



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**Daniella Valéria Martins Soares**

**USO DE MICRORGANISMOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES**

**ARARAS - 2021**



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**Daniella Valéria Martins Soares**

## **USO DE MICRORGANISMOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para  
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Victor Augusto Forti

**ARARAS – 2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família que me apoia em todas as etapas da minha vida, em especial, a minha mãe Miriam, por todo amor, carinho, paciência, apoio e incentivo.

Ao professor Victor Augusto Forti, agradeço a orientação, paciência, amizade e dedicação. Um professor muito importante na minha formação e uma referência de pessoa e profissional, que terei serei sempre como um grande exemplo.

Agradeço a Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias – *Campus Araras*, por todo aprendizado e oportunidade de fazer parte do Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica.

Aos amigos Letícia Abatti, Nizza Rodrigues, Gustavo Devite, Mariana Leite e a todos que me acompanharam e me auxiliaram durante todos esses anos.

## RESUMO

O tratamento de sementes tem sido uma etapa essencial em sistemas de produção agrícolas com destaque para o tratamento químico que, apesar de ser amplamente utilizado, tem potencial de prejudicar o ambiente e os trabalhadores que o realizam. Pensando nisso, o tratamento biológico, com uso de microrganismos vem ganhando espaço e sendo amplamente estudado dentro da tecnologia de sementes. Dessa forma, objetivou-se analisar, por meio de uma revisão sistematizada, a situação da pesquisa e divulgação científica, bem como a forma de abordagem e os principais microrganismos que a ciência atual tem estudado para aplicação no tratamento de sementes. Para esta revisão, foi realizada uma busca sistematizada na plataforma *Web of Science* com um recorte temporal de 2010 à 2021 avaliando-se prioritariamente a produção científica por ano e periódicos mais importantes, os microrganismos e plantas utilizadas em estudos relacionados ao tratamento de sementes, além dos efeitos desses microrganismos nas sementes ou nas plântulas geradas. Os estudos com tratamento biológico com microrganismos em sementes têm ganhado destaque nos últimos anos, com elevação consistente do número de trabalhos publicados nos anos de 2019 e 2020, sendo que os periódicos que mais vincularam artigos com essa temática foram o *Biological control* e o *Legume research*. O microrganismo mais estudado para o tratamento de sementes foi o *Trichoderma* sp., com destaque para o *T. harzianum*, sendo largamente empregado em diversas espécies agrícolas, tais como milho, feijão e trigo e com o foco, prioritariamente, no controle de patógenos de solo e sementes.

**Palavras-chave:** *Trichoderma* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., qualidade de sementes, potencial sanitário.

# THE USE OF MICROORGANISMS IN SEED TREATMENT

## ABSTRACT

Seed treatment has been an essential step in agricultural production systems, especially on chemical treatment which, despite being widely used, has the potential to harm the environment and the rural workers. Because of that, biological treatment using microorganisms has been widely studied within seed technology. Thus, the aim of this study was to analyze, through a systematic review, the situation of research and scientific dissemination, as well as the approach and the main microorganisms that current studied for application in seed treatment. For this review, a systematic search was carried out on the Web of Science platform from 2010 to 2020, evaluating the scientific production per year and the most important scientific journals, the microorganisms and plants used in studies related to seed treatment, in addition to the effects of these microorganisms in the seeds or seedlings. Studies with biological treatment with microorganisms in seeds have increased in recent years, with a consistent increase in the number of papers published in 2019 and 2020, and the journals that most linked articles with this subject were “Biological control” and “Legume research”. The most used microorganism for seed treatment is *Trichoderma* sp., especially *T. harzianum*, which is widely used in several agricultural species, such as corn, beans and wheat, with the focus, primarily, on the pathogens from soil and seeds.

**Key-words:** *Trichoderma* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., seed quality, seed health potential.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Porcentagem de artigos publicados e indexados no Web of Science sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes entre os anos de 2010 a junho de 2021 ..... 15
- Figura 2** - Principais periódicos científicos indexados no *Web of Science* que veicularam artigos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes entre os anos de 2010 a abril de 2021 ..... 16
- Figura 3** - Principais gêneros de microrganismos utilizados em estudos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science* ..... 18
- Figura 4** - Principais espécies de *Trichoderma* sp. (A), *Bacillus* sp. (B) e *Pseudomonas* sp. (C) utilizadas em estudos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science* ..... 19
- Figura 5** - Principais espécies vegetais utilizadas em estudos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science* ..... 21
- Figura 6** - Principais aplicações quanto ao uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science* ..... 22

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	09
3. OBJETIVOS.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
6. CONCLUSÃO .....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de sementes é essencial e tem sido uma prática muito importante para assegurar o controle de organismos fitopatogênicos vinculados às sementes ou presentes no solo, garantindo o estabelecimento de plântulas. O tratamento se torna ainda mais importante quando as condições edafoclimáticas durante a semeadura não são favoráveis à germinação e estabelecimento de plântulas, ocasionando em maior período de disponibilidade para ataques de patógenos (BALARDIN et al., 2011).

O tratamento químico tem sido o principal para a aplicação em sementes (ESKER, CONLEY, 2012; BALARDIN et al., 2011; KARTIKAY et al., 2015), porém, se realizado de forma inadequada, pode ocasionar a redução na taxa de germinação e no vigor da semente (SIVPARSAD et al., 2014). Além disso, vale ressaltar que dependendo da dose e do produto químico aplicado, pode ocorrer também problemas com fitotoxicidade (ABATI et al., 2014; CARVALHO et al., 2020; FORTI et al., 2020) prejudicando o desenvolvimento inicial da plântula e interferindo no estabelecimento inicial do campo de produção.

Ultimamente, alguns tratamentos biológicos vêm sendo estudados (CONINCK et al., 2020; MACENA et al., 2020), objetivando uma lavoura produtiva e a diminuição dos impactos negativos aos trabalhadores e ao ambiente, já que, segundo SCHÜTTE et al. (2017), alguns dados científicos revelam que a intensificação do uso de pesticidas na agricultura está entre os principais responsáveis pela perda da biodiversidade. O uso excessivo de defensivos químicos faz com que os organismos vivos fiquem expostos a estes compostos químicos, podendo prejudicar a biodiversidade da microbiota do solo, além disso, o manejo e descarte inadequados desses produtos podem ocasionar a contaminação do meio ambiente. Dessa forma, o tratamento biológico pode ser uma alternativa viável para solução de tais problemas. (ZIN et al., 2020).

O controle biológico é uma metodologia interessante, principalmente, quando se trata de controle de patógenos resistentes a produtos químicos podendo, também, minimizar o uso de químicos no ambiente (BALE, 2007). A aplicação de microrganismos em sementes vem chamando atenção devido seus benefícios e baixo impacto ao ambiente, além de poder ser empregada para diferentes fins, como fixação de nitrogênio (TAMAGNO et al., 2018), promoção de crescimento (TALL; MEYLING, 2018) e controle de patógenos e pragas (ROSSMAN; BYRNE; CHILVERS, 2018).

Diversos são os microrganismos que têm sido utilizados para o tratamento de sementes, dentre eles, o *Trichoderma* sp. (ZAPATA; LEAL, 2018; JUNGES et al., 2016; CHOU et al., 2020), sendo o *T. viride*, *T. harzianum* e *T. virens* os mais estudados. Zandoná et al. (2019)



estudaram o uso associado do fungicida Fludioxonil com *Trichoderma* spp. e identificaram o benefício do uso combinado com o objetivo de promover o desenvolvimento e aumentar o rendimento de plantas de soja. Macena et al. (2020) estudaram a ação de *T. asperelum* e *T. harzianum* contra seis isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* e identificaram efeito antagonista do *Trichoderma* sobre o fungo fitopatogênico com aumento na biomassa de raízes e parte aérea e na nodulação de plântulas provenientes de sementes tratadas com o organismo biológico.

Além do *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp. (FERRO et al., 2020; DJAENUDDIN; SURIANI; MUIS, 2020; HU et al., 2019;) e *Pseudomonas* sp. (KANUGALA et al., 2019; POSTMA; NIJHUIS, 2019; ANKUSH; DEEPA; SRINIVAS, 2016;) vêm sendo bastante estudados. Zhang et al. (2010), realizaram um estudo em que verificaram a capacidade do *Bacillus subtilis*, em suprimir a incidência e a severidade da murcha de fusarium em algodão quando o solo foi infestado com *Fusarium oxysporum* e *Meloidogyne incognita*. Segundo Hu et al. (2019), o uso de *Bacillus subtilis*, juntamente com *Bacillus megaterium*, resultou em maior promoção de crescimento e maior aumento no rendimento de grãos em Colza. Paulitz, Anas, Fernando (2008), constataram em seu estudo que o uso de *Pseudomonas* sp. foi capaz de aumentar a taxa de germinação de soja e ervilha, reafirmando os benefícios dos microrganismos e sua importância no setor sementeiro.

Outros microrganismos também têm sido estudados para o uso no tratamento de sementes, tais como *Azospirillum* sp. (MÜLLER et al., 2021; VOGEL; FEY, 2019), *Metahizium* sp. (AHMAD et al., 2020; AMBELE et al, 2020) e *Beauveria* sp (KUZHUPPILLYMYAL-PRABHAKARANKUTTY et al., 2021; RUSSO et al., 2019).

Diante do apresentado, objetivou-se entender, por meio de uma revisão sistematizada, a situação da pesquisa e divulgação científica, bem como a forma de abordagem e os principais microrganismos que a ciência atual vem estudado para aplicação no tratamento de sementes.

### **3. OBJETIVOS**

Objetivou-se entender, por meio de uma revisão sistematizada, a situação da pesquisa, bem como a forma de abordagem e os principais microrganismos que a ciência atual vem estudado para aplicação no tratamento de sementes.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização e desenvolvimento desta revisão bibliométrica sistemática, foram selecionados artigos indexados na base de dados *Web of Science*, por esta ser a principal base de dados mundial de indexação de trabalhos associados à periódicos de ampla visibilidade internacional.

Para a melhor definição dos termos de busca, foram realizadas buscas prévias com a utilização de operadores booleanos, através da pesquisa básica, com recorte temporal de janeiro de 2010 a abril de 2021. Após a análise da busca e avaliando-se os artigos de acordo com a temática da revisão, definiu-se os seguintes conjuntos de palavras chaves: “*seed treatment*” and “*biological*”; “*biological seed treatment*”; “*seed treatment*” and “*trichoderma*”, os quais limitaram nossas buscas apenas a microrganismos estudados no tratamento de sementes, excluindo microrganismos estudados no uso geral de sementes. Definiu-se como critério de escolha trabalhos aplicados e relacionados com o uso de organismos biológicos no tratamento de sementes.

Dessa maneira, foram selecionados 115 artigos, por se tratar e fazer inferência ao tema da revisão. Estes artigos foram avaliados novamente, excluindo-se artigos duplicados e que não se encaixavam na temática, totalizando assim, 99 artigos no escopo final da revisão sistemática, os quais foram identificados em relação ao ano de publicação e periódico vinculado.

Em seguida, definiu-se os critérios norteadores para a análise de dados, sendo eles: 1° Organismos: considerou-se os organismos com maior frequência de observação (A) *Trichoderma* sp.; (B) *Bacillus* sp.; (C) *Pseudomonas* sp.; (D) *Azospirillum* sp. (E) *Metarhizium* sp.; (F) *Beauveria* sp. e (G) outros; 2° Planta: considerou-se as plantas de maior frequência de observação entre os trabalhos analisados (A) Milho; (B) Feijão; (C) Trigo; (D) Soja; (E) Arroz; (F) Tomate; (G) Grão de Bico; (H) Pepino; (I) Amendoim; (J) Outros; 3° Efeito dos microrganismos na promoção de crescimento aplicados na planta de interesse: (A) Controle de microrganismos; (B) Efeito bioestimulante com resultado avaliado por meio da produção da planta; (C) Germinação; (D) Efeito bioestimulante com resultado avaliado por meio do desenvolvimento vegetal; (E) Resistência à patógenos e adversidades abióticas; (F) Outros.

Realizou-se uma análise qualiquantitativa dos trabalhos selecionados com base nos indicadores bibliométricos, com a segregação dos seguintes itens: ano de publicação, título do periódico, principais gêneros de microrganismos estudados, principais espécies de microrganismos estudados, principais plantas estudadas e efeito dos microrganismos aplicados na planta de interesse. Os dados foram submetidos a análise e foram elaborados gráficos e

nuvens de palavras. Para a classificação das categorias na elaboração dos gráficos, foram consideradas apenas aquelas em que se observou a ocorrência de mais de três artigos. Situações com uma menor frequência foram sempre incorporados na categoria de “outros”.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração a data de publicação dos artigos, observou-se maior frequência no ano de 2020, seguido de 2019. Observou-se baixa publicação de artigos (menor que 10 por ano) entre os anos de 2010 a 2018 (Figura 1). No ano de 2021 até o mês de abril foram publicados apenas 4 artigos indexados no *Web of Science*, isso porque, apenas um terço do ano foi considerado, porém, espera-se um número alto de publicações para o ano de 2021, já que a época de maior publicação se encontra da metade para o final do ano, além de ser possível notar uma tendência no aumento das publicações ao longo dos anos.

O número de artigos publicados nos últimos anos vem aumentando devido à crescente preocupação com a segurança humana e ambiental, destacando a necessidade de estudar alternativas ao tratamento químico, visando uma agricultura mais sustentável (MERTZ; HENNING; ZIMMER, 2009).

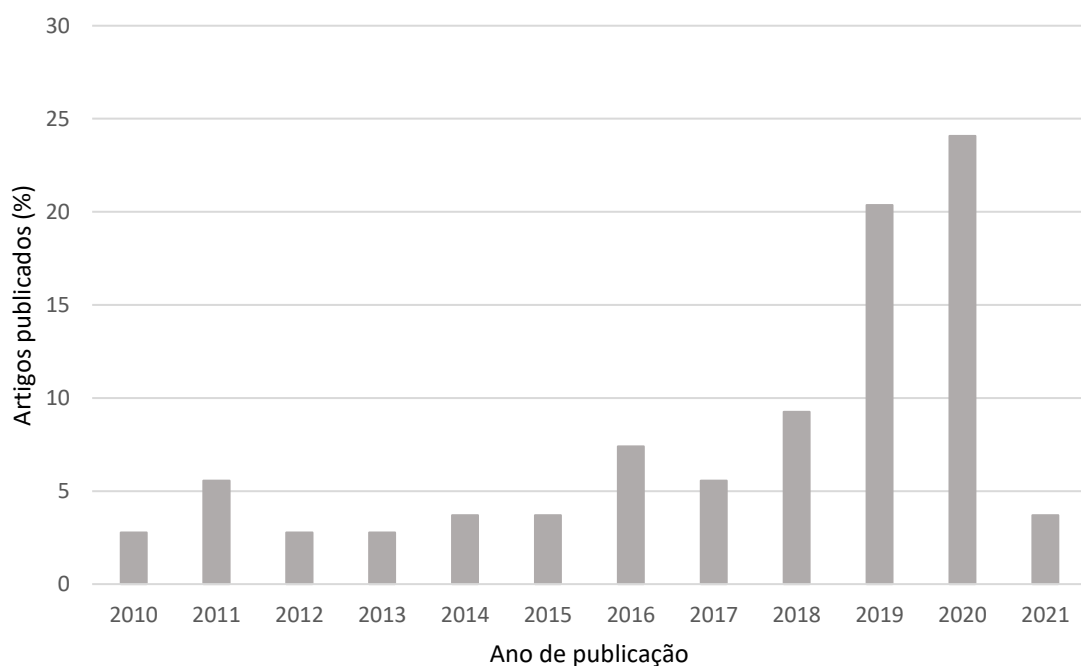


Figura 1 – Porcentagem de artigos publicados e indexados no *Web of Science* sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes entre os anos de 2010 a abril de 2021.

Foram identificados 64 periódicos que publicaram artigos sobre o uso de microrganismos na agricultura em tratamento de sementes, sendo o *Biological Control* (Fator de impacto 2020 [IF] = 3,687) e *Legume Research* (IF = 0,589) os que apresentaram maior número de publicações (Figura 2), tendo, cada um, 5 publicações referentes ao tema. Além

desses periódicos, o *Plants-basel* (IF = 3,935), *Insects* (IF = 2,769), *Crop protection* (IF = 2,571), *Plant disease* (IF = 4,438) e *Phytopathology* (IF = 4,025) podem ser considerados periódicos de importância nessa temática de estudo.

O periódico *Biological Control* se dedica a publicação de trabalhos voltados à biotecnologia para esclarecimento e compreensão do uso de genes e abordagens ecológicas para o controle biológico de pragas. Com uma abordagem mais ampla, o periódico *Legume Research* vincula artigos originais sobre genética, melhoramento, fisiologia e sementes de leguminosas, entre outros assuntos voltados a esse grupo vegetal.

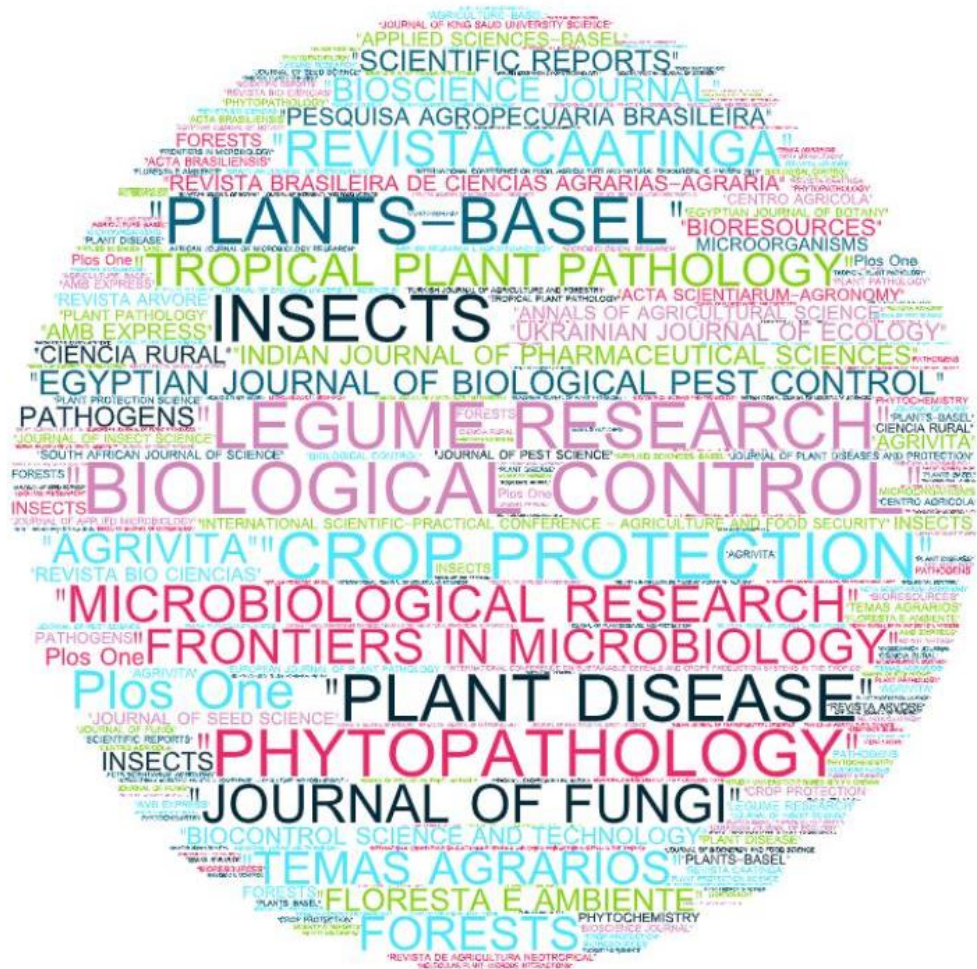


Figura 2 - Principais periódicos científicos indexados no *Web of Science* que veicularam artigos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes entre os anos de 2010 a abril de 2021.

O levantamento realizado evidenciou os gêneros dos microrganismos de maior importância para a utilização no tratamento de sementes, sendo o *Trichoderma sp.* o de maior

relevância, totalizando mais de 40% dos artigos (Figura 3). Esse gênero de fungo, faz parte da família Hypocreaceae, é saprofítico, habita o solo e atua positivamente em alguns fatores como emergência de plântulas, vigor de sementes e rendimento de plantas. Além de ser antagonista de patógenos presentes no solo, também atua como estimulador para desenvolvimento das plantas (ZANDONA et al., 2019). Este fungo é capaz de produzir compostos orgânicos voláteis e não voláteis e colonizam as raízes das plantas, fazendo com que ocorra proteção contra infecção de patógenos e melhoria no crescimento das plantas, além de oferecer proteção contra o estresse abiótico (YUSNAWAN et al., 2019).

Isolados de *Trichoderma* sp. tem sido largamente utilizados, principalmente com o objetivo de controlar patógenos e suas doenças (SOUSA et al., 2021) sendo os principais mecanismos de controle, a indução de resistência da planta às doenças, por meio da mudança na arquitetura das raízes durante o contato com os patógenos. Entretanto, estes mecanismos podem variar de acordo com a cepa de *Trichoderma* sp., com o pH do solo, com a cultura instalada, com o patógeno em questão e com a temperatura, salinidade e disponibilidade de nutrientes do solo (ZIN et al., 2020).

O *Trichoderma harzianum* é considerado um ótimo agente de biocontrole contra uma gama ampla de fitopatógenos (FERRIGO et al., 2014) e vem sendo muito utilizado para o biocontrole de doenças fúngicas, como o *Cladosporium herbarum*, um fungo saprófito transmitido por sementes (GUIMARÃES et al., 2014). Segundo esses autores, sementes de feijão contaminadas com *C. herbarum* que foram tratadas com isolados de *T. harzianum* e logo após, expostas a teste de germinação e sanidade, originaram maior número de plântulas normais, maior massa de matéria seca, além de maior comprimento de raiz e parte aérea e menor ocorrência do patógeno.

Outro estudo analisou o uso do *Trichoderma harzianum* em combinação com *Glomus versiforme* em Feijão-caupi, para inibição da doença do Oídio e verificou que essa combinação foi capaz de induzir a resistência à doença, aumentou comprimento da parte aérea, área foliar e comprimento de raiz, além da porcentagem de germinação (OMOMOWO; FADIJI; OMOMOWO, 2018).

Além do ótimo controle contra patógenos, os *Trichoderma* sp. também é um excelente promotor de crescimento. Seus principais impactos são evidenciados durante o crescimento das plantas, na qualidade e no rendimento final da cultura, através da geração de um ambiente favorável as culturas e da liberação de metabólitos secundários (HYAKUMACHI, KUBOTA, 2003).

Os gêneros *Bacillus* sp. e *Pseudomonas* sp., são outros dois gêneros importantes em estudos com tratamento de sementes (Figura 3). Ambos os microrganismos têm sido amplamente utilizados, visando o controle de patógenos e a promoção de crescimento, exercendo sua função da colonização das raízes das plantas (MENDIS et al., 2018; KARIMI et al., 2012; SEENIVASAN et al., 2012; MANIKANDAN et al., 2010).

Segundo Ferro et al. (2020), as cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus velezensis*, foram capazes de reduzir em até 56,6% e 60%, respectivamente, a incidência de Ramulose (*Colletotrichum gossypii* var. *Cephalosporioides*) em algodão, além de aumentar o rendimento e a qualidade da fibra. Foram estudados em casa de vegetação e em campo e em tratamento de sementes, aplicação foliar e irrigação do solo, e em todas estas aplicações as cepas de *Bacillus* sp. apresentaram resultados positivos.

Outro estudo destacou que *Pseudomonas synxantha* também possui capacidade de suprimir doenças, devido a produção de ácido fenazina-1-carboxílico, que inibiu, in vitro, os patógenos do trigo, *Rhizoctonia solani*, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium culmorum* e *Fusarium pseudograminearum*. Esse microrganismo quando aplicado no tratamento de sementes, suprimiu a podridão da raiz de *Rhizoctonia* em trigo e a podridão da raiz e do caule de *Rhizoctonia* em canola (ZHANG et al., 2020).

*Azospirillum* sp, *Metarhizium* sp. e *Beauveria* sp. foram outros gêneros de microrganismos bastantes estudados para a aplicação em sementes.

O *Azospirillum brasiliense* vem sendo bastante estudado como um tratamento alternativo para fixação biológica de nitrogênio, já que este é considerado o nutriente que mais eleva o custo de produção. Este microrganismo em aplicação via foliar e tratamento de sementes de milho demonstrou aumento na produtividade de grãos e fixação biológica de nitrogênio (MÜLLER et al., 2021).

O gênero *Metarhizium* sp tem capacidade de aumentar o crescimento de plantas e resistência destas contra certas pragas. Em seu estudo, Canassa et al. (2019), constatou que o *Metharhizium robertsii* foi capaz de reduzir, significativamente, a ocorrência do ácaro *Tetranychus urticae* na cultura do Feijão, além de melhorar o desenvolvimento das plantas, mostrando seu grande potencial.

Na classificação Outros, foram identificados trabalhos com os microrganismos *Verticillium Isaacii* (DEKETELAERE et al., 2020), *Hypocrea rufa* (BALAI, 2020) e *Bradyrhizobium* sp. (SILVA et al., 2013).



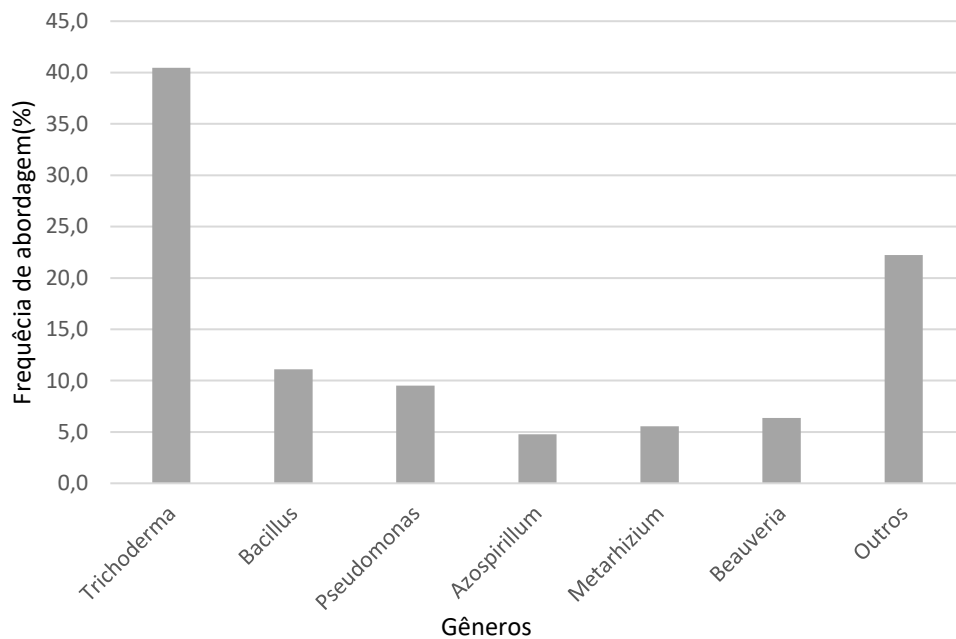


Figura 3 - Principais gêneros de microrganismos utilizados em estudos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science*.

Quando se trata das espécies dos principais gêneros, notou-se que o *Trichoderma harzianum*, foi o organismo mais estudado dentro do gênero *Trichoderma sp.* (Figura 4A), isso porque este possui alta capacidade no controle de patógenos (MERRIMAN et al., 1974; VENKATASUBBAIAH, 1985; REEDY, RAHE, 1989; JINDAL, THIND, 1990; TURNER, BACKMAN, 1991), além de estimular o desenvolvimento das plantas (LAZZARETTI; BETTIOL, 1997).

O *Bacillus subtilis* foi o mais estudado dentro do gênero *Bacillus sp.* nesses últimos anos (Figura 4B). *B. subtilis* é uma rizobactéria promotora de crescimento que produz antibióticos, enzimas e fitohormônios, além de apresentar a capacidade de solubilizar o fósforo, o que proporciona benefícios às plantas e ao agricultor, uma vez, que os solos tropicais são carentes de fósforo, nutriente este, que apresenta um alto custo de produção. Essa função também é realizada por *Pseudomonas sp.*, a qual também é considerado uma rizobactéria com grande potencial de biocontrole para fitopatógenos (ARAUJO, 2008). Dentre as espécies do gênero de *Pseudomonas sp.*, a *P. fluorescentes* (Figura 4C) foi a mais estudada, a qual promove os mesmos benefícios às plantas que o *B. subtilis* e com mecanismo de ação semelhantes (SAFIN et al., 2020).

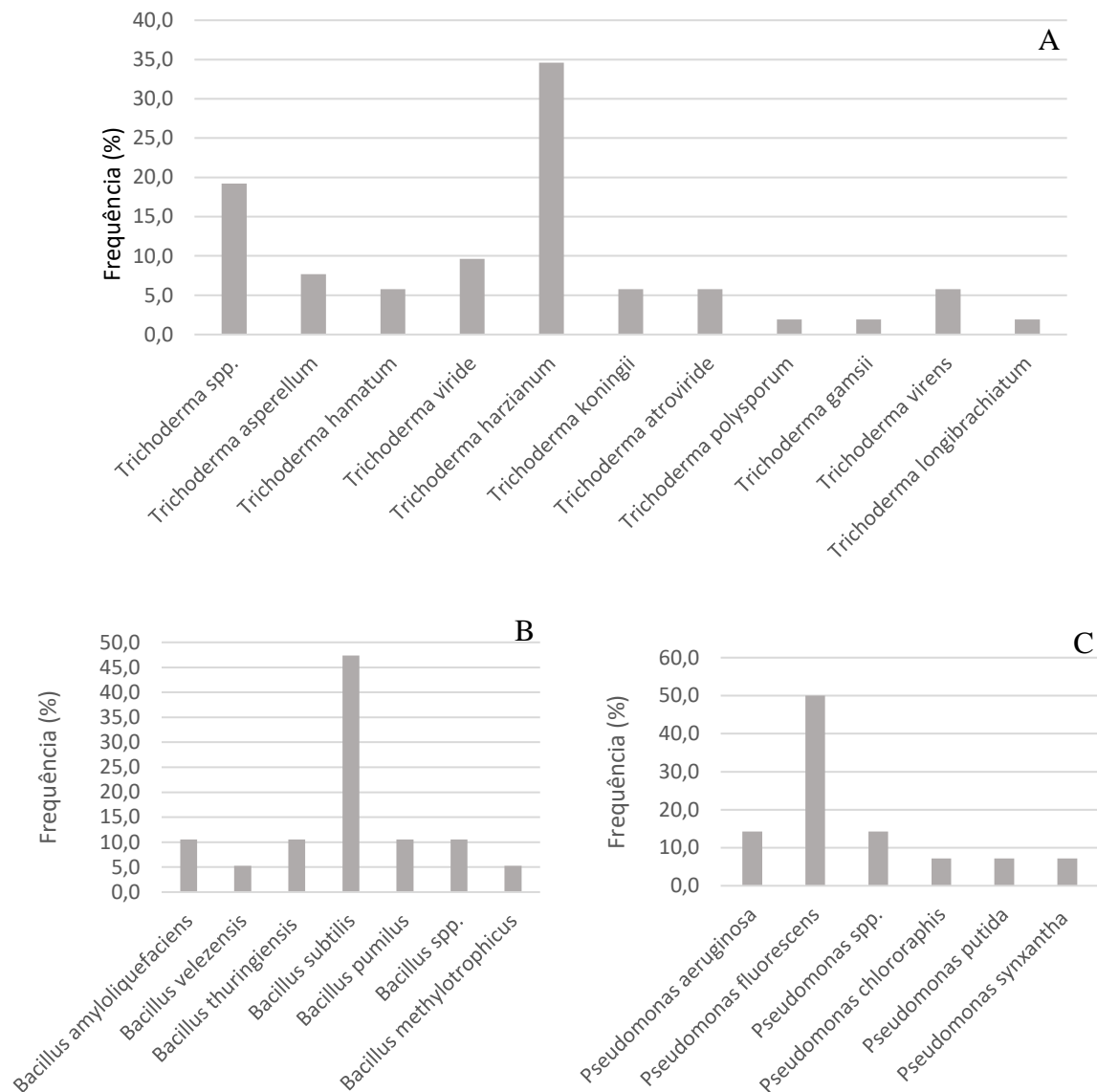


Figura 4 - Principais espécies de *Trichoderma* sp. (A), *Bacillus* sp. (B) e *Pseudomonas* sp. (C) utilizadas em estudos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science*.

O tratamento de sementes com os organismos biológicos se tornou fundamental na agricultura, sendo o milho (*Zea mays*) a planta mais estudada para esse fim (Figura 5). O milho é uma das espécies mais importantes dentre os grãos cultivados e sua importância se dá devido suas diferentes formas de consumo, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta

tecnologia, sendo que a alimentação animal corresponde a cerca de 70% do consumo deste grão no mundo (DUARTE et al., 2021).

O *Fusarium verticillioides* causa a podridão de espigas e raízes no milho e o manejo químico deste patógeno tem sido difícil. Dessa maneira, pensando em um melhor manejo, vem se tornando mais procurado o biocontrole, como a bacterização de sementes com *Bacillus cereus sensu lato* (MARTÍNEZ-ÁLVAREZ et al., 2016).

O Feijão (*Phaseolus vulgaris*) e o Trigo (*Triticum* spp.) foram outras duas culturas de grande relevância nos estudos com tratamento biológico em sementes. O feijão vem sendo bastante estudado através da técnica de biopriming, principalmente com a presença do *Bacillus subtilis* e do *Trichoderma* sp. para inibição de patógenos como o *Fusarium oxysporum* (EL-MOUGY; ABDEL-KADER, 2008; CARVALHO et al., 2014). O Biopriming é uma técnica de tratamento de sementes que inclui a aplicação de microrganismos benéficos no tegumento da semente com posterior hidratação da semente e tem por objetivo proteger a semente de patógenos transmitidos pelo solo, além de auxiliar no desenvolvimento inicial da planta, aumentando a taxa de germinação e oferecendo crescimento uniforme (VIVEK et al., 2016; BISEN et al., 2014). Os microrganismos mais utilizados no biopriming são os do gênero *Trichoderma* sp. (MEENA; RAKSHIT; MEENA, 2016; VIVEK, 2016).

O Trigo é uma das *commodities* mais consumidas no mundo e é considerado essencial na alimentação humana e animal por conta de seu alto valor energético, além de ser considerado o mais nobre entre os cereais (BAUMGRATZ et al., 2017). As condições climáticas podem ser consideradas a maior limitação à expansão da cultura do trigo (BAUMGRATZ et al., 2017), fator este, que o tratamento biológico pode amenizar, além de auxiliar no rendimento de grãos (MADER et al, 2011). A cultura do arroz é amplamente tratada com *Pseudomonas fluorescens* (COMMARE et al., 2002; ADHIKARI et al., 2001; SEENIVASAN et al., 2012).

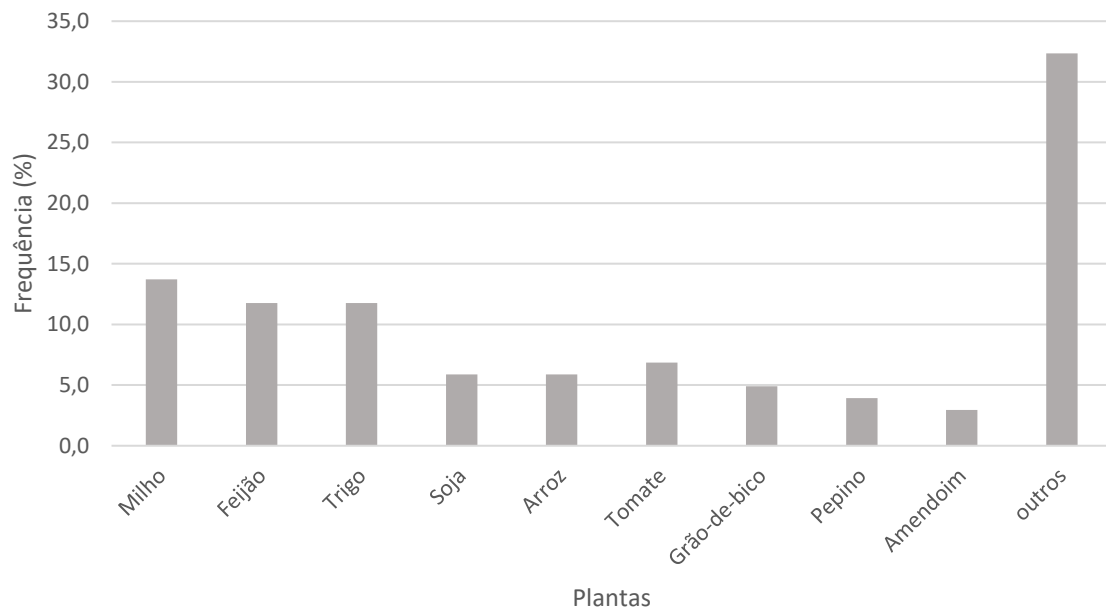


Figura 5 - Principais espécies vegetais utilizadas em estudos sobre o uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science*.

Com a análise bibliométrica foi possível analisar os efeitos na promoção de crescimento mais estudados nos tratamentos biológicos de sementes, detalhando cada vertente pertencente a promoção de crescimento, sendo o controle de microrganismos (Figura 6) o mais almejado pelos pesquisadores, totalizando mais de 50% de todas as publicações levantadas. Essa aplicação é crucial na agricultura, já que maioria das culturas do mundo são cultivadas a partir de sementes, ocorrendo facilmente a introdução de patógenos em áreas novas (BISEN, 2014). A introdução e transmissão de fitopatógenos é um grande problema nas lavouras para o estabelecimento e crescimento de mudas, e o tratamento de sementes é capaz de impedir a transmissão de patógenos via semente (IWAI et al., 2002; MOEINZADEH et al., 2018).

O segundo efeito mais estudado dentro do tratamento de sementes foi a promoção de crescimento. Segundo Goudjal et al. (2014), isolados do gênero *Streptomyces sp.* são muito eficientes na promoção de crescimento, promovendo aumento na massa de matéria fresca, na altura e no comprimento de raízes de mudas de tomateiro. A bactéria *Klebsiella sp.* também é uma ótima promotora de crescimento devido a produção de ácido indol acético (IAA), o qual estimula o crescimento das mudas de feijão e milho (CHAIHARN; LUMYONG, 2011).

Outro efeito bastante estudado foi na produção, o qual envolve o aumento no rendimento e na produtividade para maior rentabilidade. Segundo Dalzotto et al (2020), o *Trichoderma harzianum*, aplicado através de microbiolização foi capaz de aumentar o rendimento de grãos

de feijão crioulo. O aumento na taxa de germinação também se mostrou bastante relevante. Um estudo revelou que *Bacillus sp.* tende a acelerar a germinação e o crescimento de plantas de tomateiros através do tratamento por imersão de sementes (WIDNYANA; JAVANDIRA, 2016).

Safin et al. (2020) constataram que *Pseudomonas putida* e *Bacillus subtilis* foram capazes de aumentar a resistência de cevada à seca de forma promissora, assim também, como KONAPPA et al. (2020), constataram a eficiência de *Pseudomonas fluorescens* e *Trichoderma asperellum* em induzir a resistência contra murcha em tomate.

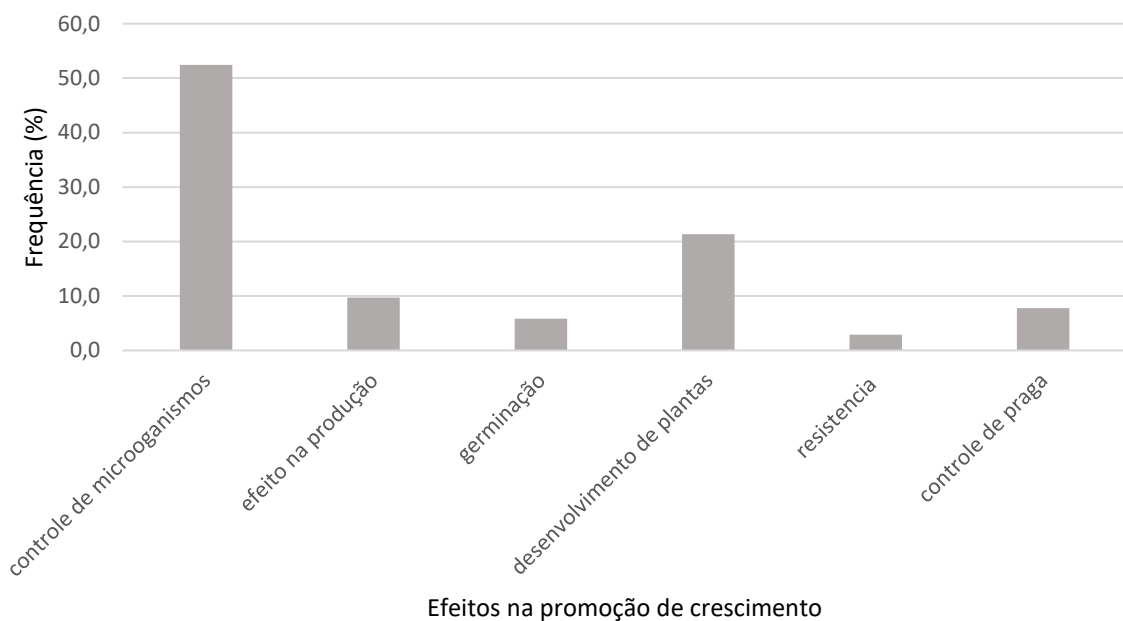


Figura 6 - Principais aplicações quanto ao uso de microrganismos no tratamento de sementes em artigos publicados entre os anos de 2010 a abril de 2021 e veiculados no *Web of Science*.

Mediante os resultados dessa revisão sistemática é possível destacar o potencial de uso de diversos microrganismos no tratamento de sementes em uma ampla diversidade de culturas agrícolas, sendo que a aplicação para o controle de organismos fitopatogênicos e os efeitos para a promoção de crescimento de plantas têm sido os maiores focos dentro da tecnologia de sementes.

## 6. CONCLUSÃO

Os estudos com tratamento de sementes com microrganismos têm ganhado destaque nos últimos anos, com elevação consistente do número de trabalhos publicados nos anos de 2019 e 2020, sendo que os periódicos que mais vinculam artigos com essa temática são o *Biological control* e o *Legume research* considerando os artigos publicados no *Web of Science* entre os anos de 2010 à 2021. O gênero de microrganismo mais estudado foi o *Trichoderma* sp. com destaque para o *T. harzianum*. A cultura do milho, feijão e trigo têm sido as mais estudadas para fins de uso de microrganismos em sementes considerando principalmente estudos que verificam os efeitos relacionados ao controle de patógenos de solo e em sementes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATI, J.; ZUCRELI, C.; FOLONI, J. S.S.; HENNING, F.A.; BRZEZINSKI, C.R.; HENINING, A.A. Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.4, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2317-15372014000400002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372014000400002)>. Acesso em: 02Ago.2021. Acesso em: 11Ago.2021.

ADHIKARI, T.B.; JOSEPH, C.M.; YANG, G.; PHILLIPS, D.A.; NELSON, L.M. Evaluation of bacteria isolated from rice for plant growth promotion and biological control of seedling disease of rice. **Canadian Journal of Microbiology**, v.47, n.10, 2001. Disponível em: <<https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/w01-097>>. Acesso em: 13Ago.2021.

AHMAD I.; JIMÉNEZ-GASCO, M.M.; LUTHE, D.S.; BARBERCHECK, M.E. Systemic Colonization by *Metarhizium robertsii* Enhances Cover Crop Growth. **Journal of Fungi**, v.6, n.2, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2309-608X/6/2/64#cite>>. Acesso em: 11Ago.2021.

AMBELE, C.F.; EKESI, S.; BISSELEUA, H.D.B.; BABALOLA, O.O.; KHAMIS, F.M.; DJUIDEU, C.T.L.; AKUTSE, K.S. Entomopathogenic Fungi as Endophytes for Biological Control of Subterranean Termite Pests Attacking Cocoa Seedlings. **Journal of Fungi**, v.126, n.3, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2309-608X/6/3/126>>. Acesso em: 11Ago.2021.

ANKUSH, G.; DEEPA, K.; SRINIVAS, P. Pseudomonas chlororaphis and organic amendments controlling Pythium infection in tomato. **Legume Research**, v. 39, p.1013-1020, 2016. Disponível em: <<https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:lr&volume=39&issue=6&article=026>>. Acesso em: 11Ago.2021.

ARAUJO, F.F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência Agrotec**, v. 32, n. 2, p. 456-462, Lavras, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/ij/cagro/a/tcQRWMBs9NnvztnZddrhjQy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10Ago.2021.

BALAI, L.P. Evaluation of different fungicides and antagonists In vitro and In vivo condition against Alternaria blight of pigeonpea. **Legume Research**, v.43, n.2, p.268-275, 2020. Disponível em: <<https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:lr&volume=43&issue=2&article=019>>. Acesso em: 13Ago.2021.

BALARDIN, R.S.; SILVA, F.D.L.; DEBONA, D.; CORTE, G.D.; FAVERA, D.D.; TORMEN, N.R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1120-1126, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782011000700002&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000700002&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 10.Ago.2021.

BALE, J.S.; LENTEREN, J.C.; BIGLER, F. Biological control and sustainable food production. **The Royal Society**, v. 363, 2007. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2007.2182>>. Acesso em: 02Ago.2021.

BAMISILE, B.S.; DASH, C.K.; AKUTSE, K.S.; QASIM, M.; AGUILA, L.C.R.; WANG, F.; KEPPANAN, R.; WANG, L. Endophytic *Beauveria bassiana* in Foliar-Treated *Citrus limon* Plants Acting as a Growth Suppressor to Three Successive Generations of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). **Insects**, v.10, n.176, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-4450/10/6/176>>. Acesso em: 12Ago.2021.

BAUMGRATZ, E. I.; MERA, C.M.P.; FIORIN, J.E.; CASTRO, N.L.M.; CASTRO, R. Produção de trigo a decisão por análise econômico-financeira. **Revista de Política Agrícola**, v. 26 n. 3 p. 8-21, 2017. Disponível em:



<<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1293>>. Acesso em: 10Ago.2021.

BISEN, K.; KESWANI, C.; MISHRA, S.; SAXENA, A.; RAKSHIT, A.; SINGH, H.B. Unrealized Potential of Seed Biopriming for Versatile Agriculture. **Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances**. Springer, p.193-206, 2014. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2169-2\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2169-2_13)>. Acesso em: 10Ago.2021.

CANASSA, F.; TALL, S.; MORAL, R.A.; LARA, I.A.; DELALIBERA, I.; MEYLING, N.V. Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of predatory mites. **Biological Control**, v.132, p.199-208, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964418306030>>. Acesso em: 12Ago.2021.

CARVALHO, D.D.C.; LOBO, M.J.; MARTINS, I.; INGLIS, P.W.; MELLO, S.C.M. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, v.39, n.5, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/tpp/a/jWXtMTY9wJfMKL43MYpYC8G/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 13Ago.2021.

CARVALHO, E.R.; ROCHA, D.K.; ANDRADE, D.B.; PIRES, R.M.O.; PENIDO, A.C.; REIS, L.V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/jss/a/rBqP3FfqW4hFR7sXTTWVTCT/?lang=en>>. Acesso: 11Ago.2021.

CHAIHARN, M.; LUMYONG, S. Screening and Optimization of Indole-3-Acetic Production and Phosphate Solubilization from Rhizobacteria Aimed at Improving Plant Growth. **Current Microbiology**, v.62, p.173-181, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00284-010-9674-6>>. Acesso em: 13Ago.2021.

CHOU, C.; CASTILLA, N.; HADI, B.; TANAKA, T.; CHIBA, S.; SATO, I. Rice blast management in Cambodian rice fields using *Trichoderma harzianum* and a resistant variety. **Crop Protection**, v. 135, 2020. Disponível em: <[https://www-sciencedirect.ez31.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0261219419302108?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.ez31.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0261219419302108?via%3Dihub)>. Acesso em: 02Ago.2021.

COMMARE, R.R.; NANDAKUMAR, R.; KANDAN, A.; SURESH, S.; BHARATHI, M.; RAGUCHANDER, T.; SAMIYAPPAN, R. Bio-formulação baseada em *Pseudomonas fluorescens* para o manejo da doença da bainha da bainha e inseto leafhopper em arroz. **Crop Protection**, v.8, p.671-677, 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219402000200>>. Acesso em: 13Ago.2021.

CONAB. Análise mensal, Brasília. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_04\\_25\\_11\\_40\\_00\\_a\\_cultura\\_do\\_trigo\\_o\\_versao\\_digital\\_final.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_o_versao_digital_final.pdf)>. Acesso em: 10Ago.2021.

CONINCK, E.; SCAUFLAIRE, J.; GOLLIER, M. LIENARD, C.; FOUCART, G.; MANSSENS, G.; MUNAUT, F.; LEGREVE, A. *Trichoderma atroviride* as a promising biocontrol agent in seed coating for reducing Fusarium damping-off on maize. **Journal of Applied Microbiology**, 2020. Disponível em: <<https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jam.14641>>. Acesso em: 10Ago.2021.

DALZOTTO, L.; TORTELLI, B.; STEFANSKI, F.S.; SACON, D.; SILVA, V.N.; MILANESI, P.M. Creole bean seeds microbiolization with doses of *Trichoderma harzianum*. **Crop Protection**, v.50, n.5, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/PF8pFjJTmRzkTMn9zcCTVgS/?format=html&stop=previous&lang=en>>. Acesso em: 14Ago.2021.

DEKETELAERE, S.; SPIESSENS, K.; POLLET, S.; TYVAERT, L.; ROOSTER, L.; CALLENS, D.; FRANÇA, S.C.; HÖFTE, M. Towards Practical Application of *Verticillium isaacii* Vt305 to Control *Verticillium Wilt* of Cauliflower: Exploring

Complementary Biocontrol Strategies. **Plants-Basel**, n.9, n.1469, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2223-7747/9/11/1469>>. Acesso em: 13Ago.2021.

DJAENUDDIN, N.; SURIANI; MUIS, A. Effectiveness of *Bacillus subtilis* TM4 biopesticide formulation as biocontrol agent against maydis leaf blight disease on corn. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v.484, 2020. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/484/1/012096/pdf>>. Acesso em: 11Ago.2021.

DUARTE, J.O.; MATTOSO, M.J.; GARCIA, J.C. Árvore do conhecimento Milho. **Embrapa**, Sete Lagoas. 2021. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_8\\_168200511157.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html)>. Acesso em: 10Ago.2021.

EL-MOUGY, N.S.; ABDEL-KADER, M.M. Long-term activity of bio-priming seed treatment for biological control of faba bean root rot pathogens. **Australasian Plant Pathology**, v.37, p.464-471, 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1071/AP08043>>. Acesso em: 13Ago.2021.

ESKER, P.D.; CONLEY, S.P. Probability of Yield Response and Breaking Even for Soybean Seed Treatments. **Crop Science**, v. 52, n.1, p.351-359, 2012. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2011.06.0311>>. Acesso em: 01Ago.2021.

FERRIGO, D.; RAIOLA, A.; RASERA, R.; CAUSIN, R. *Trichoderma harzianum* seed treatment controls *Fusarium verticillioides* colonization and fumonisin contamination in maize under field conditions. **Crop Protection**, v.65, p.51-56, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219414002038>>. Acesso em: 24Out.2021.

FERRO, H.M.; SOUZA, R.M.; LELIS, F.M.V.; SILVA, J.C.P.; MEDEIROS, F.H.V. bacteria for cotton plant protection: disease control, crop yield and fiber quality. **Revista Caatinga**, v.33, p.43-53, 2020. Disponível em: <<https://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authy>>

pe=crawler&jrnl=0100316X&AN=142640928&h=ce3Je5XvGzY7kjOoUZHK90SfGVc3BqHcBwrazfNGvi1bJvHbCjb8Mzf8e5fBzHMWrapz6GJJXaHlj1r0vB6duA%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrINotAuth&crlhashurl=login.aspx%3direct%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d0100316X%26AN%3d142640928>. Acesso em: 11Ago.2021.

FORTI, J.C.; LORETTI, G.H.; TADAYOZZI, Y.S.; ANDRADE, A.R. A phytotoxicity assessment of the efficiency 2,4-D degradation by different oxidative processes. **Journal of Environmental Management**, v. 266, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720305211>>. Acesso em: 11Ago.2021.

GOUDJAL, Y.; TOUMATIA, O.; YEKKOUR, A.; SABAOU, N.; MATHIEU, F.; ZITOUNI, A. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off and promotion of tomato plant growth by endophytic actinomycetes isolated from native plants of Algerian Sahara. **Microbiological Research**, v.169, n.1, p.59-65, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S094450131300116X>>. Acesso em: 13Ago.2021.

GUIMARÃES, G.R.; PEREIRA, F.S.; MATOS, F.S.; MELLO, S.C.M.; CARVALHO, D.D.C. Suppression of seed borne *Cladosporium herbarum* on common bean seed by *Trichoderma harzianum* and promotion of seedling development. **Tropical Plant Pathology**, v.39, n.5, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/tpp/a/8qxYq6ytgyk7xGmGRTSypDB/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 11Ago.2021.

HU, X.; ROBERTS, D.P.; XIE, L.; QIN, L.; LI, Y.; LIAO, X.; HAN, P.; YU, C.; LIAO, X. Seed treatment containing *Bacillus subtilis* BY-2 in combination with other *Bacillus* isolates for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. **Biological Control**, v. 133, p. 50-57, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964418305097>>. Acesso em: 02Ago.2021.

HYAKUMACHI, M.; KUBOTA, M. Fungi as plant growth promoter and disease suppressor. **Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications**. Nova Iorque, 2003, p. 101-110, 2003. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=0\\_h-hD\\_BBdMC&oi=fnd&pg=RA2PA101&ots=Fpzix0rWvD&sig=ug\\_D0RoS8RLhcCooijHTPVv4F4Y&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=0_h-hD_BBdMC&oi=fnd&pg=RA2PA101&ots=Fpzix0rWvD&sig=ug_D0RoS8RLhcCooijHTPVv4F4Y&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 10Ago.2021.

IWAI, T.; KAKU, H.; HONKURA, R.; NAKAMURA, S.; OCHIAI, H.; SASAKI, T.; OHASHI, Y. Enhanced Resistance to Seed-Transmitted Bacterial Diseases in Transgenic Rice Plants Overproducing an Oat Cell-Wall-Bound Thionin. **The American Phytopathological Society**, v. 15, n. 6, p. 515–521, 2018. Disponível em: <<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI.2002.15.6.515>>. Acesso em: 10Ago.2021.

JINDAL, K.K.; THIND, B.S. Microflora of cowpea seeds and its significance in the biological control of seedborne infection of *Xanthomonas campestris* pv. *vignicola*. **Seed Science and Technology**, v. 18, p. 393-403, 1990. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19922317086>>. Acesso em: 10Ago.2021.

JUNGES, M.; MUNIZ, M.F.; MEZZOMO, R.; BASTOS, B.; MAVHADO, R.T. *Trichoderma* spp. na Produção de Mudanças de Espécies Florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 237-244, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/floram/a/gry8BPLm5D7tMkBJVJnKZVv/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 02Ago.2021.

KANUGALA, S.; KUMAR, C.G.; RACHAMALLA; REDDY, H.K.; PALAKEETI. B.; KALLAGANTI; RAMAKRISHINA, V.S.; NIMMU, N.V.; CHEEMALAMARRI; CHANDRASEKHAR; PATEL, H.K.; THIPPARAPU; GANAPATHI. Chumacin-1 and Chumacin-2 from *Pseudomonas aeruginosa* strain CGK-KS-1 as novel quorum sensing signaling inhibitors for biocontrol of bacterial blight of rice. **Microbiological Research**, v.228, 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501319305038>>. Acesso em: 11Ago.2021.

KARIMI, K.; AMINI, J.; HARIGHI, B.; BAHRAMNEJAD, B. Evaluation of biocontrol potential of '*Pseudomonas*' and '*Bacillus*' spp. against *Fusarium wilt* of chickpea. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.4, p.695-703, 2012. Disponível em: <<https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.362736293688389>>. Acesso em: 24Out.2021.

KARTIKAY, B.; KESWANI, C.; MISHRA, S.; SAXENA, A.; RAKSHIT, A. Unrealized Potential of Seed Biopriming for Versatile Agriculture. **Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances**, p.193-206, 2015. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2169-2\\_13#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2169-2_13#citeas)>. Acesso em: 11Ago.2021.

KONAPPA, N.; KRISHNAMURTHY, S.; ARAKERE, U.C.; CHOWDAPPA, S.; RAMACHANDRAPPA, N.S. Efficacy of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria and *Trichoderma strains* in eliciting resistance against bacterial wilt in a tomato. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v.30, n.106, 2020. Disponível em: <<https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-020-00303-3>>. Acesso em: 14Ago.2021.

KUZHUPPILLYMYAL-PRABHAKARANKUTTY, L.; Ferrara-Rivero, F.H.; Tamez-Guerra, P.; Gomez-Flores, R.; Rodríguez-Padilla, M.C.; Ek-Ramos, M.J. Effect of *Beauveria bassiana*-Seed Treatment on *Zea mays* L. Response against *Spodoptera frugiperda*. **Applied Sciences**, v.11, n.7, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/7/2887#cite>>. Acesso em: 11Ago.2021.

LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, 1997. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/dj37wmQDTggGTvZPvvSJSQs/?lang=pt>>. Acesso em: 10Ago.2021.

MACENA, A.M.F.; KOBORI, N.N.; MASCARIN, G.M.; VIDA, J.B.; HARTMAN, G.L. Antagonism of *Trichoderma*-based biofungicides against Brazilian and North American isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* and growth promotion of soybean. **Biocontrol**, v.65, p.235-246, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-019-09976-8>>. Acesso em: 02Ago.2021.

MADER, P.; KAISER, F.; ADHOLEYA, A.; SINGH, R.; UPPAL, H.S.; SHARMA, A.K.; SRIVASTAVA, R.; SAHAI, V.; ARAGNO, M.; WIEMKEN, A.; JOHRI, B.N.; FRIED, P.M. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat–rice and wheat–black gram rotations in India. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, n.3, p.609-619, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071710004529>>. Acesso em: 30Nov.2021.

MANIKANDAN, R.; SARANAVAKUMAR, D.; RAJENDRAN, L.; RAGUCHANDER, T.; SAMIYAPPAN, R. Standardization of liquid formulation of *Pseudomonas fluorescens* Pf1 for its efficacy against *Fusarium* wilt of tomato. *Biological Control*, v.54, n.2, p.83-89, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964410000770>>. Acesso em: 24Out.2021.

MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, J.C.; CASTRO- MARTÍNEZ, C.; SÁNCHEZ-PEÑA, P.; GUTIÉRREZ-DORADO, R.; MALDONADO-MENDOZA, I.E. Development of a powder formulation based on *Bacillus cereus* sensu lato atrais B<sub>25</sub> spores for biological control of *Fusarium verticillioides* in maize plants. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.32, n.75, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11274-015-2000-5>>. Acesso em: 13Ago.2021.

MEENA, S.K.; RAKSHIT, A.; MEENA, V.S. Efeito do bio-priming e das doses de N em sementes de diferentes tipos de solo na eficiência do uso de nitrogênio (NUE) de trigo (*Triticum aestivum* L.) em casa de vegetação. **Biocatalysis and Agricultural**

**Biotechnology**, v.6, p.68-75, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187881811630024X>>. Acesso em: 13Ago.2021.

MENDIS, H.C.; THOMAS, V.P.; SCHWIENTEK, P.; SALAMZADE, R.; CHIEN, J.; WAIDYARATHNE, P.; KLOEPPER, J.; FUENTE, L.L. Strain-specific quantification of root colonization by plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus firmus* I-1582 and *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 in non-sterile soil and field conditions. **Plos One**, 2018. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0193119>>. Acesso em: 24Out.2021.

MERRIMAN, P.R.; PRICE, R.D.; KOLLMORGEN, J.F.; PIGGOTT, T.; RIDGE, E.H. Effect of seed inoculation with *Bacillus subtilis* and *Streptomyces griseus* on the growth of cereals and carrots. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 25, p. 219-226, 1974. Disponível em: <<https://www.publish.csiro.au/cp/ar9740219>>. Acesso em: 10Ago.2021.

MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; ZIMMER, P.D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.13-18, Santa Maria, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/XC5Twdzjmjcr5L8GnLHkTt/?lang=pt>>. Acesso em: 11Ago. 2021.

MOEINZADEH, A.; SHARIF-ZADEH, F.; AHMADZADEH, M.; TAJABADI, F.H. Biopriming of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed with '*Pseudomonas fluorescens*' for Improvement of Seed Invigoration and Seedling Growth. **Australian Journal of Crop Science**, v.4, n.7, p.564-570, 2010. Disponível em: <<https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.536835516534021>>. Acesso em: 13Ago.2021.

MÜLLER, T.M.; MARTIN, T.N.; CUNHA, V.S.; MUNARETO, J.D.; CONCEIÇÃO, G.M.; STECCA, J.D.L. Genetic bases of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* via seed and foliar application. **Crop Production**, v.43, 2021. Disponível em:



<<https://www.scielo.br/j/asagr/a/BdbdY9MtzcyxCZXbj4Qs9Qw/?format=html&lang=en>>. Acesso em: 11Ago.2021.

OMOMOWO, I.O.; FADIJI, A.E.; OMOMOWO, O.I. Assessment of bio-efficacy of *Glomus versiforme* and *Trichoderma harzianum* in inhibiting powdery mildew disease and enhancing the growth of cowpea. **Annals of Agricultural Sciences**, v.63, p.9-17, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178318300034>>. Acesso em: 12Ago.2021.

PAULITZ, T.C.; ANAS, O.; FERNANDO, D.G. Biological control of Pythium damping-off by seed-treatment with *pseudomonas putida*: Relationship with ethanol production by pea and soybean seeds. **Biocontrol Science and Technology**, v.2, p. 193-201, 2008. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583159209355233>>. Acesso em: 02Ago.2021.

POSTMA, J.; NIJHUIS, E.H. *Pseudomonas chlororaphis* and organic amendments controlling Pythium infection in tomato. **European Journal of Plant Pathology**, v.154, p.91-107, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-019-01743-w#citeas>>. Acesso em: 11Ago.2021.

REEDY, M.S.; RAHE, J.E. Growth effects associated with seed bacterization not correlated with populations of *Bacillus subtilis* inoculant in onion seedling rhizospheres. **Soil Biology and Biochemistry**, v.21, n.3, p.373-378, 1989. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071789901466>>. Acesso em: 10Ago.2021.

ROSSMAN, D.R.; BYRNE, A.M.; CHILVERS, M.I. Profitability and efficacy of soybean seed treatment in Michigan. **Crop Protection**, v.114, p.44-52, 2018. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219418302072>>.  
Acesso em: 11Ago.2021.

RUSSO, M.L.; SCORSETTI, A.C.; VIANNA, M.F.; CABELLO, M.; FERRERI, N.; PELIZZA, S. Endophytic Effects of *Beauveria bassiana* on Corn (*Zea mays*) and Its Herbivore, *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects* v.10, n.4, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-4450/10/4/110>>. Acesso em; 11Ago.2021.

SAFIN, R.; KARIMOVA, L.; NIZHEGORODTSEVA, L.; STEPANKOVA, D.; SHAIMULLINA, G.; NAZAROV, R. Effect of various biological control agents (BCAs) on drought resistance and spring barley productivity. **BIO Web of Conferences**, v.17, n.63, 2020. Disponível em: <[https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2020/01/bioconf\\_fies2020\\_00063/bioconf\\_fies2020\\_00063.html](https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2020/01/bioconf_fies2020_00063/bioconf_fies2020_00063.html)>. Acesso em:13Ago.2021.

SCHÜTTE, G. ECKERSTOFER, M.; RASTELLI, V.; REICHENBECHER, W.; VASSALLI, S.R.; LEHTO, M.R.; SAUCY, A.G.W.; MERTENS, M. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. **Environmental Sciences Europe**, v. 29, n. 1, p. 5, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12302-016-0100-y>>. Acesso em: 10Ago.2021.

SEENIVASAN, N.; DAVID, P.M.M.; VIVEKANNANDAN, P.; SAMIYAPPAN, R. Biological control of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* through mixture of *Pseudomonas fluorescens* strains. **Biocontrol Science and Technology**, v.22, n.6, p.611-632, 2012. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583157.2012.675052>>. Acesso em: 13Ago.2021.

SILVA, M.L.N.; SMIDERLE, O.J.; SILVA, K.; FERNANDES, P.I.J.; XAVIER, G.R.; ZILLI, J.E. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com cepas de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária**

**Brasileira**, v.48, n.1., p.80-87, 2013. Disponível em:

<<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133173292>>. Acesso em: 13Ago.2021.

SIVPARSAD, B.J.; CHIURASE, N.; LAING, M.D.; MORRIS, M.J. Negative effect of three commonly used seed treatment chemicals on biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, p.2588-2592, 2014.

Disponível em: <<https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/F31A28B46605>>. Acesso em: 01Ago.2021.

SOUSA, W.N.; BRITO, N.F.; FELSEMBURGH, C.A.; VIEIRA, T.A.; LUSTOSA, T.C.

Evaluation of *Trichoderma* spp. isolates in Cocoa Seed Treatment and Seedling Production. **Plants**, v.10, n.9, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2223-7747/10/9/1964>>. Acesso em: 24Out.2021.

TALL, S.; MEYLING, N.V. Probiotics for Plants? Growth Promotion by the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Depends on Nutrient Availability.

**Microbial Ecology**, v.76, p.1002-1008, 2018. Disponível em:

<<https://link.springer.com/article/10.1007/s00248-018-1180-6#citeas>>. Acesso em: 11Ago.2021.

TAMAGNO, S.; SADRAS, V.O.; HAEGELE, J.W.; ARMSTRONG, P.R.; CIAMPITTI, I.A. Interplay between nitrogen fertilizer and biological nitrogen fixation in soybean: implications on seed yield and biomass allocation. **Scientific Reports**, 2018.

Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-018-35672-1#citeas>>. Acesso em: 11Ago.2021.

TURNER, J.T.; BACKMAN, P.A. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. **Plant Disease**, v. 75, n. 4, p. 347-353, 1991.

Disponível em: <<http://eprints.icrisat.ac.in/11909/>>. Acesso em: 10Ago.2021.

VENKATASUBBAIAH, P. Efficacy of *Bacillus subtilis* as a biocontrol for rot of coffee pathogen. **Geobios**, v.12, n.3/4, p.101-104, 1985. Disponível em:

<<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=011857>>. Acesso em: 10Ago.2021.

VIVEK, S.; UPADHYAY, R.S.; SARMA, B.K.; SINGH, H.B. Seed bio-priming with *Trichoderma asperellum* effectively modulate plant growth promotion in pea. **International Journal of Agriculture**, v.9, n.3, p.361-365, 2016. Disponível em: <<https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijaeb&volume=9&issue=3&article=005>>. Acesso em: 13Ago.2021.

VOGEL, G.F.; FEY, R. *Azospirillum brasilense* interaction effects with Captan and Thiodicarb on the initial growth of corn plants. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.6, n.3, 2019. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/3133>>. Acesso em: 11Ago.2021.

WIDNYANA, I.K.; JAVANDIRA, C. Activities *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* sp. to Stimulate Germination and Seedling Growth of Tomato Plants. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v.9, p.419-423, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784316301589>>. Acesso em: 14Ago.2021.

YUSNAWAN, E; INAYATI, A; BALIADI, Y. Effect of Soybean Seed Treatment with *Trichoderma virens* on Its Growth and Total Phenolic Content. **AIP Conference Proceedings**, Malang, 2019. Disponível em: <<https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5115604?download=true>>. Acesso em: 10.Ago.2021.

ZANDONÁ, R. R.; PAZDIORA, P. C.; PAZINI, J. B.; SEIDEL, E. J.; ETHUR, L. Z. Chemical and biological seed treatment and their effect on soybean development and yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/7750>>. Acesso em: 02Ago.2020.

ZAPATA, J.C.; LEAL, J.E. Integrated management of avocado root rot (*Persea americana* Miller), caused by *Phytophthora cinnamomic* Rands. **Temas Agrários**, v. 23, n. 2, p. 131-143, 2018. Disponível em: <<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1297>>.

Acesso em: 02Ago.2021.

ZHANG, J.; HOWELL, C.R.; STARR, J.L. Suppression of Fusarium Colonization of Cotton Roots and *Fusarium Wilt* by Seed Treatments with *Gliocladium virens* and *Bacillus subtilis*. **Biocontrol Science and Technology**, v.6, p.175-188, 2010.

Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583159650039377>>. Acesso em:

02Ago.2021.

ZHANG, J.; MAVRODI, D.V.; YANG, M.; THOMASHOW, L.S.; MAVRODI, O.V.; KELTON, J.; WELLER, D.M. *Pseudomonas synxantha* 2-79 transformado com os genes da biossíntese de pirrolnitrina melhorou a atividade de biocontrole contra patógenos de trigo e canola transmitidos pelo solo. **Phytopathology**, v.110, n.5, 2020.

Disponível em: <<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-09-19-0367-R>>. Acesso em: 12Ago.2021.

ZIN, N.A.; BADALUDDIN, N.A. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. **ScienceDirect**. v.65, p.168-178, 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/periodicos/capes.gov.br/science/article/pii/S0570178320300415?via%3Dihub#bb2005>>. Acesso em: 12.jul.2021.