 dias, nos quais permitiram avaliar as plântulas germinadas (%) (Brasil, 2009), índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962), tempo médio de germinação (TMG) (Silva & Nakagawa, 1995) e velocidade média de germinação (VMG) (Kotowski, 1926).

#### 5.16 Aplicação dos consórcios bacterianos

A aplicação dos isolados microbianos no solo visando o crescimento e desenvolvimento de mudas de jabuticabeira foi realizado a partir do bioensaio dos isolados bacterianos em combinações, escolhidos com base nos resultados obtidos individualmente da inoculação das sementes.

O experimento foi realizado a partir da formação de dois consórcios para cada um dos quatro locais de coleta (cidade). Os tratamentos consistiram em Consórcio 1 (sem a presença de jabuticabeiras nativas) e Consórcio 2: (com a presença de jabuticabeiras nativas) e controle (Sem inoculação). Foi aplicado 1 mL do consórcio bacteriano em solução no substrato via orifício de semeadura. No tratamento controle apenas água destilada. Cada tratamento continha três repetições, formado por 20 tubetes cônicos por unidade experimental. Após 7 e 30 dias de aplicação dos consórcios microbiológicos, foi realizada análise nutricional dos minerais foliares, composto pelos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e, micronutrientes Fe, Zn, Mn, B e Cu.

#### 5.17 Avaliação das plantas inoculadas

As mudas de jabuticabeira foram avaliadas inicialmente (antes da instalação do experimento) e após 30 dias por meio da obtenção do incremento em altura e diâmetro do caule.

#### 5.18 Teor nitrogênio (N) nas mudas de jabuticabeira

Para avaliar o teor de nitrogênio (N) foram selecionadas dez mudas aleatoriamente de cada tratamento, efetuando-se a coleta do terceiro par de folhas de cada uma, após sete dias de inoculação dos isolados, segundo a metodologia Raji et al. (1996). Depois de realizada coleta, as folhas foram armazenadas em saco de papel Kraft e em seguida, mantidas em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 65°C por 72 horas para retirada da umidade. Ao finalizar a secagem, as folhas foram processadas em moinho, nos quais foram trituradas até obtenção da consistência de um pó. O teor de N total foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl (Yasuhara & Nokihara, 2001).

Para determinar o teor de N total foi realizada a digestão do material vegetal, sendo pesado 0,8 g do pó do material vegetal, que foi transferido para tubo digestor contendo solução de 3 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado e 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 30%. O tubo digestor foi levado para capela contendo bloco digestor inicialmente mantido na temperatura de 100°C, passando para 200°C e aumentando gradualmente até atingir 350°C, no qual ficou mantido o tubo durante uma hora ou até obtenção da coloração clara próximo a cor verde. Cada tratamento continha três repetições e uma amostra controle (Branco) sem a presença do material vegetal.

Depois da digestão do material vegetal, foi adicionado 20 mL de H<sub>2</sub>O no tubo digestor para evitar surgimento de cristalização da amostra. Em seguida, o tubo digestor foi acoplado junto ao destilador de N, então adicionado solução de 15 mL de hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 40% no copo dosador do destilador. A solução destilada da amostra juntamente com NaOH foi gotejada em um frasco de Erlenmeyer® de 125mL contendo 10 mL da solução receptora-indicadora até apresentar mudança de coloração de marrom para verde clara e atingir volume de 50 mL.

Depois de realizada destilação no destilador de nitrogênio, a amostra foi submetida ao processo de titulação. Em bureta de 50 mL contendo solução de 0,1 M de HCL, gotejada em frasco Erlenmeyer® de 125 mL, contendo 50 mL da amostra. Ao modificar a cor de verde cristalino para vermelho anotou-se o volume para determinação na equação 2 do NT em g kg<sup>-1</sup>.

Eq 2.

$$NT = \frac{(V_a - V_b) \times F \times 0,01 \times 0,014 \times 100}{P1}$$

NT– Teor de nitrogênio total na amostra, em porcentagem;

V<sub>a</sub> – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

V<sub>b</sub> – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do Branco, em mililitros;

F – Fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol L<sup>-1</sup>;

P1 – massa da amostra (em gramas).

#### 5.19 Análise de teor de macro e micronutriente obtido de seiva de folhas de jabuticabeira inoculadas com consórcio microbiano

O consórcio 1 (isolados de solo sem a presença de jabuticabeira) e consórcio 2 (isolados de solo com a presença de jabuticabeira) foram montados de acordo com o sítio de coleta. O sítio de Clevelândia foi composto por seis isolados (I1; I6; I7; I8; I9 e I10) de solos com a presença de jabuticabeira e nove isolados (I12; I13; I14; I15; I16; I17; I18; I19 e I20) de solos sem a presença de jabuticabeira. O sítio de Vitorino foi composto por cinco isolados (I21; I23; I25; I29 e I30) com a presença de jabuticabeira e oito (I31; I32; I33; I35; I36; I37; I38 e I39) de solos sem a presença de jabuticabeira. Para o sítio de Pato Branco obteve-se consórcio com sete isolados (I42; I43; I44; I45; I46; I49 e I50) de solos com a presença de jabuticabeira e 9 isolados (I51; I52; I53; I54; I55; I56; I57; I58 e I60) sem a presença de jabuticabeira. O sítio de Dois Vizinhos apresentou consórcio com três isolados (I65; I66 e I70) de solos com a presença de jabuticabeira e seis (I71; I72; I74; I75; I79 e I80) sem a presença de jabuticabeira.

Para avaliar o teor de macro e micronutrientes foram coletadas 10 folhas saudáveis das mudas de jabuticabeira inoculadas com o consórcio microbiano, escolhidas de forma aleatória após sete dias da inoculação do isolado. As folhas foram limpas com papel toalha umedecido com álcool 70%, removendo-se poeiras e contaminantes presentes na sua superfície. Com auxílio de cadinho, as folhas foram maceradas em álcool etílico (Cadahía & Lucena, 2000). Uma alíquota de 2 mL foi coletada e transferida para microtubo de eppendorf®. Desta

alíquota foi retirada 100 uL de seiva e transferida para cubeta contendo 900 uL de álcool 95%. Em seguida, foram realizadas as leituras no aparelho espectrofotômetro NIR (*Near-infrared spectroscopy*) modelo SMART (*Optionline* Biotecnologia). As leituras foram feitas na faixa do UV-VIS entre 325 nm a 1700 nm. Todas as leituras foram realizadas em quadruplicadas.

## 5.20 Análise estatística

Os dados foram submetidos a teste de normalidade de Lilliefors procedendo-se com sua transformação por Box cox (1964) para quase todas as variáveis. Os dados de germinação, VMG, IVG, TMG, nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, ferro, manganês, zinco e incremento em altura não necessitaram serem transformados. Em seguida, os dados transformados ou não foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Duncan a 5% de probabilidade para quase todos os experimentos, exceção daqueles em que houve avaliação dos isolados como fator, fazendo-se uso do teste de agrupamento de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Análise química do solo

Os solos dos sítios de coletas realizadas em Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos, dos remanescentes florestais do Bioma Floresta com Araucárias na presença e ausência de jabuticabeiras nativas apresentaram pH mais ácidos, nos quais variaram entre 3,7– 4,8 (Tabela 9).

O pH do solo na região do presente trabalho já havia sido descrito por Danner et al. (2010) como extremamente ácidos. O motivo destes solos possuírem alta acidez é por serem muito intemperizados e com baixa CTC, sendo classificados como latossolo vermelhos distroféricos (EMBRAPA, 1999).

Segundo Liu & Hanlon (2018), ações realizadas no solo, como a disponibilidade de nutrientes e processos microbianos, podem ser afetados pelas condições do pH. O pH estando na faixa entre 6,0 e 7,0 proporciona maior

número de microrganismos, aumenta a disponibilidade de nutrientes e maior absorção de alguns minerais pela planta (Sylvia et al., 2005; Das et al., 2010).

Apesar da acidez ser processo que ocorre nos solos naturalmente, aqueles com pH inferiores a 3,0 tornam-se problema, tanto para o ambiente como para as plantas (Liu et al., 2007), sendo extremamente tóxico. Este aumento na acidez do solo melhora a disponibilidade de alguns micronutrientes presentes como também do alumínio, sendo este prejudicial a maioria das culturas, podendo inclusive levá-las a morte (Souza et al., 2007). Para que uma cultura possa se desenvolver em condições adequadas, o pH deve encontrar-se situado na faixa de 5,5 a 6,5, observando-se se a atividade da microbiota esteja favorável.

Os teores de macronutrientes obtidos na análise do solo apresentaram valores distintos entre os sítios de coleta. O teor de MO foi maior nos sítios de coleta de Clevelândia, Vitorino e Pato Branco (Tabela 9), com ou sem presença de jabuticabeiras nativas. Em Dois Vizinhos, o valor de MO foi menor.

Tal comportamento já era esperado uma vez que os pontos de coleta com maiores teores de MO tratam-se de fragmentos florestais, com camada de serrapilheira presente, no qual permite a ciclagem de nutrientes diferente de Dois Vizinhos que é área de pomar. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Danner et al. (2010) na mesma região, que observaram altos teores de MO presentes nos solos de 14 sítios com ocorrência natural de jabuticabeira (*Plinia cauliflora*).

Os teores de potássio apresentaram valores considerados baixos em todos os locais de coleta, exceto para os macronutrientes de Ca e Mg no sítio de Clevelândia com presença de jabuticabeira (Tabela 9).

Os resultados de baixos teores de potássio (Tabela 9) foram semelhantes aos encontrados nos trabalhos de Oliveira Júnior et al. (2013) e Firmano et al. (2020). Tal resultado pode estar relacionado com o teor de  $\text{Ca}^{+2}$  presente no solo, pois segundo Chatzistathis et al. (2015), quando o  $\text{Ca}^{+2}$  encontra-se em altas concentrações no solo pode ocorrer reduções de K e Mg devido a competitividade que ocorre pelo mesmo sítio de atividade de troca catiônica.

Os teores de P encontrados nos solos dos sítios de coleta deste trabalho (Tabela 9) foram semelhantes aos relatados por Cassol et al. (2021) na mesma



região do estudo e em áreas com presença de outras fruteiras nativas da família Myrtaceae.

No trabalho de Cassol et al. (2021) a faixa encontrada foi de 0,10 a 2,23 cmolc dm<sup>-3</sup> quando da presença de *Psidium cattleianum* Sabine (araçazeiro), 0,05 a 1,85 cmolc dm<sup>-3</sup> com *Myrcianthes pungens* (guabijuzeiro), 15 a 2,2 cmolc dm<sup>-3</sup> em *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira), 0,18 a 1,08 cmolc dm<sup>-3</sup> em *Eugenia involucrata* (cerejeira-do-mato), 0,08 a 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> para *Campomanesia guazumifolia* (Camb.) Berg. (sete-capoteiro) e 0,05 para 1,3 cmolc dm<sup>-3</sup> com *Eugenia pyriformis* Cambess (uvaieira).

A falta de N, P e K tende a afetar processos fisiológicos durante o crescimento das plantas. No caso do N, pode interferir na estrutura em nível celular, afetando a divisão e expansão da célula e, o aumento na espessura da parede celular (Wild, 1988). A privação de cálcio e potássio pode causar danos na produção de enzimas e hormônios (Marschner, 2012), diminuindo a obtenção de biomassa da planta (Asif et al., 2017b), reduzindo a capacidade de absorção de nutrientes e água (Jiang et al., 2018), além de impactar na estrutura morfológica da planta reduzindo o tamanho da área foliar, causando clorose interveinal e enrolamento das folhas (Hu et al., 2016; Zhao et al., 2016; Shankar et al., 2018). Além desses sintomas de deficiência, pode ocorrer redução nas raízes e nos pêlos radiculares (Schachtman & Shin, 2007).

Outro fator é a presença de alto teor de alumínio (Al) encontrado nos solos analisados neste trabalho. A faixa de Al nos solos foi 2,55 a 4,65 cmol dm<sup>-3</sup>, nos sítios de Clevelândia, Vitorino e Pato Branco, tendo ou não a presença de jabuticabeira (Tabela 9). O Al em altas concentrações no solo torna-se extremamente tóxico para as plantas, uma vez que, ocorre seu acúmulo em estruturas do sistema radicular e em outras partes da planta (Wagatsuma, 1984; Massot et al., 1992).

No entanto, no sítio de Dois Vizinhos, em ambos os solos não houve presença de alto teor de alumínio, com valores abaixo de  $\leq 0,75$  cmolc dm<sup>-3</sup>, o que talvez por serem áreas que não pertencem mais a fragmentos florestais.

Para capacidade de troca catiônica (CTC), a faixa obtida foi de 11,8 a 23,4 (Tabela 9), o que pode ser consequência da taxa de MO presente (Fontes et al., 2011; Sousa et al., 2007). Desta forma, quanto maior o teor de MO, maior será

sua influência sobre a CTC e na retenção de cátions, reduzindo assim a perda por lixiviação (Raij, 1981; Rangel & Silva, 2007).

Para soma de bases (SB), a faixa foi de 0,59 a 6,50 (Tabela 9). A SB é a soma de potássio, sódio, cálcio e magnésio presentes na análise de solo, cuja função é auxiliar no cálculo de outros indicadores, como capacidade de troca catiônica e saturação por bases.

A faixa de saturação de bases (V%) foi de 2,60 a 47,45 (Tabela 9). As culturas apresentam como V% ideal, geralmente entre 60% a 70%. Porém, como os solos analisados no presente trabalho não receberam calagem, os valores de V poderiam aumentar se feito a correção do pH, pois com a redução da acidez potencial têm-se aumento na saturação de bases.

Segundo Ribeiro et al. (2020), os solos acidificados acabam modificando a solubilidade iônica interferindo no potencial de equilíbrio da concentração iônica da interface mineral. Muitos microrganismos auxiliam na liberação destes minerais retidos no solo (Granada et al., 2018). Um dos exemplos é o P que são solubilizados por meio de processos de reações redox, acidificação, quelatção de cátions (Altomare et al., 1999; Yadav & Verma, 2012). Além do P, outros minerais participam dos processos de solubilização do K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn (Altomare et al., 1999; Granada et al., 2013; Verma et al., 2017; Ribeiro et al., 2020).

Entretanto, todos estes processos metabólicos realizados pelos microrganismos dependem de MO (Lovley & Chapelle, 1995; Schmitt et al., 2018). A atividade que os microrganismos realizam no solo supre as necessidades dos hospedeiros disponibilizando N e P em troca de fornecimento de carbono (Johnson, 2010). Desta forma, são supridas as necessidades nutricionais que a planta requer nos sistemas naturais através do processo de interação planta e microrganismo (Lebauer et al., 2008; Liang et al., 2022; Lindahl & Tunlid, 2015; Mitter et al., 2016).

**Tabela 9:** Análise de composição química dos nutrientes do solo dos sítios de remanescentes florestais. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Análise de propriedades químicas do solo									
		Solo com a presença de Jaboticabeira				Solo sem a presença de Jaboticabeira			
Indicadores	Unidade	Clevelândia	Vitorino	Pato	Dois	Clevelândia	Vitorino	Pato	Dois
				Branco	Vizinhos			Branco	Vizinhos
MO	g dm <sup>-3</sup>	80,4	56,2	85,7	28,1	83	58,97	64,33	32,1
P	mg dm <sup>-3</sup>	4,08	2,66	34,4	1,64	2,32	2,66	2,32	1,64
K	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,17	0,13	0,04	0,06	0,14	0,09	0,1	0,1
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	2,55	3,55	3,95	0,75	3,25	3,65	4,65	0,15
SB	cmolc dm <sup>-3</sup>	4,27	0,63	1,04	4,06	1,94	0,59	0,60	6,50
V	%	18,49	2,97	4,43	34,35	9,34	2,79	2,60	47,45
CTC	(%)	23,0	21,1	23,4	11,8	20,7	21,1	23	13,7
Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>	260,0	0,1	0,2	2,3	0,7	0,1	0,2	3,6
Mg	cmolc dm <sup>-3</sup>	150,0	0,4	0,8	1,7	1,1	0,4	0,3	2,8
pH		4,0	3,7	4,0	4,4	4,0	3,7	3,9	4,8

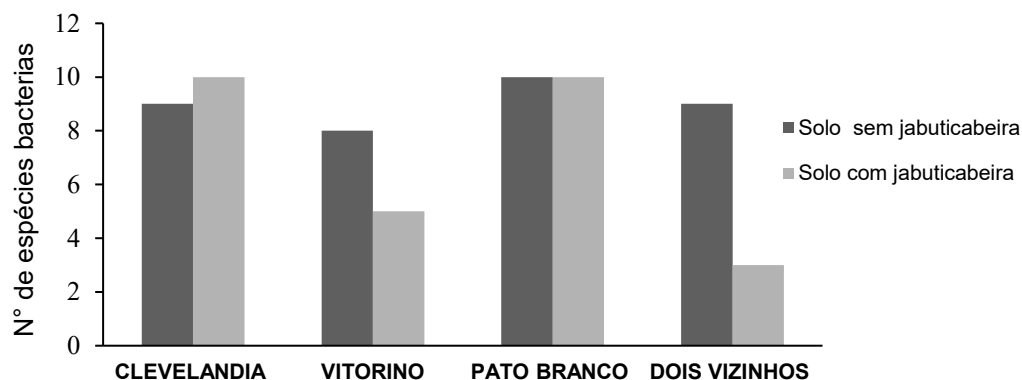
## 6.2 Isolamento de isolados de bactérias e fungos do solo

Foram bioprospectados do solo 107 espécies de microrganismos, dos quais 94 foram sobreviventes, divididos em 65 isolado bacterianos e 29 fúngicos entre os sítios de remanescentes florestais do Bioma Floresta com Araucárias de Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos, dos solos com presença e ausência de jabuticabeiras nativas.

Este resultado corrobora com o que foi descrito por Lloyd et al. (2018) e Steen et al. (2019), em que 10 a 20% dos microrganismos são cultiváveis de amostras ambientais. Destes microrganismos, mais de 80% não são cultiváveis em condições de laboratório (Leckie, 2005). O que foi relatado pelos autores Dunlap (2001) e Martiny et al. (2006) que, o microrganismo pode ser detectado em todos os tipos de ambiente, porém nem todos possuem a capacidade de desenvolver em todos ambientes.

De acordo com Carney & Matson (2006), muitos dos microrganismos desses ambientes são determinados pelo tipo de solo e vegetação, podendo ser encontrada diversidade de espécies. Outro fator de seleção dos microrganismos é por meio das plantas, pois quando liberam exsudatos acabam atraindo espécies benéficas e com isso formando sua própria comunidade microbiana (Berg et al., 2016), sendo assim, muitos dos compostos liberados pelas plantas são responsáveis pelas interações específicas (Peters et al., 1986).

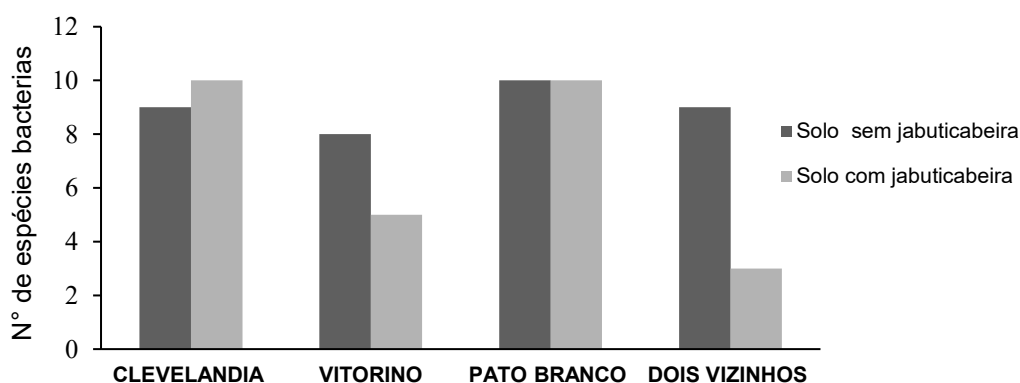
Desses isolados bacterianos, 10 bactérias foram obtidas de solos com presença natural de jabuticabeiras e nove de solos sem jabuticabeira na cidade de Clevelândia. Em Vitorino foram cinco isolados de solo com presença natural de jabuticabeiras e oito isolados de solo sem tal fruteira. Da coleta realizada em Pato Branco, obtiveram-se 10 com e 10 sem presença natural de jabuticabeiras. Em Dois Vizinhos foram três isolados de solo com presença de jabuticabeira e nove sem (Figura 9).



### Sítio de remanescente florestais

Figura 9: Número microrganismos bacterianos bioprospectados em solos de quatro sítios de remanescentes florestais. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Para os fungos, 10 isolados foram obtidas de solos com presença natural de jaboticabeiras e nove de solos sem jaboticabeira na cidade de Clevelândia. Em Vitorino foram cinco isolados de solos com presença natural de jaboticabeiras e oito isolados de solos sem tal fruteira. Da coleta realizada em Pato Branco, foram quatro com e três sem presença natural de jaboticabeiras. Em Dois Vizinhos foram cinco isolados de solos com presença de jaboticabeira e um sem (Figura 10). O ambiente de floresta em que o solo é acidificado ( $\text{pH} < 4,1$ ) há maior incidência de fungos ácido (Högberg et al., 2007).



### Sítio de remanescente florestais

Figura 10: Número de microrganismos fúngicos bioprospectados em solos de quatro sítios de remanescentes florestais. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

### 6.3 Caracterização morfológica e bioquímica de isolados bacterianos

Neste estudo, 64 isolados bacterianos indicaram serem Gram positivos e um isolado como Gram negativo (APÊNDICE I).

Cattelan et al. (1998), trabalhando com solo cultivado com soja, obtiveram maior predominância de bactérias Gram (+) não esporulada e esporulada. No trabalho de Sagardoy & Salermo (1993), 74% das bactérias isoladas eram Gram (+), sendo 21% bastonetes formadores de esporo e 48% não esporulantes e, 26% Gram (-).

Muitos fatores influenciam para o cultivo das espécies microbianas, tais como, a capacidade de crescimento no meio, uma vez que, a sua composição e pH podem favorecer algumas espécies em relação a outras (Kato et al., 2020; Gurusinghe et al., 2019; Diakite et al., 2020), pois em determinado momento, o meio de cultura acaba selecionando.

No caso do presente trabalho, optou-se por meio de cultura não seletivo (ágar nutriente). A escolha de um meio não seletivo teve por objetivo selecionar o máximo de espécies (bactérias e fungos), desde que fossem cultiváveis. Esses resultados corroboram com aqueles encontrados por outros autores que isolaram microrganismos da raiz e solo rizosférico, por meio do uso de meios não seletivos (Sorheim et al., 1989; Buyer, 1995; Tabacchioni et al., 2000; Silva et al., 2012; Leite et al., 2014).

Todos os isolados testados para atividade da enzima catalase, apresentaram resultados positivos (Tabela 9), com alguns isolados apresentando maior atividade do que outros. A vantagem de identificar microrganismos com capacidade para produção desta enzima é seu uso na biorremediação, tais como, no tratamento e reciclagem de efluentes têxtil, de solos e de petróleo (Fruhirth et al., 2002; Paar et al., 2001; Leilei et al., 2012; Ogbolosingha et al., 2015).

Além dos processos de biorremediação, esta enzima pode ser usada na indústria de alimentos, como por exemplo, em processos de pasteurização do leite e na produção de queijo, livrando estes produtos da presença de espécies

reativas de oxigênio (ROS) (Geciova et al., 2002; Kilcawley et al., 1998). Esta atividade enzimática tem importante atuação no processo de defesa das bactérias contra estresse oxidativo (Zámocký et al., 2012; Johnson & Hug, 2019; Kim et al., 2019), atuando também em processos celulares e na produção de metabólitos (Cho et al., 2000; Aguirre et al., 2005; Matsuura et al., 2014; Montibus et al., 2015; Bibián et al., 2020).

As características morfológicas determinaram que a maioria dos isolados bacterianos apresentaram forma de bacilo. O crescimento das isolado ocorreu em sua maioria antes de completar 24 horas de cultivo (Figuras 9 e 10). Os isolados bacterianos que obtiveram crescimento rápido em meio de cultura, podem ser potenciais microrganismos para serem utilizados como produtos biológicos a serem aplicados em solos de áreas agrícolas. Isso porque apresentam ótimo crescimento em meio de cultura com base nas fases lag onde ocorre o início do crescimento celular, exponencial onde ocorre o aumento celular, estacionária onde as células se adaptam às mudanças de escassez de nutrientes e a fase de declínio diminuição no número de células.

A maioria dos isolados neste trabalho são microrganismos de crescimento rápido, corroborando com o que foi obtido por Vijayalakshmi et al. (2013), com *B. subtilis*.

Todavia, o crescimento dos isolados bacterianos diferiram entre si, pois algumas apresentaram crescimento rápido e outros lento (APÊNDICE II). Diferentes grupos de táxons possuem crescimento distintos, logo, em condições ideais alguns microrganismos são capazes de crescer rapidamente e outros nem tanto (Curtis et al, 2002; Pedrós-Alió et al., 2006).

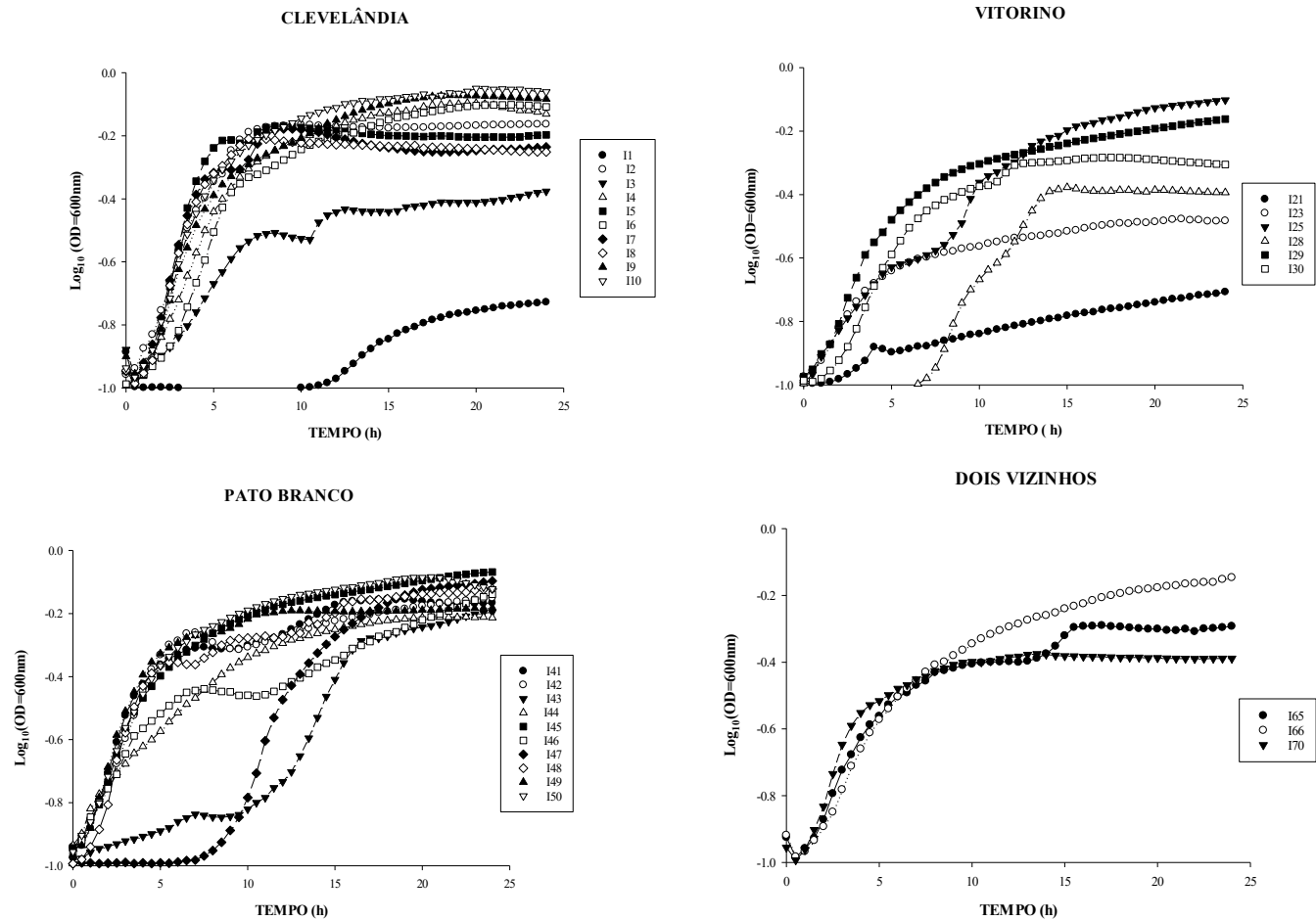
Vários fatores podem ter proporcionado para que algumas das bactérias terem apresentado crescimento lento em meio de cultura, entre os quais estão as condições nutricionais do meio de cultura, como sua composição podendo apresentar escassez e a temperatura utilizada no crescimento (Kacena et al., 1999; Gnanou et al., 2006; Berbegal et al., 2015). Cada microrganismo possui uma faixa de temperatura considerada ótima para seu crescimento na natureza que pode ser restrita comparada ao ambiente laboratorial (Cuecas et al., 2014) ou esta ser uma característica da própria espécie.

Os isolados que demonstraram crescimento rápido neste trabalho, foram semelhantes ao que foi obtido em outros trabalhos (Kacena et al., 1999; Gnanou et al., 2006; Berbegal et al., 2015; Akinyele & Adetuyi, 2005).

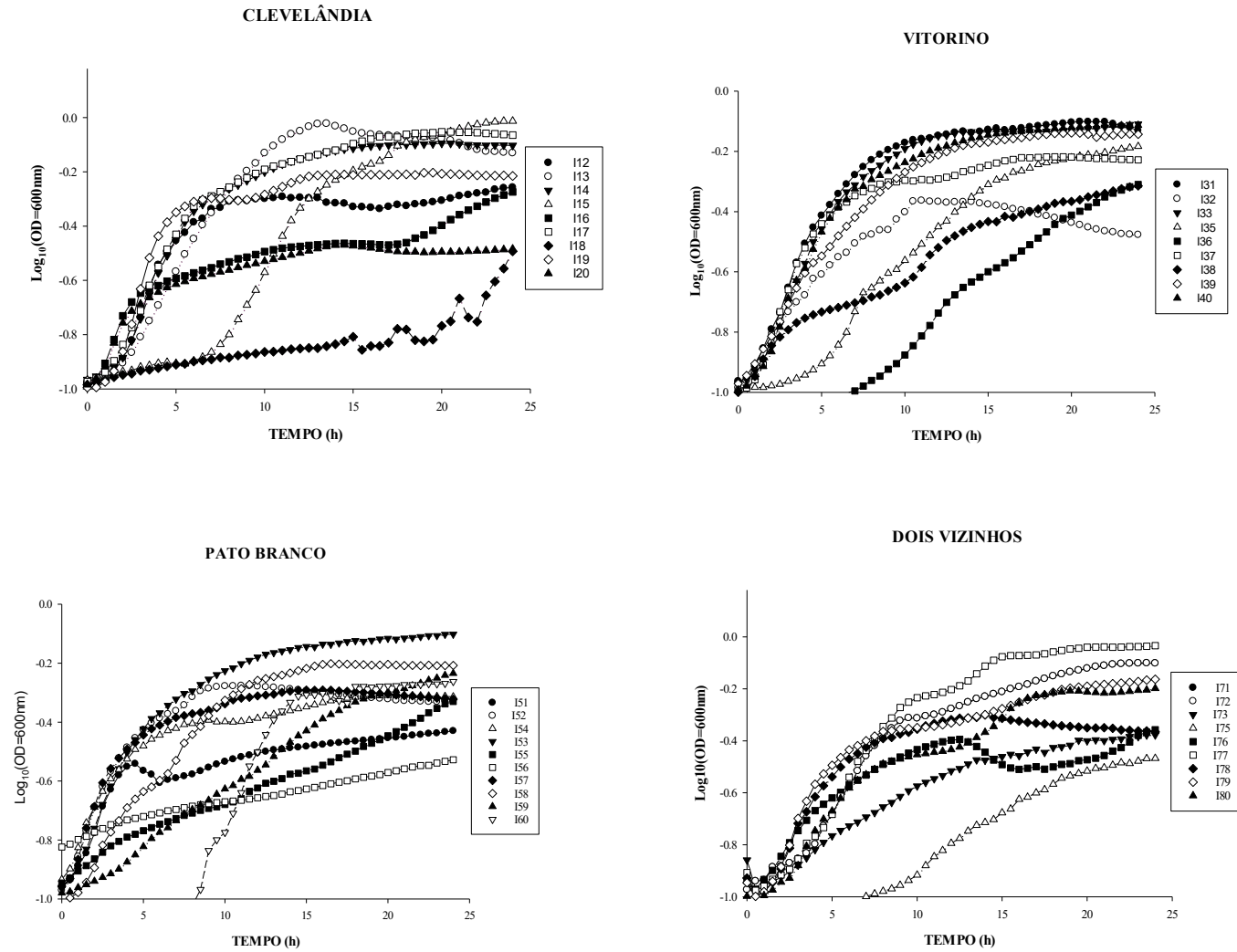
O crescimento de uma bactéria no ambiente em condições específicas leva a maior velocidade de crescimento e conseqüentemente permite classificá-la como excelente indivíduo para se aplicar no ambiente dada sua rápida condição de colonização (Cai et al., 2019; 2020).



**Figura 11:** Crescimento de isolados bacterianos de solos com presença de jabuticabeira de acordo com seu sítio de coleta, Clevelândia (A); Vitorino (B); Pato Branco (C) e Dois Vizinhos (D). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



**Figura 12:** Crescimento dos isolados bacterianos de solos com ausência de jabuticabeira de acordo com sítios de coletas, Clevelândia (A); Vitorino (B); Pato Branco (C) e Dois Vizinhos (D). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



#### 6.4 Caracterização morfológica de isolados fúngicos

Os isolados fúngicos, em meio de cultura BDA apresentaram formas circulares ou irregulares, tendo margens filamentosas, papilada ou inteira e, de elevação variando de ondulada, elevada ou plana (APÊNDICE III).

As cores apresentaram tonalidades brancas, amarela, rosa ou verde. Essas características apresentadas em meio de cultura pela colônia fúngica pode ser em virtude da temperatura de incubação e do meio de cultura utilizado (Campos et al., 2008).

Diante das características das colônias apresentadas neste estudo, comparadas as relatadas na literatura, os isolados fúngicos podem ser de espécies como *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Clamidosporum* sp. e *Epicococum* sp. Estas espécies fúngicas descritas acima são espécies geralmente cosmopolitas, podendo ser encontradas no solo (Fouillaud et al., 2017).

Os isolados obtidos de solo com e sem presença natural de jabuticabeiras nativas, após teste de crescimento micelial em meio de cultura BDA, na temperatura de 25°C apresentaram, em geral, crescimento em até sete dias de incubação (Figuras 11 e 12). Alguns dos isolados fúngicos apresentaram máximo crescimento antes de finalizar os sete dias de avaliação, como no caso daqueles com presença de jabuticabeiras nativas de Clevelândia (PR), denominados 3F e 7F (Figura 11 A), que completaram seu crescimento no quinto dia de avaliação.

A temperatura de crescimento e o meio de cultura está entre os fatores que podem influenciar positivamente ou negativamente no crescimento de algumas espécies. Samuel et al. (2007) observaram que para obter maior crescimento a faixa de temperatura deve ser de 25°C a 30°C. *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. e *A. niger* crescem melhor em 30°C (Delille et al., 2004; Santos & Linardi, 2004).

Para os isolados obtidos sem presença de jabuticabeiras nativas que levaram maior período para atingir o crescimento, como 9F (Figura 12 A), a temperatura ou o meio de cultura podem ter influenciado tal comportamento. A temperatura utilizada neste trabalho foi de 25°C em meio de cultura o BDA.

O isolado de solo com presença de jabuticabeiras nativas denominado 16F (Figura 11 B), do sítio de Vitorino (PR) e sem jabuticabeiras nativas 31F, de Pato Branco (Figura 12 C) completou seu crescimento no quarto dia. Os isolados de Dois Vizinhos (PR) obtidos de solo com jabuticabeira 36F e 37F (Figura 11 D), completaram seu crescimento no quarto dia, diferente do que ocorreu com os isolados sem presença natural de jabuticabeira (Figura 12). Os demais isolados fúngicos de solo com e sem presença natural de jabuticabeiras nativas obtiveram seu crescimento ao final dos sete dias de avaliação.

O comportamento dos isolados fúngicos no meio de cultura variou de isolado para isolado e do local de coleta quanto ao tempo e velocidade de crescimento. Acredita-se que estas diferenças estejam relacionadas ao meio de cultura, já que ele simula as condições nutricionais do solo dando suporte para o microrganismo se desenvolver (Bononi et al., 1999), o que talvez não seja apropriado para todos os isolados testadas, conforme já observado por Andrade et al. (2015).

Outros fatores que podem afetar o crescimento e desenvolvimento dos fungos em meio de cultura é a temperatura, pH, umidade e oxigênio (Basus et al. 2015; Wongjirathiti & Yottakot 2017; Sawiphak et al., 2021).

A taxa de crescimento da maioria dos fungos pode variar de 25°C a 30°C, mas tem aqueles que suportam bem até 40°C (Li et al., 2009, De Ligne et al., 2019), sem que comprometa seu crescimento e eficiência metabólica.

Com relação ao pH do meio de cultura, os fungos não são organismos com necessidades restritas, conseguindo se desenvolver em ambientes ácidos ou alcalinos, cuja variação da faixa do pH pode estar entre 3,0 e acima de 8,0 (Elzwai et al., 2018). No entanto, a faixa ideal de crescimento dos fungos fica entre 5,0 e 7,0 (Peñalva et al., 2008; Zhang et al., 2019; Alves et al., 2011) desde que todas as necessidades nutricionais sejam disponibilizadas.

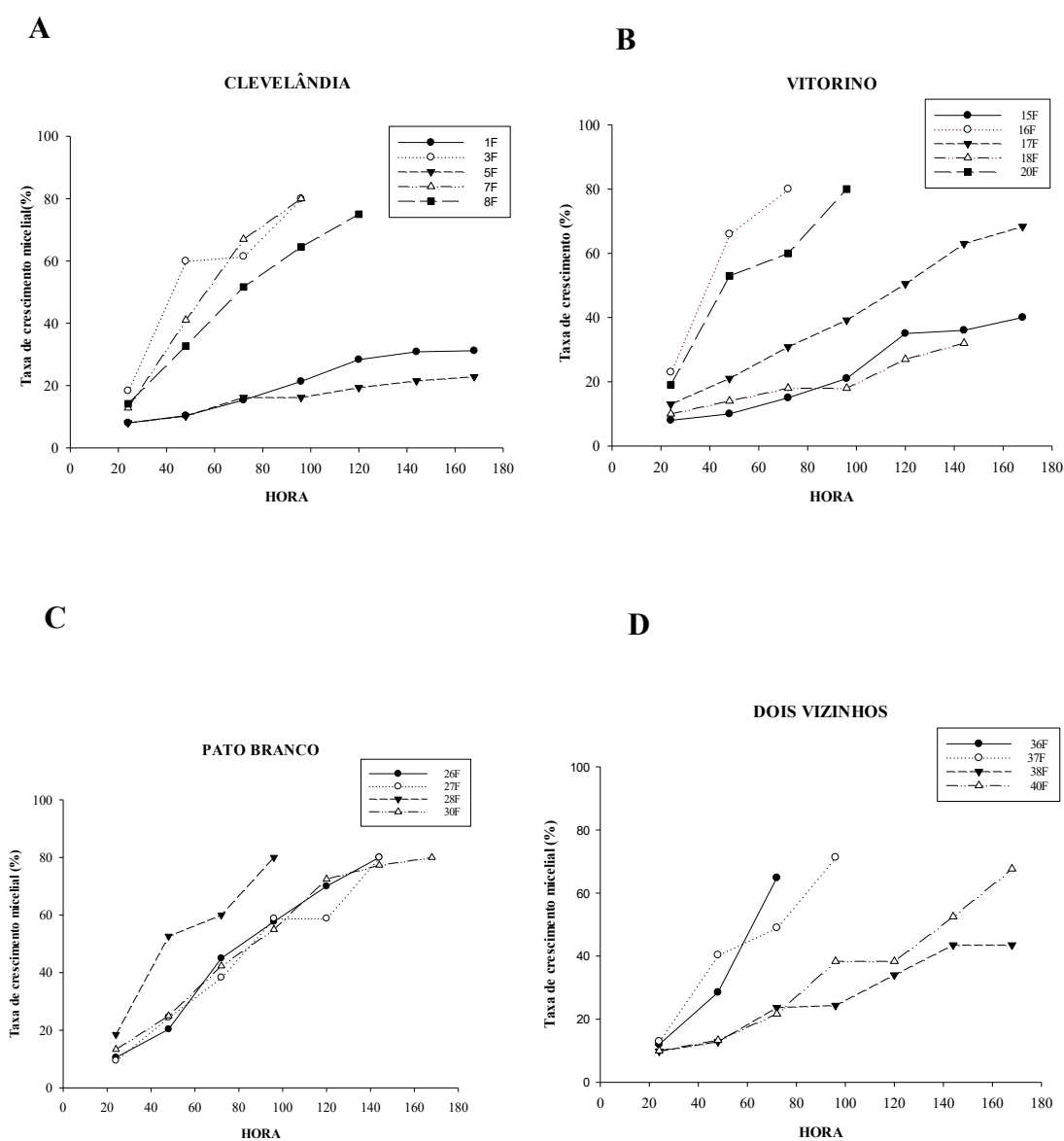
Segundo Rousk et al. (2009), a disponibilidade de carbono no meio de cultura pode interferir na concentração do pH, assim como, o fluxo da disponibilidade de oxigênio pode afetar o crescimento fúngico (Tang et al., 2015).

Entretanto, o fato de alguns isolados demandarem maior período de tempo para atingir seu máximo crescimento, pode estar relacionado com as condições do ambiente, principalmente de temperatura e da possibilidade rápida

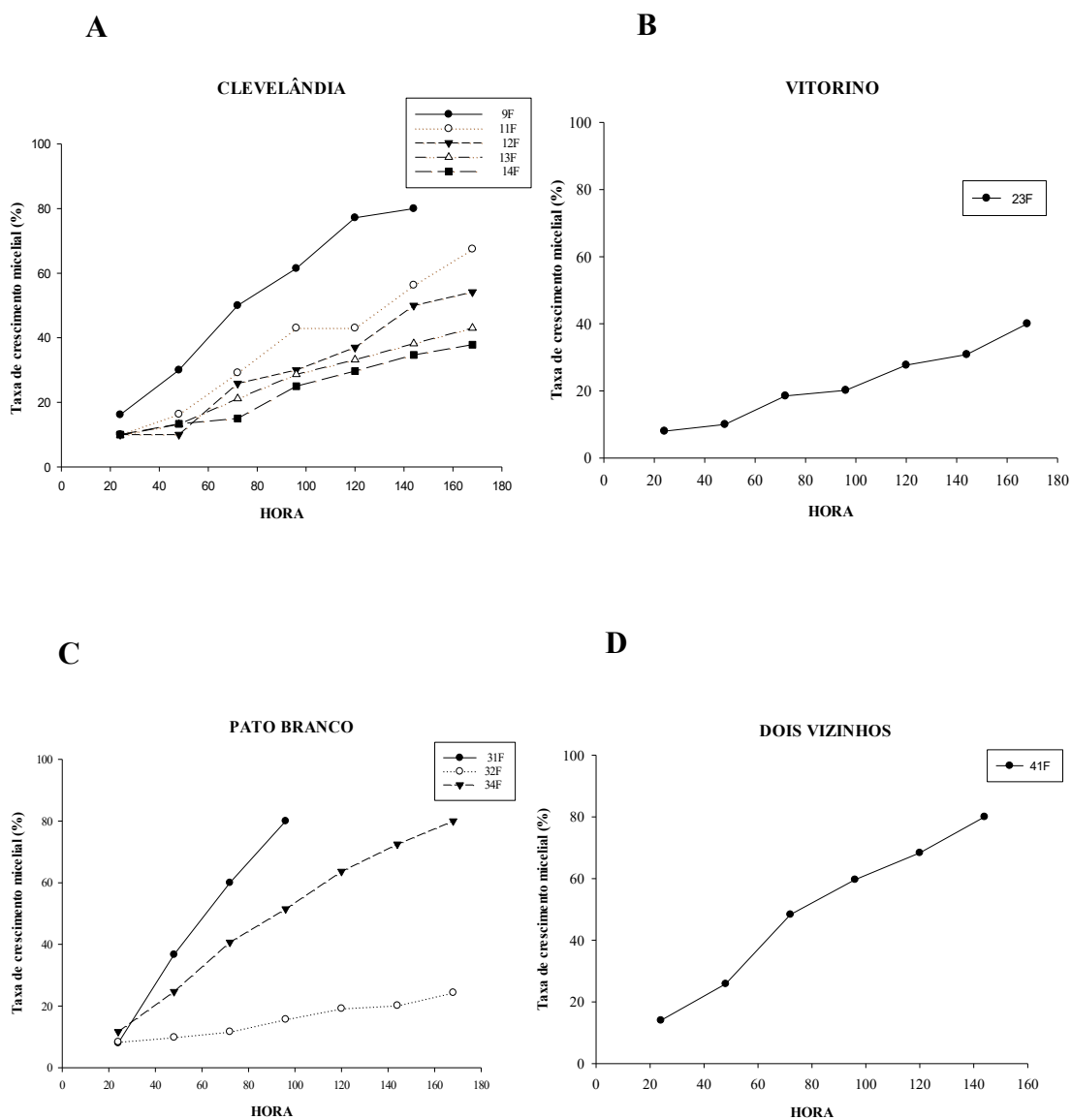
do metabolismo do fungo em degradar os compostos presentes no meio de cultura (Donini et al., 2005).

Tal interpretação é decorrente de que cada isolado fúngico possui temperatura ótima de crescimento, assim como, meio de cultura específico para cada espécie, o qual favorece além do crescimento, também para esporulação e produção de hifas (Nozaki et al., 2004) (APÊNDICE IV).

**Figura 13:** Crescimento micelial de fungos filamentosos isolados de solo na presença de jabuticabeiras nativas de acordo com local de coleta, Clevelândia (A); Vitorino (B); Pato Branco (C); Dois Vizinhos (D). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



**Figura 14:** Crescimento micelial de fungos filamentosos isolados de solo na ausência de jabuticabeiras nativas de acordo com o local de coleta, Clevelândia (A); Vitorino (B); Pato Branco (C); Dois Vizinhos (D). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



## 6.5 Identificação taxonômica de isolados bacterianos e fúngicos

A anotação taxonômica com base no sequenciamento parcial do gene 16S rRNA revelou que a maior parte dos isolados bacterianos dos solos nos sítios de remanescentes florestais do Bioma Floresta com Araucárias de

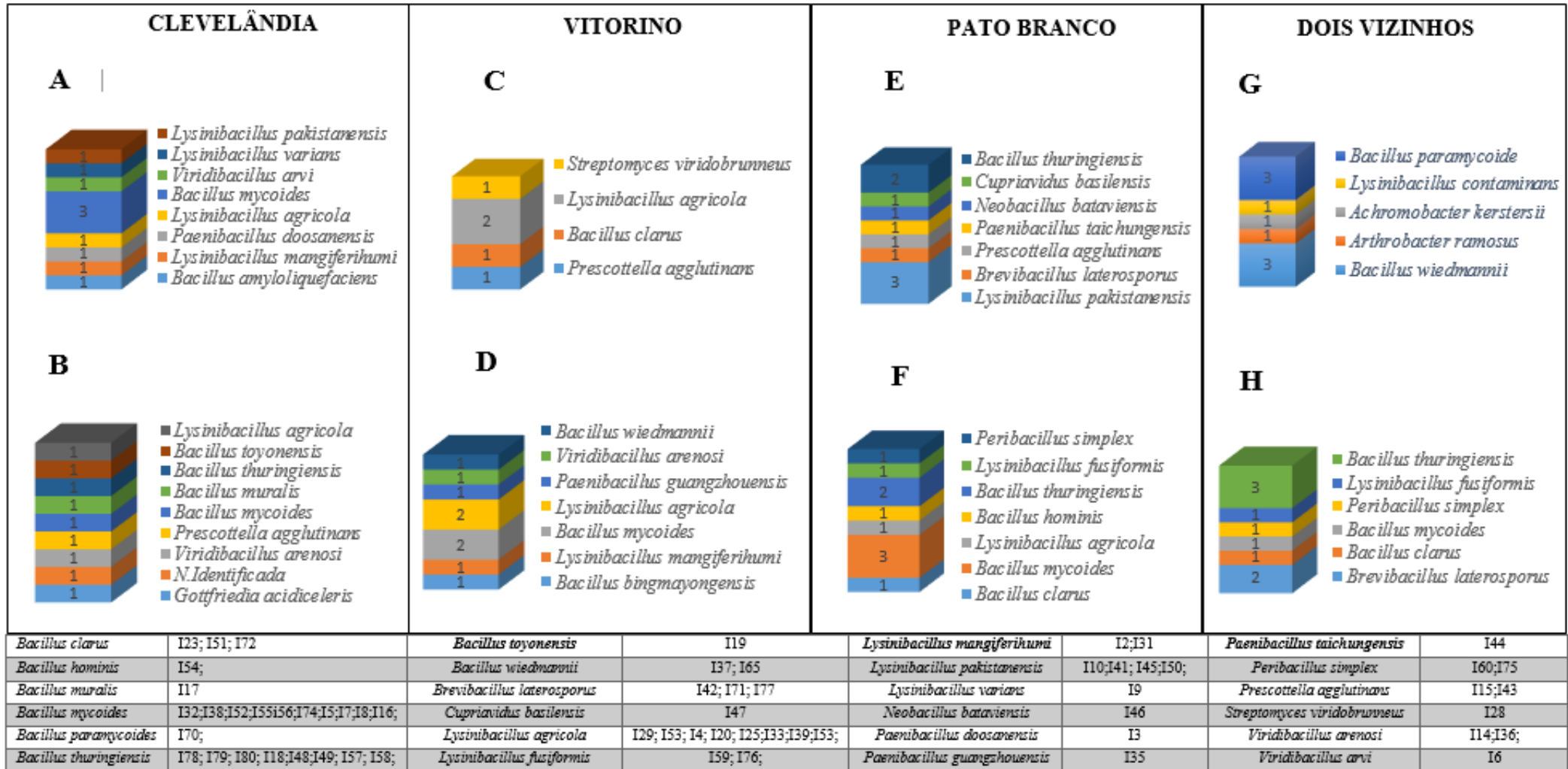
Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos na presença e ausência de jabuticabeiras nativas, apresentaram alta identidade, variando de 91% a 100% (APÊNDICE V), como o filo Firmicutes e, foram pertencentes aos gêneros *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Brevibacillus*, *Lysinibacillus*, *Neobacillus*, *Peribacillus*, *Viridibacillus*, *Prescottella*, *Arthrobacter*, *Achromobacter* e *Cupriavidus* (Figura 15).

O isolamento destes microrganismos pode ter ocorrido devido aos solos nestes sítios serem mais acidificados (Tabela 8), permitindo que somente bactérias tolerantes a estes ambientes sobrevivessem. Alguns gêneros pertencentes à família *Bacillaceae* são capazes de sobreviver em ambientes sobre condições mais ácidas, uma vez que, são bactérias formadoras de esporos (Hoffmann et al., 2005; Clavel et al., 2004).

Todavia, existem microrganismos que podem tolerar esses ambientes porque possuem mecanismos de adaptação, nos quais podem alterar o pH do solo (Shiomi et al., 2004; Nabeshima, et al., 2008; Nguyen et al., 2001), tendo como exemplo *Bacillus cereus* que neutraliza o pH a partir da secreção da enzima uréase (Mahdavi et al., 2018).

Pelos relatos da literatura (Chi & Yang, 2002; Mehrabi et al., 2016), a presença de bactérias do gênero *Bacillus* nos sítios de coleta pode ser vantajoso, uma vez que são excelentes atuantes nas atividades de controle biológico de patógenos de solos. Essas bactérias possuem potencial biotecnológico para solucionar problemas ambientais participando de atividades de biorremediação de solos contaminados, melhorando o desempenho de crescimento das plantas e protegendo contra agentes patogênicos. A indústria alimentícia e farmacêutica pode utilizá-las por produzirem substâncias como enzimas e antibióticos, nos quais servem como constituintes para fármacos e probióticos alimentares (Hong et al., 2005; Mandic-Mulec & Prosser, 2011; Tomova et al., 2015; Núñez-Montero & Barrientos, 2018). Essas bactérias podem auxiliar na perda de N, no fornecimento de fitormônios e na melhoria da eficiência para absorção de P e K pelas raízes (Ibarra-Galeana et al., 2017; Taylor & Dawson, 2021).

**Figura 15:** Identificação taxonômica de isolados bacterianos dos solos na presença (A, C, E e G) e ausência (B, D, F e H) de jabuticabeiras nativas. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.





A anotação das sequências parciais da região intergênica ITS revelou que a maior parte dos isolados mostrou de 88% a 99% de identidade com isolados fúngicos (APÊNDICE V) oriundos de solos de floresta nativa (Figura 16). Foram isolados fungos pertencentes aos gêneros *Penicillium* e *Trichoderma*, os quais possuem ocorrência nestes tipos de ambientes (De Ligne et al., 2019), bem como, do gênero *Aspergillus* e *Curvularia*, que também podem ser encontrados nesse tipo de ambiente, os quais são ligados as condições morfológicas, químicas, físicas e abióticas do solo (Six et al., 2004; Bronick & Lal, 2005; Lehmann et al., 2017a).

Os solos de coleta neste estudo foram apropriados para crescimento de fungos destes gêneros, já que contém resíduos de serrapilheira formados por folhas e frutos em decomposição, bem como, de restos e dejetos de animais (Castañeda et al., 2016; Kodsueb et al., 2016).

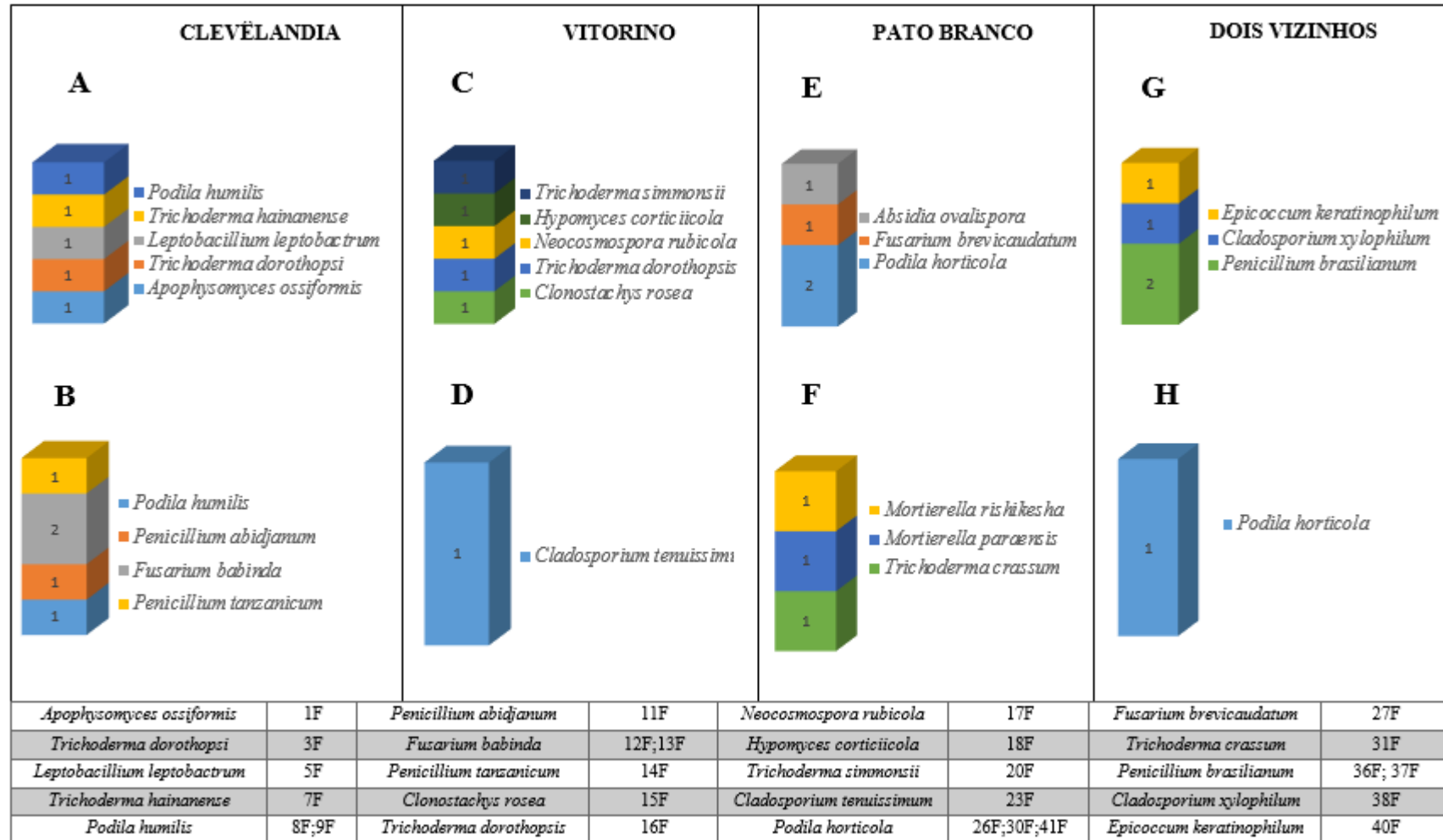
Todavia, apesar disso, foram obtidos poucos isolados fúngicos em todos os sítios de coletas e alguns gêneros se repetiram entre os sítios (Figura 14), o que pode neste último caso por serem formadores de esporos, o que facilita sua dispersão, proliferação e preservação em condições adversas (Alexopoulos et al., 1996).

Dentre os gêneros de fungos detectados encontram-se alguns fitopatogênicos, como *Fusarium*, *Penicillium*, *Epicococum* e *Cladosporium* sp., responsáveis por causar perdas econômicas nas lavouras (Figuras 14 B, C, E e G).

Porém, obteve-se também fungos benéficos as plantas, como é o caso daqueles do gênero *Trichoderma* sp., isolados de três sítios de coletas (Figuras 14 A, C e F). Os fungos do gênero *Trichoderma* tem apresentado efetividade na proteção de plantas, sendo usados no controle de patógenos acometedores de doenças (Bettioli et al., 2019; Mukherjee et al., 2022). Além disso, pode ser capaz de promover o crescimento das plantas e solubilizar macronutrientes como fósforo e potássio (Rodríguez & Fraga, 1999).

Também foram isolados neste trabalho espécies dos gêneros *Podila* sp., *Leptobacillium* sp., *Apophysomyces* sp., *Neocosmospora* sp., *Clonostachys* sp., *Absidia* sp. e *Mortierella* sp. (Figuras 14 A, B, C, E, F e H).

**Figura 16:** Identificação taxonômica de isolados fúngicos provenientes de solo com a presença (A, C, E e G) e ausência (B, D, F e H) de jabuticabeiras nativas. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

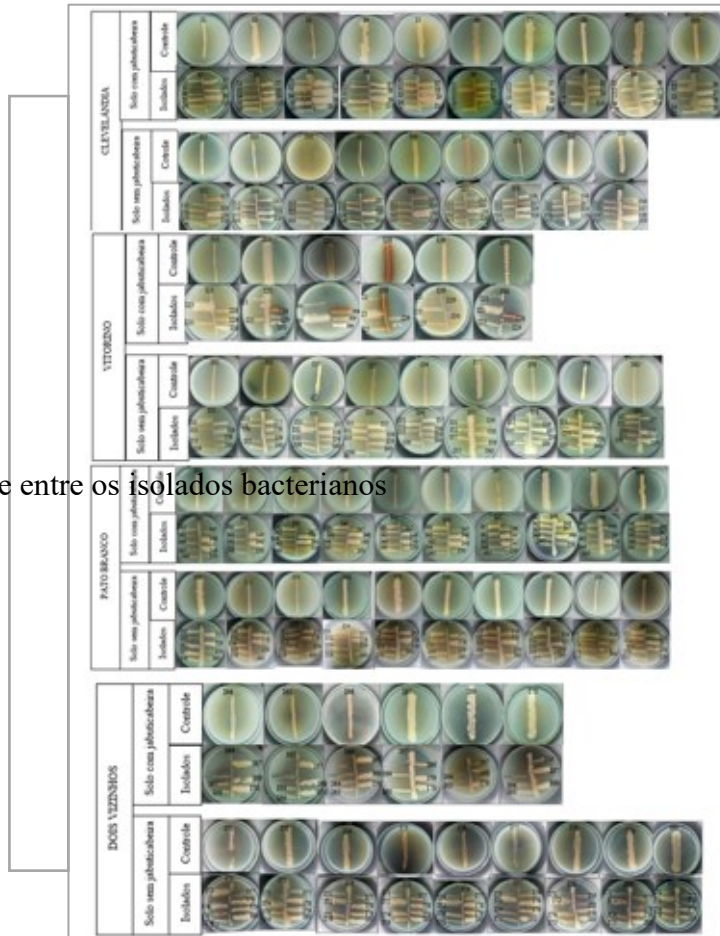


## 6.6 Teste de compatibilidade e antagonismo dos isolados bacterianos e fúngicos em meio de cultura

Os isolados foram submetidos ao método *cross streak* e teste de antagonismo para testar sua capacidade de convivência em meio de cultura (Figura 17A). Entre os isolados bacterianos testados, 80% apresentaram capacidade para sobreviver em mesmo ambiente e 20% identificaram capacidade para atividade antimicrobiana (Figura 17 B). Alguns microrganismos obtiveram crescimento maiores que outros. Dessa forma, os resultados de compatibilidade entre estas espécies possibilita seu uso em consórcio, beneficiando assim as plantas (Auler et al., 2013).

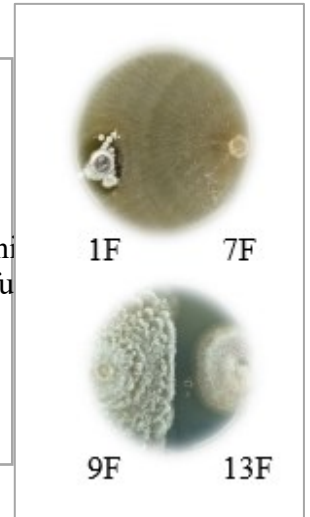
**Figura 17:** Teste de compatibilidade entre bactérias e teste de antagonismo entre fungos filamentosos isoladas de solo com e sem jabuticabeiras nativas dos sítios de Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos. A imagem A representa o teste de compatibilidade (Direito) e antagonismo (Esquerdo). A imagem B é a representação do percentual obtidos entre os testes. UTFPR – Campus Pato Branco – PR, 2023

A

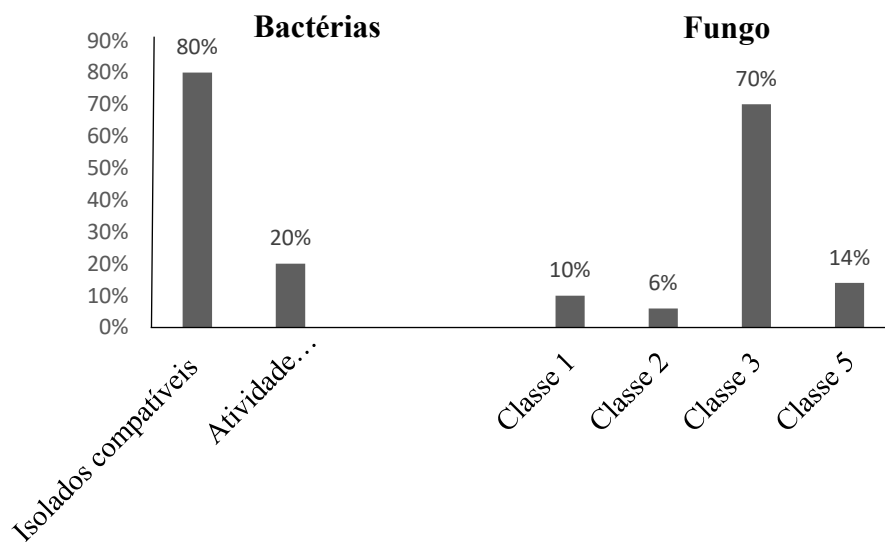


teste de compatibilidade entre os isolados bacterianos

teste de antagonismo entre os isolados fúngicos



B



\*A avaliação dos fungos foi de acordo com a escala de notas de Bell et al. (1982). Classe 1- Antagonista cobrindo a totalidade da superfície da placa; Classe 2 – 2/3 do antagonista cobrindo a superfície da placa; Classe 3- Antagonista cobrindo ao menos 50% da superfície da placa; Classe 4 – 2/3 patógeno cobrindo a superfície da placa; Classe 5 – Patógeno cobrindo a totalidade da superfície, anulando o antagonista.

Em alguns casos, observou-se que houve o crescimento de alguns isolados bacterianos sobre os isolados confrontados e vice-e-versa. Em outros, o isolado inibiu totalmente os isolados confrontantes, criando-se halos de inibição ao redor da colônia. Esses isolados bacterianos que apresentaram atividade antimicrobiana poderão ser testados futuramente para o controle microbiano envolvendo isolados patogênicos.

Os isolados de ambientes de solos rizosféricos são poucos explorados quanto a capacidade antimicrobiana e por isso podem ser alternativas de uso em controle de patogenicidade em campo (Shanker et al., 2014; Alrumman et al., 2018), como já ocorre em espécies do gênero *Bacillus*, conhecidas por sintetizar compostos antimicrobianos (Bodhankar et al., 2017; Pandya et al., 2017; Boottanun et al., 2017), usados no controle biológico.

Quanto aos isolados fúngicos, verificou-se que 10% dos fungos pertencem a classe I, 6% da classe II, 70% da classe III e 14% da classe V. Nenhum fungo filamentosos enquadraram-se como da classe IV, ou seja, nenhum dos microrganismos confrontados conseguiu cobrir 60% do meio de cultura.

No entanto, a classe III abrangeu a maioria dos microrganismos compatíveis entre si. No caso de todos os fungos serem potenciais fungos fitopatogênicos, esta compatibilidade é nula, tornando-se possível problema, já que ambos os organismos conseguem compartilhar o mesmo ambiente.

Por outro lado, a atividade antagonista entre os grupos pode ser observada na Figura 18. Observou-se isolados fúngicos 3F, 7F, 8F, 9F de Clevelândia; 16F, 27F de Vitorino e; 31F e 32F de Pato Branco foram capazes de inibir totalmente o crescimento dos fungos confrontados neste estudo. Esse potencial efeito antagonista já foi detectado em algumas espécies de *Trichoderma* (Anees et al., 2018; Larkin & Fravel, 1998; Srivastava et al., 2010).

Por isso, os resultados com estes isolados que foram capazes de inibir outros microrganismos são de extrema importância para seleção de espécies com potencial para controlar outros fungos patogênicos (Morales et al., 2020) a partir de aplicações a campo.

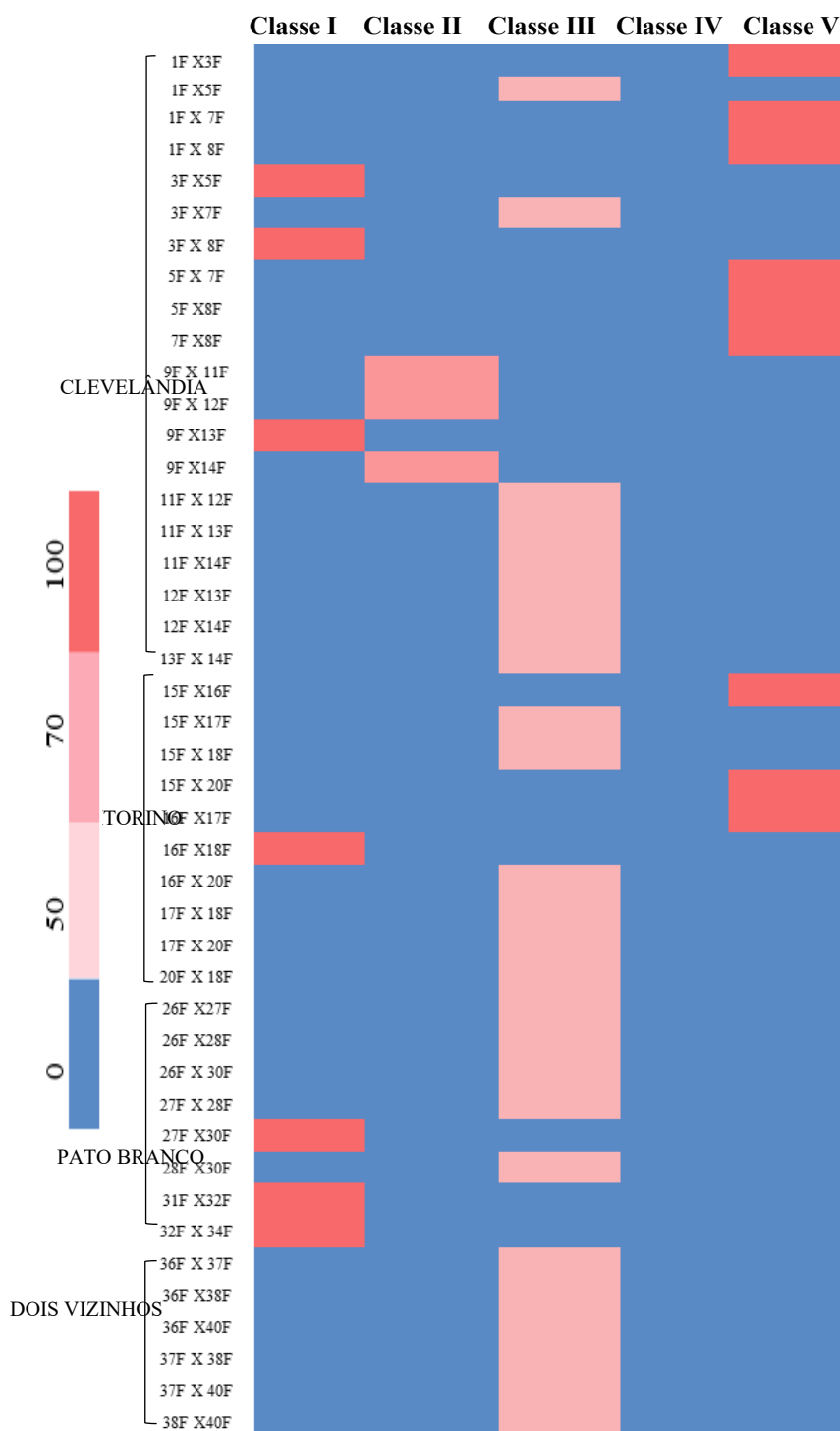
Os resultados deste trabalho foram semelhantes aos relatados por Amorim et al. (2011) e Andrade-Hoyos et al. (2019), com *Trichoderma* sp. controlando 80% dos fungos *Sclerotium rolfsii* e *F. oxysporum*. Isso por ser em decorrência das substâncias antibióticas secretadas pelo *Trichoderma* sp., como

tricodermina, suzucacilina, alameticina, dermadina, penicilina, tricotecenos, tricolorizanas (Andrade-Hoyos et al., 2020).

Muitas espécies com potencial parasitário atuam de modo diferente ao inibir o crescimento de outras espécies (Carvalho et al., 2014). Essa relação envolve diferentes mecanismos de atuação, desde aqueles atuantes na formação de estruturas apressórias até o envelhecimento e desenvolvimento de hifas (Abdullah et al., 2008; Melo, 2009; Zhang et al., 2016).

Outros isolados fúngicos avaliados demonstraram compatibilidade entre si, como 11F, 12F, 13F, 14F, 15F, 17F, 18F, 20F, 26F, 27F, 30F, 36F, 37F, 38F e 40F (Figura 18), uma vez que conseguiram conviver em mesmo ambiente. Neste caso, esta compatibilidade não é interessante, visto que estes isolados apresentaram potencial comportamento fitopatogênico, o que dificulta o controle biológico destas espécies.

**Figura 18:** HEATMAP do teste de antagonismo entre isolados fúngicos dos sítios de remanescentes florestais dos municípios de Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e Dois Vizinhos, com e sem presença de jabuticabeiras nativas. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



A avaliação dos fungos foi de acordo com a escala de notas de Bell et al. (1982). Classe 1- Antagonista cobrindo a totalidade da superfície da placa; Classe 2 - 2/3 do antagonista cobrindo a superfície da placa; Classe 3- Antagonista cobrindo ao menos 50% da superfície da placa; Classe 4-2/3 patógeno cobrindo

a superfície da placa; Classe 5- Patógeno cobrindo a totalidade da superfície, anulando o antagonista.

### 6.7 Atividade enzimática dos isolados bacterianos e fúngicos

Alguns isolados bacterianos e fúngicos isolados de solos, com e sem presença de jabuticabeiras nativas, dos quatro sítios com remanescentes florestais apresentaram atividade enzimática para amilase, celulase e protease através do teste enzimático em meio de cultura (Figura 19 A).

As colônias bacterianas e fúngicas foram inseridas no meio de cultura e após quatro dias de crescimento pode-se verificar a produção de halo de produção enzimática ao redor da colônia, indicando serem produtoras dessas proteínas.

Os isolados bacterianos ou fúngicos produtores de amilase podem ser usados na decomposição da matéria orgânica, tendo como produto da degradação, a glicose, que serve como fonte de energia obtida através da hidrólise do amido (Oliveira et al., 2007). Os isolados produtores de celulases podem ser empregados nas indústrias de resíduos, de detergentes, alimentos, têxteis, biocombustível e farmacêutica (Bhat, 2000; Gusakov et al., 2000; Ito, 1997; Park & Park, 2001).

Outra enzima de extrema importância produzida por microrganismos é a protease, que pode ser comercializada por diversos setores da indústria, como por exemplo, de alimentos, bebidas, ração animal, detergentes, laticínios e couro (Cherry & Fidantsef, 2003; Souza et al., 2015). A produção desta enzima pelos microrganismos é benéfica, podendo ser produzida em larga escala com alto rendimento e em curto prazo, possibilitando aplicações biotecnológicas (Nisha & Divakaran, 2014).

Além disso, elas podem desempenhar outras atividades no controle de doenças em plantas, inibindo o crescimento de patógenos (Fernando et al., 2005; Zhao et al., 2016), fato a ser testado em estudos futuros.

O total de isolados bacterianos com atividade para amilase foi de 12% e fúngicos de 23%. Para atividade enzimática da celulase, o total de isolados bacterianos e fúngicos foi de 3% e 12%, respectivamente. Para atividade



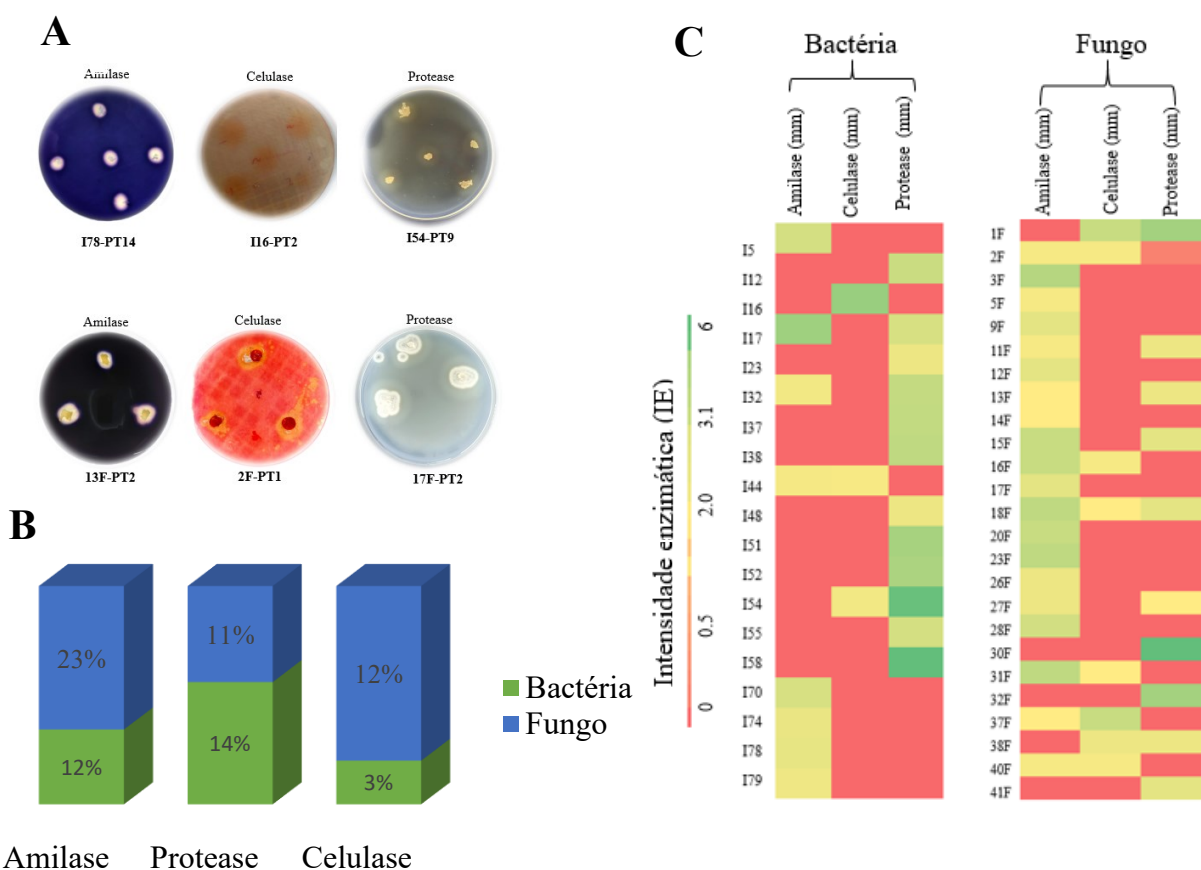
enzimática de protease, os isolados bacterianos e fúngicos foram de 11% e 14%, respectivamente (Figura 19 B).

O índice enzimático (IE) dos isolados bacterianos apresentados na Figura 19 C para enzimas amilase, celulase e protease variaram entre 0,4 e 5,8, o que demonstrou capacidade de produção (Carrim et al., 2006), sendo alguns superiores a 1. Por outro lado, apesar dos isolados fúngicos serem promissores na produção de enzimas como amilase, celulase e protease, nesse estudo sua atividade enzimática foi menor do que 1.

De acordo com Silva et al. (2015a) para determinar se um isolado possui alta eficiência na produção enzimática, ele pode ser classificado conforme o parâmetro de produção em índice enzimático (IE), descrevendo-os como não produtores ( $IE = 0$ ); pouco produtores ( $1,0 \leq IE < 1,5$ ), com média produção ( $1,5 \leq IE < 2,0$ ) e alta produção ( $IE \geq 2$ ). Por isso, microrganismos que possuem produção enzimática alta em meio de cultura (Stamford et al., 1998) são excelentes organismos para uso pela indústria.

Bactérias oriundas de solos rizosféricos com característica para produção de enzimas celulolíticas tem maior crescimento em ambientes com alto teor de matéria orgânica (Nwachukwu et al., 2021), fato que também pode estar ligado ao presente trabalho (Tabela 9).

**Figura 19:** Atividade enzimática (amilase, celulase, protease) de bactérias e fungos filamentosos. **Imagem A** - Produção de halos enzimáticos de bactérias (parte cima) e fungos filamentosos (parte de baixo) em meio sólido. **Imagem B** - Gráfico totalizando o número de bactérias e fungos produtores de enzimas; **Imagem C** - *Heatmap* de determinação do índice enzimático UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



## 6.8 Produção de solubilização de fosfato por microrganismo (PSM)

Aos sete dias de incubação, em meio de cultura Pikovskaya, o isolado bacteriano I49 do sítio de Pato Branco com presença de jabuticabeiras nativas apresentou halos claros em torno da colônia (Figuras 20 A), caracterizando-o por ser capaz de solubilizar fosfato.

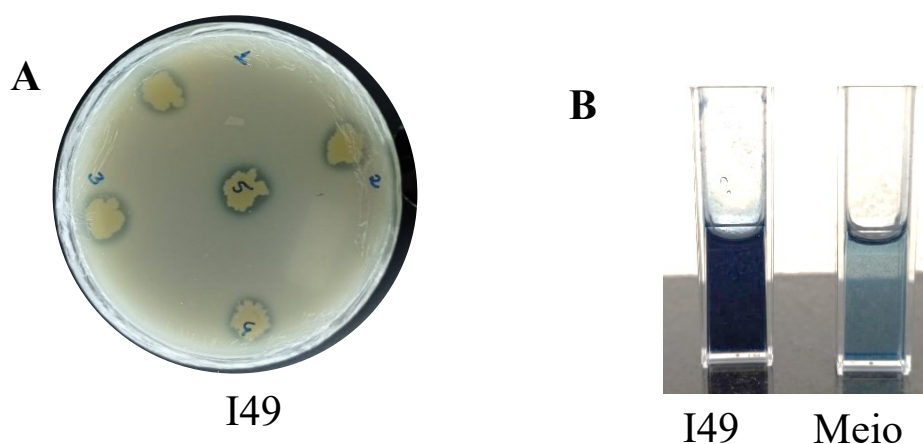
A presença desta zona translúcida ao redor da colônia é caracterizada por ácidos orgânicos secretados pelos microrganismos, que ao serem liberados, geram em torno das colônias a formação de halos claros indicando potencial em

solubilizar fosfato e conseqüentemente maior disponibilidade deste para a absorção pela planta (Souchie et al., 2005; Dash et al., 2017).

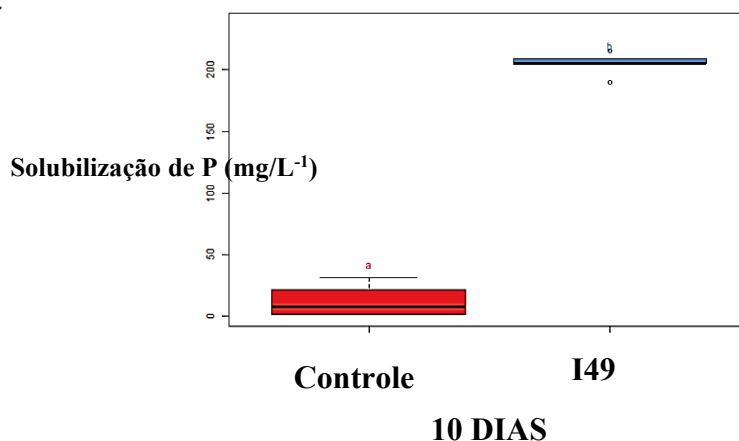
De acordo com Andrade et al. (2014), existe variações nos índices de solubilização de fosfato por diferentes isolados. As variações quanto ao índice de solubilização entre os isolados podem estar relacionados com a presença do ácido orgânico que é liberado no meio de cultura por meio da quantidade e do tipo de secreção, tais como, oxálico, malônico, fumárico, tartárico, alfa cetobutírico, cítrico, 2-cetoglucônico, glucônico e succínico (Vyas & Gulati, 2009; Zhu et al., 2011; Panhwar et al., 2013).

Neste estudo, a média do índice de solubilização de fosfato do isolado I49 foi de 1,2 após sete dias de incubação. A quantidade de fósforo disponibilizada pelo isolado bacteriano pode ser observado através do pigmento azul, em que se for mais intenso sua cor, maior é a disponibilidade deste nutriente (Figura 20 B). Saxena et al. (2015) descreveram que nem todos os isolados possuem capacidade de solubilizar fosfato. Tal descrição pode ser verificada no presente trabalho, com isolado de fungos filamentosos sem apresentarem halos de solubilização.

**Figura 20:** Determinação da capacidade de solubilização de fosfato em meio sólido e *in vitro*. A produção de halo de solubilização de fosfato do isolado I49 em meio sólido (A) e meio líquido (B) após sete dias de incubação (A). Quantificação da produção de solubilização de fosfato em meio líquido (C). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



C



A média de fosfato disponibilizado pelo isolado bacteriano I49 (Figura 20 C) foi de 205 mg L<sup>-1</sup>. Tal resultado demonstrou alta eficácia na solubilização de fósforo se comparado com o isolado *Pseudomonas plecoglossicida* que solubilizou 75,39 mg L<sup>-1</sup> no estudo de Astriani et al. (2020). Por outro lado, foi menor do que o obtido por Ahmad et al. (2018) com *Bacillus subtilis*, cuja média de solubilização foi de 487,67 mg L<sup>-1</sup>.

Estes resultados corroboraram com os encontrados por Singh et al. (2010a, 2010b, 2018), no qual relataram que isolados bacterianos obtidos de solos rizosféricos são excelentes solubilizadores de fosfatos e promotores de crescimento. Os isolados bacterianos descritos na literatura como excelentes solubilizadores de fosfatos pertencem aos gêneros *Rhizobia*, *Pseudomonas* e *Bacillus* sp. Entre as espécies de *Bacillus* estão *B. safensis* e *B. megaterium* (Mukhtar et al., 2017), *B. megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *B. sircalmous*, *B. striata* e *B. enterobacter* (Richardson & Simpson, 2011; Kar et al., 2020).

#### 6.9 Determinação de produção de AIA

Os isolados bacterianos e fúngicos foram testados para verificar a capacidade em produzir ácido indol-ácetico (AIA). Apenas dois isolados bacterianos foram capazes de sintetizar AIA.

A produção deste hormônio foi detectada nos isolados bacterianos I3 e I17, ambos pertencentes ao sítio de coleta de Clevelândia em solo com e sem a presença de jabuticabeira, respectivamente (Figura 21A). Estes resultados

corroboraram com Wahyudi et al. (2011) que descreveram existência de poucos isolados dos gêneros *Bacillus* produtores do fitormônio AIA.

Para verificar a quantidade de AIA produzido pelos isolados bacterianos, foi realizada curva padrão. Os resultados alcançados neste estudo (Figura 21 B), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. A média de produção de AIA dos isolados avaliados em 24 horas foi de 0,15 ug mL<sup>-1</sup>, em 48 horas aumentou para 25 ug mL<sup>-1</sup> pelo isolado bacterino I3 e 23 ug mL<sup>-1</sup> com I17. Entretanto, em 72 horas a produção de AIA diminuiu para 21 ug mL<sup>-1</sup> com o isolado bacterino I3 e 20 ug mL<sup>-1</sup> pelo I17.

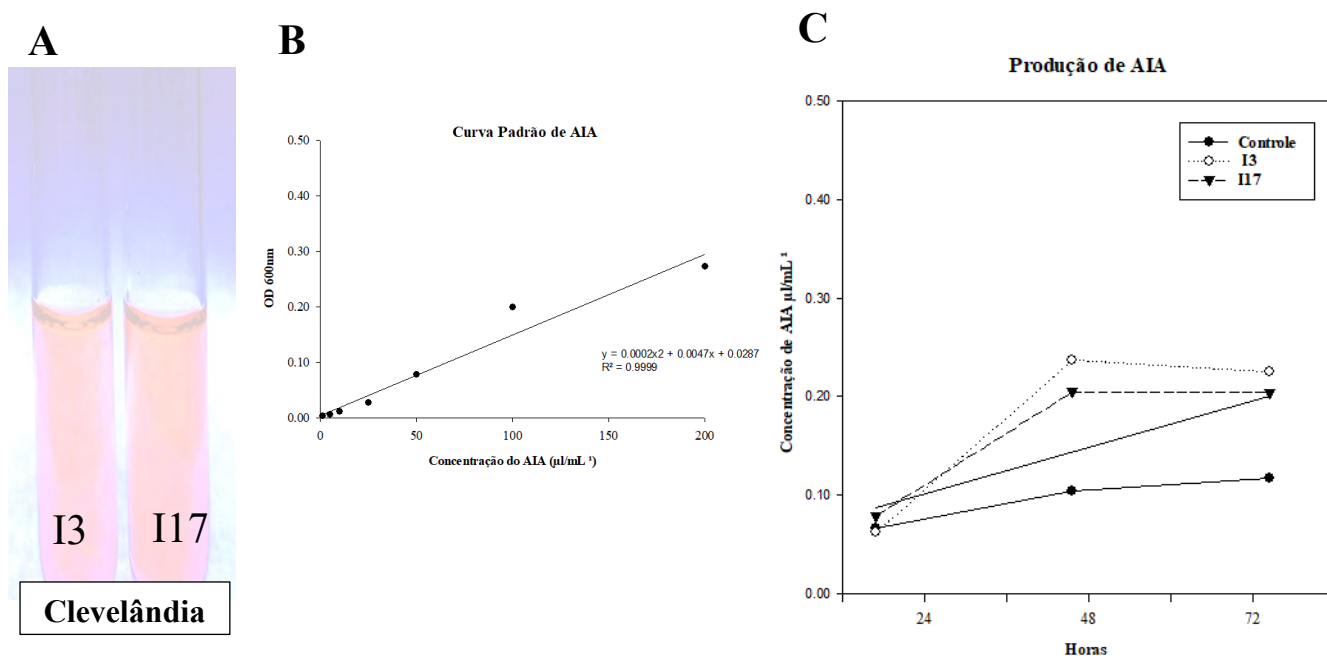
Estes resultados foram semelhantes ao do estudo realizado por Pedrinho et al. (2010), em que três isolados de *Bacillus* sp. produziram alta concentração de AIA em 48 e 72 horas comparado ao controle.

No estudo de Hansda & Kumar, (2017) houve produção de 46 µg mL<sup>-1</sup> de AIA pela bactéria *Kocuria* sp. Em outros estudo, Bano & Musarrat (2003), obtiveram resultado inferior a 100 ug mL<sup>-1</sup> de produção de AIA pelo isolado testado. Assim como Dagnaw et al, (2015), com microorganismos isolados de solo rizosférico.

Os fatores que podem influenciar na produção de AIA, pode também envolver o pH e o meio de cultura como observados nos estudos de Bharucha et al. (2013), Shanti et al. (2007) e Sachdev et al. (2009).

Testes realizados com *Rhizobium* e *Bacillus* indicaram aumento na produção de AIA quando submetidas à temperaturas de 37°C (Sachdev et al., 2009; Sudha, et al., 2012).

**Figura 21:** Determinação de ácido indol-acético (AIA) de isolado bacterianos por reação colorimétrica com o reagente de Salkowsky. Tubos contendo os isolados bacterianos com resultados positivos para produção de AIA (A). Produção de AIA avaliados em 24, 48 e 72 horas de incubação (B). e curva padrão de AIA (C) UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



De acordo com Ehmann (1977), os limites de detecção do reagente Salkowski, das quantidades de AIA produzidas pelas bactérias esta dentro dos limites determinados.

Isolados de bactérias com alta taxa de produção de AIA são considerados excelentes microrganismos para serem usados como produto biológico na promoção do crescimento das plantas (Spaepen et al., 2008; Ali et al., 2009).

A adição destes microrganismos sintetizadores de AIA nas culturas, além de promover o crescimento da planta, auxilia nas estruturas morfológicas, afrouxando a parede celular, favorecendo o alongamento da raiz, com aumento dos pêlos radiculares, facilitando a absorção de água e de nutrientes (Glick 2012, Hashem et al, 2016).

#### 6.10 Efeito da inoculação individual de bactérias em sementes de jabuticabeiras em casa de vegetação

Para verificar o potencial das bactérias em promover crescimento e a composição dos consórcios microbianos de acordo com o sítio de coleta e o solo na presença e ausência de jabuticabeira, fez-se a inoculação dos isolados em sementes de jabuticabeira.

De acordo com os resultados houve efeito significativo dos isolados para germinação e IVG, não ocorrendo o mesmo para TMG e VMG, cujas médias para estes últimos foram de 36 dias e  $0,03 \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente.

Para germinação e IVG, os isolados foram agrupadas em três grupos, sendo os de maiores médias composto por 201 e 22 isolados, respectivamente (Tabela 10).

**Tabela 10** – Germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de jabuticabeira após tratamento com 65 isolados. UTFPR – Pato Branco, 2023.

Isolado	Germinação (%)	IVG
I0	3,03 c	0,09 c
I2	1,03 c	0,01 c
I3	0,1 c	0,02 c
I4	0,1 c	0,01 c
I5	0,1 c	0,01 c
I6	0,73 c	0,02 c
I7	0,40 c	0,03 c
I8	0,73 c	0,04 c
I9	0,1 c	0,03 c
I10	11,70 a	0,32 a
I12	6,33 b	0,18 b
I13	1,40 c	0,02 c
I14	7,30 b	0,04 c
I15	7,0 b	0,20 b
I16	8,33 b	0,20 b
I17	11,30 a	0,32 a
I18	11,70 a	0,31 a
I19	9,33 b	0,23 b

I20	9,0 b	0,26 b
I21	11,7 a	0,32 a
I23	12,0 a	0,33 a
I25	7,30 b	0,25 b
I29	2,37 c	0,07 c
I30	6,70 b	0,20 b
I31	4,70 c	0,13 c
I32	11,0 a	0,31 a
I33	7,70 b	0,18 b
I35	11,30 a	0,21 b
I36	11,70 a	0,32 a
I37	12,0 a	0,32 a
I38	12,0 a	0,33 a
I39	2,03 c	0,33 a
I41	0,1 c	0,07 c
I42	1,70 c	0,01 c
I43	12,0 a	0,05 c
I44	11,30 a	0,33 a
I45	4,7 c	0,32 a
I46	6,0 b	0,13 c
I47	0,1 c	0,17 b
I48	0,1 c	0,01 c
I49	12,0 a	0,33 a
I50	12,0 a	0,33 a
I51	1,03 c	0,01 c
I52	2,37 c	0,04 c
I53	1,40 c	0,08 c
I54	1,03 c	0,05 c
I55	12,0 a	0,03 c
I56	12,0 a	0,33 a
I57	12,0 a	0,33 a
I58	10,7 a	0,33 a
I59	1,33 c	0,29 a



I60	1,70 c	0,04 c
I65	9,0 b	0,06 c
I67	9,7 b	0,25 b
I70	4,7 c	0,27 a
I71	7,0 b	0,14 c
I72	11,0 a	0,31 a
I74	9,33 b	0,20 b
I75	9,7 b	0,26 b
I76	0,1 c	0,02 c
I77	0,1 c	0,02 c
I78	0,1 c	0,02 c
I79	11,7 a	0,27 a
I80	10,7 a	0,32 a
CV (%)	32,54	34,41

O grupo de maior média para germinação foi composto pelos isolados I10, I17, I18, I21, I23, I32, I35, I36, I37, I38, I43, I44, I49, I50, I55, I56, I57, I58, I72, I79 e I80. Para o IVG, os mesmos isolados foram agrupados como de menor média, com exclusão do I35 e inserção dos I39, I45, I59 e I70.

Por meio destes resultados (Tabela 10) verificou-se que os isolados bacterianos influenciaram para obtenção de maior germinação e vigor, cuja exceção ficou para o tempo em que tal processo ocorreu. Com isso, as sementes de jabuticabeira ao serem inoculadas com determinados isolados podem aumentar sua capacidade germinativa.

A inoculação de semente em solução de microrganismos com concentração conhecida é vista como excelente estimulante para formação vegetal (Romeiro, 2007; Lopes et al., 2018a), uma vez que, no início da germinação é estabelecido o primeiro contato inicial entre o microrganismo e a planta (Philippot et al., 2013).

No estudo de Silveira et al. (2004), as sementes inoculadas com bactérias do gênero *Bacillus* melhoraram a qualidades das culturas de hortaliças como *Cucumis sativus* (pepino).

De acordo com Minaxi et al. (2012), o gênero *Bacillus* vem destacando-se no mercado de inoculantes, com capacidade adaptativa em sobreviver em

diferentes ambientes por causa de suas características morfológicas em produzir endósporos.

Dos isolados testados nas sementes de jabuticabeira do presente trabalho, a maioria pertence ao gênero *Bacillus* sp., o que em alguns estudos demonstraram maior eficiência sobre a germinação das sementes (Price et al., 2010) e promoveram melhor o crescimento das plantas (Khan et al., 2019).

O gênero *Bacillus* sp. pode ser eficiente em promover o crescimento das plantas como também sobre o processo germinativo, na qual as sementes liberam compostos na forma de exsudatos (carboidratos e aminoácidos) para atrair os microrganismos e assim colonizarem as raízes, logo após sua protusão (Ahemad & Kibret, 2014; Ammor et al., 2008). Com isso, aumenta o vigor das mudas através do incremento na biossíntese de auxinas (Buensanteai et al., 2008).

A inserção de isolados Gram positivos do gênero *Bacillus*, na semente por meio do método de imersão foi mais eficiente sobre o controle de microrganismos fitopatogênicos causadores de doenças em raízes de plantas (Dawar et al., 2010). Esses microrganismos Gram positivos são mais resistentes a sobrevivência, uma vez que, possuem menos suscetibilidade a dessecação quando inoculadas na semente devido à presença de uma camada peptidoglicana presente na parede celular dessas células (Viaene et al., 2016; Xu et al., 2018). Tal característica pôde ser verificada neste trabalho para os isolados do grupo de maiores médias para germinação e IVG.

Ressalta-se que as sementes de jabuticabeiras inoculadas com isolados bacterianas I3, I4, I5, I9, I41, I47, I48, I76, I77 e I78 não apresentaram taxa de germinação efetiva.

Segundo Carvalho et al. (2011), apesar dos efeitos benéficos da inoculação de microrganismos nas sementes, eles podem se tornar tóxicas para algumas plantas causando o efeito dose-dependente em altas concentrações, fato que pode estar relacionado com o que ocorreu no presente estudo.

Outro fator que pode ter favorecido para tais resultados é que o inóculo bacteriano usado por ter sido perdido durante o processo de irrigação ou ter ocorrido falta de especificidade entre o inóculo bacteriano e a planta hospedeira, conforme já descrito por Badri et al. (2013); Kristin & Miranda (2013).

As plantas liberam exsudatos de suas raízes para atraírem os microrganismos por meio de sinais específicos e em contrapartida eles proporcionam melhores condições no crescimento, desenvolvimento e na absorção de nutrientes pelas plantas (Bhattacharyya & Jha, 2012), caso ocorra inespecificidade isso fica comprometido.

Esta falta de interação entre estes organismos pode ter resultado nos efeitos da baixa germinação neste estudo.

#### 6.11 Avaliação de nutrientes nas folhas de mudas jovens de jabuticabeira após inoculação dos consórcios bacterianos.

O extrato bruto de folhas frescas e sadias de mudas jovens de jabuticabeiras foi avaliado quanto aos minerais presentes após sete dias de inoculação dos consórcios contendo os isolados bacterianos.

De acordo com os resultados houve interação significativa para fósforo, magnésio e zinco. Para os teores de nitrogênio, potássio, cálcio e manganês o efeito somente demonstrou-se significativo para o fator local. E para o enxofre e ferro não houve efeito significativo para interação e fatores analisados separadamente, cujas médias foram de 9,40 e 1,56, respectivamente.

Observou-se que para todos os nutrientes, os consórcios representando os locais com ou sem jabuticabeiras nativas não tiveram efeito sobre seu acúmulo nas mudas, o que pode ser em decorrência da ação similar entre elas quando presentes em mesmo sítio de coleta.

De acordo com Velasquez et al. (2018), a detecção de macronutrientes e micronutrientes nas folhas é extremamente importante para o desempenho, crescimento e sanidade das plantas.

Todavia, os consórcios de cada local apresentaram resposta diferenciada para alguns nutrientes, com Dois Vizinhos apresentando a maior média em relação aos demais locais para nitrogênio, mas não diferindo do controle, ocorrendo o mesmo para Vitorino com potássio. Para o teor de cálcio, as maiores médias foram oriundas de isolados provenientes de todos sítios de coleta, exceção para o controle apenas e para o teor de manganês a única exceção para menor média foi em Clevelândia (Tabela 11).

Segundo Tanaka-Oda et al. (2016), a relação nutricional nas folhas das espécies pode variar de acordo com sua capacidade de absorção, tipo de espécie, família e a interação microrganismo x planta. Tais fatores podem em parte serem observados no presente trabalho, como nas folhas que independente dos locais apresentou presença de N, K, Ca e Mn (Tabela 11).

A falta de potássio causa impactos no crescimento e no metabolismo da planta afetando a fotossíntese da folha, reduzindo a atividade estomática e a biomassa da planta (Sardans & Peñuelas, 2015; Tripler et al., 2006; Tränker et al., 2018; Sustr et al., 2019). O aumento de K na planta, diminui a incidência de doenças (Holzmueller et al., 2007) causadas por patógenos como fungos, bactérias, vírus, insetos, ácaros e nematóides (Perrenoud, 1990) por meio da redução da competição interna pelos recursos nutricionais (Holzmueller et al., 2007), permitindo que a planta reorganize seus recursos energéticos para produção de paredes celulares mais espessas, evitando assim possíveis ataques de patógenos (Mengel, 2001).

Concentrações baixas de Ca aumenta a sensibilidade das plantas ao ataque de fungos fitopatogênicos nas plantas (Hirschi, 2004). A presença deste mineral na planta auxilia nos processos de florescimento, atuando no desenvolvimento do tubo polínico e na germinação do pólen (Marschner, 2012).

A deficiência de Mn afeta a planta, uma vez que , possui importante papel no seu crescimento e desenvolvimento, atuando na atividade fotossintética (Rohdich et al., 2000; Hsieh et al., 2008), no catabolismo da purina e ureia (Werner et al., 2008; Cao et al., 2010), na biossíntese de fosfolipídios (Collin et al., 1999; Nowicki et al., 2005), em processos de sinalização de  $Ca^{+2}$  (Kim et al., 2003; Hashimoto et al., 2012), no reparo do DNA (Takahashi et al., 2007; Szurmak et al., 2008) ou na biossíntese de histidina (Glynn et al., 2005).

**Tabela 11:** Teores de N, K, Ca e Mn em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com consórcio bacteriano de acordo com cada local de origem e o controle. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Local	Teor de N (mg L <sup>-1</sup> )	Teor de K (mg L <sup>-1</sup> )	Teor de Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Teor de Mn (mg L <sup>-1</sup> )
<b>Controle</b>	4395,82 a*	3922,20 a	2483,22 b	13,76 a

<b>Dois Vizinhos</b>	4241,87 ab	3412,35 b	3117,26 a	14,0 a
<b>Pato Branco</b>	3915,47 b	3382,42 b	3137,64 a	13,43 ab
<b>Vitorino</b>	3566,64 c	4068,36 a	2804,50 ab	14,14 a
<b>Clevelândia</b>	3529,27 c	3394,65 b	3351,67 a	12,58 b
CV (%)	7,33	8,48	8,47	5,53

\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

Para o teor de fósforo, os consórcios com a presença de jabuticabeira obtidos de Pato Branco, Vitorino, Clevelândia e controle apresentaram maior quantidade nas folhas, diferente daqueles de solos sem presença de jabuticabeiras que não diferiram estatisticamente suas médias. Quando foi comparado os consórcios com ou sem jabuticabeira dentro de cada local, o único que apresentou diferenças em suas médias foi Dois Vizinhos, com consórcio oriundo de solo sem jabuticabeiras apresentando superioridade (Tabela 12). Todavia, constatou-se presença de fósforo em ambos os consórcios e locais de obtenção.

A presença do P auxilia na prevenção de doenças fúngicas e no crescimento radicular (Huber & Graham, 1999), o que demonstra assim importância nas folhas das mudas de jabuticabeira.

**Tabela 12:** Teor de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com consórcio bacteriano, de acordo com a presença ou ausência de jabuticabeiras nativas na área e local de origem. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Local	Jabuticabeiras Nativas na área	
	Presente	Ausente
<b>Controle</b>	474,08 a A*	474,08 a A
<b>Clevelândia</b>	473,06 a AB	476,13 a A
<b>Vitorino</b>	472,23 a AB	474,04 a A
<b>Pato Branco</b>	475,96 a A	471,34 a A
<b>Dois Vizinhos</b>	469,73 b B	475,68 a A
CV (%)	0,59	

\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

Os teores de magnésio foram maiores com uso do consórcio em que havia presença de jabuticabeiras nativas quando provenientes de Clevelândia, Vitorino e Dois Vizinhos. Porém, na ausência desta fruteira, as maiores médias ocorreram nas mudas com uso de isolados de Clevelândia, Vitorino, Pato Branco e o controle (Tabela 13). Este elemento também esteve presente em todas as mudas, independentemente do local e com ocorrência de jabuticabeira nativa.

**Tabela 13:** Teor de magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com consorcio bacterianos, de acordo com a presença ou ausência de jabuticabeiras nativas na área e local de origem. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Local	Jabuticabeiras Nativas na área	
	Presente	Ausente
Controle	240,25 a B*	240,25 a AB
Clevelândia	247,14 a AB	238,0 a AB
Vitorino	246,65 a AB	236,76 a AB
Pato Branco	234,03 b B	250,92 a A
Dois Vizinhos	257,00 a A	231,26 b B
CV (%)	3,76	

\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

O teor de zinco nas folhas em consórcio oriundo de solos com presença de jabuticabeiras foi maior quando coletado de Dois Vizinhos e com ausência para quase todos locais, cuja exceção ficou para Clevelândia (Tabela14).

O tratamento controle não diferiu estatisticamente dos consórcios com presença de jabuticabeira nativa e daqueles que apresentaram as maiores médias (Vitorino e Pato Branco) na ausência desta fruteira na área. Por outro lado, os maiores teores ocorreram em locais com presença de jabuticabeira de Dois Vizinhos e Clevelândia (Tabela 14).

Em todos locais e consórcios houve presença de zinco nas mudas de jabuticabeiras. A falta de zinco pode ocasionar redução de área foliar e comprometimento no desenvolvimento de brotações novas (Parwada, 2019), assim como, aumento na incidência de doenças causadas por fitopatógenos, como *Phytophthora* sp., já observados em eucalipto (Silveira & Higashi, 2003).

**Tabela 14:** Teor de zinco ( $\text{mg L}^{-1}$ ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com consorcio bacterianos, de acordo com a presença ou ausência de jabuticabeiras nativas na área e local de origem. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Local	Jabuticabeiras Nativas na área	
	Presente	Presente
Controle	7,15 a B*	7,15 a A
Clevelândia	7,06 a B	5,11 b B
Vitorino	7,42 a B	7,11 a A
Pato Branco	6,03 a B	7,27 a A
Dois Vizinhos	9,12a A	7,14 b A
CV (%)	13,73	

\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

Segundo Marschner (2012) e Zhao & Wu, (2017), o Zn é elemento móvel no floema e sua falta resulta no surgimento de sintomas como necrose, deformações, diminuição da fotossíntese e redução da biomassa e crescimento da planta, fato não observado nas mudas de jabuticabeira.

Nas análises efetuadas após 30 dias de crescimento houve efeito significativo para todos os nutrientes avaliados quanto ao sítio de coleta (Tabela 15).

Observou-se presença de todos os nutrientes nas mudas de jabuticabeira, tendo para o boro, ferro, potássio e nitrogênio superioridade com isolado de Pato Branco e Clevelândia. Estes dois sítios de coleta juntamente com Vitorino apresentaram os maiores teores de cobre e magnésio. Com fósforo, o maior teor foi obtido usando o isolado de Dois Vizinhos, sendo que este, juntamente com Vitorino e Clevelândia tiveram superioridade para enxofre. Os sítios de Dois

Vizinhos, Vitorino e Pato Branco apresentaram com seus isolados maiores teores de manganês.

**Tabela 15:** Teores médios de N, K, P, Mn, Mg, Bo, Cu, Fe e S ( $\text{mg L}^{-1}$ ) em folhas de mudas de jabuticabeiras inoculadas com consórcio bacteriano após 30 dias, de acordo com cada local de origem e o controle. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

Local	Teor de N	Teor de K	Teor de P	Teor de Mn	Teor de Mg	Teor de B	Teor de Cu	Teor de Fe	Teor de S
Dois	2084,67	5923,96	296,23	6,08	977,14	8,0 c	2,85	9,30	272,0
Vizinhos	b*	c	a	a	b		b	c	a
Pato Branco	3022,48	7278,34	229,21	5,41	1249,62	11,37	3,76	12,64	237,3
Vitorino	a	ab	b	ab	a	ab	a	ab	b
Clevelândia	2234,21	6865,58	223,23	4,03	1273,30	11,17	3,68	12,37	262,4
	b	b	b	ab	a	b	a	b	ab
	3070,55	7794,77	178,87	3,70	1355,83	13,52	4,19	14,56	249,7
	a	a	b	b	a	a	a	a	ab
CV (%)	23,56	10,30	16,914	35,56	11,71	16,48	12,34	13,43	10,08

\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

## 6.12 Desenvolvimento e crescimento das mudas de jabuticabeira.

As adições de consórcios microbianos no solo possuem potencial para promover o crescimento vegetal das plantas (Karlidag et al., 2007). Observou-se ao avaliar o incremento no crescimento das mudas de jabuticabeira ausência de influência significativa para interação consórcio x local e na análise destes fatores isolados.

As mudas apresentaram média de incremento de 1,36 cm, o que pode ser ainda relacionado ao pouco período de avaliação após inserção dos isolados, fato que já era esperado, mesmo com os teores de nutrientes apresentando diferenças em alguns níveis, conforme Tabelas 11, 12, 13 e 14.

No entanto, a adição do consórcio microbiano com isolado de *Bacillus* sp. demonstrou possuir maior eficiência contra-ataques de microrganismos



patogênicos, uma vez que as mudas do tratamento controle (sem inoculação de microrganismos) não sobreviveram (Figura 22), constatando presença de fungos fitopatogênicos endófitos.

**Figura 22:** Plantas inoculadas com consórcios à base de isolados bacterianos. Consórcio 1 (solo sem jabuticabeiras nativas) (A) e a segunda consórcio 2 (solo sem jabuticabeiras nativas) (B). Os tubetes com mudas dos locais, Controle (1); Clevelândia (2); Vitorino (3); Pato Branco (4); Dois Vizinhos (5). UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.



Fonte: Autor. UTFPR-DV/2023

## 7. CONCLUSÃO

A bioprospecção de microrganismos dos solos dos sítios de coleta, com e sem presença natural de jabuticabeiras, permitiu seleção de poucas espécies cultiváveis.

Os isolados bioprospectados no solo dos quatros sítios de remanescentes florestais teve em sua maioria bactérias gram (+), com todos apresentando

atividade enzimática para catalase. Com relação aos isolados fúngicos, a maioria apresentaram ser potenciais fitopatógenos causadores de doenças em plantas.

Dentre os testes realizados com isolados bacterianos e fúngicos, a maior parte destes isolados foram compatíveis entre si, ou seja, conseguiram sobreviver em mesmo ambiente.

Os isolados apresentaram capacidade em produzir enzimas como amilase, celulase e protease, demonstrando potencial para fins industriais. Para teste de produção de AIA e solubilização de P somente três indivíduos demonstraram potencialidade. Os isolado bacterianos capazes de sintetizar AIA foram *Paenibacillus doosanensis* (I3) e *Bacillus muralis* (I17). Para solubilização de P, apenas o isolado bacteriano *Bacillus thuringiensis* (I49) teve potencialidade para solubilizar este macronutriente.

A maioria das sementes inoculadas não foi afetada em seu processo germinativo pelos isolados.

A inoculação dos consórcios microbianos dos sítios de coleta em mudas de jabuticabeira não foi influenciou em seu crescimento após 30 dias de inoculação. Ressalta-se que período de avaliação destas mudas foi extremamente curto, necessitando maior acompanhamento.

Com relação a análise nutricional das folhas de jabuticabeira, os únicos nutrientes que não foram influenciados pelos consórcios testados dos sítios de coleta foram enxofre e ferro, diferente dos demais.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A realização deste trabalho permitiu verificar que há necessidade de realizar outros tipos de análises com relação a bioprospecção de microrganismos do solo. Entre as análises sugeridas, propõe-se metagenômica destes sítios de coleta para observar a diversidade de espécies presentes no ambiente. Fazer uso de diferentes meios de culturas, seletivos e não seletivos direcionando a bioprospecção dos microrganismos. Testar os isolados de forma

individual e em consórcios entre fungos e bactérias para verificar qual possibilita maior eficiência naquilo que se espera.

## 9. REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M. T., ALI, N. Y., SULEMAN, Patrice. 2008. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus myloliquefaciens*. Crop Protection, Volume 27, Issue 10. 2008, Pages 1354-1359. ISSN 0261-2194. <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.05.007>>.

ABE, L.T., LAJOLO, F.M. and GENOVESE, M.I., 2011. Potential dietary sources of ellagic acid and other antioxidants among fruits consumed in Brazil: Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg). Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 92, no. 8, pp. 1679-1687. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5531>. PMID:22173652.

ABRAFRUTAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. Estatísticas de exportações de frutas no primeiro semestre de 2019. (2019). Disponível em: <<https://abrafrutas.org>>.

ABRASFRUTAS. Os rumos da produção de frutas no Brasil, 2018. Disponível em <https://abrafrutas.org/2018/08/fruticultura-setor-em-expansao>.

ABREU, C. S. (2019). Seleção de estirpes bacterianas rizosféricas e não rizosféricas com potencial para biossolubilização de fosfato e produção de inoculantes visando aumento do crescimento e nutrição do milho. Dissertação de Doutorado em Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ADAK, Anurup et al. Micronutrient enrichment mediated by plant-microbe interactions and rice cultivation practices. Journal of Plant Nutrition, v. 39, n. 9, p. 1216-1232, 2016.

ADESEMOYE, A.O. AND KLOEPPER, J.W. (2009) Plant-Microbes Interactions in Enhanced Fertilizer-Use Efficiency. Applied Microbiology and Biotechnology, 85, 1-12. <<https://doi.org/10.1007/s00253-009-2196-0>>

ADNAN, M. (2019) Bioactive potential of essential oil extracted from the leaves of *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, no. 8, no. 1, p. 213216.

- AGLER, Matthew T. et al. Microbial hub taxa link host and abiotic factors to plant microbiome variation. *PLoS biology*, v. 14, n. 1, p. e1002352, 2016.
- AGRA, M.F., FRANÇA, P.F. & BARBOSA-FILHO, J.M. 2007. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 17(1):114-140.
- AGRA, M.F., SILVA, K.N., BASÍLIO, I.J.L.D., FRANÇA, P.F. & BARBOSA-FILHO, J.M. 2008. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 18(3):472-508.
- AGUIRRE, J., RÍOS-MOMBERG, M., HEWITT, D., & HANSBERG, W. (2005). Reactive oxygen species and development in microbial eukaryotes. *Trends in microbiology*, 13(3), 111-118.
- AHEMAD, M., and KIBRET, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *J. King Saud Univ. Sci.* 26, 1–20. doi: 10.1016/j.jksus.2013.05.001
- AHMAD M, AHMAD I, HILGER TH, NADEEM SM, AKHTAR MF, JAMIL M, HUSSAIN A, ZAHIR ZA. 2018. Preliminary study on phosphate solubilizing *Bacillus subtilis* strain Q3 and *Paenibacillus* sp. strain Q6 for improving cotton growth under alkaline conditions. *PeerJ.* 6(2):e5122. doi: 10.7717/peerj.5122.
- AHMED, S., JAFFAR, M. A., ALI, N., AHMED, S., RAMZAN, M., & HABIB, Q. (2017). Effect of naphthalene acetic acid on sprouting and rooting of stem cuttings of grapes. *Science Letters*, 5(3), 225-232.
- AKINYELE, B.I. AND ADETUYI, F.C. (2005) Effect of Agrowastes, pH and Temperature Variation on the Growth of *Volvariella volvacea*. *African Journal of Biotechnology*, 4, 1390-1395.
- ALBUQUERQUE B.R., PEREIRA C., CALHELHA R.C., ALVES M.J., ABREU R.M.V., BARROS L., FERREIRA, I.C.R. (2020) Jaboticaba residues (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) are rich sources of valuable compounds with bioactive properties, *Food Chemistry*, v. 30, n. 309, 125735. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125735.
- ALCANTARA, A. et al. Do rural para o décor: O uso de jabuticabeiras na decoração. 2019. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/decoracao/do-rural-para-o-decor-o-uso-dejabuticabeiras-nadecoracao/#:~:text=Al%C3%A9m%20de%20ser%20cultivada%20em,pa%C3%ADs%20por%20ser%20extremamente%20adapt%C3%A1vel>.

- ALEXOPOULOS, C. J., MIMS, C. W. & STROBEL, G. A. (1996). *Introductory Mycology*, 4th edn. New York: Wiley.
- ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G. (Eds.). *Métodos em fitopatologia* (2ª. ed.). Viçosa: Editora UFV, 2016. 516p.
- ALI B, SABRI AN, LJUNG K, HASNAIN S (2009) Quantification of indole-3-acetic acid from plant associated *Bacillus* spp. and their phyto-stimulatory effect on *Vigna radiata* (L.). *World J Microbiol Biotechnol* 25:519–526.
- ALORI ELIZABETH T., GLICK BERNARD R., BABALOLA OLUBUKOLA O. Microbial Phosphorus Solubilization and Its Potential for Use in Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology* VOLUME 8 , 2017 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.00971> .
- ALORI ET, BABALOLA O.O. (2018). Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa. *Frontiers in Microbiology*. 2018;9:2213. doi: 10.3389/fmicb.2018.02213.
- ALRUMMAN S, MOSTAFA Y, AL-QAHTANI ST, SAHLABJI T, TAHA T. Antimicrobial activity and GC-MS analysis of bioactive constituents of Thermophilic bacteria isolated from Saudi hot springs. *Arab J Sci Eng*, 2018; 44(1):75-85. Doi: 10.1007/s13369-018-3597-0
- ALTOMARE C, NORVELL WA, BJÖRKMAN T, HARMAN GE. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Appl Environ Microbiol*. 1999;65:2926-33. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.7.2926-2933>. 1999.
- ALTOMARE C, NORVELL WA, BORJKMAN T, HARMAN GE. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295– 22. *Appl Environ Microbiol*. 65:2926–2933.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G., 2013: Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6), 711-728. 2013.
- ALVES, Tatiane dos Santos et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, p. 341-347, 2011.
- ALZUGARAY, D.; ALZUGARAY, K. 1988. *Enciclopédia de plantas brasileiras*. São Paulo: Três.

AMMOR, M.S., MICHAELIDIS, C., AND NYCHAS, G.J. (2008). Insights into the role of quorum sensing in food spoilage. *J. Food Prot.* 71, 1510–1525.

doi:10.4315/0362-028X-71.7.1510.

AMORIM, Henrique V. et al. Scientific challenges of bioethanol production in Brazil. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 91, p. 1267-1275, 2011.

ANDERSON, Arthur K. et al. *Essentials of Physiological Chemistry. Essentials of Physiological Chemistry.*, 1939.

ANDRADE, Leandro Fernandes et al. Analysis of the abilities of endophytic bacteria associated with banana tree roots to promote plant growth. *Journal of Microbiology*, v. 52, p. 27-34, 2014.

ANDRADE, M. A.; CARDOSO, M. G.; GOMES, M. S.; AZEREDO, C. M. O.; BATISTA, L. R.; SOARES, M. J. RODRIGUES, L. M. A.; FIGUEIREDO, A. C. S. Biological activity of the essential oils from *Cinnamodendron dinisii* and *Siparuna guianensis*. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 46, n. 1, p. 189-194, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-838246120130683>

ANDRADE P.F.S., FRUTICULTURA Análise da Conjuntura, Departamento de Economia Rural – DERAL PROGNÓSTICO 2020, Secretaria de agricultura e desenvolvimento do Estado do Paraná, 2020. Disponível em [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura\\_2020.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf)

ANDRADE-HOYOS P, LUNA-CRUZ A, HERNANDEZ EO, GAYOSSO EM, VALENZUELA NL, CURENO HJB. Antagonismo de *Trichoderma* spp., vs hongos asociados a la marchitez de Chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2019;10(6):1259-1272. doi: 10.29312/remexca.v10i6.1326

ANDRADE-HOYOS P, SILVA-ROJAS HV, ROMERO-ARENAS, O. Endophytic *Trichoderma* Species Isolated from *Persea americana* and *Cinnamomum verum* Roots Reduce Symptoms Caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado. *Plants*. 2020;9(9):e1220. doi: 10.3390/plants9091220

ANEES, MUHAMMAD et al. Antifungal activity of various chitinolytic bacteria against *Colletotrichum* in pepper. *Plant Protection Science*, v. 55, n. 2, p. 109-115, 2019.

ANTOUN, Hani. Beneficial microorganisms for the sustainable use of phosphates in agriculture. *Procedia Engineering*, v. 46, p. 62-67, 2012.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2017. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.

ANUÁRIO HORTIFRUT 2019/2020 - Retrospectiva 2019 e Perspectiva 2020. CEPEA USP/ESALQ. 2019. 52 pg.

ARAÚJO, C.R.R., ESTEVES, E.A., DESSIMONI-PINTO, N.A.V. and BATISTA, G., 2014. Myrciaria cauliflora peel flour had a hypolipidemic effect in rats fed amoderately high-fat diet. *Journal of Medicinal Food*, vol. 17, no. 2, pp. 262-267. [http:// dx.doi.org/10.1089/jmf.2012.0256](http://dx.doi.org/10.1089/jmf.2012.0256). PMID:24283277.

ARIKAN Ş, İPEK M, PIRLAK L (2013). 'Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and fruit quality of quince' 2013 International Conference on Agriculture and Biotechnology IPCBEE.

ARMANHI, J. S. L., DE SOUZA, R. S. C., DAMASCENO, N. D. B., DE ARAÚJO, L. M., IMPERIAL, J. AND ARRUDA, P. 2018. A community-based culture collection for targeting novel plant growth-promoting bacteria from the sugarcane microbiome. *Front Plant Sci* 8:2191. (15) (PDF) *Plant-Microbe Interactions*. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/350849183\\_PlantMicrobe\\_Interactions](https://www.researchgate.net/publication/350849183_PlantMicrobe_Interactions) [accessed Nov 28 2023].

ASERI, G.K., N. JAIN, J. PANWAR, A.V. RAO, and P.R. MEGHWAL. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar desert. *Sci. Hort* 117:130–135.

ASHRAFUZZAMAN M, HOSEN FA, RAZI IM, ANAMUL HM, ZAHURUL IM, SHAHIDULLAH SM, SARIAH M (2009) Efficiency of plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *Afr J Biotechnol* 8 (7):1247- 1252

ASIF M, TUNC CE, OZTURK L. 2017b. Changes in yield attributes and K allocation in wheat as affected by K deficiency and elevated CO<sub>2</sub>. *Plant Soil* 426:153–162.

ASTRIANI M, ZUBAIDAH S, ABADI AL, SUARSINI E. 2020. *Pseudomonas plecoglossicida* as a novel bacterium for phosphate solubilizing and indole-3-

- acetic acid-producing from soybean rhizospheric soils of East Java, Indonesia. *Biodiversitas* 21 (2): 578-586. DOI: 10.13057/biodiv/d210220
- AULER, A.C.V.; CARVALHO, D.D.C. e MELLO, S.C.M. de. Antagonismo de *Trichoderma harzianum* a *Sclerotium rolfsii* nas culturas do feijoeiro e soja. *Revista Agro@ambiente*, v. 7, p. 359-365, 2013. Disponível em: [revista.ufrr.br/index.php/agroambiente](http://revista.ufrr.br/index.php/agroambiente).
- BABALOLA, O.O. AND GLICK, B.R. (2012) The Use of Microbial Inoculants in African Agriculture: Current Practice and Future Prospects. *The Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 540-549.
- BABALOLA, OLUBUKOLA OLURANTI et al. Shotgun metagenomic sequencing data of sunflower rhizosphere microbial community in South Africa. *Data in Brief*, v. 31, 2020.
- BABALOLA, O.O. Beneficial bacteria of agricultural importance *Biotechnol. Lett.*, 32 (2010), pp. 1559-1570, 10.1007/s10529-010-0347-0
- BACKES, P.; IRGANG, B. *Árvores do Sul: cartilha de identificação e interesse ecológico*. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.
- BADRI, D.V. et al. Application of natural blends of phytochemicals derived from the root exudates of *arabidopsis* to the soil reveal that phenolic-related compounds predominantly modulate the soil microbiome. *J. Biol. Chem.*, v.288, n.7, p.4502- 4512, 2013. doi: 10.1074/jbc.M112.433300
- BAETZ U, MARTINOIA E. Root exudates: the hidden part of plant defense. *Trends Plant Sci.* 2014 Feb;19(2):90-8. doi: 10.1016/j.tplants.2013.11.006. Epub 2013 Dec 11. PMID: 24332225.
- BAIS HP, WEIR TL, PERRY LG, GILROY S, VIVANCO JM (2006) The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 57, 233–266
- BAKKER, P. A., BERENDSEN, R. L., VAN PELT, J. A., VISMANS, G., YU, K., LI, E., et al. (2020). The soil-borne identity and microbiome-assisted agriculture: looking back to the future. *Mol. Plant* 13, 1394–1401.
- BANO N & MUSSARAT J (2003) Isolation and characterization of phorate degrading bacteria of agricultural significance. *Letter Applied Microbiology*, 46:324-328.
- BARBERÁN, A., MCGUIRE, K. L., WOLF, J. A., JONES, F. A., WRIGHT, S. J., TURNER, B. L., ... FIERER, N. (2015). Relating belowground microbial



composition to the taxonomic, phylogenetic, and functional trait distributions of trees in a tropical forest. *Ecology Letters*, 18(12), 1397–1405. <https://doi.org/10.1111/ele.12536>

BARBIERI, R.L. et al. Agricultural biodiversity in Southern Brazil: integrating efforts for conservation and use of neglected and underutilized species. *Sustainability*, Basel, v. 6, p. 741-757, 2014.

BAREA, J. M. Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. *Journal of soil science and plant nutrition*, v. 15, n. 2, p. 261-282, 2015.

BARROS LOPES M. A., SODEN A., HENSCHKE P. A., LANGRIDGE P. 1996; PCR differentiation of commercial yeast strains using intron splice site primers. *Appl Environ Microbiol.* 62:4514–4520

BASHAN, Y., DE-BASHAN, L. E., PRABHU, S. R., AND HERNANDEZ, J. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil* 378, 1–33. doi: 10.1007/s11104-013-1956-x

BASU *et al.* Evolution of bacterial and fungal growth media. *Bioinformation* 11(4): 182-184 (2015).

BATISTA, Â.G., SILVA-MAIA, J.K., MENDONÇA, M.C.P., SOARES, E.S., LIMA, G.C., BOGUSZ JUNIOR, S., CRUZ-HÖFLING, M.A. and MARÓSTICA JÚNIOR, M.R., 2018. Jaboticaba berry peel intake increases short chain fatty acids production and prevent hepatic steatosis in mice fed high-fat diet. *Journal of Functional Foods*, vol. 48, pp. 266-274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.020>.

BAUDOIN, Ezékiel et al. Effects of *Azospirillum brasilense* with genetically modified auxin biosynthesis gene *ipdC* upon the diversity of the indigenous microbiota of the wheat rhizosphere. *Research in Microbiology*, v. 161, n. 3, p. 219-226, 2010.

BELL, D.K., WELLS, H.D. & MARKHAM, C. R. 1982. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72(4):379-382

BELLONE, C.H., AND S.C. DE BELLONE. 1995. Morphogenesis of strawberry roots infected by *Azospirillum brasilense* and VA mycorrhiza. I. Fendrik, M. de

- Gallo, J. Vanderleyden, and M. de Zamaroczy, eds.. 1994 *Azospirillum VI and related microorganism, genetics-physiology-ecology*. North Atlantic Treaty Organisation, Advance Study Institute, Series G (Ecological Science): (ISBN-13: 978-3-642-79908-2) Vol. 37; 251–255. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
- BENJAMINS R, SCHERES B. 2008. Auxin: the looping star in plant development. *Annual Review of Plant Biology* 59: 443–465.
- BERBEGAL, C., BENAVENT-GIL Y., PARDO, I., FERRER, S.: *LWT - Food Sci Technol* Vol. 64 (2015), p. 25–31.
- BERENDSEN, RL, CMJ PIETERSE E PAHM BAKKER. 2012 O microbioma da rizosfera e a fitossanidade. *Tendencias em Plant Science* 17: 478 - 486.
- BERG, Gabriele; RAAIJMAKERS, Jos M. Saving seed microbiomes. *The ISME journal*, v. 12, n. 5, p. 1167-1170, 2018.
- BERG, G., RYBAKOVA, D., GRUBE, M., AND KOBERL, M. (2016). The plant microbiome explored: implications for experimental botany. *J. Exp. Bot.* 67, 995–
- BERGEY, D. H., (1923). *Bergey's manual of determinative bacteriology : a key for the identification of organisms of the class schizomycetes*. Baltimore :The Williams & Wilkins Company, 1860-1937.
- BETTIOL W, PINTO ZV, SILVA JC, FORNER C, FARIA MR, PACIFICO MG, COSTA LSA (2019). Produtos comerciais à base de *Trichoderma* In: MEYER MC, MAZARO SM, SILVA JC. *Trichoderma: uso na agricultura*. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa.
- BFG - The Brazil Flora Group (2015) Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66: 1085-1113.
- BFG - The Brazil Flora Group (2018) Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia* 69: 1513-1527.
- BHARUCHA, U.; PATEL, K.; TRIVEDI, U. B. Optimization of indole acetic acid production by *Pseudomonas putida* UB1 and its effect as plant growth-promoting rhizobacteria on mustard (*Brassica nigra*). *Agricultural Research*, v. 2, n. 3, p. 215-221, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s40003-013-0065-7>.
- BHAT, M. K. 2000. Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotech Advances*, 18 (5): 355–383.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 2012.

BHATTACHARYYA, P.N.; JHA, D.K. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR): emergência na agricultura. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, v.28, n.4, 2012. doi: 10.1007/ s11274-011-0979-9

BIBIÁN, María Esmeralda et al. Penicillin and cephalosporin biosyntheses are also regulated by reactive oxygen species. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 104, p. 1773-1783, 2020.

BODHANKAR S, GROVER M, HEMANTH S, REDDY G, RASUL S, YADAV SK, DESAI S, MALLAPPA M, MANDAPAKA M, SRINIVASARAO C. Maize seed endophytic bacteria: dominance of antagonistic, lytic enzyme-producing *Bacillus* spp. *3 Biotech*, 2017;7:232. Doi: 10.1007/s13205-017-0860-0

BOITT, G., BLACK, A., WAKELIN, S.A., MCDOWELL, R.W., CONDRON, L.M., 2018. Impacts of longterm plant biomass management on soil phosphorus under temperate grassland. *Plant Soil* 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3429-0>

BOLAND, D. J.; BROPHY, J. J.; HOUSE, A. P. N. Use, chemistry, distillation and marketing. Melbourne: Inkata Press, 1991. p

BONFANTE, P., and REQUENA, N. 2011. Dating in the dark: how roots respond to fungal signals to establish arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Curr. Opin. Plant Biol.* 14, 451–457. doi: 10.1016/j.pbi.2011.03.014

BONONI, V. L. et al. Cultivo de cogumelos comestíveis São Paulo: Ícon, 1999.

BOOTTANUN P, POTISAP C, HURDLE JG, SERMSWAN RW. Secondary metabolites from *Bacillus amyloliquefaciens* isolated from soil can kill *Burkholderia pseudomallei*. *AMB Express*, 2017; 7(1):16. Doi: 10.1186/s13568-016-0302-0

BRAGA, R. F.; KORASAKI, V.; ANDRESEN, E.; LOUZADA, J. Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. (2013). *PLoS One*, v. 8, n. 2, p. e57786.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de análise sanitária de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 200p. <https://www.abrates.org.br/files/manual-de-analisesanitaria-de-sementes.pdf>

Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 345-352, 2011.

BRITO, T.G.D.S., SILVA, A.P.S.A.D., CUNHA, R.X.D., FONSECA, C.S.M.D., ARAÚJO, T.F.D.S., CAMPOS, J.K.D.L., NASCIMENTO, W.M., ARAÚJO, H.D.A.D., SILVA, J.P.R.E., TAVARES, J.F., SANTOS, B.S.D. and LIMA, V.L.D.M., 2021. Anti-inflammatory, hypoglycemic, hypolipidemic, and analgesic activities of *Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel (Brazilian grape) epicarp. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 268, pp. 113611. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2020.113611>. PMID:33242623.

BRONICK, C. J., AND LAL, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124, 3–22.

BUEE, M., REICH, M., MURAT, C., MORIN, E., NILSSON, R.H., UROZ, S., MARTIN, F., 2009. 454 Pyrosequencing analyses of forest soils reveal an unexpectedly high fungal diversity. *New Phytol.* 184, 449e456.

BUENSANTEAI N, YUEN G, S PRATHUANGWONG. The biocontrol bacterium *Bacillus mycoliquefaciens* KPS46 produces auxin, surfactin and extracellular proteins for enhanced growth of soybean plant. *Thai J Agric Sci.* 2008; 41:101-116.

BUGARIN et al. (2014). Essential oil of *Eucalyptus gunnii* Hook. as a novel source of antioxidant, antimutagenic and antibacterial agents. *Molecules*, 19(11), 19007-19020. DOI: 10.3390/molecules191119007

BULGARELLI D, GARRIDO-OTER R, MÜNCH PC, WEIMAN A, DRÖGE J, PAN Y, MCHARDY AC, SCHULZE-LEFERT P. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley. *Cell Host Microbe.* 2015 Mar 11;17(3):392-403. doi: 10.1016/j.chom.2015.01.011. Epub 2015 Feb 26. PMID: 25732064; PMCID: PMC4362959.

BULGARELLI D., SCHLAEPPI K., SPAEPEN S., VER LOREN VAN THEMAAT E., SCHULZE-LEFERT P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2013;64:807–838.

BUSBY, POSY E. et al. Research priorities for harnessing plant microbiomes in sustainable agriculture. *PLoS biology*, v. 15, n. 3, p. e2001793, 2017.

BUYER, JEFFREY S. A soil and rhizosphere microorganism isolation and enumeration medium that inhibits *Bacillus mycoides*. *Applied and environmental microbiology*, v. 61, n. 5, p. 1839-1842, 1995.

CADAHÍA, L.C.; LUCENA, J.J. Diagnóstico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: CADAHÍA, C. Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales, 2.ed, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, cap. 5, p. 173-246, 2000.

CAI, G. L. et al. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* exopolysaccharides on proliferation and metabolism of lactic acid bacteria. *Food Fermentation Industries*, v. 45, p. 16-21, 2019.

CAI, R., WU, X., WANG, X., XU, X. 2020. Effects of insect frass with different cadmium content on maize plant growth and cadmium accumulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

CAMPANILE G, RUSCELLI A AND LUISI N 2007. Antagonistic activity of endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by in vitro and in planta test. *Eur. J. Plant Pathol.* 117: 237-246

CAMPOS CB, DI BENEDETTE JP, MORAIS FV, OVALLE R, NOBREGA MP. Evidence for the role of calcineurin in morphogenesis and calcium homeostasis during mycelium-to-yeast dimorphism of *Paracoccidioides brasiliensis*. *Eukaryot Cell.* 2008 Oct;7(10):1856-64. doi: 10.1128/EC.00110-08. Epub 2008 Sep 5. PMID: 18776037; PMCID: PMC2568058.

CAMPOS P. M., CORNEJO P., RIAL C., BORIE F., VARELA R. M., SEGUEL A., et al.. (2019). Phosphate acquisition efficiency in wheat is related to root:shoot ratio, strigolactone levels, and PHO2 regulation. *J. Exp. Bot.* 70, 5631–5642. 10.1093/jxb/erz349

CANARINI A, KAISER C, MERCHANT A, RICHTER A, WANEK W. Root Exudation of Primary Metabolites: Mechanisms and Their Roles in Plant Responses to Environmental Stimuli. *Front Plant Sci.* 2019 Feb 21;10:157. doi: 10.3389/fpls.2019.00157. Erratum in: *Front Plant Sci.* 2019 Apr 09;10:420. PMID: 30881364; PMCID: PMC6407669.

CAO Y.P., GAO Z.K., LI J.T., XU G.H., WANG M., Effects of extraneous glutamic acid on nitrate contents and quality of Chinese chive. *Acta Horticulturae*, 2010, 856, 91–98

CARNEY, K. M. AND MATSON, P. A. 2006. "Influence of tropical plant diversity and composition on soil microbial communities." *Microbial ecology.* 52:226–238.

CARRIM AJI, BARBOSA ED, VIEIRA JDG 2006. Enzymatic activity of endophytic bacterial isolates of *Jacaranda decurrens* Cham. (Carobinha-do-campo). *Braz Arch Biol Technol* 49: 353-359.

- CARVALHO DDC, OLIVEIRA DF, CAMPOS VP & PASQUAL M. 2011. Selection of phytotoxin producing rhizobacteria. *An Acad Bras Cienc* 83: 1678-2690.
- CARVALHO, Ana Cecília Bezerra et al. Regulation of herbal medicines in Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 158, p. 503-506, 2014.
- CARVALHO, JULIANA O. et al. Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, p. 1851-1868, 2017.
- CASTANEDA-ALVAREZ, Carlos; ABALLAY, E. Rhizobacteria with nematicide aptitude: enzymes and compounds associated. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 32, p. 1-7, 2016.
- CATTELAN, A.J.; HARTEL, P.G.; FUHRMANN, J.J. Bacterial composition in the rhizosphere of nodulating and non-nodulating soybean. *Soil Science Society of America Journal*, v.62., p.1549-1555, 1998.
- CAVALCANTI DN, DE OLIVEIRA MAR, DE-PAULA JC, et al (2011) Variability of a diterpene with potential anti-HIV activity isolated from the Brazilian brown alga *Dictyota menstrualis*. *J Appl Phycol* 23:873–876 . doi: 10.1007/s10811-010-9601-z
- CEAGESP. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. 2018. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/produtos/jabuticaba>. Acesso: 17 jun 2022.
- CHARULATHA, R., H. HARIKRISHNAN, P.T.MANOHARAN, AND V.SHANMUGAIAH. 2013. Characterization of groundnut rhizosphere *Pseudomonas* sp. VSMKU 2013 for control of phytopathogens. In: *Microbiological Research In Agroecosystem Management*, Springer India. 121-127
- CHATZISTATHIS, Theocharis; ALIFRAGIS, D.; PAPAIOANNOU, Athanasios. The influence of liming on soil chemical properties and on the alleviation of manganese and copper toxicity in *Juglans regia*, *Robinia pseudoacacia*, *Eucalyptus* sp. and *Populus* sp. plantations. *Journal of Environmental Management*, v. 150, p. 149-156, 2015.
- CHEN, Chanyou et al. Genetic analysis of salt stress responses in asparagus bean (*Vigna unguiculata* (L.) ssp. *sesquipedalis* Verdc.). *Journal of Heredity*, v. 98, n. 7, p. 655-665, 2007.

- CHEN X, BERIM A, DAYAN FE, GANG DR (2017) A (-)-kolavenyl diphosphate synthase catalyzes the first step of salvinorin A biosynthesis in *Salvia divinorum*. *J Exp Bot* 68:1109–1122 . doi: 10.1093/jxb/erw493
- CHEN YP, REKHA PD, ARUN AB, SHEN FT, LAI WA, YOUNG CC. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl Soil Ecol.* 34:33–41. doi: 10.1016/j.apsoil.2005.12.002.
- CHERRY, J.R.; FIDANTSEF, A.L. 2003. Directed evolution of industrial enzymes: an update. *Curr. Opin Biotechnol.* XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA
- CHI, G.G., A.K. SRIVASTAVA, AND Q.S. WU. 2018. Exogenous easily extractable glomalin-related soil protein improves drought tolerance of trifoliolate orange. *Arch. Agron. Soil Sci.* 64(10):1341–1350.
- CHO, YOU-HEE; LEE, EUN-JIN; ROE, JUNG-HYE. A developmentally regulated catalase required for proper differentiation and osmoprotection of *Streptomyces coelicolor*. *Molecular Microbiology*, v. 35, n. 1, p. 150-160, 2000.
- CHOUDHARY M., SHARMA P. C., JAT H. S., DASH A., RAJASHEKAR B., MCDONALD A. J., et al.. (2018). Soil bacterial diversity under conservation agriculture-based cereal systems in indo-Gangetic Plains. *3 Biotech* 8:304. doi: 10.1007/s13205-018-1317-9
- CHUNG H, PARK M, MADHAIYAN M, SESHADRI S, SONG J, CHO H, SA T. 2005. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. *Soil Biol Biochem.* 37:1970–1974.
- CITADIN, I., VICARI, I.J., SILVA, T.T., DANNER, M.A. 2005. Qualidade de frutos de jaboticabeira (*myrciaria cauliflora*) sob influência de duas condições de cultivo: sombreamento natural e pleno sol. *Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas*, v.11, n. 3, p. 373-375.
- CITADIN, I.; DANNER, M. A.; SASSO, S. A. Z. 2010. Propagação de Jaboticabeiras por estaquia. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal.* v.32 n.2.
- CLAVEL T, CARLIN F, LAIRON D, NGUYEN-THE C, SCHMITT P (2004) Survival of *Bacillus cereus* spores and vegetative cells in acid media simulating human stomach. *Journal of Applied Microbiology*; 97: 214-219

CLERICI, M.T.P.S. and CARVALHO-SILVA, L.B., 2011. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. *Food Research International*, vol. 44, no. 7, pp. 1658-1670. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.020>.

COLLAVINO MM, SANBERRO PA, MROGINSKI LA, AGUILAR OM. 2010. Comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native to acid soil and their ability to promote *Phaseolus vulgaris* growth. *Biol Fertil Soils*. 46:727–738. doi: 10.1007/s00374-010-0480-x.

COLLIN, M. David; GIBSON, Glenn R. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *The American journal of clinical nutrition*, v. 69, n. 5, p. 1052s-1057s, 1999.

COMPANT, Stéphane; CLÉMENT, Christophe; SESSITSCH, Angela. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo-and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 42, n. 5, p. 669-678, 2010.

COMPANT S, SAMAD A, FAIST H, SESSITSCH A. A review on the plant microbiome: Ecology, functions, and emerging trends in microbial application. *J Adv Res*. 2019 Mar 20;19:29-37. doi: 10.1016/j.jare.2019.03.004. PMID: 31341667; PMCID: PMC6630030.

CONWAY GR, PRETTY JN. *Unwelcome harvest: agriculture and pollution*. Routledge 2013.

COPPEN, J. W. *Eucalyptus: the genus Eucalyptus* Printed Resource. London: Taylor & Francis, 2002. p. 464.

COUVILLON, G.A. Leaf elemental content comparisons of own-rooted peach cultivars to the same cultivars on several peach seedling rootstocks. *Journal American Society for Horticultural Science, Alexandria*, v.107, n.4, p.555-558, 1982.

CRAVEN PA, HAYASAKA SS. 1982. Inorganic phosphate solubilization by rhizosphere bacteria in a *Zostera marina* community. *Can J Microbiol*. 1982;28:605–610. doi: 10.1139/m82-090.

CUECAS, ALBA et al. Bacterial distribution along a 50 C temperature gradient reveals a parceled out hot spring environment. *Microbial ecology*, v. 68, p. 729-739, 2014.



CURTIS, Thomas P.; SLOAN, William T.; SCANNELL, Jack W. Estimating prokaryotic diversity and its limits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 99, n. 16, p. 10494-10499, 2002.

DA SILVA ABADE, Andre; DE ALMEIDA, Ana Paula GS; DE BARROS VIDAL, Flavio. Plant Diseases Recognition from Digital Images using Multichannel Convolutional Neural Networks. In: VISIGRAPP (5: VISAPP). 2019. p. 450-458.

DABRAL, S., SAXENA, S. C., CHOUDHARY, D. K., BANDYOPADHYAY, P., SAHOO, R. K., TUTEJA, N., et al. (2020). Synergistic inoculation of *Azotobacter vinelandii* and *Serendipita indica* augmented rice growth. Cham: Springer.

DAGNAW, F. Characterization of plant growth promoting bacteria from sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) rhizosphere of Wonji-Shoa Sugar Estate and farmers landraces of Ethiopia. *Biotechnology*, v. 14, n. 1, p. 58-64, 2015.

DAKORA, Felix D.; PHILLIPS, Donald A. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Food security in nutrient-stressed environments: exploiting plants' genetic capabilities*, p. 201-213, 2002.

DANNER, Moeses Andriago et al. Diagnóstico ecogeográfico da ocorrência de jabuticabeiras nativas no Sudoeste do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, p. 746-753, 2010.

DANNER, Moeses Andriago et al. Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jabuticabeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 246-252, 2011.

DANNER, M. A. Diagnóstico ecogeográfico e caracterização morfo genética de jabuticabeiras. 2009, 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.

DAS, A., R. Prasad, A. SRIVASTAVA, Ph Giang, K. BHATNAGAR E A. Varma. 2010. "Sideróforos fúngicos: estrutura, funções e regulação." Em *Microbial Siderophores (Soil Biology)*, editado por A. Varma e SB Chincholkar, 1–42. Heidelberg, Alemanha: Springer-Verlag.

DASH, Hirak R.; BASU, Subham; DAS, Surajit. Evidence of mercury trapping in biofilm-EPS and mer operon-based volatilization of inorganic mercury in a marine bacterium *Bacillus cereus* BW-201B. *Archives of microbiology*, v. 199, p. 445-455, 2017.

- DAWAR S., WAHAB S., TARIQ M., ZAKI M. J. (2010). Application of *Bacillus* species in the control of root rot diseases of crop plants. *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 43, 412–418. doi: 10.1080/03235400701850870
- DE Almeida Teixeira, G. H., BERLINGIERI Durigan, M. F., & DURIGAN, J. F. (2011). Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O.Berg. [Myrtaceae]). In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*, 3, (pp. 246–275). Woodhead Publishing Limited.
- DE Freitas JR, BANERJEE MR, Germida JJ. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.) *Biol Fertil Soils.* 24:358–364. doi: 10.1007/s003740050258.
- DE MORAES, Moacir Tuzzin et al. Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 200, p. 104611, 2020.
- DE LIGNE, Liselotte et al. Analysis of spatio-temporal fungal growth dynamics under different environmental conditions. *IMA fungus*, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2019.
- DE Moura., EMANOEL G. et al. Could more efficient utilization of ecosystem services improve soil quality indicators to allow sustainable intensification of Amazonian family farming. *Ecological Indicators*, v. 127, p. 107723, 2021.
- DE SMET I., et al. (2010). Bimodular auxin response controls organogenesis in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 2705–2710.
- DELILLE, Daniel., COULON, Frédéric., PELLETIER, Emilien. Biostimulation of natural microbial assemblages in oil-amended vegetated and desert sub-Antarctic soils. *Microbial ecology*, v. 47, p. 407-415, 2004.
- DENNIS, Paul G.; MILLER, Anthony J.; HIRSCH, Penny R. Are root exudates more important than other sources of rhizodeposits in structuring rhizosphere bacterial communities. *FEMS microbiology ecology*, v. 72, n. 3, p. 313-327, 2010.
- DHILLON, J., TORRES, G., DRIVER, E., FIGUEIREDO, B., AND RAUN, W. R. (2017). World phosphorus use efficiency in cereal crops. *Agron. J.* 109, 1670–1677. doi: 10.2134/agronj2016.08.0483
- DIAKITE, Ami et al. Optimization and standardization of the culturomics technique for human microbiome exploration. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 9674, 2020.
- DIAS, João Paulo Tadeu et al. Plant growth regulators in horticulture: practices and perspectives. *Bioteecnología Vegetal*, v. 19, n. 1, p. 3-14, 2019.

- DIMKPA, T., WEINAND, F. Asch Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions *Plant Cell Environ.*, 32 (2009), pp. 1682-1694
- DOAN, T. H., DOAN, T. A., KANGAS, M. J., ERNEST, A. E., TRAN, D., WILSON, C. L., et al. (2017). A low-cost imaging method for the temporal and spatial colorimetric detection of free amines on maize root surfaces. *Front. Plant Sci.* 8:1513. doi: 10.3389/fpls.2017.01513
- DOBBELAERE S., CROONENBORGHS A., THYS A et al. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat *Plant Soil*, 212 (1999), pp. 153-162
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v.22, p.107- 149, 2003.
- DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. *Frutas Brasileiras Jaboticabal*: FUNEP, 2002. 288p.
- DONADIO, L.C. *Jabuticaba (Myrciaria jabuticaba (Vell.) Berg). Série frutas nativas*, 3. Funep. Jaboticabal – SP. 55 p. 2000.
- DONADO-PESTANA, M.H.C. MOURA, R.L. DE ARAUJO, G. DE SANTIAGO, LIMA,, R.M. BARROS, M.I. Genovese Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications *Current Opinion in Food Science*, 19 (2018), pp. 42-49, 10.1016/J.COFS.2018.01.001
- DONINI, L.P.; BERNARDI, E.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO, J.S. Desenvolvimento in vitro de *Pleurotus* spp. sob a influência de diferentes substratos e dextrose. *Arquivos do Instituto Biológico* 72 (3): 331-338. 2005.
- DOTTO, Marcelo et al. Recipientes e substratos na germinação e desenvolvimento de crisântemo e amor-perfeito. *Ornamental Horticulture*, v. 21, n. 2, p. 151-160, 2015.
- DOYLE, Jeff J., DOYLE, Jane L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical bulletin*, 1987.
- DRAGANO, N.R.V., MARQUES, A.Y.C., CINTRA, D.E.C., SOLON, C., MORARI, J., LEITE-LEGATTI, A.V., VELLOSO, L.A. and MARÓSTICAJÚNIOR, M.R., 2013. Freeze-dried jaboticaba peel powder improves insulin sensitivity in high-fat-fed mice. *The British Journal of Nutrition*, vol. 110, no. 3, pp. 447-455. <http://dx.doi.org/10.1017/S0007114512005090>. PMID:23415177.

DUCA, Daiana et al. Indole-3-acetic acid in plant–microbe interactions. *Antonie Van Leeuwenhoek*, v. 106, p. 85-125, 2014.

DUNLAP, Paul V. *Microbial diversity*. 2001.

DUNN IS AND BLATTNER FR (1987) Charons 36 to 40: Multi-enzyme, high capacity, recombination deficient replacement vectors with polylinkers and polystuffers. *Nucleic Acids Res* 15:2677-2698.

EHMANN A. The van urk-Salkowski reagent--a sensitive and specific chromogenic reagent for silica gel thin-layer chromatographic detection and identification of indole derivatives. *J Chromatogr.* 1977 Feb 11;132(2):267-76. doi: 10.1016/s0021-9673(00)89300-0. PMID: 188858.

ELANCHEZHIAN R., KRISHNAPRIYA V., PANDEY R., RAO A. S., ABROL Y. P. (2015). Physiological and molecular approaches for improving phosphorus uptake efficiency of crops. *Curr. Sci.* 108, 1271–1279. 10.18520/cs/v108/i7/1271-1279

ELZWAI, Jamal I. et al. Fungal biomass production in mycological liquid medium by some ochratoxigenic fungi under static and shake culture conditions. *Journal of Pure & Applied Sciences*, v. 17, n. 1, 2018.

EMBRAPA. Centro nacional de ciencias do solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 2019.

EMBRAPA. Ciência que transforma. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-ehortalicas>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

EŞİTKEN, Ahmet. Effects of magnetic fields on yield and growth in strawberry ‘Camarosa’. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v. 78, n. 2, p. 145-147, 2003.

FAO. Organização das nações unidas para a agricultura e alimentação. Faostat. Divisão de Estatística. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 01 out. 2021.

FARIAS, Thaísa Gabriela Silva et al. Alimentos simbióticos: uso da co-encapsulação como forma de veiculação de probióticos e prebióticos. *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 4, p. 39-58, 2020.

FENG, J., LIU, J., AND HUO, X. (2014). Production and trade forecast analysis of world main fresh deciduous fruit in its producing country. *North. Hortic.* 4, 195–202.

FENICE M., SEBLMAN L., FEDERICI F., VASSILEV N., 2000. Application of encapsulated *Penicillium variable* P16 in solubilization of rock phosphate. *Bioresour Technol.* 73:157–162. doi: 10.1016/S0960-8524(99)00150-9.

FERNANDO, Danilo D.; LAZZARO, Mark D.; OWENS, John N. Growth and development of conifer pollen tubes. *Sexual plant reproduction*, v. 18, p. 149-162, 2005.

FERNANDO C. Screening tests for antibiotics. *Mycologia* 1947;39:128-30.

FERREIRA, Antônio Sérgio et al. Endophytic *Methylobacterium extorquens* expresses a heterologous  $\beta$ -1, 4-endoglucanase A (EglA) in *Catharanthus roseus* seedlings, a model host plant for *Xylella fastidiosa*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 28, p. 1475-1481, 2012.

FINKEL, O. M., CASTRILLO, G., PAREDES, S. H., GONZÁLEZ, I. S., AND DANGL, J. L. (2017). Understanding and exploiting plant beneficial microbes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 38, 155–163. doi: 10.1016/j.pbi.2017.04.018

FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; ALLEONI, L. R. F. Potassium rates on the cationic balance of an Oxisol and soybean nutritional status after 8 years of K deprivation. *Experimental Agriculture*, v. 56, n. 2, p. 293-311, 2020.

FIRN R.D., DIGBY J. (1980). The establishment of tropic curvatures in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 131–148.

FISKE, Cyrus H.; SUBBAROW, Yellapragada. The colorimetric determination of phosphorus. *J. biol. Chem*, v. 66, n. 2, p. 375-400, 1925.

FONTES PCR. 2011. *Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose*. Viçosa: O autor. 296p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. *Bacteriological Analytical manual for Foods*. 3 ed. Washington: Dept. of Healt Education and Welfare. 1972, 114p.

FOUILLAUD, M., VENKATACHALAM, M., LLORENTE, M., MAGALON, H., CUET, P., AND DUFOSSÉ, L. (2017). Biodiversity of pigmented fungi isolated from marine environment in La Réunion island, Indian ocean: new resources for colored metabolites. *J. Fungi* 3:36. doi: 10.3390/jof3030036

FRASER T. D., LYNCH D. H., BENT E., ENTZ M. H., DUNFIELD K. E. (2015). Soil bacterial *phoD* gene abundance and expression and long-term management. *Soil Biol. Biochem.* 88 137–147. 10.1016/j.soilbio.2015.04.014

FREY, Wolfgang; KÜRSCHNER, Harald. Asexual reproduction, habitat colonization and habitat maintenance in bryophytes. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 206, n. 3, p. 173-184, 2011.

FREYKLETT, P. BURLINSON, A. DEVEAU, M. BARRET, M. TARKKA, A. SARNIGUET Bacterial-fungal interactions: hyphens between agricultural, clinical, environmental, and food microbiologists *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 75 (4) (2011), pp. 583-609

FRUHWIRTH, Gilbert et al. An immobilised catalase peroxidase from the alkalothermophilic *Bacillus SF* for the treatment of textile-bleaching effluents. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 60, p. 313-319, 2002.

FUKAMI, J., OLLERO, F. J., de la OSA, C., MEGÍAS, M., and HUNGRIA, M. (2018). Co-inoculation of maize with *azospirillum brasilense* and *rhizobium tropici* as a strategy to mitigate salinity stress. *Funct. Plant Biol.* 45, 328. doi: 10.1071/FP17167

GARCÍA, G. CONCEPCIÓN et al. Comparative effect of ZnO NPs, ZnO bulk and ZnSO<sub>4</sub> in the antioxidant defences of two plant species growing in two agricultural soils under greenhouse conditions. *Science of the Total Environment*, v. 589, p. 11-24, 2017.

GECIOVA, J.; BURY, D.; JELEN, P. Methods for disruption of microbial cells for potential use in the dairy industry—a review. *International Dairy Journal*, v. 12, n. 6, p. 541-553, 2002.

GEVÚ et al. (2019). Chemical Composition and Anti-Candida and Anti-Trypanosoma cruzi Activities of Essential Oils from the Rhizomes and Leaves of Brazilian Species of *Renealmia L. fil.* *Records of natural products*, 13(3), 268-280. DOI: 10.25135/rnp.105.18.08.125

GIACOMETTI, D.; LLERAS, E. In: BERMEJO, J. E. H.; LEON, J. *Neglected Crops: 1492 from a different perspective*. Rome: FAO, 1994.

GLICK BR. 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica* 1–15.

GLYNN, E. et al. The potential of *Miscanthus* to harbour known cereal pathogens. *European journal of plant pathology*, v. 141, p. 35-44, 2015.

GNANOU B. N., AUDINET, N., BARRE, L., CAUQUIL, A., CORNU, M., COLIN, P.: *Int J Food Microbiol* Vol. 110 (2006), p. 43–51

- GODARA .R. k, et al. (1996), performance of fruit plants in association with vesicular arbuscular mycorrhizae- a review agric.rev. Karnal 17:3-4
- GOMES JP., DACOREGIO HM., DA SILVA KM., DA ROSA LH., BORTOLUZZI RL DA C. 2017. Myrtaceae na bacia do rio Caveiras: características ecológicas e usos não madeireiros. Floresta e Ambiente 24: e20150111.
- GOMES, E., PRISCO, J.T., CAMPOS, F.A.P. & ENÉAS FILHO, J. Effects of NaCl salinity in vivo and in vitro on ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Physiologia Plantarum*, 59:183-188, 1983.
- GOVINDARAJAN, M.; BALANDREAU, J.; KWON, S.-W.; WEON, H.-Y.; LAKSHMINARASIMHAN, C. Efeito da inoculação de *Burkholderia vietnamensis* e bactérias diazotróficas endofíticas relacionadas no rendimento de grãos de arroz. *Microb. Eco.* 2008 , 55 , 21–37.
- GRANADA C., COSTA PB., LISBOA BB., VARGAS LK., PASSAGLIA LMP (2013) Comparison among bacterial communities present in arenized and adjacent areas subjected to different soil management regimes. *Plant Soil* 373: 339 – 358.
- GRANADA, C. E., PASSAGLIA, L. M. P., SOUZA, E. M. de., SPEROTTO, R. A. Is phosphate solubilization the forgotten child of plant growth-promoting rhizobacteria? *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 1-4, 2018
- GRAY WM, O`STIN A., SANDBERG G., ROMANO CP., ESTELLE M (1998) High temperature promotes auxin-mediated hypocotyl elongation in *Arabidopsis*. *Proc Natl Acad Sci USA* 95: 7197–7202
- GROSSMANN, K. (2010) Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science*, 66: 113–120.
- GUDELJ, M. et al. A catalase-peroxidase from a newly isolated thermoalkaliphilic *Bacillus* sp. with potential for the treatment of textile bleaching effluents. *Extremophiles*, v. 5, p. 423-429, 2001.
- GUDELJ, Marinka et al. A catalase-peroxidase from a newly isolated thermoalkaliphilic *Bacillus* sp. with potential for the treatment of textile bleaching effluents. *Extremophiles*, v. 5, p. 423-429, 2001.
- GUILHERME, Frederico A.G., MORELLATO, L.Patricia C., ASSIS, Marco A. Horizontal and vertical tree community structure in a lowland Atlantic rainforest, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, Sao Paulo, v.27, p.725-737, 2004.

GUNES, A., KARAGOZ, K., TURAN, M., KOTAN, R., YILDIRIM, E., RAMAZAN, R., et al. (2015). Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. *Research Journal of Soil Biology*. 7, 28–45. doi: 10.3923/rjsb.2015.28.45.

GUNINA A, KUZYAKOV Y. Sugars in soil and sweets for microorganisms: review of origin, content, composition and fate. *Soil Biol Biochem*. 2015;90:87–100.

GUPTA S., SETH R., SHARMA A (2016) Plant growth-promoting Rhizobacteria play a role as phytostimulators for sustainable agriculture plantmicrobe interaction. In: Choudhary DK, Varma A, Narendra T (eds) *An approach to sustainable agriculture*. Springer, Singapore, pp 475–493

GUPTA, G., PARIHAR, S. S., AHIRWAR, N. K., SNEHI, S. K., AND SINGH, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. *J. Microbiol. Biochem. Technol.*7:96-102

GUPTA, V. V. S. R., KROKER, S. J., HICKS, M., DAVOREN, C. W., DESCHEEMAER, K., AND LLEWELLYN, R. S. (2014). Nitrogen cycling in summer active perennial grass systems in South Australia: non-symbiotic nitrogen fixation. *Crop Pasture Sci*. 65, 1044–1056. doi: 10.1071/CP14109

GURUSINGHE, N., ARACHCHIGE, B.J.H. AND DAYARATHNA, D. (2019), Identified Research Gaps in HR Analytics, Conference: Challenges to Humankind in the Face of New Technologies at Colombo, Sri Lanka.

GUSAKOV, A. V., A. P. SINITSYN., A. G. BERLIN., A. V. MARKOV., ANDN. V., ANKUDIMOVA, 2000. Surface hydrophobic aminoacid residues in cellulase molecules as a structural factor responsible for their high denim-washing performance. *Enzyme. Microb. Technol*. 27: 664–671.

HAFEEZ, A., MOHAMUD, B. K., SHIEKH, M. R., SHAH, S. I., JOOMA, R. (2011). Lady health workers programme in Pakistan: Challenges, achievements and the way forward. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 61(3), 210-215.

HALDER AK., MISHRA AK., BHATTACHARYYA P., CHAKRABARTY PK. 1990. Solubilization of rock phosphate by *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*. *J Gen Appl Microbiol*. 1990;36:81–92. doi: 10.2323/jgam.36.81.



- HAMILTON, C. E., GUNDEL, P. E., HELANDER, M., AND SAIKKONEN, K. (2012). Endophytic mediation of reactive oxygen species and antioxidant activity in plants: a review. *Fungal Divers.* 54, 1–10.
- HANKIN, L., ANAGNOSTAKIS, S. L. The use of solid media for detection of enzyme production by fungi. *Mycologia* v.67, p.597-607, 1975.
- HANSDA A, KUMAR V, ANSHUMALI. CU-RESISTANT KOCURIA SP. CRB15: a potential PGPR isolated from the dry tailing of Rakha copper mine. *3 Biotech.* 2017 Jun;7(2):132. doi: 10.1007/s13205-017-0757-y. Epub 2017 Jun 8. PMID: 28593515; PMCID: PMC5462659.
- HARRIGAN, W.F., McCANOE, M.E., Métodos de laboratorio en Microbiología de alimentos y productos lácteos. Academia, Leon, Spain. 1979
- HARTMANN A., SCHMID M., VAN TUINEN D., BERG G. (2009). Plant-driven selection of microbes. *Plant Soil* 321 235–257. 10.1007/s11104-008-9814-y
- HARTMANN M, FREY B, MAYER J, MADER P, WIDMER F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME Journal.* 2015;9(5):1177–94. pmid:25350160
- HASHEM A., ABD\_ALLAH E. F., ALQARAWI A., AL-HUQAIL A. A., WIRTH S., EGAMBERDIEVA D. (2016). The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic bacteria enhances plant growth of *Acacia gerrardii* under salt stress. *Front. Plant Sci.* 7:1089. 10.3389/fmicb.2016.01089
- HASHIMOTO, D.T.; ALVES, A.L.; VARELA, E.S.; MORO, G.V.; IWASHITA, M.K.P. Genética na piscicultura: importância da variabilidade genética, marcação e coleta para análise de DNA. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 29p.
- HASSANI MA, DURÁN P, HACQUARD S. Microbial interactions within the plant holobiont. *Microbiome.* 2018 Mar 27;6(1):58. doi: 10.1186/s40168-018-0445-0. PMID: 29587885; PMCID: PMC5870681.
- HAYAKAWA M., NONOMURA H (1987) Ágar de vitamina, um novo meio para o isolamento seletivo de actinomicetos do solo. *J of Fermentation Technology* 65:501–509
- HAYAT S., FARAZ A., FAIZAN M (2017) Root exudates: composition and impact on plant–microbe interaction. *Biofilms Plant Soil Health* :179–193
- HELEN JBP., GRAEME K, RITZ D., FORDYCE A., GEOFFREY GM (2002). Solubilization of calcium phosphate as a consequence of carbon translocation by *Rhizoctonia solani*. *FEMS Microbiol. Ecol.* 40:65-71

HEUER, S., GAXIOLA, R., SCHILLING, R., HERRERA-ESTRELLA, L., LÓPEZ-ARREDONDO, D., WISSUWA, M., et al. (2017). Improving phosphorus use efficiency: a complex trait with emerging opportunities. *Plant J.* 90, 868–885. doi: 10.1111/tpj.13423

HEYWOOD, V.H., *Flowering plants of the world*. B.T. Batsford Ltd., London. 1996

HIRSCH, P., U., MEVS, R. KROPPESTEDT., P. SCHUMANN & E. STACKEBRANDT. 2004. Cryptoendolithic actinomycetes from Antarctic sandstone rock samples: *Micromonospora endolithica* sp. nov. and two isolates related to *Micromonospora coerulea* Jensen 1932. *Syst Appl Microbiol*, 27:166-174.

HOFFMANN ER, et al. (2005) MLH1 and MSH2 promote the symmetry of double-strand break repair events at the HIS4 hotspot in *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics* 169(3):1291-303

HÖGBERG, P. (2007). Environmental science: Nitrogen impacts on forest carbon. *Nature*, 447(7146), 781–782. <https://doi.org/10.1038/447781a>

HOLZMUELLER, Eric J., JOSE, Shibu., JENKINS, Michael A. Influence of calcium, potassium, and magnesium on *Cornus florida* L. density and resistance to dogwood anthracnose. *Plant and Soil*, v. 290, p. 189-199, 2007.

HONG, C. X., MOORMAN, G. W. Plant pathogens in irrigation water: challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 24, n. 3, p. 189-208, 2005.

HOSSEL, C., OLIVEIRA, J. S. M. A., FABIANE, K. C., WAGNER Junior, A. CITADIN, I. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jabuticabeira. *Revista Brasileira de Fruticultura (Impresso)*, v. 35, p. 255-261, 2013.

HOSSEL, C., RADAELLI, J. C., GUOLLO, K., WAGNER Junior, A. Enxertia de jabuticabeira em diferentes porta-enxertos. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v. 12, p. 115-119, 2019a.

HOSSEL, C., WAGNER Junior, A., OLIVEIRA, J. S. M. A., FABIANE, K.C., DALLAGO, A. Rooting of jabuticabeira of cabinho mini-cuttings (*Plinia trunciflora*). *Comunicata Scientiae*, v. 9, p. 613-620, 2018a.

HSIEH, Chienyan et al. Effect of plant oil and surfactant on the production of mycelial biomass and polysaccharides in submerged culture of *Grifola frondosa*. *Biochemical Engineering Journal*, v. 38, n. 2, p. 198-205, 2008.

- HU, Jie et al. Probiotic diversity enhances rhizosphere microbiome function and plant disease suppression. *MBio*, v. 7, n. 6, p. 10.1128/mbio.01790-16, 2016.
- HUANG J., XU C.-C., RIDOUTT B. G., WANG X.-C., REN P.-A. (2017). Nitrogen and phosphorus losses and eutrophication potential associated with fertilizer application to cropland in China. *J. Clean. Prod.* 159, 171–179. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.05.008
- HUBER, D.M. AND GRAHAM, R.D. 1999. The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases. Pp 169206. In Z. Rengel (ed.). *Mineral Nutrition of Crops: Fundamental Mechanisms and Implications*. Food Products Press, the Haworth Press, Inc., New York.
- IANNUCCI, A., MARONE, D., RUSSO, M.A., DE VITA, P., MIULLO, V., FERRAGONIO, P., BLANCO, A., GADALETA, A., MASTRANGELO, A.M.(2017). Mapping QTL for root and shoot morphological traits in a durum wheat × *T. dicoccum* segregating population at seedling stage. *Int. J. Genomics* 17, 1–17.
- IBARRA-GALEANA, Jesús A. et al. Characterization of phosphate-solubilizing bacteria exhibiting the potential for growth promotion and phosphorus nutrition improvement in maize (*Zea mays* L.) in calcareous soils of Sinaloa, Mexico. *Annals of Microbiology*, v. 67, p. 801-811, 2017.
- IBGE. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2015. Disponível em: <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>. Acesso em: 11 nov. 2016.
- IBGE – CENSO AGROPECUÁRIO 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2019, disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html)>; acesso em: 28/02/2023;
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (IBRAF). Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/>> . Acesso em: 2017
- IGIEHON NO., BABALOLA OO., AREMU BR (2019) Genomic insights into plant growth promoting rhizobia capable of enhancing soybean germination under drought stress. *BMC Microbiol* 19:1–22
- IGIEHON, N. O., AND BABALOLA, O. O. (2017). Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 101, 4871–4881. doi: 10.1007/s00253-017-8344-z

IGIEHON., OZEDE & AMP., BABALOLA., OLUBUKOLA. (2018). Rhizosphere Microbiome Modulators: Contributions of Nitrogen Fixing Bacteria towards Sustainable Agriculture. *International journal of environmental research and public health*. 15.

INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored brazilian native fruits. *PLoS ONE* , v. 11, n. 4, p. e0152974, 2016.

ISBELIA, R., L. BERNIER, R., R. SIMARD., P. TANGUAY AND H. ANTOUN. (1999). Characteristics of phosphate solubilization by an isolate of a tropical *Penicillium rugulosum* and two UVinduced mutants. *FEMS Microbiol. Ecol.* 28: 291-295.

ISTINA IN., WIDIASTUTI H., JOY B., ANTRALINA M. Phosphate-solubilizing microbe from Saprists peat soil and their potency to enhance oil palm growth and P uptake. *Proc Food Sci.* 2015;3:426–435. doi: 10.1016/j.profoo.2015.01.047.

ITO, Masaki et al. Cell-cycle-regulated transcription of A-and B-type plant cyclin genes in synchronous cultures. *The Plant Journal*, v. 11, n. 5, p. 983-992, 1997.

JACOBS H., BOSWELL GP., RITZ K, DAVIDSON FA., GADD GM. Solubilization of calcium phosphate as a consequence of carbon translocation by *Rhizoctonia solani*. *FEMS Microbiol Ecol.* 2002;40:65–71. doi: 10.1111/j.1574-6941.2002.tb00937.x.

JAEGER, C. H., LINDOW, S. E., MILLER, W., CLARK, E., AND FIRESTONE, M. K. (1999). Mapping of sugar and amino acid availability in soil around roots with bacterial sensors of sucrose and tryptophan. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 2685–2690.

JAHANIAN, A., CHAICHI, M.R., REZAEI, K., REZAYAZDI, K., KHAVAZI, K., 2012. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination and primary growth of artichoke (*Cynarascolymus*). *Int. J. Agric. Crop Sci.* 4, 923–929.

JASMINE, Ulfa et al. Pengaruh Leverage, Kepelimikan Institusonal, Ukuran Perusahaan, dan Profitabilitas terhadap Penghindaran Pajak (Studi pada Perusahaan Manufaktur yang Terdaftar di Bei Tahun 2012-2014). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Ilmu Ekonomi*, v. 4, n. 1, p. 1786-1800, 2017.

JESUS JUNIOR C., SIDONIO S., MORAES V.E.G.; Fruticultura: formas de organização nos principais países exportadores; *BNDES Setorial*, v. 34, p. 239270. 2011.

- JIANG, R., WANG, M. and CHEN, W. Characterization of adsorption and desorption of lawn herbicide siduron in heavy metal contaminated soils. *Chemosphere*. 2018, 204, 483-491. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.045>
- JOHN R. P., TYAGI R. D., BRAR S. K., PRÉVOST D. (2010). Development of emulsion from rhizobial fermented starch industry wastewater for application as *Medicago sativa* seed coat. *Eng Life Sci*. 10, 248–256. 10.1002/elsc.201000002.
- JOHNSON, Lisa A., HUG, Laura A. Distribution of reactive oxygen species defense mechanisms across domain bacteria. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 140, p. 93-102, 2019.
- JOHNSON L. J., DE BONTA A. C. M., BRIGGS L. R., CARADUS J. R., FINCH S. C., FLEETWOOD D. J., et al. (2013). The exploitation of epichloae endophytes for agricultural benefit. *Fungal Divers*. 60, 171–188. 10.1007/s13225-013-0239-4
- JOHNSON, Nancy Collins. Resource stoichiometry elucidates the structure and function of arbuscular mycorrhizas across scales. *New Phytologist*, v. 185, n. 3, p. 631-647, 2010.
- JORQUERA M. A., SAAVEDRA N., MARUYAMA F., RICHARDSON A. E., CROWLEY D. E., DEL C., et al. (2013). Phytate addition to soil induces changes in the abundance and expression of *Bacillus*  $\beta$ -propeller phytase genes in the rhizosphere. *FEMS Microbiol. Ecol*. 83 352–360. 10.1111/j.1574-6941.2012.01480.x
- JOSEPH, B., PATRA, R. R., AND LAWRENCE, R. (2012) Characterization of plant growth promoting rhizobacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int J Plant Prod.*, 1, 141-152.
- JÜRGENS G. (1995). Axis formation in plant embryogenesis: cues and clues. *Cell* 81: 467–470.
- JÜRGENS, Gerd. Axis formation in plant embryogenesis: cues and clues. *Cell*, v. 81, n. 4, p. 467-470, 1995.
- JYOTI, S., PARAMITA, B., VANAJA, J., AND SHALINI, C. (2013). Phosphate solubilization by a few fungal strains belonging to the genera *Aspergillus* and *Penicillium*. *Afr. J. Microbiol. Res*. 7, 4862–4869. doi: 10.5897/ajmr2013.5991

- KACENA, M.A., MERRELL, G.A., MANFREDI, B., SMITH E.E., KLAUS, D.M., P. Todd: *Appl Microbiol Biotechnol* Vol.51 (1999), p. 229–234.
- KAEHLER M., GOLDENBERG R., EVANGELISTA PHL., RIBAS OS., VIEIRA AOS & HATSCHBACH GG (2014) *Plantas Vasculares do Paraná*. Universidade Federal do Paraná. 190p.
- KALAM, Lindsay et al. Redefining the chronic-wound microbiome: fungal communities are prevalent, dynamic, and associated with delayed healing. *MBio*, v. 7, n. 5, p. 10.1128/mbio.01058-16, 2016.
- KALAYU, G. (2019) Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *International Journal of Agronomy*, 2019, Article ID: 4917256. <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>
- KALITA,R., BHATTACHARYYA,P., JHA,D.,2009.Effects of plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungion *Fusarium oxysporum* causing brinj alwilt.*JAPS4*,29–35.
- KANIMOZHI M., MIDHUSHA JOHNY., GAYATHRI N., SUBASHKUMAR R (2014) Otimização e produção de  $\alpha$ -amilase de espécies de *Bacillus* halofílicas isoladas de solo de mangaue. *J Appl Environ Microbiol* 2(3):70–73
- KANNAHI, M., AND SENBAGAM, N. (2014). Studies on siderophore production by microbial isolates obtained from rhizosphere soil and its antibacterial activity. *J. Chem. Pharmaceut. Res.* 6, 1142–1145. Available online at: <http://jocpr.com/vol6-iss4-2014/JCPR-2014-6-4-1142-1145.pdf>
- KAR et al. (2020) Kar S, Rout S, Sahu ML, Sharma Y, Patra SS. Bio-fertilizer in forest nursery-A review. *International Journal of Industrial Biotechnology and Biomaterials*. 2020;6:1–4.
- KARLIDAG, H.A., ESITKEN, M., TURAN & F. SAHIN, 2007: Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobiacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of apple. *Scientia Horticulture* 114, 16-20.
- KATO, Souichiro et al. Improved isolation of uncultured anaerobic bacteria using medium prepared with separate sterilization of agar and phosphate. *Microbes and environments*, v. 35, n. 1, p. ME19060, 2020.
- KAZAN K., MANNERS J.M. (2009). Linking development to defense: auxin in plant-pathogen interactions. *Trends Plant Sci.* 14: 373–382.
- KEDITSU, Rokolhuii., SRIVASTAVA, A. K. Substrate dynamics: Developments and issues. *Annals of Plant and Soil Research*, v. 16, n. 1, p. 1-8, 2014.

- KENDE, H., ZEEVAART, J. A. D. The five “classical” plant hormones. *The Plant Cell*, 9:1197-1210, 1997
- KERNI, P. N., GUPTA, Anil. Growth parameters affected by azotobacterization of mango seedlings in comparison to different nitrogen doses. *Research and Development Reporter*, v. 3, n. 2, p. 77-79, 1986.
- KHAN A. L., HAMAYUN M., KIM Y.-H., KANG S. M., LEE J. H., LEE I. N. (2011). Gibberellins producing endophytic *Aspergillus fumigatus* sp. LH02 influenced endogenous phytohormonal levels, isoflavonoids production and plant growth in salinity stress. *Process Biochem.* 46 440–447. 10.1016/j.procbio.2010.09.013
- KHAN M. A., ASAF S., KHAN A. L., ADHIKARI A., JAN R., ALI S., et al.. (2019). Halotolerant rhizobacterial strains mitigate the adverse effects of NaCl stress in soybean seedlings. *Biomed. Res. Int.* 2019, 1–15. doi: 10.1155/2019/9530963
- KHAN MR., KHAN SM. Effect of root-dip treatment with certain phosphate solubilizing microorganisms. *Bioresour Technol.* 2002;85(2):213–215. doi: 10.1016/S0960-8524(02)00077-9.
- KILCAWLEY., Kieran N., WILKINSON, Martin G., FOX, Patrick F. Enzyme-modified cheese. *International Dairy Journal*, v. 8, n. 1, p. 1-10, 1998.
- KIM, Chulsung., LEE, Yongwoo., ONG, Say Kee. Factors affecting EDTA extraction of lead from lead-contaminated soils. *Chemosphere*, v. 51, n. 9, p. 845-853, 2003.
- KIM, So Youn et al. Antibacterial strategies inspired by the oxidative stress and response networks. *Journal of Microbiology*, v. 57, p. 203-212, 2019.
- KINDT, Roeland. WorldFlora: An R package for exact and fuzzy matching of plant names against the World Flora Online taxonomic backbone data. *Applications in Plant Sciences*, v. 8, n. 9, p. e11388, 2020.
- KINUPP, V.F., LISBÔA, G.N., BARROS, I.B.I. *Plinia peruviana*, Jabuticaba. In: *Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o Futuro - Região Sul*. Brasília: MMA, 2011. p. 198-204.
- KIVLIN, Stephanie N., HAWKES, Christine V. Tree species, spatial heterogeneity, and seasonality drive soil fungal abundance, richness, and composition in Neotropical rainforests. *Environmental Microbiology*, v. 18, n. 12, p. 4662-4673, 2016.
- KNAPP D. G., NÉMETH J. B., BARRY K., HAINAUT M., HENRISSAT B., JOHNSON J., et al. (2018). Comparative genomics provides insights into the

lifestyle and reveals functional heterogeneity of dark septate endophytic fungi. *Sci. Rep.* 8:6321. 10.1038/s41598-018-24686-4

KODSUEB, R. et al. Relationships between terrestrial and freshwater lignicolous fungi. *fungi ecology*, v. 19, p. 155-168, 2016.

KÖHL, Jürgen., KOLNAAR, Rogier., RAVENSBERG, Willem J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in plant science*, p. 845, 2019.

KÖHLER, Stephan J., LIDMAN, Fredrik., LAUDON, Hjalmar. Landscape types and pH control organic matter mediated mobilization of Al, Fe, U and La in boreal catchments. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, v. 135, p. 190-202, 2014.

KOTOWISKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seeds. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, v. 23, n.1, 1926.

KOUR,D.,RANA,K.L.,KAUR,T.,SHEIKH,I.,YADAV,A.N.,KUMAR,V.,etal.,2020 a. Microbe-mediated alleviation of drought stress and acquisition of phosphorus in great millet (*Sorghum bicolor* L.) by drought-adaptive and phosphorus-solubilizingmicrobeBiocatal.Agric.Biotechnol.23,101501.https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101501.

KRISTIN, A., MIRANDA, H. The root microbiota: fingerprint in the soil? *Plant Soil*, v.370, p.671-686, 2013. doi: 10.1007/s11104- 013-1647-7

KUCEY RMN. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Can J Soil Sci.* 1983;63:671–678. doi: 10.4141/cjss83-068.

KUMAR A., MAURYA BR., RAGHUWANSHI R (2015) Characterization of bacterial strains and their impact on plant growth promotion and yield of wheat and microbial populations of soil. *Afr J Agri Res* 10:1367–1375

KUMAR R., SHASTRI B. Role of phosphate-solubilising microorganisms in sustainable agricultural development. In: Singh J, Seneviratne G, editors. *Agro-Environmental Sustainability*. Cham: Springer International Publishing; 2017. pp. 271–303

KUMAR S., BAUDDH K., BARMAN SC., SINGH RP. Amendments of microbial bio fertilizers and organic substances reduces requirement of urea and DAP with enhanced nutrient availability and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Ecol Eng.* 2014;71:432–437. doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.07.007.

KUMAR,M.,

KOUR,D.,YADAV,A.N.,SAXENA,R.,RAI,P.K.,JYOTI,A.,etal.,2019a.Biodiversity



of methylotrophic microbial communities and their potential role in mitigation of abiotic stresses in plants. *Biologia* 74, 287–308.

LANDRUM, L. R., KAWASAKI, M. L. The Genera of Myrtaceae in Brazil: An Illustrated Synoptic Treatment and Identification Keys. The New York Botanical Garden, v. 49, n. 4, 1997.

LAREEN, A., BURTON, F. & SCHÄFER, P. Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes. *Plant Mol Biol* 90, 575–587 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0417-8>

LARKIN, Robert P., FRAVEL, Deborah R. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. *Plant disease*, v. 82, n. 9, p. 1022-1028, 1998.

LASKOWSKI M., TEN Tusscher KH. Periodic Lateral Root Priming: What Makes It Tick? *Plant Cell*. 2017 Mar;29(3):432-444. doi: 10.1105/tpc.16.00638. Epub 2017 Feb 21. PMID: 28223442; PMCID: PMC5385950.

LEITE, Maria CBS et al. Isolation, bioprospecting and diversity of salt-tolerant bacteria associated with sugarcane in soils of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 73-79, 2014.

LEBAUER, D. S., TRESEDER, K. K. Nitrogen limitation of net primary productivity in terrestrial ecosystems is globally distributed. *Ecology*, v. 89, n. 2, p. 371-379, 2008.

LECKIE, Sara E. Methods of microbial community profiling and their application to forest soils. *Forest Ecology and Management*, v. 220, n. 1-3, p. 88-106, 2005.

LEE, K. E., ADHIKARI, A., KANG, S. M., YOU, Y. H., JOO, G. J., KIM, J. H., et al. (2019). Isolation and Characterization of the High Silicate and Phosphate Solubilizing Novel Strain *Enterobacter ludwigii* GAK2 that Promotes Growth in Rice Plants. *Agronomy* 9, 144. doi: 10.3390/agronomy9030144

LEHMANN, A., LEIFHEIT, E. F., AND RILLIG, M. C. (eds) (2017). *Mycorrhizas and Soil Aggregation*. Amsterdam: Elsevier.

LEILEI, Zhang., MINGXIN, Huo., SUIYI, Zhu. Enzymatic remediation of the polluted crude oil by *Rhodococcus*. *African Journal of Microbiology Research*, v. 6, n. 6, p. 1213-1220, 2012.

LEITE, D. C. A. et al. Comparison of DNA extraction protocols for microbial communities from soil treated with biochar. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 45, p. 175-183, 2014.

- LENIN, G AND M. JAYANTHI (2012). Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria on enhancement and growth, yield, nutrient content of *Chatharanthus roseus*. *International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology*. ISSN 2277–3843.
- LENQUISTE, S.A., MARINELI, R.D.S., MORAES, É.A., DIONÍSIO, A.P., BRITO, E.S.D. and MARÓSTICA, M.R., 2015. Jaboticaba peel and jaboticaba peel aqueous extract shows in vitro and in vivo antioxidant properties in obesity model. *Food Research International*, vol. 77, pp. 162-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.023>.
- LI, Hua-Fen et al. Phytotoxicity and bioavailability of cobalt to plants in a range of soils. *Chemosphere*, v. 75, n. 7, p. 979-986, 2009.
- LI J., et al. (2005). *Arabidopsis* H<sup>+</sup>-PPase AVP1 regulates auxin-mediated organ development. *Science* 310: 121–125.
- LI, X., LUO, L., YANG, J., LI, B., AND YUAN, H. (2015). Mechanisms for solubilization of various insoluble phosphates and activation of immobilized phosphates in different soils by an efficient and salinity-tolerant *Aspergillus niger* strain An2. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 175, 2755–2768. doi: 10.1007/s12010-014-1465-2
- LIANG, Y. et al. Accumulation in nutrient acquisition strategies of arbuscular mycorrhizal fungi and plant roots in poor and heterogeneous soils of karst shrub ecosystems. *BMC Plant Biology*, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2022.
- LIM B. L., YEUNG P., CHENG C., HILL J. E. (2007). Distribution and diversity of phytate-mineralizing bacteria. *ISME J.* 1 321–330. 10.1038/ismej.2007.40
- LIMA, R.L.S., SEVERINO, L.S., GHEYI, H.R., SOFIATTI, V., ARRIEL, N.H.C. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. *R. Ci. Agron.*, 42:950-956, 2011a.
- LINDAHL, B. D., TUNLID, A. Ectomycorrhizal fungi–potential organic matter decomposers, yet not saprotrophs. *New Phytologist*, v. 205, n. 4, p. 1443-1447, 2015.
- LINDSTROM & MOUSAVI (2019) Lindstrom K, Mousavi SA. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Microbial Biotechnology*. 2019;13(5):1314–1335. doi: 10.1111/1751-7915.13517.
- LIU F. P., LIU H. Q., ZHOU H. L., DONG Z. G., BAI X. H., BAI P., et al. (2014). Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from betel nut

(Areca catechu) and their effects on plant growth and phosphorus mobilization in tropical soils. *Bio. Fertil. Soils* 50 927–937. 10.1007/s00374-014-0913-z [CrossRef] [Google Scholar]

LIU Y., CAO X., LI H., ZHOU Z., WANG S., WANG Z., et al. (2017). Distribution of phosphorus-solubilizing bacteria in relation to fractionation and sorption behaviors of phosphorus in sediment of the three gorges reservoir. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24 17679–17687. 10.1007/s11356-017-9339-0

LIU, G. D., AND E. HANLON. 2018. Soil pH Range for Optimum Commercial Vegetable Production. HS1207. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. <https://edis.ifas.ufl.edu/hs1207>

LIU, GD, J., DUNLOP, T., PHUNG E YC LI. 2007. "Respostas fisiológicas de genótipos eficientes e ineficientes em fósforo de trigo em campo e efeitos da mistura de outros nutrientes na mobilização de fosfatos insolúveis em hidroponia." *Comunicações em Ciência do Solo e Análise de Plantas* 38(15–16): 2239–2256. <https://doi.org/10.1080/00103620701549249>

LIU, J. R. et al. Phylogenetic of the filamentous bacterium 'Nostocoida limicola' III from activated sludge. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 51, p. 195-202, 2001.

LLOYD, Karen G. et al. Phylogenetically novel uncultured microbial cells dominate earth microbiomes. *MSystems*, v. 3, n. 5, p. 10.1128/msystems.00055-18, 2018.

LOPES, Ralf et al. A look into a multifunctional toolbox: endophytic *Bacillus* species provide broad and underexploited benefits for plants. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 34, p. 1-10, 2018a.

LÓPEZ-ARREDONDO D. L., LEYVA-GONZÁLEZ M. A., GONZÁLEZ-MORALES S. I., LÓPEZ-BUCIO J., HERRERA-ESTRELLA L. (2014). Phosphate nutrition: Improving low-phosphate tolerance in crops. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65, 95–123. 10.1146/annurev-arplant-050213-035949

LORENZI, H., BACHER, L., LACERDA, M., SARTORI, S. *Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

LOVLEY DR., CHAPELLE FH. Deep subsurface microbial processes. *Rev Geophys.* 1995;33:365-81. <https://doi.org/10.1029/95RG01305>

- LUCAS EJ., HOLST B., SOBRAL M et al. 2019. A new subtribal classification of tribe Myrteae (Myrtaceae). *Systematic Botany* 44: 560-569
- LUGTENBERG, Ben., KAMILOVA, Faina. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual review of microbiology*, v. 63, p. 541-556, 2009.
- MABBERLEY, D. J. (2008). *Mabberley's plant-book: a portable dictionary of plants, their classifications and uses*. Cambridge: Cambridge University Press, 972.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science, Madison*, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.
- MAHDAVI, Nariman., BRASLAVSKY, Julio H., PERFUMO, Cristian. Mapping the effect of ambient temperature on the power demand of populations of air conditioners. *IEEE Transactions on Smart Grid*, v. 9, n. 3, p. 1540-1550, 2018.
- MAHESHWARI, Priya., ESLICK, Guy D. Bacterial infection and Alzheimer's disease: a meta-analysis. *Journal of Alzheimer's Disease*, v. 43, n. 3, p. 957-966, 2015.
- MAHMOUD, A.-LE. Inhibition of growth and aflatoxin biosynthesis of *Aspergillus flavus* by extracts of some Egyptian plants. *Letters in Applied Microbiology*, v. 29, n. 5, p. 334-336, 1999.
- MALIK, K. A., BILAL, R., MEHNAZ, S., RASUL, G., MIRSA, M. S., ALI, M. S. Association of nitrogenfixing, plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) with kallar grass and rice. *Plant and Soil, Dordrecht*, v. 194, p. 37-44, 1997.
- MALUSÀ, A., PINZARI, E., CANFORA, F. Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production. In: Singh, D., Singh, H., Prabha, R. (Ed.). *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*. New Delhi: Springer, 2016. v. 2, p. 17-40.
- MARY MANDELS., ELWYN T. REESE, inhibition of cellulases and  $\beta$ -glucosidases, editor(s): elwyn t. reese, *advances in enzymic hydrolysis of cellulose and related materials*, Pergamon, 1963, Pages 115-157, ISBN 9780080099477, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-009947-7.50011-6>.
- MANDIC-MULEC, I., AND PROSSER, J.I. (2011) Diversity of Endospore-Forming Bacteria in Soil: Characterization and Driving Mechanisms. In: Logan, A.N. and Vos, P., Eds., *Endospore-Forming Soil Bacteria*, Springer, Heidelberg Berlin, 31-59.[https://doi.org/10.1007/978-3-642-19577-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-19577-8_2)

- MANICA, I. Frutas Nativas, Silvestres e Exóticas 2: técnicas de produção e mercado: feijoa, figo- da- índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba. 1a ed. p. 459-541. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora, 2002.
- MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd. ed. London: Elsevier, 2012. 651 p.
- MARTIN, F. M., UROZ, S., AND BARKER, D. G. (2017). Ancestral alliances: plant mutualistic symbioses with fungi and bacteria. *Science* 356:eaad4501. doi: 10.1126/science.aad4501
- MARTINY, Jennifer B. Hughes et al. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. *Nature Reviews Microbiology*, v. 4, n. 2, p. 102-112, 2006.
- MASSOT, N., POSCHENRIEDER, C., BARCELO, J. Differential response of three bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars to aluminium. *Acta Botanica Neerlandica*, v. 41, n. 3, p. 293-298, 1992.
- MATSUURA, Hélio Nitta., RAU, Mariana Ritter., FETT-NETO, Arthur Germano. Oxidative stress and production of bioactive monoterpene indole alkaloids: biotechnological implications. *Biotechnology letters*, v. 36, p. 191-200, 2014.
- MATTOS, João Rodrigues. Fruteiras nativas do Brasil – Jaboticabeiras. 1983. 92 p.
- MCCULLY, M. E., and CANNY, M. J. (1985). Localisation of translocated <sup>14</sup>C in roots and root exudates of field-grown maize. *Physiol. Plant.* 65, 380–392. doi: 10.1111/j.1399-3054.1985.tb08661.x
- MEHRABI, Zia et al. *Pseudomonas* spp. diversity is negatively associated with suppression of the wheat take-all pathogen. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 29905, 2016.
- MELO, E. E. C. et al. Accumulation of arsenic and nutrients by castor bean plants grown on an As-enriched nutrient solution. *Journal of Hazardous Materials*, v. 168, n. 1, p. 479-483, 2009.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. Principles of plant nutrition. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.
- MERCADANTE, A. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciariadubia*) microorganisms. *FemsMicrob Rev* 37:634–663.
- MINAXI, Nain. L., Yadav, RC, Saxena, J., 2011. Characterization of multifaceted *Bacillus* sp. RM-2 for its use as plant growth promoting bioinoculant for crops

grown in semi arid deserts. *Appl. Soil Ecol.* <https://doi.org/10.1016/j.apsoil>, v. 1, p. 2011, 2012.

MIR, Muzaffar., SHARMA, Som Dev. Influence of biofertilizers on plant growth, fruit yield, nutrition and rhizosphere microbial activity of pomegranate (*Punica granatum L.*) cv. Kandhari Kasali. *J. App. Hort.*, v. 14, p. 129-136, 2012.

MITTER, Birgit., PFAFFENBICHLER, Nikolaus., SESSITSCH, Angela. Plant–microbe partnerships in 2020. *Microbial biotechnology*, v. 9, n. 5, p. 635-640, 2016.

MOMMER, Liesje et al. Advances in the rhizosphere: stretching the interface of life. *Plant and Soil*, v. 407, p. 1-8, 2016.

MONTENECOURT, B. S., EVELEIGH, D.E. Semiquantitative plate assay for determination of cellulase production by *Trichoderma viride*. *Applied and Environmental Microbiology* v. 33, p.178-183, 1977

MONTIBUS, Mathilde et al. Coupling of transcriptional response to oxidative stress and secondary metabolism regulation in filamentous fungi. *Critical reviews in microbiology*, v. 41, n. 3, p. 295-308, 2015.

MORALES-RAMOS, Victorino et al. On the soil–bean–cup relationships in *Coffea arabica L.* *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 100, n. 15, p. 5434-5441, 2020.

MORETTO, Alicia Susana., MARTÍNEZ Pastur., GUILLERMO José. Litterfall and leaf decomposition in *Nothofagus pumilio* forests along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. 2014.

MORTON, J. *Fruits of Warm Climates*. New York: Winterville; 1987. 517 p.

MOSHIRI, F. H., EBRAHIMI, M.R., ARDAKANI, F., REJALI, and S.M. MOUSAVI. 2019. Biogeochemical distribution of Pb and Zn forms in two calcareous soils affected by mycorrhizal symbiosis and alfalfa rhizosphere. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 179:241–248.

MOURA, Andréa Bittencourt et al. Combination of biocontrol bacteria for rice seeds microbiolization: Incidence and transmission of *Bipolaris oryzae*, and plant growth. *Journal of Seed Science*, v. 40, p. 378-387, 2018.

MUKHERJEE, Arpan et al. Harnessing of phytomicrobiome for developing potential biostimulant consortium for enhancing the productivity of chickpea and soil health under sustainable agriculture. *Science of The Total Environment*, v. 836, p. 155550, 2022.

- MUKHTAR S., SHAHID I., MEHNAZ S., MALIK K.A. Assessment of two carrier materials for phosphate solubilizing biofertilizers and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Microbiol. Res.* 2017;205:107–117.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, 858 ARANTES, A. A., PRADO, J. & RANAL, M. A. *RODRIGUESIA* 59 (4): 845-858. 2008 C. G.; Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- MYERSCOUGH PJ (1998) Ecology of Myrtaceae with special reference to the Sydney region. *Cunninghamia* 5, 787–808
- NABESHIMA, Eri., HIURA, Tsutom. Size-dependency in hydraulic and photosynthetic properties of three *Acer* species having different maximum sizes. *Ecological Research*, v. 23, p. 281-288, 2008.
- NEAL A. L., ROSSMANN M., BREARLEY C., AKKARI E., GUYOMAR C., CLARK I. M., et al. (2017). Land-use influences phosphatase gene microdiversity in soils. *Environ. Microbiol.* 19 2740–2753. 10.1111/1462-2920.13778
- NEMERGUT, D. R., SCHMIDT, S. K., FUKAMI, T., O'NEILL, S. P., BILINSKI, T. NEPAR-SBCS. Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná. 2ª ed. Curitiba: SBCS, 2019. 289p.
- NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J.; NUNES, F. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.B.C.; NEVES, J.C.L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. 1ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.471-550. 2007.
- NEUBAUER, Aljoscha C. et al. Genetic and environmental influences on two measures of speed of information processing and their relation to psychometric intelligence: Evidence from the German observational study of adult twins. *Intelligence*, v. 28, n. 4, p. 267-289, 2000.
- NGUYEN, Van Q., CO, Carl., LI, Joachim J. Cyclin-dependent kinases prevent DNA re-replication through multiple mechanisms. *Nature*, v. 411, n. 6841, p. 1068-1073, 2001.
- NISHA, N. S., DIVAKARAN, J. Optimization of alkaline protease production from *Bacillus subtilis* NS isolated from sea water. *African Journal of Biotechnology*, v. 13, n. 16, 2014.
- NOWICKI, Eugeniusz., SMUTNICKI, Czesław. An advanced tabu search algorithm for the job shop problem. *Journal of Scheduling*, v. 8, p. 145-159, 2005.

NOZAKI, M. H., CAMARGO, M. E.; BARRETO, M. Caracterização de Diaporthe citri em diferentes meios de cultura, condições de temperatura e luminosidade. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 429-432, 2004.

NÚÑEZ-MONTERO, Kattia., BARRIENTOS, Leticia. Advances in Antarctic research for antimicrobial discovery: a comprehensive narrative review of bacteria from Antarctic environments as potential sources of novel antibiotic compounds against human pathogens and microorganisms of industrial importance. *Antibiotics*, v. 7, n. 4, p. 90, 2018.

NWACHUKWU, Blessing Chidinma., AYANGBENRO, Ayansina Segun., BABALOLA, Olubukola Oluranti. Elucidating the rhizosphere associated bacteria for environmental sustainability. *Agriculture*, v. 11, n. 1, p. 75, 2021.

OGBO F. C. (2010). Conversion of cassava wastes for biofertilizer production using phosphate solubilizing fungi. *Bioresour. Technol.* 101 4120–4124. 10.1016/j.biortech.2009.12.057

OGBOLOSINGHA, A. J. et al. Variation of lipase, catalase and dehydrogenase activities during bioremediation of crude oil polluted soil. *Journal of environment and earth science*, v. 5, n. 14, p. 128-141, 2015.

OLANREWAJU., OLUWASEYI Samuel., BERNARD R. Glick., AND OLUBUKOLA Oluranti Babalola. "Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria." *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 33 (2017): 1-16.

OLEŃSKA E., MAŁEK W., WÓJCIK M, SWIECICKA I., THIJS S, VANGRONSVELD J. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Sci Total Environ.* 2020 Nov 15;743:140682. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140682. Epub 2020 Jul 7. PMID: 32758827

OLIVEIRA, M., MARGARIDA; PAIS., M. SALOMÉ S. Plant regeneration from protoplasts of long-term callus cultures of *Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward (Kiwifruit). *Plant cell reports*, v. 9, p. 643-646, 1991.

OLIVEIRA, P. P. A., OLIVEIRA, W. S., CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 6, p. 1715-1728, 2007.



OLIVEIRA-FILHO, A.T., AND FONTES, M.A.L. (2000) Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. *Biotropica—The Scientific Journal of the ATBC*, 32, 793-810. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>

OLIVEIRA JUNIOR, A. de., CASTRO C, de., OLIVEIRA, F. A. de., JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. *Informações Agronômicas*, n. 143, p. 1-10, 2013.

OLSSON S., BONFANTE P., PAWLOWSKA TE. (2017) Ecology and evolution of fungal-bacterial interactions. In: Dighton J, Oudemans P (eds). *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*, 4th edn. CRC Press Taylor & Francis: Boca Raton, FL, USA, pp 563–583.

ORTEGA, H.E., FERREIRA, L.L.G., MELO, W.G.P., OLIVEIRA, A.L.L., RAMOS ALVARENGA, R.F., LOPES, N.P., et al. (2019) Antifungal compounds from *Streptomyces* associated with attine ants also inhibit *Leishmania donovani*. *PLoS Negl Trop Dis* 13: e0007643.

PAAR, S., COSTA, T., TZANOV, M., GUDELJ, K.H., ROBRA, A., CAVACO-PAULO ., G.M. GU'BITZ , "Thermo-alkali-stable catalases from newly isolated *Bacillus* sp. for the treatment and recycling of textile bleaching effluents", *Journal of Biotechnology* (2001), volume 89 147–153.

PADMA, T. M. R. et al. Effect of interaction between VA-mycorrhizae and graded levels of phosphorus on the growth of papaya (*Carica papaya*). In: *Trends in mycorrhizal research. Proceedings of the National Conference on Mycorrhiza*, held at Haryana Agricultural University, Hisar, India, Feb. 14-16, 1990. Haryana Agricultural University, 1990. p. 133-134.

PANDYA U, PRAKASH S, SHENDE K, DHULDHAJ U, SARAF M. Multifarious allelochemicals exhibiting antifungal activity from *Bacillus subtilis* MBCU5. *3 Biotech*, 2017;7:175. Doi: 10.1007/s13205-017-0827-1

PARNISKE, M. (2008). Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat. Rev. Microbiol.* 6, 763. doi: 10.1038/nrmicro1987

PANHWAR, Q. A et al. Application of Potential Phosphate-Solubilizing Bacteria and Organic Acids on Phosphate Solubilization from Phosphate Rock in Aerobic Rice. *The Scientific World Journal*, 2013

PARK, Hyun-Sook et al. A plant viral "reinitiation" factor interacts with the host translational machinery. *Cell*, v. 106, n. 6, p. 723-733, 2001.

- PARNISKE, Martin. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology*, v. 6, n. 10, p. 763-775, 2008.
- PARWADA, Cosmas., VAN TOL, Johan. Effects of litter quality on macroaggregates reformation and soil stability in different soil horizons. *Environment, Development and Sustainability*, v. 21, p. 1321-1339, 2019.
- PATEL D. K., MURAWALA P., ARCHANA G., KUMAR G. N. (2011). Repression of mineral phosphate solubilizing phenotype in the presence of weak organic acids in plant growth promoting fluorescent *Pseudomonads*. *Bioresour. Technol.* 102 3055–3061.10.1016/j.biortech.2010.10.041
- PATEL S (2012) Exotic tropical plant *Psidium cattleianum*: a review on prospects and threats. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 11: 243-248.
- PATTEN, C. L., AND B.R. GLICK. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian journal of microbiology* 42: 207-220.
- PAULINO, W. R. *Biologia atual*—volume 3. Sao Paulo, Editora Atica, 14a edicao, p.424 2002.
- PEDRINHO, Eliamar Aparecida Nascimbém et al. Identificação e avaliação de rizobactérias isoladas de raízes de milho. *Bragantia*, v. 69, p. 905-911, 2010.
- PEDRÓS-ALIÓ, Carlos. MARINE MICROBIAL DIVERSITY: CAN IT BE DETERMINED. *TRENDS IN MICROBIOLOGY*, V. 14, N. 6, P. 257-263, 2006.
- PEÑALVA MA., TILBURN J., BIGNELL E., ARST HN JR. Ambient pH gene regulation in fungi: Making connections. *Trends in Microbiology*. 2008;16(6):291-300
- PEREIRA, Leticia B. et al. Prospecting plant growth-promoting bacteria isolated from the rhizosphere of sugarcane under drought stress. *Current microbiology*, v. 76, p. 1345-1354, 2019.
- PEREIRA, F.M., CARVALHO, C., NACHTIGAL, J.C. (2003). Século XXI: nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.498-500.
- PEREIRA, M. C., STEFFENS, R. S., JABLONSKI, A., HERTZ, P. F., RIOS, A. O., VIZZOTTO, M., FL RES, S. H. Characteri ation and antioxidant potential of Bra ilian fruits from the Myrtaceae family. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

- PERRENOUD S (1990) Potassium and plant health. In 'Research topics, No. 3'. pp. 1–118. (International Potash Institute: Basel, Switzerland)
- PEŠAKOVIĆ, M., TOMIĆ, J. & LUKIĆ, M. (2017). Advances in Fruit Growing Technology. In P. Gorawala & Mandhatri, S. (Eds.), *Agricultural Research Updates* (pp. 141-187). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- (15) (PDF) *Beneficial Role of Biofertilization on Yield Related Characteristics of Two Apple Cultivars and Soil Microorganisms under Orchard Conditions*. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/321020043\\_Beneficial\\_Role\\_of\\_Biofertilization\\_on\\_Yield\\_Related\\_Characteristics\\_of\\_Two\\_Apple\\_Cultivars\\_and\\_Soil\\_Microorganisms\\_under\\_Orchard\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/321020043_Beneficial_Role_of_Biofertilization_on_Yield_Related_Characteristics_of_Two_Apple_Cultivars_and_Soil_Microorganisms_under_Orchard_Conditions) [accessed Nov 28 2023]
- PETERS, N. Kent., FROST, John W., LONG, Sharon R. A plant flavone, luteolin, induces expression of *Rhizobium meliloti* nodulation genes. *Science*, v. 233, n. 4767, p. 977-980, 1986.
- PHILIPPOT, Laurent et al. Loss in microbial diversity affects nitrogen cycling in soil. *The ISME journal*, v. 7, n. 8, p. 1609-1619, 2013.
- PIETERSE, C. M., ZAMIOUDIS, C., BERENDSEN, R. L., WELLER, D. M., VAN WEES, S. C., AND BAKKER, P. A. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 52, 347–375. doi: 10.1146/annurev-phyto-082712-102340
- PIRLAK, Lutfi et al. Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 30, n. 4, p. 145-155, 2007.
- PIZO MA. 2002. The seed-dispersers and fruit syndromes of Myrtaceae in the Brazilian Atlantic Forest. In: *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. Third International Symposium-Workshop on Frugivores and Seed Dispersal*, São Pedro, Brazil, 6-11 August 2000. Wallingford: CABI, 129–143.
- PNDF, Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018 - privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf Acesso em: 04 jul. 2018. <http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor>

- POVEDA J., JIMÉNEZ-GÓMEZ A., SAATI-SANTAMARÍA Z., USATEGUI-MARTÍN R., RIVAS R., GARCÍA-FRAILE P (2019) Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Appl Soil Ecol* 142:110–122. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.016>
- PRABHU, Neha., BORKAR, Sunita., GARG, Sandeep. Phosphate solubilization by microorganisms: overview, mechanisms, applications and advances. *Advances in biological science research*, p. 161-176, 2019.
- PREMONO M.E., MOAWAD A.M. AND VLEK P.L.G., *Indonesian J. Crop Sci.*, 1996; 11: 13-23. Fiske C.H. and Subbarow Y., *J. Biol. Chem.*, 1925; 66: 375-400.
- PRICE, M. N., DEHAL, P. S., AND ARKIN, A. P. (2010). FastTree 2-approximately maximum-likelihood trees for large alignments. *PLoS One* 5:e9490. doi: 10.1371/journal.pone.0009490
- QUIROGA-ROJAS, Luisa Fernanda et al. Microorganismos rizosféricos, potenciales antagonistas de *Fusarium* sp. causante de la pudrición radicular de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). *Acta Agronómica*, v. 61, n. 3, p. 265-272, 2012.
- QUIZA L., ST-ARNAUD M., YERGEAU E. (2015). Harnessing phytomicrobiome signaling for rhizosphere microbiome engineering. *Front. Plant Sci.* 6:507. 10.3389/fpls.2015.00507
- RAAIJ MAKERS, J. M., VLAMI, M., AND DE SOUZA, J. T. (2002). Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. *Antonie Van Leeuwenhoek* 81, 537–547. doi: 10.1023/A:1020501420831
- RADAELLI, J.C.R., SILVA, M.; KOSERA Neto, C., WAGNER Júnior, A.; DOMINGUES, L.S. Adaptability and stability of jabuticaba tree genotypes based on plant growth. *Acta Scientiarum. Agronomy (Impresso)*, v. 42, p. e42573, 2019b.
- RAIJ, B. VAN., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B.V. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: RAIJ, B.van, ed. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. p.17-31.

RAMAN, Anantanarayanan., WHEATLEY, Warwick., POPAY, A. Endophytic fungus-vascular plant-insect interactions. *Environmental entomology*, v. 41, n. 3, p. 433-447, 2012.

RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1609-1623, 2007.

RASCOVAN, Nicolás et al. Integrated analysis of root microbiomes of soybean and wheat from agricultural fields. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 28084, 2016.

RASHID, Abdul et al. On-farm seed priming reduces yield losses of mungbean (*Vigna radiata*) associated with mungbean yellow mosaic virus in the North West Frontier Province of Pakistan. *Crop Protection*, v. 23, n. 11, p. 1119-1124, 2004.

RAY, P., AND CRAVEN, K. D. (2016). *Sebacina vermifera*: a unique root symbiont with vast agronomic potential. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 32, 1–10.

RAZAQ, M., ZHANG, P., SHEN, H., AND SALAHUDDIN, S. (2017). Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLoS ONE* 12:e0171321. doi: 10.1371/journal.pone.0171321

REGAN, John A., JOHANSSON, Peter H., WISE, John H. THE DIRECT COLLAPSE OF A MASSIVE BLACK HOLE SEED UNDER THE INFLUENCE OF AN ANISOTROPIC LYMAN–WERNER SOURCE. *The Astrophysical Journal*, v. 795, n. 2, p. 137, 2014. REICH, P.B. 2014. The world-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. *Journal of Ecology*. 102, 275–301.

REINER, Karen. Catalase test protocol. *American society for microbiology*, p. 1-6, 2010.

RESENDE, Laís M., OLIVEIRA, Leandro S., FRANCA, Adriana S. Characterization of jabuticaba (*Plinia cauliflora*) peel flours and prediction of compounds by FTIR analysis. *LWT*, [S. l.], v. 133, n. August, p. 110135, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110135. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110135>.

REYES I., BERNIER L., ANTOUN H. Rock phosphate solubilization and colonization of maize rizosphere by wild and genetically modified strains of *Penicillium rugulosum*. *Microb Ecol.* 2002;44:39–48. doi: 10.1007/s00248-002-1001-8.

REYES I., BERNIER L., SIMARD RR., ANTOUN H. Effect of nitrogen source on the solubilization of different inorganic phosphates by an isolate of *Penicillium*

rugulosum and two UV-induced mutants. *FEMS Microbiol Ecol.* 1999;28:281–290. doi: 10.1111/j.1574-6941.1999.tb00583.x.

RIBEIRO IDA., VOLPIANO CG., VARGAS LK., GRANADA CE., LISBOA BB., PASSAGLIA LMP. Use of mineral weathering bacteria to enhance nutrient availability in crops: a review. *Front Plant Sci.* 2020;11:590774. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.590774> RICHARDSON AE, SIMPSON RJ. Soil microorganisms mediating phosphorus availability. *Plant Physiol.* 2011;156:989–996. doi: 10.1104/pp.111.175448.

RODRIGUEZ H., FRAGA R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol Adv.* 1999;17:319–339. doi: 10.1016/S0734-9750(99)00014-2.

ROHDICH, Felix et al. Biosynthesis of terpenoids: 4-diphosphocytidyl-2-C-methyl-D-erythritol kinase from tomato. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 97, n. 15, p. 8251-8256, 2000.

ROMEIRO, R. S. (2007). Controle biológico de doenças de plantas: procedimentos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 172p.

ROSÁRIO, A.S., BAUMGRATZ J.F.A & SECCO, R.S. 2017. Taxonomic studies of *Myrcia* (Myrciinae, Myrtaceae) in Brazil: morphological novelties, circumscriptions, and new records for the Amazon. *Iheringia. Serie Botânica* 72(2): 165-172.

ROUSK, Johannes., BROOKES, Philip C., BÅÅTH, Erland. Contrasting soil pH effects on fungal and bacterial growth suggest functional redundancy in carbon mineralization. *Applied and environmental microbiology*, v. 75, n. 6, p. 1589-1596, 2009.

SACHDEV D.P., CHAUDHARI H.G., KASTURE V.M., DHAVALA D.D., CHOPADE B.A. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing *klebsiella pneumonia* strains from rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum*) and their effect on plant growth. *Ind J Exp Boil.* 2009;47:993–1000.

SAGARDOY, M. A., SALERNO, C. M. Number, distribution, and characterization of heterotrophic bacteria in some Argentine soils. *Anales de Edafologia y Agrobiologia, Madrid*, v. 42, p. 2069-2081, 1983

SALOMÃO, Luiz C. C., SIQUEIRA, Dalmo L., AQUINO, César F., LINS, Leila C. R. Jabuticaba— *Myrciaria* spp. In: RODRIGUES, Sueli; SILVA, Ebenezer;

- BRITO, Edy De (org.). Exotic Fruits Reference Guide. 1st Editio ed. [s.l.] : Elsevier, 2018. p. 237–244.
- SAMUEL, Ifor David Williams., TURNBULL, Graham Alexander. Organic semiconductor lasers. *Chemical reviews*, v. 107, n. 4, p. 1272-1295, 2007.
- SÁNCHEZ-CAÑIZARES, C., JORRÍN, B., POOLE, P. S., AND TKACZ, A. (2017). Understanding the holobiont: the interdependence of plants and their microbiome. *Curr. Opin. Microbiol.* 38, 188–196.
- SANTOS, V.L. & LINARDI, V.R. 2004. Biodegradation of phenol by a filamentous fungi isolated from industrial effluents-identification and degradation potential. *Process. Biochem.* 39: 1001-1006
- SANTOS, D. T., VEGGI, P. C., MEIRELES, M. A. A. Extraction of antioxidant compounds from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). *Journal of Food Engineering*, v. 101, p. 23-31, 2010.
- SARDANS, Jordi., PEÑUELAS, Josep. Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. *Plants*, v. 10, n. 2, p. 419, 2021.
- SARDI, S. Pablo et al. Glucosylceramide synthase inhibition alleviates aberrations in synucleinopathy models. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 10, p. 2699-2704, 2017.
- SARMA B. K., YADAV S. K., SINGH S., SINGH H. B. (2015). Microbial consortium-mediated plant defense against phytopathogens: readdressing for enhancing efficacy. *Soil Biol. Biochem.* 87 25–33. 10.1016/j.soilbio.2015.04.001
- SASHIDHAR & PODILE (2009) Sashidhar B, Podile AR. Transgenic expression of glucose dehydrogenase in *Azotobacter vinelandii* enhances mineral phosphate solubilization and growth of sorghum seedlings. *Microbial Biotechnology*. 2009;2(4):521–529. doi: 10.1111/j.1751-7915.2009.00119.x.
- SASSE, J., MARTINOIA, E., and NORTHEM, T. (2018). Feed your friends: do plant exudates shape the root microbiome? *Trends Plant Sci.* 23, 25–41. doi: 10.1016/j.tplants.2017.09.003
- SAWIPHAK, Suwapha., WONGJIRATTHITI, Aroon., SAENGPRASAN, Chanankarn. *Dioscorea alata* as Alternative Culture Media for Fungal Cultivation and Biomass Production. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, v. 44, n. 2, 2021.

SAXENA, Jyoti et al. Consortium of phosphate-solubilizing bacteria and fungi for promotion of growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum*). *Journal of Crop Improvement*, v. 29, n. 3, p. 353-369, 2015.

SCHACHTMAN, D.P., AND SHIN, R. (2007). Nutrient sensing and signaling: NPKS. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58, 47–69.

SCHEER, M. B., BLUM, C. T. Arboreal Diversity of the Atlantic Forest of Southern Brazil: From the Beach Ridges to the Parana´ River. In: Grillo O, Venora G, editores. *The Dynamical Processes of Biodiversity - Case Studies of Evolution and Spatial Distribution*. Rijeka: Intech, p. 109–134, 2011.

SCHLAEPPI, KLAUS, AND DAVIDE BULGARELLI. "The plant microbiome at work." *Molecular Plant-microbe interactions* 28, no. 3 (2015): 212-217.

SCHMITT DE., GATIBONI LC., ORSOLETTA DJD., BRUNETTO G. Formation of ternary organic acidsFe-P complexes on the growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Rev Bras Eng Agric Ambient.* 2018;22:702-6. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p702-706>

SCHNEIDER, Albert. Observations on some American rhizobia. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, v. 19, n. 7, p. 203-218, 1892.

SCHREITER, Susanne et al. Effect of the soil type on the microbiome in the rhizosphere of field-grown lettuce. *Frontiers in microbiology*, v. 5, p. 144, 2014.

SEBRAE Cálculo da Lucratividade do seu negocio. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/calculo-da-lucratividade-do-seu-negocio>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SERAGLIO, S. K. T. et al. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. *Food Chemistry*, 2018. v. 239, p. 649–656.

SESSITSCH, A., AND MITTER, B. (2015). 21st century agriculture: integration of plant microbiomes for improved crop production and food security. *Microb. Biotechnol.* 8, 32–33. Doi: 10.1111/1751-7915.12180

SGANZERLA, W. G., ROSA, G. B., FERREIRA, A. L. A., DA ROSA, C. G., BELING, P. C., XAVIER, L. O., ... & DE LIMA VEECK, A. P. (2020). Bioactive food packaging based on starch, citric pectin and functionalized with *Acca sellowiana* waste by-product: Characterization and application in the postharvest conservation of apple. *International journal of biological macromolecules*, 147, 295-303.



- SGROY, V., CASSÁN, F., MASCIARELLI, O., DEL PAPA, M. F., LAGARES, A., & LUNA, V. (2009). Isolation and characterization of endophytic plant growth-promoting (PGPB) or stress homeostasis-regulating (PSHB) bacteria associated to the halophyte *Prosopis strombulifera*. *Applied microbiology and Biotechnology*, 85, 371-381.
- SHAMSELDIN, A., EL-SHEIKH, M. H., HASSAN, H. S. A., KABEIL, S. S., & BORG-ELARAB, N. (2010). Microbial biofertilization approaches to improve yield and quality of Washington navel orange and reducing the survival of nematode in the soil. *Journal of American Science*, 6(12), 264-271.
- SHANKAR, S., & RHIM, J. W. (2018). Preparation of sulfur nanoparticle-incorporated antimicrobial chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 82, 116-123.
- SHANKER S., PINDI P., SHANKAR G. Characterization of effective bio-control agent *Bacillus* sp. SRB 27 with high salt tolerance and thermostability isolated from forest soil sample. *Afr J Biotechnol*, 2014; 13 (25): 2547-2555. doi: 10.5897/AJB2013.12852. Doi: 10.5897/AJB2013.12852
- SHANMUGAIAH, V., N. BALASUBRAMANIAN., S. GOMATHINAYAGAM., P.T.MANOHARAN, AND A. RAJENDRAN, 2009. Effect of single application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth promotion in cotton plants. *African Journal of Agricultural Research* 4: 1220-1225.
- SHANTI M., KESHAB C., DEY S. Optimization of cultural and nutritional conditions for indole acetic acid production by a *Rhizobium* sp. isolated from root nodules of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Res J Microbiol*. 2007;2:239–246.
- SHARMA SB, SAYYED RZ, TRIVEDI MH, GOBI TA. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springerplus*. 2013 Oct 31;2:587. doi: 10.1186/2193-1801-2-587. PMID: 25674415; PMCID: PMC4320215.
- SHI, S., NUCCIO, E.E., SHI, Z.J., HE, Z., ZHOU, J., FIRESTONE, M.K., 2016. The interconnected 819 rhizosphere: High network complexity dominates rhizosphere assemblages. *Ecology Letters* 820 19, 926–936
- SHIOMI, N., YASUDA, T., INOUE, Y., KUSUMOTO, N., IWASAKI, S., KATSUDA, T., & KATOH, S. (2004). Characteristics of neutralization of acids by newly isolated fungal cells. *Journal of bioscience and bioengineering*, 97(1), 54-58.

SHOMURA, R. S. (1980). Summary report of the Billfish Stock Assessment Workshop; Pacific Resources: Honolulu Laboratory, Southwest Fisheries Center, Honolulu, Hawaii, 5-14 December 1977.

SILVA, J.B., NAKAGAWA, J. Estudos de fórmulas para cálculo de velocidade de germinação. Informativo Abrates, v.5, p.62- 73, 1995.

SILVA, P.B., BELI, D., ARRUDA, J.R.D.F. (2015a). Spectral Finite Element Approach for Structural Dynamics. In: Beer, M., Kougiumtzoglou, I.A., Patelli, E., Au, SK. (eds) Encyclopedia of Earthquake Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35344-4\\_284](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35344-4_284)SILVA, M. O. et al. Isolamento e prospecção de bactérias endofíticas e epifíticas na cana-de-açúcar em áreas com e sem cupinicida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 4, p. 1113-1121, 2012.

SILVA, Leticia F. et al. Penicillium and Talaromyces endophytes from Tillandsia catimbauensis, a bromeliad endemic in the Brazilian tropical dry forest, and their potential for L-asparaginase production. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 34, p. 1-12, 2018.

SILVA, LA de O.; TERRASAN, César Rafael Fanchini; CARMONA, Eleonora Cano. Purification and characterization of xylanases from Trichoderma inhamatum. Electronic Journal of Biotechnology, v. 18, n. 4, p. 307-313, 2015.

SILVEIRA E HIGASHI (2003) mostraram que a deficiência de Zn em eucalipto pode favorecer a incidência de doenças como Phytophthora .

SILVEIRA, Elineide B. et al. Bacterização de sementes e desenvolvimento de mudas de pepino. Horticultura Brasileira, v. 22, p. 217-221, 2004.

SINGH, J. K. et al. Effect of integrated nutrient management in papaya (Carica papaya L.) cv. Madhubindu. Asian Journal of Horticulture, v. 8, n. 2, p. 667-670, 2013.

SINGH AV., PRASAD B., GOEL R (2018) Plant growth promoting efficiency of phosphate solubilizing Chryseobacterium sp; PSR 10 with different doses of N and P fertilizers on lentil (Lens culinaris var PL-5) growth and yield. Int J Curr Microbiol Appl Sci 7 (5) : 2280—2289.

SINGH AV., PRASAD B., SHAH S (2010 a) Screening plant growth promotory rhizobacteria for improving seed germination and seedling vigour of lentil (Lens culinaris Medik). Environ Ecol 28 : 2055—2058.

- SINGH AV., SHAH S., PRASAD B (2010 b) Effect of phosphate solubilizing bacteria on plant growth promotion and nodulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merr). *J Hill Agric* 1 (1) : 35—39.
- SINGH P., KUMAR V., AGRAWAL S (2014) Evaluation of phytase producing bacteria for their plant growth promoting activities. *Int J Microbiol* 2014; Article eID 426483, 7 pages, doi:10.1155/2014/426483
- SIX, J., BOSSUYT, H., DEGRYZE, S., and DENEFF, K. (2004). A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79, 7–31. doi: 10.1016/j.still.2004.03.008
- SMITH, Jonathan A. *Qualitative psychology: A practical guide to research methods*. *Qualitative psychology*, p. 1-312, 2015.
- SOBRAL, M. Alterações Nomeclaturais em *Plinia* (Myrtaceae). *Boletim do Museu Botânico de Curitiba*, n. 63, p. 1-4, 1985.
- SØRHEIM, Roald., TORSVIK, Vigdis Lid., GOKSØYR, Jostein. Phenotypical divergences between populations of soil bacteria isolated on different media. *Microbial Ecology*, v. 17, p. 181-192, 1989.
- SOUCHIE, Edson Luiz et al. Solubilização de fosfatos em meios sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, p. 1149-1152, 2005.
- SOUMARE, A., BOUBEKRI, K., LYAMLOULI, K., HAFIDI, M., OUHDOUCH, Y., and KOUISNI, L. (2020). From isolation of phosphate solubilizing microbes to their formulation and use as biofertilizers: status and needs. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 7:425. doi: 10.3389/fbioe.2019.00425
- SOUZA, Rocheli de., AMBROSINI, Adriana., PASSAGLIA, Luciane MP. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and molecular biology*, v. 38, p. 401-419, 2015.
- SOUZA J.C.R., RUFINI J.C.M., FERREIRA E.V.O., GUEDES M.N.S., RAMOS M.C.P., CAMPOS M.P.; Nutrient absorption and accumulation in ‘Paulista’ and ‘Sabará’ jaboticaba cultivars/Absorção e acumulação de nutrientes em mudas de Jaboticabeiras ‘Paulista’ e ‘Sabará’ *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 5, (e016), 2018.
- SOUZA, D.M.G., MIRANDA, L.N., OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F.

CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 991p.

SPAEPEN S., DOBBELAERE S., CROONENBORGHS A., VANDERLEYDEN J. (2008) Effects of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid production on inoculated wheat plants. *Plant and Soil*, 312, 15–23.

SPAEPEN S., VANDERLEYDEN J., REMANS R. (2007) Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism– plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31, 425–448.

SRIVASTAVA, R., KHALID, A., SINGH, U. S., & SHARMA, A. K. (2010). Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* for the management of tomato wilt. *Biological control*, 53(1), 24-31.

SRIVASTAVA, A.K., S. SINGH, and A.D. HUCHCHE. 2015. Evaluation of INM in citrus on *Vertic Ustochrept*: biometric response and soil health. *J. Plant Nutr.* 38(5):1–15.

STAMENKOVIĆ, S., BEŠKOSKI, V., KARABEGOVIĆ, I., LAZIĆ, M., & NIKOLIĆ, N. (2018). Microbial fertilizers: A comprehensive review of current findings and future perspectives. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(1).

STAMFORD, T. L., ARAÚJO, J. M. AND STAMFORD, N. P. (1998), Atividade enzimática de microrganismos isolados de jacatupé (*Pachyrhizus erosus* L. Urban). *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 18 : (4), 382-385.

STEEN, A. D., KEVORKIAN, R. T., BIRD, J. T., DOMBROWSKI, N., BAKER, B. J., HAGEN, S. M., & ALPERIN, M. J. (2019). Kinetics and identities of extracellular peptidases in subsurface sediments of the White Oak River Estuary, North Carolina. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(19), e00102-19.

STELUTI, R. M., GIESE, E. C., PIGGATO, M. M., SUMIYA, A. F., COVIZZI, L. G., JOB, A. E., & BARBOSA, A. M. (2004). Comparison of *Botryosphaera* production by the ascomyceteous fungus *Botryosphaeria* sp., grown on different carbohydrate carbon sources, and their partial structural features. *Journal of Basic Microbiology: An International Journal on Biochemistry, Physiology, Genetics, Morphology, and Ecology of Microorganisms*, 44(6), 480-486.

STEVENSON, K., MCVEY, A., CLARK, I. et al. Calibração geral do crescimento microbiano em leitores de microplacas. *Sci Rep* 6 , 38828 (2016).

- STOCKDALE, Elizabeth A. et al. Conceptual framework underpinning management of soil health—supporting site-specific delivery of sustainable agroecosystems. *Food and Energy Security*, v. 8, n. 2, p. e00158, 2019.
- STONE, M. M., KAN, J., & PLANTE, A. F. (2015). Parent material and vegetation influence bacterial community structure and nitrogen functional genes along deep tropical soil profiles at the Luquillo Critical Zone Observatory. *Soil Biology and Biochemistry*, 80, 273-282.
- STRIGU ÅRD K., HULTENBY K., LJUNGQVIST O., WERNERMAN J, ROOYACKERS O. Derangements in mitochondrial metabolism in intercostal and leg muscle of critically ill patients with sepsis-induced multiple organ failure. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, v. 291, p. E1044-E1050, 2006.
- STUKENBROCK E. H., MCDONALD B. A., 2008. The origins of plant pathogens in agro-ecosystems. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46: 75–100
- SUDHA M., SHYAMALA G.R., PRBHAVATI P., ASTAPRITYA P., YAMUNA DEVI Y., SARANYA A. Production and optimization of Indole acetic acid by indigenous microflora using agro waste as substrate. *Pak J Biol Sci.* 2012;15(1):39–43.
- SUN, Ruibo et al. Bacterial diversity in soils subjected to long-term chemical fertilization can be more stably maintained with the addition of livestock manure than wheat straw. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 88, p. 9-18, 2015.
- SUNDARARAO WVB., SINHA MK. Phosphate dissolving micro-organisms in the soil and rhizosphere. *Indian J Agric Sci.* 1982;33:272–278.
- SUSTR, Marek; SOUKUP, Ales; TYLOVA, Edita. Potassium in root growth and development. *Plants*, v. 8, n. 10, p. 435, 2019.
- SVENNINGSSEN N. B., WATTS-WILLIAMS S. J., JONER E. J., BATTINI F., EFTHYMIIOU A., CRUZ-PAREDES C., et al. (2018). Suppression of the activity of arbuscular mycorrhizal fungi by the soil microbiota. *ISME J.* 12:1296.
- SYLVIA, DM., JF FUHRMANN., PG HARTEL E DA ZUBERER. 2005. *Princípios e Aplicações da Microbiologia do Solo*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- SZILAGYI-ZECCHIN, V. J., MÓGOR, Á. F., FIGUEIREDO, G. G. O. Strategies for characterization of agriculturally important bacteria. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity: Vol. 1: Research Perspectives*, p. 1-21, 2016.

- SZURMAK, Blanka et al. A diadenosine 5', 5''-P1P4 tetrphosphate (Ap4A) hydrolase from *Arabidopsis thaliana* that is activated preferentially by Mn<sup>2+</sup> ions. *Acta Biochimica Polonica*, v. 55, n. 1, p. 151-160, 2008.
- TABACCHIONI, S. et al. Bias caused by using different isolation media for assessing the genetic diversity of a natural microbial population. *Microbial ecology*, v. 40, p. 169-176, 2000.
- TAIZ, L. e ZEIGER, L *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, 2002.
- TAKAHASHI., Ricardo HC. Otimização escalar e vetorial. Notas de aula, 2007.
- TAN H., WU X., XIE L., HUANG Z., PENG W., GAN B. (2016). Identification and characterization of a mesophilic phytase highly resilient to high-temperatures from fungus-garden associated metagenome. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 100 2225–2241. 10.1007/s00253-015-7097-9
- TANAKA-ODA, Ayumi et al. Variation in leaf and soil  $\delta^{15}\text{N}$  in diverse tree species in a lowland dipterocarp rainforest, Malaysia. *Trees*, v. 30, p. 509-522, 2016.
- TANG, Yu Wei., BONNER, James. The enzymatic inactivation of indoleacetic acid; some characteristics of the enzyme contained in pea seedlings. *Archives of biochemistry*, v. 13, n. 1, p. 11-25, 1947.
- TANG, W., KUEHN, T. H., SIMCIK, Matt F. Effects of temperature, humidity and air flow on fungal growth rate on loaded ventilation filters. *Journal of occupational and environmental hygiene*, v. 12, n. 8, p. 525-537, 2015.
- TAYLOR, Andrew S., DAWSON, Peter. Major constraints to potato production in Indonesia: A review. *American Journal of Potato Research*, v. 98, n. 3, p. 171-186, 2021.
- TEIXEIRA, Paulo José PL et al. Beyond pathogens: microbiota interactions with the plant immune system. *Current opinion in microbiology*, v. 49, p. 7-17, 2019.
- TERCI, Daniela Brotto Lopes. Aplicações analíticas e didáticas de antocianinas extraídas de frutas. 2004. Tese de Doutorado. [sn].
- THOMAS, Lebin., SINGH, Ishwar. Microbial biofertilizers: types and applications. *Biofertilizers for sustainable agriculture and environment*, p. 1-19, 2019.
- THONAR, C., LEKFELDT, J.D.S., COZZOLINO, V., KUNDEL, D., KULHÁNEK, M., MOSIMANN, C., NEUMANN, G., PICCOLO, A. et al. (2017) Potential of three

microbial bio-effectors to promote maize growth and nutrient acquisition from alternative phosphorous fertilizers in contrasting soils. *Chem Biol Technol Agric* 4, 7.

TIMMUSK S., SEISENBAEVA G., BEHERS L. (2017). Titania (TiO<sub>2</sub>) nanoparticles enhance the performance of growth-promoting rhizobacteria. *Sci. Rep.* 8:617.

TIWARI, D. N., LOOF, R., PAUDYAL, G. N. Environmental–economic decision-making in lowland irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques. *Agricultural systems*, v. 60, n. 2, p. 99-112, 1999.

TOMOVA, Iva et al. Antimicrobial activity and resistance to heavy metals and antibiotics of heterotrophic bacteria isolated from sediment and soil samples collected from two Antarctic islands. *Frontiers in Life Science*, v. 8, n. 4, p. 348-357, 2015.

TRÄNKNER, Merle., TAVAKOL, Ershad., JÁKLI, Bálint. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia plantarum*, v. 163, n. 3, p. 414-431, 2018.

TRIPLER, C. E., KAUSHAL, S. S., LIKENS, G. E., & WALTER, M. T. (2006). Patterns in potassium dynamics in forest ecosystems. *Ecology Letters*, 9, 451-466. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00891.x>. PMID:16623731.

TURRINI A., AVIO L., GIOVANNETTI M., AGNOLUCCI M. (2018). Functional complementarity of arbuscular mycorrhizal fungi and associated microbiota: the challenge of translational research. *Front. Plant Sci.* 9:1407. 10.3389/fpls.2018.01407

UROZ, S., OGER, P., TISSERAND, E., CEBRON, A., TURPAULT, M.-P., BUÉE, M., DE BOER, W., LEVEAU, J.H.J., FREY-KLETT, P., 2016. Specific impacts of beech and Norway spruce on the structure and diversity of the rhizosphere and soil microbial communities.

VALLILO, M. I. et al. Características físicas e químicas dos frutos do cambucizeiro (*Campomanesia phaea*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 27, n. 2, p. 241-244, ago. 2005.

VAN DAM, Nicole M., BOUWMEEESTER, Harro J. Metabolomics in the rhizosphere: tapping into belowground chemical communication. *Trends in plant science*, v. 21, n. 3, p. 256-265, 2016.

- VAN Der Heijden Mga., BARDGETT RD., VAN Straalen Nm. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol Lett.* 11:296–310. Doi:10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x
- VAN LELYVELD, L. J., SMITH, B. L., FRAZER, Connie. Nitrogen fertilization of tea: Effect on chlorophyll and quality parameters of processed black tea. In: *International Symposium on the Culture of Subtropical and Tropical Fruits and Crops* 275. 1989. p. 483-488.
- VAN RAIJ B., CANTARELLA H. Other industrial crops: Sugarcane. In: Van Raij B., Cantarella H., Quaggio J.A., Furlani A.M.C., editors. *Liming and Fertilization Recommendations for the State of São Paulo*. Instituto Agronômico de Campinas; Campinas, Brazil: 1997. 285p. Boletim Técnico 100.
- VANDENKOORNHUYSE, P., QUAISER, A., DUHAMEL, M., LE VAN, A. AND DUFRESNE, A. (2015), The importance of the microbiome of the plant holobiont. *New Phytol*, 206: 1196-1206. <https://doi.org/10.1111/nph.13312>
- VAN DER HEIJDEN, Marcel GA et al. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New phytologist*, v. 205, n. 4, p. 1406-1423, 2015.
- VAZQUEZ P., HOLGUIN G., PUENTE M., LOPEZ-CORTES A., BASHAN Y. Phosphate solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semi-arid coastal lagoon. *Biol Fertil Soils*. 2000;30:460–468. doi: 10.1007/s003740050024.
- VEAZIE P., COCKSON P., HENRY J., PERKINS-VEAZIE P., WHIPKER B. (2020). Characterization of nutrient disorders and impacts on chlorophyll and anthocyanin concentration of *Brassica rapa* var. *Chinensis*. *Agric.* 10, 1–16. 10.3390/agriculture10100461
- VELÁSQUEZ, André C., CASTROVERDE, Christian Danve M., HE, Sheng Yang. Plant–pathogen warfare under changing climate conditions. *Current biology*, v. 28, n. 10, p. R619-R634, 2018.
- VELIVELLI, S. L. S., SESSITSCH, A., and PRESTWICH, B. D. (2014). The role of microbial inoculants in integrated crop management systems. *Potato Res.* 57, 291–309. doi: 10.1007/s11540-014-9278-9
- VENTURI V, KEEL C. (2016). Signaling in the rhizosphere. *Trends Plant Sci.* 21:187–198. Doi:10.1016/j.tplants.2016.01.005



VERBRUGGEN, Erik et al. Community assembly, species richness and nestedness of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Molecular Ecology*, v. 21, n. 10, p. 2341-2353, 2012.

VERMA P., YADAV AN., KHANNAM KS., SAXENA AK, SUMAN A. Potassium-solubilizing microbes: diversity, distribution, and role in plant growth promotion. In: Panpatte DG, Jhala YK, Vyas RV, Shelat HN, editors. *Microorganisms for green revolution: Microbes for sustainable crop production*. Singapore: Springer; 2017. p. 125-49. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4_7)

VERNOUX T., et al. (2011). The auxin signalling network translates dynamic input into robust patterning at the shoot apex. *Mol. Syst. Biol.* 7: 508. [

VIAENE, T., LANGENDRIES, S., BEIRINCKX, S., MAES, M., AND GOORMACHTIG, S. (2016). *Streptomyces* as a plant's best friend? *FEMS Microbiol. Ecol.* 92:fiw119. doi: 10.1093/femsec/fiw119

VIJAYALAKSHMI, VIJAYALAKSHMI et al. Effect of polymers on moisture retention and soil water holding capacity. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, v. 25, n. 4, 2013.

VIVES-PERIS, Vicente et al. Root exudates: from plant to rhizosphere and beyond. *Plant cell reports*, v. 39, p. 3-17, 2020.

VURUKONDA, S., VARDHARAJULA, M., SHRIVASTAVA, et al. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria *Microbiol. Res.*, 184 (2016), pp. 13-24

VYAS P., GULATI A. Organic acid production in vitro and plant growth promotion in maize under controlled environment by phosphate-solubilizing fluorescent *Pseudomonas*. *BMC Microbiol.* 2009;9:174. doi: 10.1186/1471-2180-9-174.

W. HARTIGH, ZZ2'S, 10.000 toneladas de abacates usando métodos ecológicos. *Revista semanal do fazendeiro*. 2016.

WAGATSUMA, Tadao. Characteristics of upward translocation of aluminum in plants. *Soil science and plant nutrition*, v. 30, n. 3, p. 345-358, 1984.

WAHYUDI, Aris Tri et al. Characterization of *Bacillus* sp. strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting rhizobacteria. *J Microbiol Antimicrob*, v. 3, n. 2, p. 34-40, 2011.

WALKER TS., BAIS HP., GROTEWOLD E, VIVANCO JM (2003) Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiology*, 132, 44–51.

- WALPOLA, Buddhi Charana et al. Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. *African Journal of Microbiology Research*, v. 6, n. 37, p. 6600-6605, 2012.
- WALTERS W. A., JIN Z., YOUNGBLUT N., WALLACE J. G., SUTTER J., ZHANG W., et al. (2018). Large-scale replicated field study of maize rhizosphere identifies heritable microbes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115 7368–7373. 10.1073/pnas.1800918115
- WANG, S., A.K. SRIVASTAVA, Q.S. WU, and R. FOKOM. 2014. The effect of mycorrhizal inoculation on the rhizosphere properties of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.). *Sci. Hort.* 170:137–142.
- WANI PA., ZAIDI A., KHAN AA., KHAN MS. Effect of phorate on phosphate solubilization and indole acetic acid (IAA) releasing potentials of rhizospheric microorganisms. *Annals Plant Protection Sci.* 2005;13:139–144. [Google Scholar]
- WERNER, Elias Terra et al. Meios de cultura, reguladores de crescimento e fontes de nitrogênio na regulação da calogênese do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.). *Acta Botanica Brasilica*, v. 24, p. 1046-1051, 2010.
- WHITELAW MA., HARDEN TJ., HELYAR KR. Phosphate solubilization in solution culture by the soil fungus *Penicillium radicum*. *Soil Biol Biochem.* 1999;32:655–665. doi: 10.1016/S0038-0717(98)00130-8.
- WIDAWATI S., SULIASIH. 2006. Augmentasi bakteri pelarut fosfat (BPF) potensial sebagai pemacu pertumbuhan Caysin (*Brasica caventis* Oed.) di tanah marginal. *Biodiversitas* 7(1):10-14.
- WILBANK, S. M., DE LORIMIER, Robert., GLAZER, Alexander N. Phycoerythrins of marine unicellular cyanobacteria. III. Sequence of a class II phycoerythrin. *Journal of Biological Chemistry*, v. 266, n. 15, p. 9535-9539, 1991.
- WILD, Alan et al. *Plant nutrients in soil: Nitrogen*. Russell's soil conditions and plant growth. Eleventh edition, p. 652-694, 1988.
- WILLIAMS J.E., WOINARSKI J.C.Z., editors. *Eucalypt Ecology: Individuals to Ecosystems*. Cambridge University Press; Cambridge, UK: 1997.
- WILLIAMS, G. & ADAM, P. (2019). Preliminary checklist of flower-visiting insects from *Syzygium floribundum*, *Syzygium smithii* and *Tristaniopsis laurina*: three members of the Myrtle Rust-vulnerable plant family Myrtaceae. *Cunninghamia*, 19: 57–74.

WILSON, K. B., BALDOCCHI, D. D., HANSON, P. J. Leaf age affects the seasonal pattern of photosynthetic capacity and net ecosystem exchange of carbon in a deciduous forest. *Plant, Cell & Environment*, v. 24, n. 6, p. 571-583, 2001.

WINDISCH, Saskia et al. *Rhizoctonia solani* and bacterial inoculants stimulate root exudation of antifungal compounds in lettuce in a soil-type specific manner. *Agronomy*, v. 7, n. 2, p. 44, 2017.

WONGJIRATTHITI, A., YOTTAKOT, S. Utilisation of Local Crops as Alternative Media for Fungal Growth. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, v. 40, n. 2, 2017.

WU, Q.S., A.K. SRIVASTAVA, and Y.N. ZOU. 2013. AMF-induced tolerance to drought stress in citrus. *A Review. Sci. Hort.* 164:77–87.

WU, Q.S., A.K. SRIVASTAVA, M.Q. CAO, and J. WANG. 2014. Mycorrhizal function on soil aggregate stability in root zone and root-free hyphae zone of trifoliolate orange. *Arch. Agron. Soil Sci.* 61(6):813–825.

XIE . J., SHI .H., DU. Z., WANG. T., LIU .X, S.CHEN(2016). Comparative genomic and functional analysis reveals conservation of plant growth promoting traits in *Paenibacillus polymyxa* and its closely related species.

XU, L., NAYLOR, D., DONG, Z., SIMMONS, T., PIERROZ, G., HIXSON, K. K., et al. (2018). Drought delays development of the sorghum root microbiome and enriches for monoderm bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 115, E4284–E4293. doi: 10.1073/pnas.1717308115

XUAN Yu., XU Liu., TIAN Hui Zhu., GUANG Hai Liu., CUI Mao (2011). Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization. *Biol. Fertil. Soils* 47:437-446.

YADAV, B., VERMA, Arvind. Phosphate solubilization and mobilization in soil through microorganisms under arid ecosystems. *The functioning of ecosystems.* Rijeka: Intech, p. 93-108, 2012.

YADAV, R., ROR, P., RATHORE, P., and RAMAKRISHNA, W. (2020). Bacteria from native soil in combination with arbuscular mycorrhizal fungi augment wheat yield and biofortification. *Plant Physiol. Biochem.* 150, 222–233. doi: 10.1016/j.plaphy.2020.02.039

YADAV, A.N., KUMAR, R., KUMAR, S., KUMAR, V., SUGITHA, T., SINGH, B., et al., 2017a. Beneficial microbiomes: biodiversity and potential biotechnological

applications for sustainable agriculture and human health. *J. Appl. Biol. Biotechnol.* 5, 45–57.

YASUHARA, Tadashi., NOKIHARA, Kiyoshi. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 49, n. 10, p. 4581-4583, 2001.

YANG, CHI-MING., LEE, CHYOUNG-NI., CHOU, CHANG-HUNG. Effects of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedlings: I. Inhibition of supply-orientation. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, v. 43, 2002.

ZÁMOCKÝ, Marcel et al. Molecular evolution of hydrogen peroxide degrading enzymes. *Archives of biochemistry and biophysics*, v. 525, n. 2, p. 131-144, 2012.

ZANATTA, Cinthia Fernanda et al. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC– PDA, HPLC– MS, and NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 24, p. 9531-9535, 2005.

ZHANG, Hailin., KOVAR, J. L. Fractionation of soil phosphorus. *Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters*, v. 2, p. 50-60, 2009.

ZHANG, Jun., QUN, C. H. E. N., CHANGFU, Y. O. U. Biochar effect on water evaporation and hydraulic conductivity in sandy soil. *Pedosphere*, v. 26, n. 2, p. 265-272, 2016.

ZHANG L., SONG X., SHAO X., WU Y., ZHANG X., WANG S, et al. Lead immobilization assisted by fungal decomposition of organophosphate under various pH values. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1-9

ZHANG S., LIAO S. A., YU X., LU H., XIAN J. A., GUO H., et al. (2015). Microbial diversity of mangrove sediment in Shenzhen Bay and gene cloning characterization of an isolated phytase-producing strain of SPC09 *B. cereus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99 5339–5350. 10.1007/s00253-015-6405-8

ZHANG, J. P., ZHANG, L. B., WANG, F. Y., LIU, W. L., AND WO, X. (2014). Spatial variation of soil nutrient contents in the Jinggangshan National Nature Reserve. *Soils* 46, 262–268.

ZHAO, Qian et al. Iron-bound organic carbon in forest soils: quantification and characterization. *Biogeosciences*, v. 13, n. 16, p. 4777-4788, 2016.

ZHAO, K. AND Y. WU. 2017. Effects of Zn deficiency and bicarbonate on the growth and photosynthetic characteristics of four plant species. *PLoS One*, 12(1): e0169812.

ZHU, Fengling et al. Isolation and characterization of a phosphate-solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of Yellow Sea of China. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2011, 2011.

ZHU, Bo-Kai et al. Exposure to nanoplastics disturbs the gut microbiome in the soil oligochaete *Enchytraeus crypticus*. *Environmental Pollution*, v. 239, p. 408-415, 2018.

ZOLLA, G., BAKKER, M. G., BADRI, D. V., CHAPARRO, J. M., SHEFLIN, A. M., MANTER, D. K., VIVANCO, J. Understanding root-microbiome interactions. In: BRUIJN, F. J. de (ed.). *Molecular microbial ecology of the rhizosphere*. Hoboken: J. Wiley, 2013. v. 2, p. 745-754. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118297674.ch70>.

ZOU, Y.N., A.K. SRIVASTAVA, Q.D. NI, and Q.S. WU. 2015. Disruption of mycorrhizal extraradical mycelium and changes in leaf water status and soil aggregate stability in rootbox-grown trifoliolate orange. *Front. Microb* 6:20–31.

## APÊNDICES

I: Caracterização bioquímica e morfológica de bactérias isoladas de solos na presença e ausência de jabuticabeiras nativas, de acordo com o município. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

	Bioquímica			Morfologia				
	Isolado	Gram (+/-)	Catalase (* / - )	Forma	Elevação	Margem	Cor	
<b>Clevelândia</b>	Solo com jabuticabeira	I1	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branco
		I2	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branco
		I3	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Incolor
		I4	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Bege
		I5	+	+	Circular	Convexa	Lobulada	Branco
		I6	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branco
		I7	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Branco
		I8	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branco
		I9	+	+	Rizoide	Plana	Filamentoso	Branco
		I10	+	+	Circular	Plana	Inteira	Incolor
	Solo sem jabuticabeira	I12	+	+	Rizoide	Plana	Filamentoso	Branco
		I13	+	+	Circular	Plana	Inteira	Bege
		I14	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Incolor
		I15	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Rosa
		I16	+	+	Irregular	Plana	Filamentoso	Branco
		I17	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Rosa
		I18	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Rosa
		I19	+	+	Irregular	Plana	Filamentoso	Branco
		I20	+	+	Circular	Plana	Filamentoso	Branco
		<b>Vitorino</b>	Solo com jabuticabeira	I21	+	+	Circular	Convexa
I23	+			+	Circular	Plana	Filamentoso	Branco
I25	+			+	Circular	Plana	Filamentoso	Branco
I29	+			+	Circular	Convexa	Inteira	Incolor
I30	+			+	Circular	Convexa	Inteira	Incolor
Solo sem jabuticabeira	I31		+	+	Circular	Convexa	Inteira	Branco
	I32		+	+	Rizoide	Plana	Filamentosa	Branco
	I33		+	+	Circular	Plana	Inteira	Amarela
	I35		+	+	Circular	Convexa	Inteira	Incolor
	I36		+	+	Circular	Plana	Lobulada	Incolor
	I37		+	+	Irregular	Plana	Lobulada	Branca
	I38		+	+	Irregular	Plana	Filamentoso	Branco
	I39		+	+	Irregular	Plana	Lobulada	Incolor
<b>Pato Branco</b>	Solo com jabuticabeira	I41	+	+	Irregular	Plana	Lobulada	Branco
		I42	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branco
		I43	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Rosa'
		I44	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Incolor
		I45	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Branco

Solo sem jabuticabeira	146	+	+	Irregular	Plana	Filamentoso	Branco	
	147	-	+	Irregular	Plana	Lobulada	Branco	
	148	+	++	Circular	Plana	Lobulada	Branco	
	149	+	++	Circular	Plana	Inteira	Branco	
	150	+	++	Irregular	Convexa	Ondulada	Branco	
	151	+	+	Circular	Plana	Inteira	Amarela	
	152	+	+	Circular	Plana	Inteira	Amarela	
	153	+	++	Circular	Convexa	Inteira	Incolor	
	154	+	+	Irregular	Plana	Lobulada	Incolor	
	155	+	+	Circular	Inteira	Plana	Branca	
	156	+	+	Circular	Convexa	Inteira	Branco	
	157	+	+	Circular	Plana	Lobulada	Amarela	
	158	+	++	Circular	Plana	Inteira	Branca	
	159	+	++	Circular	Plana	Lobulada	Branca	
	160	+	+	Irregular	Plana	Lobulada	Amarela	
	Solo com jabuticabeira	165	+	+++	Circular	Plana	Inteira	Bege
166		+	+	Plana	Irregular	Lobulada	Bege	
170		+	+	Circular	Plana	Lobulada	Amarela	
Dois Vizinhos	Solo sem jabuticabeira	171	+	+	Irregular	Plana	Inteira	Bege
		172	+	+	Irregular	Plana	Filamentosa	Bege
	Solo sem jabuticabeira	174	+	+	Rizoide	Plana	Filamentosa	Branca
		175	+	+	Inteira	Plana	Circular	Amarela
		176	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branca
		177	+	+	Circular	Plana	Inteira	Incolor
		178	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branca
		179	+	+	Irregular	Plana	Filamentosa	Branco
		180	+	+	Circular	Plana	Inteira	Branca

\*Coloração de gram e teste da catalase: Positivo (+) e Negativo (-).

II: Velocidade de crescimento e equação da reta quanto ao crescimento dos isolados bacterianos dos sítios de coleta. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023.

<b>Crescimento bacteriano</b>			
	<b>Isolado</b>	<b>Velocidade máxima de crescimento (<math>\mu_{max}</math>)</b>	<b>Equação da reta</b>
<b>Clevelândia</b>	Solo com jabuticabeira	I1	$y = 0.0615x - 1.0569$ 0.978 $R^2 =$
		I2	$y = 0.074x - 1.0429$ 0.9363 $R^2 =$
		I3	$y = 0.0508x - 1.0088$ 0.9725 $R^2 =$
		I4	$y = 0.067x - 1.0593$ 0.9791 $R^2 =$
		I5	$y = 0.1138x - 1.0562$ 0.9938 $R^2 =$
		I6	$y = 0.0671x - 1.0434$ 0.9879 $R^2 =$
		I7	$y = 0.0961x - 1.0717$ 0.9937 $R^2 =$
		I8	$y = 0.0924x - 1.0716$ 0.9767 $R^2 =$
		I9	$y = 0.083x - 1.0927$ 0.9863 $R^2 =$
		I10	$y = 0.082x - 0.9696$ 0.9904 $R^2 =$
	Solo sem jabuticabeira	I12	$y = 0.0846x - 1.0523$ 0.9786 $R^2 =$
		I13	$y = 0.0846x - 1.0523$ 0.9786 $R^2 =$
		I14	$y = 0.0708x - 1.0233$ 0.9897 $R^2 =$



		I15		$y = 0.01x - 0.9324$	$R^2 =$
			0.03	0.977	
		I16		$y = 0.0542x - 0.9823$	$R^2 =$
			0.01	0.9628	
		I17		$y = 0.0698x - 0.994$	$R^2 =$
			0.07	0.9908	
		I18		$y = 0.0045x - 0.9054$	$R^2 =$
			0.00	0.9694	
		I19		$y = 0.0873x - 1.0086$	$R^2 =$
			0.09	0.9765	
		I20		$y = 0.043x - 0.9305$	$R^2 =$
			0.04	0.9234	
<b>Vitorino</b>	Solo com jabuticabeira	I21	0.01	$y = 0.0217x - 1.0147$	$R^2 = 0.874$
		I23		$y = 0.0438x - 1.001$	$R^2 =$
			0.04	0.9827	
		I25		$y = 0.0444x - 1.0358$	$R^2 =$
			0.09	0.9912	
		I29		$y = 0.0628x - 1.0316$	$R^2 =$
		0.06	0.9862		
		I30		$y = 0.0641x - 1.0028$	$R^2 =$
		0,05	0.9932		
		I31		$y = 0.0607x - 1.0311$	$R^2 =$
		0.06	0.996		
		I32	0.05	$y = 0.0422x - 1.0407$	$R^2 = 0.9784$
		I33	0.06	$y = 0.0575x - 1.0379$	$R^2 = 0.9584$
	I35	0.22	$y = 0.0118x - 0.993$	$R^2 = 0.9681$	
	I36	0.13	$y = 0.0347x - 0.9846$	$R^2 = 0.9765$	
	I37	0.37	$y = 0.0709x - 1.0873$	$R^2 = 0.9903$	
	I38	0.02	$y = 0.0223x - 0.9797$	$R^2 = 0.9339$	
	I39		$y = 0.0515x - 0.974$	$R^2 =$	
			0.05	0.9974	
<b>Pato</b>	Solo com	I41		$y = 0.0693x - 0.9846$	$R^2 =$
			0.08	0.9935	

	I42		$y = 0.0646x - 0.9772$	$R^2 =$
		0.07	0.9777	
	I43	0.02	$y = 0.0141x - 0.9141$	$R^2 = 0.9788$
	I44	0.07	$y = 0.049x - 0.9743$	$R^2 = 0.9641$
	I45		$y = 0.0647x - 0.9852$	$R^2 =$
		0.07	0.9926	
	I46		$y = 0.0509x - 0.9549$	$R^2 =$
		0.05	0.9911	
	I47		$y = 0.0643x - 1.0176$	$R^2 =$
		0.07	0.9862	
	I48		$y = 0.0844x - 1.0198$	$R^2 =$
		0.34	0.989	
	I49	0.09	$y = 0.085x - 1.0355$	$R^2 = 0.993$
	I50		$y = 0.0693x - 0.9966$	$R^2 =$
		0.07	0.9921	
	I51		$y = 0.059x - 0.9939$	$R^2 =$
		0.06	0.9872	
	I52	0.07	$y = 0.0763x - 1.009$	$R^2 = 0.987$
	I53		$y = 0.063x - 1.0084$	$R^2 =$
		0.06	0.9952	
	I54	0.06	$y = 0.0541x - 0.9865$	$R^2 = 0.987$
	I55		$y = 0.0158x - 0.9154$	$R^2 =$
		0.02	0.9971	
	I56		$y = 0.0118x - 0.8164$	$R^2 =$
		0.01	0.9885	
	I57		$y = 0.0706x - 0.9969$	$R^2 =$
		0.07	0.9763	
	I58		$y = 0.0713x - 1.0151$	$R^2 =$
		0.08	0.9862	
	I59		$y = 0.0243x - 0.9386$	$R^2 =$
		0.02	0.9959	
	I60		$y = 0.0721x - 1.0186$	$R^2 =$
		0.23	0.9514	

Solo sem jabuticabeira

<b>Dois Vizinhos</b>	Solo com jabuticabeira	165		$y = 0.0604x - 0.973$	$R^2 =$
			0.04	0.9847	
		166		$y = 0.0506x - 0.9883$	$R^2 =$
			0.04	0.9874	
		170		$y = 0.0685x - 0.9509$	$R^2 =$
			0.07	0.9587	
	Solo sem jabuticabeira	171		$y = 0.0189x - 0.808$	$R^2 =$
			0.09	0.5983	
		172		$y = 0.0448x - 0.9554$	$R^2 =$
			0.30	0.9992	
		174		$y = 0.0282x - 0.9424$	$R^2 =$
			0.04	0.993	
		175		$y = 0.0233x - 0.9364$	$R^2 =$
			0.03	0.9775	
		176		$y = 0.0418x - 0.9329$	$R^2 =$
			0.03	0.9827	
		177		$y = 0.0318x - 0.9574$	$R^2 =$
			0.03	0.9753	
178		$y = 0.0602x - 0.9327$	$R^2 =$		
	0.04	0.9725			
179		$y = 0.0717x - 1.015$	$R^2 =$		
	0.06	0.9893			
180		$y = 0.0488x - 0.9378$	$R^2 =$		
	0.07	0.9816			

III: Caracterização morfológica das colônias de fungos isolados de solos na presença e ausência de jabuticabeiras nativas. UTFPR - Campus Pato Branco - PR, 2023

		Isolado	Cor	Forma	Margem	Elevação		
<b>CLEVELÂNDIA</b>	Solo com jabuticabeira	1F	Branco	Circular	Inteira	Ondulada		
		3F	Verde	Circular	Filamentosa	Plana		
		5F	Branco	Irregular	Papilada	Ondulada		
		7F	Verde	Circular	Filamentosa	Plana		
		8F	Branco	Irregular	Inteira	Plana		
		9F	Branco	Irregular	Inteira	Plana		
		11F	Branco/verde	Circular	Filamentosa	Plana		
	Solo sem jabuticabeira	12F	Amarela	Irregular	Filamentosa	Plana		
		13F	Rosa	Irregular	Filamentosa	Plana		
		14F	Verde	Irregular	Filamentosa	Plana		
		<b>VITORINO</b>	Solo com jabuticabeira	15F	Rosa	Circular	Inteira	Plana
				16F	Verde	Circular	Filamentosa	Plana
				17F	Branca/amarela	Circular	Filamentosa	Plana
			Solo sem jabuticabeira	18F	Rosa	Circular	Inteira	Plana
20F	Verde			Circular	Filamentosa	Plana		
		23F	Verde escuro	Circular	Inteira	Plana		
<b>PATO BRANCO</b>	Solo com jabuticabeira	26F	Branco	Irregular	Inteira	Plana		
		27F	Rosa	Irregular	Filamentosa	Convexa		
		28F	Cinza	Circular	Filamentosa	Algodonosa		
		30F	Branco	Irregular	Inteira	Plana		
	Solo sem jabuticabeira	31F	Verde	Circular	Filamentosa	Plana		
		32F	Branca	Irregular	Inteira	Plana		
		34F	Branco	Irregular	Papilada	Ondulada		
<b>DOIS VIZINHOS</b>	Solo com jabuticabeira	36F	Branco/verde	Irregular	Filamentosa	Plana		
		37F	Branco/verde	Irregular	Filamentosa	Plana		
		38F	Verde escuro	Circular	Inteira	Plana		
		39F	Branco/verde	Irregular	Filamentosa	Plana		
		40F	Branco/verde	Irregular	Filamentosa	Plana		
	Solo sem jabuticabeira	41F	Branco	Irregular	Inteira	Plana		



V: Potenciais isolados bacterianos identificados por meio da análise NCBI Blast e sua porcentagem (%) de identidade.

<b>Código dos isolados</b>	<b>Nome das isolado bacterianas</b>	<b>Per. Ident (%)</b>
I1	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	98,62%
I2	<i>Lysinibacillus mangiferihumi</i>	98,32%
I3	<i>Paenibacillus doosanensis</i>	95,93%
I4	<i>Lysinibacillus agricola</i>	99,10%
I5	<i>Bacillus mycoides</i>	99,67%
I6	<i>Viridibacillus arvi</i>	98,89%
I7	<i>Bacillus mycoides</i>	99,67%
I8	<i>Bacillus mycoides</i>	99,67%
I9	<i>Lysinibacillus varians</i>	98,25%
I10	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	98,34%
I12	<i>Gottfriedia acidiceleris</i>	97,88%
I13	N, Identificada	
I14	<i>Viridibacillus arenosi</i>	99,53%
I15	<i>Prescottella agglutinans</i>	99,55%
I16	<i>Bacillus mycoides</i>	99,79%
I17	<i>Bacillus muralis</i>	94,40%
I18	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,85%
I19	<i>Bacillus toyonensis</i>	98,87%
I20	<i>Lysinibacillus agricola</i>	91,82%
I21	<i>Prescottella agglutinans</i>	99,37%
I23	<i>Bacillus clarus</i>	99,54%
I25	<i>Lysinibacillus agricola</i>	98,64%
I29	<i>Lysinibacillus agricola</i>	99,01%
I30	<i>Bacillus bingmayongensis</i>	95,11%
I31	<i>Lysinibacillus mangiferihumi</i>	98,61%
I32	<i>Bacillus mycoides</i>	99,34%
I33	<i>Lysinibacillus agricola</i>	100,00%
I35	<i>Paenibacillus guangzhouensis</i>	97,67%
I36	<i>Viridibacillus arenosi</i>	99,23%
I37	<i>Bacillus wiedmannii</i>	98,88%
I38	<i>Bacillus mycoides</i>	99,29%
I39	<i>Lysinibacillus agricola</i>	100,00%

---

141	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	99,14%
142	<i>Brevibacillus laterosporus</i>	99,33%
143	<i>Prescottella agglutinans</i>	99,22%
144	<i>Paenibacillus taichungensis</i>	99,54%
145	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	97,86%
146	<i>Neobacillus bataviensis</i>	99,19%
147	<i>Cupriavidus basilensis</i>	97,64%
148	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,39%
149	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,55%
150	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	98,82%
151	<i>Bacillus clarus</i>	99,34%
152	<i>Bacillus mycoides</i>	98,97%
153	<i>Lysinibacillus agricola</i>	100,00%
154	<i>Bacillus hominis</i>	98,33%
155	<i>Bacillus mycoides</i>	98,85%
156	<i>Bacillus mycoides</i>	99,37%
157	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,44%
158	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,48%
159	<i>Lysinibacillus fusiformis</i>	98,60%
160	<i>Peribacillus simplex</i>	99,12%
164	<i>Achromobacter kerstersii</i>	99,09%
165	<i>Bacillus wiedmannii</i>	99,56%
166	<i>Lysinibacillus contaminans</i>	90,43%
170	<i>Bacillus paramycoides</i>	99,42%
171	<i>Brevibacillus laterosporus</i>	98,56%
172	<i>Bacillus clarus</i>	99,32%
174	<i>Bacillus mycoides</i>	98,85%
175	<i>Peribacillus simplex</i>	98,87%
176	<i>Lysinibacillus fusiformis</i>	99,21%
177	<i>Brevibacillus laterosporus</i>	99,47%
178	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,59%
179	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,33%
180	<i>Bacillus thuringiensis</i>	99,48%

---

**VI:** Potenciais isolados fúngicos identificados por meio da análise NCBI Blast e sua porcentagem (%) de similaridade,

<b>Código dos isolados</b>	<b>Nome das isolado fungicas</b>	<b>Per,Ident (%)</b>
1F	<i>Apophysomyces ossiformis</i>	99,13%
3F	<i>Trichoderma dorotheopsi</i>	99,82%
5F	<i>Leptobacillium leptobactrum</i>	92,00%
7F	<i>Trichoderma hainanense</i>	99,08%
8F	<i>Podila humilis</i>	99,83%
9F	<i>Podila humilis</i>	100,00%
11F	<i>Penicillium abidjanum</i>	99,82%
12F	<i>Fusarium babinda</i>	98,79%
13F	<i>Fusarium babinda</i>	98,79%
14F	<i>Penicillium tanzanicum</i>	99,63%
15F	<i>Clonostachys rosea</i>	89,60%
16F	<i>Trichoderma dorotheopsis</i>	99,83%
17F	<i>Neocosmospora rubicola</i>	99,81%
18F	<i>Hypomyces corticiicola</i>	88,83%
20F	<i>Trichoderma simmonsii</i>	99,49%
23F	<i>Cladosporium tenuissimum</i>	98,91%
26F	<i>Podila horticola</i>	99,62%
27F	<i>Fusarium brevicaudatum</i>	100,00%
28F	<i>Absidia ovalispora</i>	93,73%
30F	<i>Podila horticola</i>	99,65%
31F	<i>Trichoderma crassum</i>	96,62%
32F	<i>Mortierella paraensis</i>	94,66%
34F	<i>Mortierella rishiksha</i>	97,37%
36F	<i>Penicillium brasilianum</i>	99,82%
37F	<i>Penicillium brasilianum</i>	100,00%
38F	<i>Cladosporium xylophilum</i>	100,00%
40F	<i>Epicoccum keratinophilum</i>	100,00%
41F	<i>Podila horticola</i>	99,47%