

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

## FORMULAÇÕES A BASE DE NANOPARTÍCULAS, *Bacillus* E *Trichoderma* PARA O TRATAMENTO DE SEMENTES CONTRA FITOPATÓGENOS

**Thiago Costa Ferreira**, Universidade Estadual da Paraíba,  
[thiago.ferreira@servidor.uepb.edu.br](mailto:thiago.ferreira@servidor.uepb.edu.br)

**Cristian David Plaza Pérez**, Universidad de la Amazonia, Doctorado en Educación y Cultura Ambiental, [cristianbio2@gmail.com](mailto:cristianbio2@gmail.com)

### Resumo

A produção agrícola mundial apresenta perdas significativas causadas pelos patógenos de sementes. Neste sentido, pesquisas com o tratamento de sementes podem ser importante fator a ser realizado em relação a uma agricultura sustentável, inclusive com o uso de formulações à base de nanopartículas e agentes microbianos de controle biológico de fitopatógenos. Sendo este o objetivo desta pesquisa, sumarizar os conhecimentos atuais sobre a referida temática. A possibilidade de utilização de técnicas de manejo integrado, como o tratamento de sementes com o uso nanomateriais têm sido uma iniciativa interessante para o controle de patógenos de sementes pelo mundo. Isolados de *Bacillus* e de *Trichoderma* têm sido referenciados como vantajosos para serem usados neste processo. A junção em formulações destes componentes assinalados pode ser vantajosa para a utilização deste conjunto de tecnologias, que favoreceram os cultivos à resistência contra fitopatógenos, também auxiliariam a possibilidade de crescimento e a produção de fitomassa. Tais formulações carecem de pesquisas que delimitam a proposta de produção, armazenamento e utilização em áreas de plantio, perfazendo assim a possibilidade de outras pesquisas que englobam os componentes listados nesta revisão.

**Palavras-chave:** Controle biológico, Tecnologia de Sementes, Sustentabilidade Agrícola.

### 1. Introdução

A produção agrícola mundial apresenta problemáticas referentes às dificuldade de controle de fatores abióticos e bióticos que diminuem a produção em diversas áreas, carecendo assim de ações em frentes de trabalho, inclusive em relação à parte fitossanitária. Necessitando assim de ações integradas de manejo para seu melhor aproveitamento de técnicas agrônômicas de cultivo e dinamização da produção agrícola (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022).

Tal possibilidade ecológica de manejo integrado tem sido descrita como uma oportunidade do uso de técnicas em cultivos comerciais, nas quais seriam utilizadas em uma dada área de cultivo, com variação de espaço e tempo, permitindo assim que seus benefícios

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

sejam somados e havendo a possibilidade de sucesso resistir às intempéries da produção (SINGH et al., 2016; TOMAH et al. 2020; LI et al., 2023). Vale ser frisado que produção de uma agricultura sustentável é um requerimento mundial importante para o sentido de produzir alimentos, fibras e oleaginosas com uso consciente dos recursos naturais na atualidade (AL NAHAL et al, 2022).

Dentre essas ditas intempéries podem ser destacados os patógenos de sementes. Estes, por sua vez, podem ser agrupados em diversos grupos ecológicos e taxonômicos, sendo passíveis de serem disseminados e transmitidos em vários momentos da cadeia produtiva, também da utilização das sementes em campo (GOSWAMI et al., 2020; SINGH et al., 2020). Tais organismos são causadores de problemas relacionados à qualidade de sementes, morte de plântulas ou até mesmo sintomas patogênicos reflexos em outros momentos do ciclo cultural (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017). Também, sobrevivendo de várias maneiras nas áreas de cultivo (NAMASIVAYAM et al., 2020; GOSWAMI et al., 2020; SINGH et al., 2020).

O tratamento de sementes configura como uma prática barata e efetiva para controle de patógenos em sementes, com a ação de produção que pode ser realizada em meio ao processo maior de manejo integrado cultural. Pelo fato que as usadas em plantios tendo sua qualidade fisiológica e sanitária preservadas ou condicionadas, permitiriam assim a melhoria de fatores de cultivo, podendo por sua vez serem cada vez mais possíveis de colheitas mais abundantes (NAMASIVAYAM et al., 2020).

Este tratamento, portanto, teria como base a busca de produção mais sustentável (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022) com a utilização de métodos diferenciados de manejo (SINGH et al., 2016; TOMAH et al. 2020; LI et al., 2023). Dentre estes produtos, existe a possibilidade de utilização de microrganismos benéficos como uma importante ação ecológica, pois estes têm apresentado a capacidade biológica de interagir com as plantas sem causar patologias, ainda promover a interação com a espécie cultivada e assim propiciar meios de resistência direta ou indireta a fatores bióticos e abióticos (AL NAHAL et al, 2022).

Também, a utilização de nanopartículas tem sido um importante ponto de discussão em meio às propostas da agricultura sustentável. Estas apresentam características que podem influenciar no metabolismo vegetal e assim melhorar pontos relacionados ao, crescimento, desenvolvimento e de defesa em vegetais (AHMED et al., 2023).

Existe a possibilidade de que estes microrganismos sejam utilizados juntos com os nanomateriais, segundo Ahmed et al. (2023). Somando as suas possibilidades de ações ecológicas e eficiências em ajustes das funções de fisiologia vegetal (LI et al., 2023) e dos controles de fitopatógenos (AKTER & HEMALATHA, 2019; AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022).

Logo, o objetivo deste trabalho foi sumarizar informações sobre as possibilidades de uso e de discussões sobre as formulações a base de nanopartículas, *Bacillus* e *Trichoderma* para o tratamento de sementes contra fitopatógenos.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## 2. Metodologia

Para a execução desta pesquisa foram realizadas buscas em meio as plataformas *Web of Science* e *Scielo*, em meados de Agosto de 2023, com o uso de buscadores relacionados com a finalidade deste artigo, sendo estes “Seed\*”, “Nanoparticule\*”, “Bacillus” e “Trichoderma”. Com o uso de uma extensão temporal com relacionada aos últimos cinco anos, com maior destaque aos artigos que descreviam ações e propostas em agricultura sustentável. Sendo estes compilados na categorização de conhecimento que descreveria pontos inerentes as patologias e tratamento de sementes com o uso de nanopartículas, *Bacillus* e *Trichoderma*.

## 3. Resultados e discussões

### Patógenos de sementes

Os patógenos de sementes podem ser agrupados em diversos grupos, sobretudo dentro dos reinos dos Fungos e das Bactérias. A relação destes patógenos com as sementes depende da sua forma de contato com as estas, podendo em alguns casos ser transmitido pela planta-mãe, pelo contato direto com outras sementes, solo ou equipamentos contaminados na colheita, beneficiamento, armazenamento ou plantio. Também, podendo serem passíveis de transmitir entre si numa mesma área de plantio, com a relação entre duas plântulas em uma mesma área (GOSWAMI et al., 2020; SINGH et al., 2020).

A grande maioria dos patógenos de sementes apresentam características de saprofitismo em meio a material orgânico, como o caso de *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus flavus* e *Alternaria alternata* (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017). Também endofitismo, como o exemplo de *Fusarium oxysporum* (NAMASIVAYAM et al., 2020). E ainda podem ser relacionadas com uma grande gama de hospedeiros que podem estar presentes na área de plantio, como o caso do patógenos *Sclerotinia sclerotiorum*. Estes processo se ajustam à condição de sobrevivência por meio de estruturas de resistência, comuns em fungos como *S. sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii* (El-Ashmawy et al., 2022).

As patologias de sementes podem ocorrer na época do armazenamento, no início da vida da planta no campo e ainda serem reflexas em patologias de raízes, caules e frutos, sobrevivendo nos hospedeiros sem serem promotores de patologias (GOSWAMI et al., 2020; SINGH et al., 2020).

Para tais, o tratamento de sementes se configura como a mais prática e barata ação a ser realizada em meio a um processo de manejo integrado, promovendo sua sanidade. Pois, com sementes de qualidade fisiológica e sanitária certificada, a possibilidade de que um patógeno venha a causar doenças poderia ser ainda diminuída com a possibilidade do tratamento de sementes (NAMASIVAYAM et al., 2020).

### Tratamento de sementes

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

O tratamento de sementes consiste na cobertura de sementes com processos tecnológicos químicos, físicos ou biológicos, que podem ser realizados em conjunto ou em separado, ainda tendo a possibilidade de serem elementos de regulação de efeitos de patógenos, por exemplo (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017).

Este tratamento pode ocorrer com a utilização de pesticidas sintéticos, denominados de agrotóxicos, que são produtos de natureza diversa que apresentam um ou mais princípios ativos de ação biocida a uma determinada espécie microbiana, ou várias, e que estão segmentados dentro de algum corpo inerte que o veicula e permite sua concentração. Produtos adjuvantes, espessantes e outros reguladores podem ser usados para a produção destes compostos. Existem regulações governamentais, normativas e meios de utilização e segurança que estão em vigor no país e podem ser utilizadas para auxiliar o processo de controle destes patógenos (AFZAL et al., 2020).

Questões diversas têm sido levantadas na literatura para a diminuição da utilização de pesticidas sintéticos, dentre estes, o efeito residual e a problemática da poluição e contaminação de alimentos e água (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022). Tratando essa perspectiva com a possibilidade de questionamentos ecológicos e monetários, têm-se o entendimento que existe uma necessidade de que seja produzidos meios de tratamento mais sustentáveis e passíveis de serem ancorados como pontos de manejo integrado de pragas para a possibilidade de produção para uma agricultura mais sustentável (SINGH et al., 2016; TOMAH et al. 2020; LI et al., 2023). Dentre os diversos pontos elencados para o tratamento de sementes em meios sustentáveis podem ser referenciados a utilização de nanopartículas (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022; AHMED et al., 2023) e de agentes microbianos como isolados de *Bacillus* (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020) e *Trichoderma* (ELNAHAL et al, 2022 ; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023).

### **Nanopartículas para o tratamento de sementes**

O uso de nanopartículas na agricultura tem potencial para melhorar a produtividade, a qualidade e a proteção das culturas, bem como a remediação do solo. As nanopartículas podem ser usadas como nano fertilizantes, nano pesticidas e nanosensores, fornecendo nutrientes, combatendo pragas e doenças e monitorando as condições ambientais de forma precisa e controlada. Alguns exemplos de nanopartículas usadas na agricultura são as nanopartículas de sílica (SiNPs), que podem ser sintetizadas a partir de gel de sílica comercial e têm propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antibacterianas, de acordo com Jal et al. (2019), e as nanopartículas baseadas em metais, como prata, cobre, zinco e ferro, que podem ter atividades antimicrobianas, catalíticas e fotocatalíticas, segundo Mittal et al (2020). A nanotecnologia é uma área promissora para o desenvolvimento da agricultura sustentável.

Nanopartículas são estruturas com dimensões entre 1 e 100 nanômetros, apresentam propriedades físicas e químicas diferentes dos materiais em escala macroscópica. As

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

nanopartículas podem ser usadas para melhorar o tratamento de sementes, aumentando a germinação, o crescimento e a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos. O tratamento de sementes com nanopartículas é chamado de nano priming, o qual consiste no pré-tratamento das sementes com nanopartículas antes da semeadura (Jal et al., 2019; Mittal et al., 2020).

O *nanopriming* pode atuar por meio da indução de vários processos metabólicos e fisiológicos nas plantas, como a absorção de água e nutrientes, a síntese de enzimas antioxidantes, a regulação hormonal e a expressão gênica. Além disso, o nanopriming pode proporcionar liberação controlada dos ingredientes ativos das nanopartículas, garantindo a recepção dos nutrientes necessários por um período prolongado. As nanopartículas podem ser impregnadas com agentes bioquímicos, como hormônios e enzimas de forma a melhorar a viabilidade desses agentes e estimular o desenvolvimento das plantas.

Diferentes tipos de nanopartículas podem ser usadas no tratamento de sementes, como nanopartículas metálicas, óxidos metálicos, nanocristais de celulose, nanotubos de carbono, pontos quânticos e nanocompósitos (ZAIM et al. 2023). Cada tipo de nanopartícula tem suas vantagens e desvantagens, dependendo da composição, forma, tamanho, estabilidade e toxicidade. Portanto, é importante avaliar os efeitos das nanopartículas nas sementes, nas plantas e no ambiente antes de aplicá-las na agricultura (SHELAR et al. 2023).

Algumas pesquisas recentes mostraram os benefícios do tratamento de sementes com nanopartículas para diversas culturas, como trigo, milho, arroz, soja, tomate e alface. Por exemplo, o tratamento de sementes de trigo com nanopartículas de prata aumentou a germinação, o índice de vigor e o rendimento das plantas sob condições de salinidade (SHELAR et al. 2023). O tratamento de sementes de milho com nanopartículas de cobre melhorou a qualidade das sementes, a resistência às pragas e a produtividade das plantas (ZAIM et al. 2023). O tratamento de sementes de arroz com nanopartículas de óxido de zinco reduziu o estresse oxidativo e aumentou a biomassa das plantas sob condições de seca, em acordo com El-Sheikh et al (2020).

No entanto, o uso de nanopartículas na agricultura também apresenta alguns desafios e riscos potenciais para a saúde humana e o ambiente. As nanopartículas podem se acumular nos tecidos vegetais e animais, causando efeitos tóxicos ou alergênicos. As nanopartículas também podem se dispersar no solo e na água, alterando as propriedades físicas e químicas desses meios e afetando a biodiversidade. Além disso, as nanopartículas podem interagir com outros agentes químicos ou biológicos presentes no ambiente agrícola, gerando produtos indesejados ou perigosos. Portanto, é necessário estabelecer normas regulatórias e metodologias de avaliação dos riscos associados ao uso de nanopartículas no tratamento de sementes (SINGH et al., 2016).

A utilização de nanopartículas para o manejo de doença de plantas tem como base a indução de respostas fisiológicas nas plantas que são pulverizadas com estas soluções. Neste sentido é possível que sejam melhor entendidos os fatores de eficiência de partículas diminutas em meio ao processo fisiológico como sendo catalisadores de processos

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE & WIPIS 2023**  
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

bioquímicos. As nanopartículas apresentam o tamanho menor que 100 nm, com sua produção a base de sais, óxidos ou biomoléculas complexas com a possibilidade de agregação em tecidos vivos ou em materiais orgânicos (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022; AHMED et al., 2023).

Com maior ênfase as nanopartículas a base de metais têm sido produzidas com os elementos prata (Ag), ouro (Au), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e titânio (Ti) (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022) têm sido usadas na agricultura. Estes componentes podem vir a causar problemas em meio ao metabolismo de organismos como os patógenos e assim levar ao seu controle em ambientes de produção agrícola. A liberação de íons metálicos pode ser relacionada com proteínas produzidas por seres microbianos que permitem que os íons  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ti}^{4+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$  formem uma espécie de nanocristais com ação antimicrobiana, causadores de lise na membrana celular, diminuindo a produção de antioxidantes e interfere na absorção de nutrientes pelos microrganismos alvo (LI et al., 2023). Polímeros a base de sílica ou quitosana também têm sido usados na forma de nanopartículas para o controle de fitopatógenos (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022).

Cai et al. (2018) descrevem que o tratamento de sementes de *Nicotiana tabacum* com nanopartículas a base de óxido de Mg (250  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) promoveu o acréscimo de biomassa cerca de 50% acima do tratamento controle.

Fitopatógenos habitantes de solo, comumente visualizados como patógenos de sementes, como *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus flavus* e *Alternaria alternata* foram controlados pela utilização de nanopartículas a base de prata e de quitosana, uma substância polissacarídea presente em alguns agentes de biocontrole de doenças, em condições controladas (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017). Almaary et al. (2020) descrevem a eficiência de partículas de nanopartículas a base de prata no controle de *Penicillium duclauxii*, fungo saprófita habitante do solo.

### **Bacillus para o tratamento de sementes**

O gênero *Bacillus* é representado por bactérias Gram positivas, de formato de bastonetes, anaeróbias, produtoras de endósporos e cosmopolitas em termos ecológicos (ABBAS et al., 2019; RKHAILA et al., 2021; CARDARELLI et al., 2022). Algumas espécies deste gênero apresentam características de produzirem compostos, via seu metabólito secundário, que podem ser utilizadas para a sua sobrevivência e antibiose em meio ao ambiente que estão sobrevivendo. Tais substâncias tem seu valor ecológico e algumas têm sido usadas para ações de controle biológico de fitopatógenos (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020).

O controle de fitopatógenos com o uso de espécies de *Bacillus* têm sido recomendados por sua possibilidade de sobrevivência e de resistência a ambientes diversos e também pela gama de espécies de fitopatógenos que podem ser controlados por isolados deste gênero (HASHAM et al., 2021). Recomendações são as mais distintas em relação ao uso

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE  
& WIPIS2023**  
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

agrícola de *Bacillus*, dentre estas podem ser referenciadas o controle de *Macrophomina phaseolina* tem sido recomendado o uso de de *Bacillus cereus* LPR 2, segundo Kumar et al. (2022). Em relação ao controle de *Rhizoctonia solani* tem sido descrita a utilização de cepas de *Bacillus velezensis* (SHAH et al., 2023), *B. subtilis* Vru1 (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020) e *Bacillus megaterium* (HASHEM et al., 2021), como exemplos.

Outrossim, espécimes de *Bacillus* apresentam características de assimilação e solubilização de nutrientes do solo (ABBAS et al., 2019; RKHAILA et al., 2021.; CARDARELLI et al., 2022), também a produção de fitohormônios e enzimas catalisadoras (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020), além de serem passíveis de induzir as plantas a resistência a fitopatógenos (HASHEM et al., 2021). Existe a possibilidade de serem utilizadas para o tratamento de sementes (SHAH et al., 2023), inclusive com vários produtos a base deste gênero estão disponíveis no mercado (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020) para várias funcionalidades agrícolas (HASHEM et al., 2021).

Maiores informações sobre a utilização de espécies de *Bacillus* para o controle de fitopatógenos de sementes e a promoção de crescimento vegetal podem ser visualizadas em Ma (2019), Romagn et al. (2020) e Cardarelli et al. (2022).

### **Trichoderma spp. para o tratamento de sementes**

A utilização de isolados de *Trichoderma* spp. para o tratamento de sementes tem sido recomendada como ferramenta para ser utilizada em diferentes culturas agrícolas pelo fato que alguns isolados deste fungo promovem crescimento e desenvolvimento (ELNAHAL et al., 2022), além de produzirem indução de resistência e controlar diretamente microrganismos fitopatogênicos (MASTOURI, BJÖRKMAN & HARMAN, 2010). Além disso, apresenta características como o micoparasitismo, competição por nutrientes e espaço e biorremediação (ELNAHAL et al., 2022 ; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023).

O gênero *Trichoderma* (Hypocreaceae) têm sido referenciados como cosmopolitas encontrados em solo, material orgânico e como endofítico em plantas. Apresenta hifas septadas, de coloração variadas e com esporos produzidos em conidióforos (SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023).

O controle de patógenos por meio do uso de espécies de *Trichoderma* já é bastante conhecido na literatura. Alguns exemplos recentes desse uso podem ser visualizados a seguir (MASTOURI, BJÖRKMAN & HARMAN, 2010; ELNAHAL et al., 2022; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023).

Podem ser relatados os controles de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* em arroz por *Trichoderma* spp. (SINGH et al., 2016); *Sclerotinia sclerotiorum* por *T. harzianum* (El-Ashmony et al., 2022); *Sclerotium rolfsii* por *T. harzianum* (El-Ashmony et al., 2022) e *T. viriens* (TOMAH et al. 2020). *Sclerospora graminicola* por isolados de *Trichoderma* spp. (NANDINI et al., 2017); *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* por espécime de *T. asperellum*, segundo Magar, Pantage e Sonwashi (2020). *T. viride* para o controle de *Alternaria alternata* e *F. oxysporum* (NAMASIVAYAM et al., 2020). O desempenho de espécies de *Trichoderma*

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE & WIPIS 2023**  
 WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
 23/11 | 100% online  
 24/11 | e gratuito

spp. contra outros patógenos habitantes de solo e de sementes, pode ser visualizado nos manuscritos de Mastouri, Björkman & Harman (2010), Elnahal et al. (2022), Martinez et al. (2023) e Saldaña-Mendoza et al. (2023).

### **Formulações a base de nanopartículas, *Bacillus* e *Trichoderma* para o tratamento de patógenos de sementes**

Segundo Ahmed et al. (2023), a produção de nanopartículas em conjunto com microrganismos têm sido realiza em meio aos crescimento de bactérias, fungos e algas em meio de cultura líquido (prioritário), ao qual são adicionadas substâncias propulsoras ou as próprias nanopartículas, em suas diversas formas. Estas moléculas são absorvidas pelas células dos microrganismos, sintetizadas por meio de seu metabolismo secundário como um componente deste e sendo passíveis de serem disseminadas como produto destes seres (LI et al., 2023).

Fator importante no sentido a utilização deste conjunto de tecnologias, que podem aliar a possibilidade de uso de duas tecnologias emergentes a proposta de proteção dos cultivos agrícolas contra fatores bióticos e abióticos (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022). A produção destas partículas por meio do metabolismo microbiano pode ser uma importante alternativa para o controle de fitopatógenos, uma vez que este ponto poderia ser realizado por meio de agentes de biocontrole (AKTER & HEMALATHA, 2019). A seguir, serão exemplificados usos de nanomateriais com a presença de isolados de *Trichoderma* e de *Bacillus* no controle de patógenos e promoção de crescimento em plantas.

Isolados de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* foram controlados por *Trichoderma* spp. na presença de nanopartículas a base de óxido de Zinco (SINGH et al., 2016). *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfii* na presença de nanopartículas de prata e *T. harzianum* (El-Ashmony et al., 2022) e na presença de *T. viriens* (TOMAH et al. 2020).

Nandini et al. (2017) descrevem que isolados de *T. asperellum*, *T. harzianum*, *T. atroviride*, *T. virens*, *T. longibrachiatum* e *T. brevicompactum* foram cultivados em meios líquidos. Estas suprimiram o crescimento, viabilidade de esporulação e zoósporo de *Sclerospora graminicola* de cultura líquida na presença de nanopartículas de selênio (Se) de tamanho médio de 47 nm. Ainda promoveram o crescimento e a produção de fitomassa, plantas de *Pennisetum glaucum* cultivados em ambiente protegido, quando aplicados como tratamento de sementes.

Magar, Pantage e Sonwashi (2020) descrevem que houve o controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* em plantas de *Cicer arietinum* na presença de bionanopartículas de prata (Ag) na concentração de 150 ppm produzidas por espécime de *T. asperelum*. os autores indicam que houve o aumento da produção de fitomassa e a indução de resistência das plantas estudadas contra o patógeno em questão.

A produção de formulações biológicas a base de nanopartículas sintetizadas com o uso de isolados de *Trichoderma* pode ser uma importante tecnologia a ser constituída em um

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

futuro próximo para a melhorar o controle de patologias de sementes e mudas (ELNAHAL et al, 2022; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023).

Tais formulações devem se ajustar a necessidade de utilização (ELNAHAL et al, 2022), em relação principalmente ao ambiente ao qual sejam submetidos perfazendo assim uma continuidade no objeto tratado em meio ao processo de utilização (CARMONA-HERNANDEZ et al., 2019). Como exemplo, uma formulação à base de *Trichoderma* para uso em sementes tem sido passível de ser utilizada em meio a processos de armazenamento de sementes antes de seu uso em áreas de plantio (FERREIRA & MUSUMECI, 2021). Maiores informações sobre formulações a base de *Trichoderma* e de outros agentes de biocontrole, como por exemplo, os meios de produção, estocagem e utilização podem ser visualizados nos escritos de Ferreira e Musumeci (2021), Teixidó, Usall e Torres (2022) e Saldaña-Mendonza et al. (2023).

Neste sentido, pode ser descrito que um isolado de *Trichoderma viride* formulado como biogel na presença de nanopartículas de Cobre e Prata foram suficientes para decompor material orgânico e assim controlar isolados de *Alternaria alternata* e *Fusarium oxysporum* (NAMASIVAYAM et al., 2020).

As formulações a base de espécimes de *Trichoderma* devem apresentar abordagens biotecnológicas para preparar formulações ativas contendo *Trichoderma*. Além disso, destaca-se o uso de técnicas de processamento como liofilização, secagem em leite fluidizado e secagem por pulverização, permitindo o desenvolvimento de formulações leves e estáveis para a conservação dos conídios e células vegetativas. Finalmente, técnicas promissoras de microencapsulação para maximizar o desempenho de *Trichoderma* spp. têm sido produzidas na atualidade (MARTINEZ et al., 2023).

Kumar et al. (2022) descrevem a utilização do isolado *Bacillus cereus* LPR2 em associação com nanopartículas de prata (420 nm) para o controle de *Macrophomina phaseolina* em milho.

Nanopartículas de sílica (100 ppm) associadas a *Bacillus cereus*-Amazcala foram capazes de promover a produção de biomassa e de elicitores de resistência a patógenos em plantas de *Piper* sp. (FERRUSQUÍA-JIMÉNEZ et al., 2022).

A incorporação de nanopartículas a base de sulfato de zinco com isolados de *Acinetobacter pittii* e *Bacillus velezensis* promoveu a promoção de crescimento, indução de resistência a patógenos, a assimilação de nutrientes e o biocontrole de *Rhizoctonia solani* em plantas de tomate (SHAH et al., 2023).

Isolados de *Bacillus subtilis* foram testados como promotores de crescimento em milho e trigo na presença de nanopartículas a base de óxido de cobre (HAIDER et al., 2023). As propriedades antimicrobianas de nanopartículas de prata (10 ppm) pode ser um fator importante para a ligação com isolados de *B. subtilis* e sua utilização como agentes de biocontrole (HSUEH et al., 2015). Tal biossíntese pode ser constatada em isolados de *B. subtilis* em contato com nanopartículas de prata zinco que poderiam promover o crescimento de espécies de milho (SABIR et al., 2020). Também isolados de *B. subtilis* foram capazes de

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

induzir respostas antioxidantes em plantas de arroz em estresse causado pela presença de Arsênio com o uso de nanopartículas de prata (15 ppm) (KHAN et al., 2022). A encapsulação de *B. subtilis* Vru1 com nanopartículas a base de bentonita e titanium foi capaz de controlar o parasitismo de *Rhizoctonia solani* em feijão (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020).

A Presença de *Bacillus megaterium* como mediador de síntese de nanopartículas a base de selênio foi capaz de promover a atividade antifúngica contra *Rhizoctonia solani* em *Vicia faba* (HASHIM et al., 2021). Isolados de *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotium rolfsii* patógenos de *Oryza sativa* foram controlados na presença de *Bacillus* sp. mn14 e nanopartículas de prata disponibilizadas em cultura associada a referida bactéria (KABEERDASS et al., 2021). A produção de nanopartículas por isolados de *Bacillus amyloliquefaciens* em cultura líquida foi capaz de controlar *Dickeya dadantii* (HOSSAIN 2023).

### **Ações futuras em relação a formulações a base de nanopartículas, *Bacillus* e *Trichoderma* spp. para o tratamento de sementes contra patógenos**

Segundo Ahmed et al. (2023) a produção de formulações envolvendo nanomateriais e agentes microbiológicos para uso agrícola deve ter a noção real do alvo e da ecologia a que este alvo esteja submetido a fim de melhor corresponder com a possibilidade de construção de um produto.

Neste sentido é passível o entendimento que os patógenos de sementes por apresentarem diferenças em relação a espécies (GOSWAMI et al., 2020; SINGH et al., 2020), também a nichos ecológicos (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017) e a possibilidade de parasitam diferentes culturas (NAMASIVAYAM et al., 2020) deve ser levado em consideração para a produção de uma agricultura de sustentabilidade (El-Ashmony et al., 2022).

Neste sentido pode ser acionado o conhecimento de que os patógenos de sementes podem causar outras doenças ao longo do ciclo de plantio (GOSWAMI et al., 2020; SINGH et al., 2020) levando em consideração que o tratamento deva ser assimilável nestas condições (NAMASIVAYAM et al., 2020).

Outro importante ponto seria a forma como estes compostos seriam veiculados nas sementes (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017), tratando de moléculas que podem ser sintéticas (AFZAL et al., 2020) ou naturais (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022). Onde seria possível a manutenção e promoção de características necessárias aos produtos, auxiliados pela possibilidade e pela condução de substâncias que favorecessem seu ligamento às sementes (SINGH et al., 2016; TOMAH et al. 2020; LI et al., 2023).

Em relação às nanopartículas o primeiro ponto a ser levantado seria a possibilidade de utilização de diferentes formas e composições minerais (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022) que seriam utilizados em solteiro ou não (LI et al., 2023). Polímeros minerais ou orgânicos podem ser bons veículos de composição para o controle de fitopatógenos e isto

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

pode ser uma importante ação a ser melhor esclarecida e pesquisada (KAUR, THAKUR & CHOUDHARY, 2017; AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022).

Em relação ao *Bacillus*, por sua possibilidade de resistência ao ambiente (ABBAS et al., 2019; RKHAILA et al., 2021.; CARDARELLI et al., 2022) e suas ações de controle biológico de fitopatógenos (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020) a diversidade ecológica pode ser um ganho importante (HASHEM et al., 2021). Uma vez que existem isolados que sobrevivem em melhor condições em materiais inertes (SHAH et al., 2023), dentro de vegetais (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020) e ou no solo (HASHEM et al., 2021).

A questão de assimilação e solubilização de nutrientes do solo pode ser levada em consideração como um acréscimo da função metabólita das sementes e plantas (ABBAS et al., 2019; RKHAILA et al., 2021.; CARDARELLI et al., 2022), uma vez que esta possibilidade poderia ser ajustada em meio ao processo de estabelecimento do vegetal cultivado (SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020), também em relação a resistência a fitopatógenos (HASHEM et al., 2021). Tal possibilidade permitiria que fossem melhor usadas em meio a processos ecológicos complexos e diferenciados (SHAH et al., 2023). Informações sobre as necessidades de produção de formulados à base de espécies de *Bacillus* podem ser melhor esclarecidas nos escritos de Romagn et al. (2020) e Cardarelli et al. (2022).

Sobre os formulados a base de *Trichoderma* na mesma linha de raciocínio, devem ser levados em consideração a natureza do micélio (ELNAHAL et al, 2022) e estruturas de resistência (MASTOURI, BJÖRKMAN & HARMAN, 2010), também o nicho ecológico que estes podem apresentar (ELNAHAL et al, 2022; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023). Em relação a sua gama de agente de controle de microrganismos é importante ser entendida como o referido gênero realiza seus esforços de controle e ocupação ecológica (MASTOURI, BJÖRKMAN & HARMAN, 2010; ELNAHAL et al, 2022; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023).

A união de seres microbianos com nanopartículas em meio a formulação seria uma ferramenta complexa no sentido ambiental (LI et al., 2023), no sentido ao entendimento de como estes fatores bióticos e abióticos seriam importantes (AVILA-QUEZADA, GOLINSKA & RAI, 2022) também em como seriam formulados (AKTER & HEMALATHA, 2019), em relação a formas (SINGH et al., 2016; El-Ashmony et al., 2022) e dosagens de nanomoléculas (TOMAH et al. 2020). Sendo necessário ainda um amadurecimento metodológico em relação a possibilidade de fermentação em conjunto (ELNAHAL et al, 2022; SALDAÑA-MENDOZA et al., 2023), ajustando ao tipo alvo de semente a ser trabalhada (CARMONA-HERNANDEZ et al., 2019). Outrossim, processos de armazenamento (FERREIRA & MUSUMECI, 2021), tecnologia de aplicação (NAMASIVAYAM et al., 2020) podem ser cruciais para o processo. Maiores informações podem ser visualizadas nos escritos de Ferreira e Musumeci (2021), Teixidó, Usall e Torres (2022) e Saldaña-Mendonza et al. (2023). Fatores de veículo como a microencapsulação (MARTINEZ et al., 2023), misturas em biomassas (FERRUSQUÍA-JIMÉNEZ et al., 2022) e

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

tratamento de solo podem ser cogitados neste processo (SHAH et al., 2023). Outro ponto importante seria a possibilidade de formulados estabilizados e que tivessem a possibilidade de durar em prateleiras, de acordo com possibilidades de armazenamento (HSUEH et al., 2015; SABIR et al., 2020; SABERI-RISE & MORADI-POUR, 2020; KHAN et al., 2022; HAIDER et al., 2023)

#### 4. Conclusões

A possibilidade de utilização de técnicas de manejo integrado, para uma agricultura sustentável, como o tratamento de sementes com o uso de microrganismos benéficos e nanomateriais pode ser uma iniciativa interessante para o controle de patógenos de sementes, diminuindo assim sua eficiência e as perdas causadas por diferentes patossistemas pelo mundo.

A utilização de nanopartículas para tal se configura como um fator eficiente com o uso de partículas diminutas, tidas como catalisadores de processos bioquímicos e controle direto de fitopatógenos.

Isolados de *Bacillus* e de *Trichoderma* têm sido referenciados como cosmopolitas encontrados em solo, material orgânico e como endofítico em plantas. Sustentáveis em relação a sua utilização no controle de fitopatógenos e na melhoria da qualidade de cultivos em relação ao ambiente ao qual estão inseridos.

A junção em formulações destes componentes assinalados pode ser vantajosa para a utilização deste conjunto de tecnologias, que favorecem os cultivos à resistência contra fitopatógenos, também auxiliariam a possibilidade de crescimento e a produção de fitomassa. Tais formulações carecem de pesquisas que delimitam a proposta de produção, armazenamento e utilização em áreas de plantio, perfazendo assim a possibilidade de outras pesquisas que englobam os componentes listados nesta revisão.

#### 5. Referências bibliográficas

- ABBAS, A. et al. Antagonist effects of strains of *Bacillus* spp. against *Rhizoctonia solani* for their protection against several plant diseases: Alternatives to chemical pesticides. **Comptes Rendus Biologies**, v. 342, n. 5-6, p. 124-135, 2019.
- AFZAL, I. et al. Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. **Agriculture**, v. 10, n. 11, p. 526, 2020.
- AHMED, T. et al. Microbe-mediated nanoparticle intervention for the management of plant diseases. **Crop Health**, v. 1, n. 1, p. 3, 2023.
- AKTHER, T.; HEMALATHA, S. Mycosilver nanoparticles: Synthesis, characterization and its efficacy against plant pathogenic fungi. **BioNanoScience**, v. 9, n. 2, p. 296-301, 2019.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

- ALMAARY, K. S. *et al.* Complete green synthesis of silver-nanoparticles applying seed-borne *Penicillium duclauxii*. **Saudi journal of biological sciences**, v. 27, n. 5, p. 1333-1339, 2020.
- AVILA-QUEZADA, G. D.; GOLINSKA, P.; RAI, M. Engineered nanomaterials in plant diseases: can we combat phytopathogens?. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 106, n. 1, p. 117-129, 2022.
- CAI, L. *et al.* MgONPs can boost plant growth: evidence from increased seedling growth, morpho-physiological activities, and Mg uptake in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Molecules**, v. 23, n. 12, p. 3375, 2018.
- CARDARELLI, M. *et al.* Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 259, 2022.
- CARDARELLI, M. *et al.* Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 259, 2022.
- CARMONA-HERNANDEZ, S. *et al.* Biocontrol of postharvest fruit fungal diseases by bacterial antagonists: A review. **Agronomy**, v. 9, n. 3, p. 121, 2019.
- EL-ASHMONY, Ranya MS *et al.* The biogenically efficient synthesis of silver nanoparticles using the fungus *Trichoderma harzianum* and their antifungal efficacy against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotium rolfsii*. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 6, p. 597, 2022.
- ELNAHAL, A. S. M. *et al.* The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review. **European Journal of Plant Pathology**, v. 162, n. 4, p. 759-792, 2022.
- FERREIRA, F. V.; MUSUMECI, M. A. Trichoderma as biological control agent: Scope and prospects to improve efficacy. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 37, n. 5, p. 90, 2021.
- FERRUSQUÍA-JIMÉNEZ, N.I. *et al.* Elicitation of *Bacillus cereus-amazcala* (Bc-A) with SiO<sub>2</sub> nanoparticles improves its role as a plant growth-promoting bacteria (PGPB) in Chili pepper plants. **Plants**, v. 11, n. 24, p. 3445, 2022.
- GOSWAMI, S.K. *et al.* Contribution of Individuals and Organizations in the Development of Seed Pathology. **Seed-Borne Diseases of Agricultural Crops: Detection, Diagnosis & Management**, p. 65-80, 2020.
- HAIDER, H.I. *et al.* Synthesis and characterization of copper oxide nanoparticles: its influence on corn (*Z. mays*) and wheat (*Triticum aestivum*) plants by inoculation of *Bacillus subtilis*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 13, p. 37370-37385, 2023.
- HASHEM, A.H. *et al.* *Bacillus megaterium*-mediated synthesis of selenium nanoparticles and their antifungal activity against *Rhizoctonia solani* in faba bean plants. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 3, p. 195, 2021.
- HOSSAIN, A. *et al.* Synergistic Action of Biosynthesized Silver Nanoparticles and Culture Supernatant of *Bacillus amyloliquefacience* against the Soft Rot Pathogen *Dickeya dadantii*. **Plants**, v. 12, n. 9, p. 1817, 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

- HSUEH, Y. *et al.* The antimicrobial properties of silver nanoparticles in *Bacillus subtilis* are mediated by released Ag<sup>+</sup> ions. **PloS one**, v. 10, n. 12, p. e0144306, 2015.
- KABEERDASS, N. *et al.* *Bacillus*-mediated silver nanoparticle synthesis and Its antagonistic activity against bacterial and fungal pathogens. **Antibiotics**, v. 10, n. 11, p. 1334, 2021.
- KAUR, P.; THAKUR, R.; CHOUDHARY, A. An in vitro study of the antifungal activity of silver/chitosan nanoformulations against important seed borne pathogens. **Int J Sci Technol Res**, v. 1, n. 6, p. 83-86, 2012.
- KHAN, S. *et al.* *Bacillus subtilis* synthesized iron oxide nanoparticles (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NPs) induced metabolic and anti-oxidative response in rice (*Oryza sativa* L.) under arsenic stress. **Toxics**, v. 10, n. 10, p. 618, 2022.
- KUMAR, P. *et al.* Effect of silver nanoparticles and *Bacillus cereus* LPR2 on the growth of *Zea mays*. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 20409, 2020.
- LI, Y. *et al.* Application and mechanisms of metal-based nanoparticles in the control of bacterial and fungal crop diseases. *Pest Management Science*, v. 79, n. 1, p. 21-36, 2023.
- MA, Y. Seed coating with beneficial microorganisms for precision agriculture. **Biotechnology advances**, v. 37, n. 7, p. 107423, 2019.
- MAGAR, S. J.; PATANGE, A. S.; SOMWANSHI, S. D. In vitro efficacy of fungicides, bioagents and silver nanoparticles against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. **Indian Phytopathology**, v. 73, p. 65-69, 2020.
- MARTINEZ, Y. *et al.* Biotechnological development of *Trichoderma*-based formulations for biological control. **Applied Microbiology and Biotechnology**, p. 1-18, 2023.
- MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G.E. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. *Phytopathology*, v. 100, n. 11, p. 1213-1221, 2010.
- NAMASIVAYAM, S. K.R. *et al.* Formulation of biocontrol agents from *Trichoderma viride* and evaluation of viability, compatibility with metallic nanoparticles and decomposition efficacy of organic wastes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-9, 2022.
- NANDINI, B. *et al.* Trichogenic-selenium nanoparticles enhance disease suppressive ability of *Trichoderma* against downy mildew disease caused by *Sclerospora graminicola* in pearl millet. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 2612, 2017.
- RKHAILA, A. *et al.* Chemical proprieties of biopolymers (chitin/chitosan) and their synergic effects with endophytic *Bacillus* species: Unlimited applications in agriculture. **Molecules**, v. 26, n. 4, p. 1117, 2021.
- ROMAGN, I. S. *et al.* Biostimulants in vegetable seeds submitted to germination and vigor tests. **Trends in Horticulture**, v. 3, n. 1, p. 81-86, 2020.
- SABERI-RISE, R.; MORADI-POUR, M. The effect of *Bacillus subtilis* Vru1 encapsulated in alginate-bentonite coating enriched with titanium nanoparticles against *Rhizoctonia solani* on bean. **International journal of biological macromolecules**, v. 152, p. 1089-1097, 2020.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

SABIR, S. et al. Biosynthesis of ZnO nanoparticles using *Bacillus subtilis*: characterization and nutritive significance for promoting plant growth in *Zea mays* L. **Dose-Response**, v. 18, n. 3, p. 1559325820958911, 2020.

SALDAÑA-MENDOZA, S. A. et al. *Trichoderma* as a biological control agent: mechanisms of action, benefits for crops and development of formulations. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 39, n. 10, p. 1-15, 2023.

SHAH, Z.M. et al. Incorporation of zinc sulfide nanoparticles, *Acinetobacter pittii* and *Bacillus velezensis* to improve tomato plant growth, biochemical attributes and resistance against *Rhizoctonia solani*. **Plant Physiology and Biochemistry**, p. 107909, 2023.

SINGH, P. et al. Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. **Trends in biotechnology**, v. 34, n. 7, p. 588-599, 2016.

SINGH, U. B. et al. Chemical Management of Seed-Borne Diseases: Achievements and Future Challenges. **Seed-Borne Diseases of Agricultural Crops: Detection, Diagnosis & Management**, p. 665-682, 2020.

TEIXIDÓ, N.; USALL, J.; TORRES, R. Insight into a successful development of biocontrol agents: Production, formulation, packaging, and shelf life as key aspects. **Horticulturae**, v. 8, n. 4, p. 305, 2022.

TOMAH, A. A. et al. Mycosynthesis of silver nanoparticles using screened isolates and their antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Nanomaterials**, v. 10, n. 10, p. 1955, 2020.