

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO ANGELO DA CRUZ

OTIMIZAÇÃO DE DOSES DE *Trichoderma harzianum* PARA O TRATAMENTO DE  
SEMENTES DE SOJA VISANDO A PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETAL  
EM SOLO CONTAMINADO POR PATÓGENOS

PIRACICABA/SP

2023

THIAGO ANGELO DA CRUZ

OTIMIZAÇÃO DE DOSES DE *Trichoderma harzianum* PARA O TRATAMENTO DE  
SEMENTES DE SOJA VISANDO A PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETAL  
EM SOLO CONTAMINADO POR PATÓGENOS

TCC apresentado ao curso de Pós-Graduação lato sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Dr. Alexandre Dinnys Roese

PIRACICABA/SP

2023

Aos meus pais Angelo e Denise, minhas irmãs Thaynara e Thais, e a minha noiva Daniele, por todo o apoio, motivação, amor e companheirismo.

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grato primeiramente a Deus por todas as dádivas e aprendizados.

Sou grato a minha família por todo apoio nesta trajetória.

Aos professores da Pós-Graduação em Fitossanidade da UFPR.

Aos funcionários do PECCA – UFPR.

Ao professor e coordenador do curso Prof. Dr. Henrique Duarte.

Ao meu orientador Dr. Alexandre Dinnys Roese.

Aos colegas de curso por todo intercâmbio de conhecimentos.

“Estamos na situação de uma criancinha que entra em uma imensa biblioteca, repleta de livros em muitas línguas. A criança sabe que alguém deve ter escrito aqueles livros, mas não sabe como. Não compreende as línguas em que foram escritos. Tem uma pálida suspeita de que a disposição dos livros obedece a uma ordem misteriosa, mas não sabe qual ela é”.

Albert Einstein

## RESUMO

O fungo filamentosso *Trichoderma harzianum* é um agente biológico amplamente utilizado no Brasil e no mundo para o controle de fitopatógenos e promoção do crescimento vegetal. No presente trabalho, foram avaliados 9 tratamentos biológicos de semente em soja, além dos controles. Os tratamentos utilizados continham uma formulação fixa, variando quanto a dose de ingrediente ativo (*T. harzianum*) no formulado (3; 6 e 12%) e de produto formulado aplicado sobre as sementes (0,5; 1 e 2 ml.kg<sup>-1</sup>). Foram conduzidos dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado em casa de vegetação, em solos infestados com os patógenos *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*. Foi avaliada a germinação das sementes tratadas e promoção do crescimento vegetal por meio de parâmetros radiculares. Neste estudo verificou-se que a combinação de 6% de conídios na formulação com a dose de 2 ml.kg<sup>-1</sup> de semente foi a que apresentou melhor eficácia agrônômica para a germinação e promoção do crescimento radicular de soja em solo infestado com *Fusarium oxysporum*.

Palavras-chave: *Trichoderma harzianum*; fitopatógenos; tratamento de semente; soja.

## ABSTRACT

The filamentous fungus *Trichoderma harzianum* is a widely used biological agent in Brazil and worldwide for the control of plant pathogens and plant growth promotion. In this study, 9 biological seed treatments were evaluated in soybeans, in addition to the controls. The treatments used contained a fixed formulation, changing the active ingredient dose (*T. harzianum*) in the formulated product (3%, 6%, and 12%) and the formulated product applied to the seeds (0.5 ml.kg<sup>-1</sup>, 1 ml.kg<sup>-1</sup>, and 2 ml.kg<sup>-1</sup>). Two experiments were conducted in a completely randomized design in a greenhouse, in soils inoculated with the pathogens *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. The germination and plant growth promotion were evaluated. In this study, it was observed that the combination of 6% conidia in the formulation with a dose of 2 ml.kg<sup>-1</sup> of seed showed the best agronomic efficacy for germination and plant growth promotion of soybean in infested soil with *Fusarium oxysporum*.

Keywords: *Trichoderma harzianum*; phytopathogens; seed treatment; soybean.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Solo inoculado com *Fusarium oxysporum* após 5 dias de condicionamento.....**13**
- Figura 2.** Percentual de germinação de sementes observado aos 8 dias após a semeadura. .... **15**
- Figura 3.** Detalhe da variação de tamanho observada nas imagens obtidas de raízes de diferentes tratamentos..... **16**



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Discriminação dos tratamentos avaliados nos experimentos.....	<b>12</b>
<b>Tabela 2.</b> Promoção do crescimento radicular de soja após tratamento com diferentes concentrações e doses de <i>Trichoderma harzianum</i> aplicadas nas sementes, em solo artificialmente infestado com com <i>Fusarium oxysporum</i> .....	<b>16</b>
<b>Tabela 3.</b> Promoção do crescimento radicular de soja após tratamento com diferentes concentrações e doses de <i>Trichoderma harzianum</i> aplicadas nas sementes, em solo artificialmente infestado com com <i>Rhizoctonia solani</i> .....	<b>17</b>
<b>Tabela 4.</b> Conídios de <i>Trichoderma harzianum</i> recuperados de sementes após tratamento .....	<b>18</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>19</b>
<b>5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>19</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Linhagens de *Trichoderma harzianum* tem sido amplamente utilizadas no Brasil e no mundo para proteger sementes e plantas da ação de fitopatógenos. Atualmente, existem 38 produtos fitossanitários registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) a base deste fungo, o que demonstra o quão amplo é o mercado deste ativo no país (AGROFIT, 2023).

Os efeitos benéficos de *T. harzianum* vão muito além do micoparasitismo e inibição de fitopatógenos. Além disso, observa-se indução de resistência sistêmica em plantas (ALFANO et al., 2007; HARMAN et al., 2004; HARMAN et al., 2007), promoção do crescimento vegetal (GAMALERO et al., 2009), e auxílio na tolerância a estresses abióticos (BAE et al., 2009; BJORKMAN et al., 1998). A interação sinérgica destes efeitos é responsável pelos efeitos benéficos observados em plantas inoculadas com *T. harzianum*.

Os fungos *Rhizoctonia solani* e *Fusarium oxysporum* são fitopatógenos necrotróficos e generalistas capazes de causar doenças enquadradas nos grupos II (Danos em plântulas) e III (Podridões radiculares), segundo a classificação de McNew (1960). O ataque destes fungos pode acarretar em tombamento de plântulas (damping-off) em pré e pós emergência, e também causar danos às raízes, que se refletirão em sintomas na parte aérea, podendo levar a morte das plantas (AMORIN, 2016). Para esses patógenos, o controle biológico com *T. harzianum* tem sido proposto, com resultados positivos para *R. solani* (ELAD et al., 1980; MONTEALEGRE et al., 2010; HUANG et al., 2011) e *F. oxysporum* (SUNDARAMOORTHY et al., 2013; PERVEEN et al., 2012; SIVAN et al., 1986). Para o uso eficaz e economicamente viável de *T. harzianum* no tratamento de sementes, é necessário se observar a quantidade ótima de propágulos fúngicos no revestimento das sementes, o que é função direta da quantidade de conídios adicionados na formulação do produto e da dose de produto utilizada por kg de semente.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O tratamento de sementes realizado por produtores e indústria tem o objetivo de manter a qualidade do lote de sementes, através da aplicação de um ou mais produtos sobre as sementes, sejam eles químicos ou biológicos, com ação fungicida, inseticida e nutricional, contribuindo para o rápido estabelecimento das

plântulas, vigor e estande homogêneos, que irão propiciar maiores produtividades (BAUDET; PESKE, 2007).

O fungo *T. harzianum* tem sido amplamente adotado por agricultores no Brasil e no mundo para a proteção de cultivos, especialmente por meio do tratamento de sementes. Produtos contendo este fungo tem sido utilizados isolados e em combinação com outros produtos químicos e biológicos, com grande sucesso, principalmente em grandes culturas como milho, soja e algodão (BRUINSMA, 2022; GROMANN, 2022; DA SILVA, 2022)

O tratamento biológico de sementes utilizando este fungo, além de conferir proteção a podridões e tombamentos causados por patógenos de solo, como *F. oxysporum* e *R. solani*, também contribui para o crescimento vegetal, especialmente pelo aumento de biomassa e modificação da arquitetura das raízes pela produção de moléculas bioativas como compostos voláteis e fitormônios (SALWAN et al., 2019).

A produção de conídios puros e de qualidade de *T. harzianum* pela indústria é uma tarefa extremamente dispendiosa. A dose de ingrediente ativo ou produto técnico nas formulações comercializadas deve ser extremamente assertiva, de modo a otimizar custos de produção e maximizar a eficácia dos produtos no campo. Outro ponto é a dosagem de produto formulado utilizado por kg de semente tratada, que deve fornecer a quantidade adequada de fungo por semente para que se obtenha o efeito agrônômico desejado. Neste sentido, tais dosagens devem ser otimizadas para uma melhor relação custo-benefício.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Definir a combinação entre dose de ingrediente ativo (*T. harzianum*) na formulação e de produto formulado por kg de semente que apresente melhor desempenho na cultura da soja em solos artificialmente infestados com os patógenos *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos aqui trabalhados são:

1. Definir a combinação entre concentração de conídios de *T. harzianum* em produto formulado e dose de produto formulado nas sementes

que proporcione maior germinação e promoção do crescimento de soja em solo infestado com *Fusarium oxysporum*;

- II. Definir a combinação entre concentração de conídios de *T. harzianum* em produto formulado e dose de produto formulado nas sementes que proporcione maior germinação e promoção do crescimento de soja em solo infestado com *Rhizoctonia solani*;

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, em delineamentos inteiramente casualizados, com 5 repetições. Os fungos fitopatogênicos *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* foram utilizados, separadamente, na infestação do solo dos experimentos aqui detalhados. Houve a testagem de 13 tratamentos (nove combinações entre dose e concentração de *T. harzianum* e mais quatro testemunhas), totalizando 65 parcelas avaliadas, para cada experimento.

**Tabela 1.** Discriminação dos tratamentos utilizados nos experimentos.

Identificação	Tratamento <sup>1</sup>
T1	Formulação 3% ativo <sup>2</sup> e 0,5 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T2	Formulação 3% ativo e 1 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T3	Formulação 3% ativo e 2 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T4	Formulação 6% ativo e 0,5 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T5	Formulação 6% ativo e 1 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T6	Formulação 6% ativo e 2 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T7	Formulação 12% ativo e 0,5 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T8	Formulação 12% ativo e 1 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T9	Formulação 12% ativo e 2 ml.kg <sup>-1</sup> de semente
T10	Semente sem tratamento
T11	Formulação sem ingrediente ativo
T12	Trianum DS (Koppert) 2 ml.kg <sup>-1</sup>
T13	Certeza N (Ihara) 2 ml.kg <sup>-1</sup>

<sup>1</sup>Tratamentos de 1 a 9 com a mesma formulação, exceto pela concentração de ingrediente ativo;

<sup>2</sup>Percentual de ingrediente ativo dado em relação a massa de conídios viáveis por massa de produto formulado;

Foi utilizada uma mistura de solo argiloso, areia fina e substrato comercial (Carolina Soil), nas proporções de 1:1:1. As unidades experimentais foram compostas por vasos de 3 litros de volume, nos quais foram semeadas 10 sementes de soja. As sementes foram tratadas em um equipamento laboratorial de tratamento de sementes (Arktos Laboratório L2K BM – Momesso), utilizando-se pó secante (PolyDry BR100 – Rigrantec; 2 g/kg), 1 dia antes da semeadura.

Foi realizada uma análise de concentração de conídios de *T. harzianum* nas sementes, no dia da semeadura, por meio de imersão das sementes tratadas em solução salina (NaCl) 0,85% + Tween 20 a 1%, agitação por 30 min e posterior diluição seriada, e contagem com o auxílio de um hemocitômetro e microscópio.

Os patógenos foram crescidos em placa de cultivo (Batata-Dextrose-Ágar), sendo posteriormente retirados discos miceliais que foram inoculados em Erlenmeyers de 2l contendo 500g de grãos de arroz parbolizado, previamente esterilizado em autoclave. Os patógenos foram incubados por 10 dias a temperatura de 25°C, tendo sua pureza e concentração aferidas.

Em cada unidade experimental, foi adicionada e incorporada à mistura de solo a proporção de inóculo de patógeno de 1g.kg<sup>-1</sup> de substrato, na concentração de 2 x 10<sup>8</sup> ufc.g<sup>-1</sup>. Os patógenos foram incubados por 5 dias no solo sob temperatura ambiente e molhamento diário (figura 1).

**Figura 1.** Solo inoculado com *Fusarium oxysporum* após 5 dias de condicionamento.



A semeadura ocorreu na profundidade de 2 cm. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação climatizada com dois períodos de irrigação por dia (15 min), via aspersão.

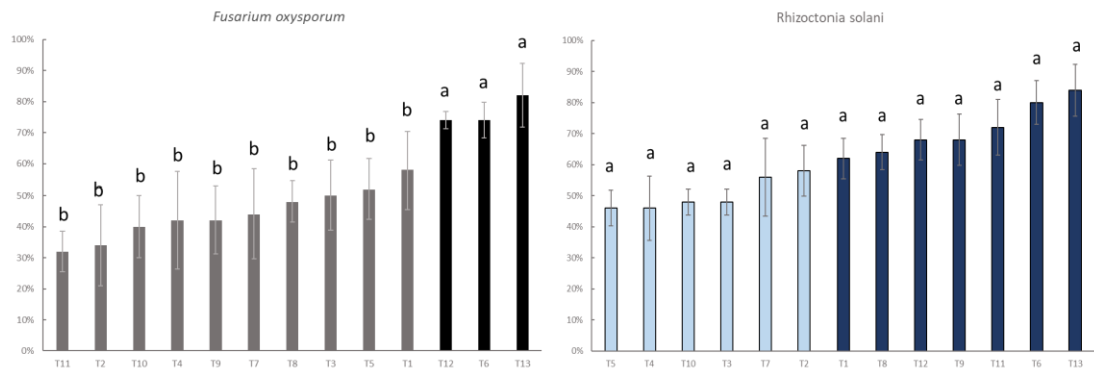
A avaliação de germinação ocorreu 8 dias após a semeadura, contabilizando como germinadas as plântulas estabelecidas sem deformações. Aos 15 dias após a semeadura, foi avaliada a promoção do crescimento vegetal por meio da mensuração de parâmetros radiculares, utilizando o scanner profissional Epson® Expression 11000XL e o programa WinRHIZO™ (Regent Instruments Inc, Quebec, Canadá). Os parâmetros mensurados quanto a promoção do crescimento vegetal foram: comprimento radicular; área projetada das raízes; área superficial das raízes; relação comprimento/volume e volume radicular. Para a aquisição das imagens, as raízes foram removidas do solo, limpadas, e armazenadas em potes plásticos de 1,8 l contendo solução de etanol 40%, devidamente identificados, até o momento da leitura.

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), adotando a distribuição normal como padrão. Atendidos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, verificados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, foi realizado o teste de comparação de médias de Scott-Knott a 10% de significância. As análises foram conduzidas no software R (R Core Team, 2023) utilizando o pacote “ExpDes” (Ferreira et al., 2014).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados referentes às médias de germinação de sementes nos experimentos conduzidos são apresentados na figura 2.

**Figura 2.** Percentuais de germinação de sementes de soja observados aos 8 dias após a semeadura em solo infestado com *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*.



\*Barras seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 10%.

No experimento conduzido com *Fusarium oxysporum*, os tratamentos T12, T13 e T6 foram os que apresentaram maior germinação. Já no experimento conduzido com *Rhizoctonia solani*, não se observou diferença de percentual de germinação entre os tratamentos.

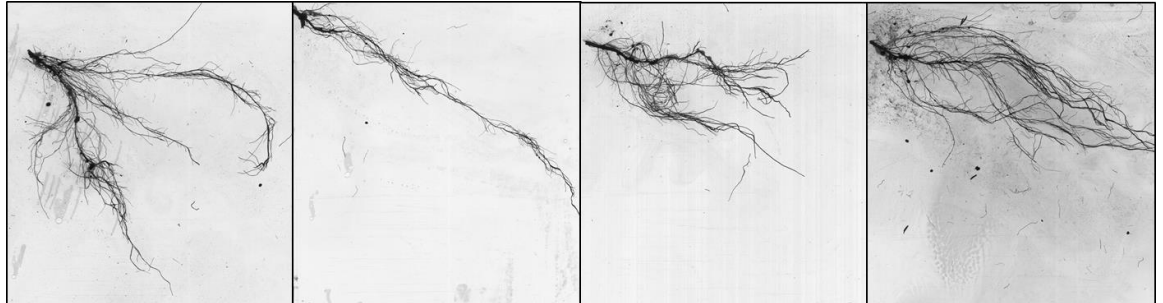
Portanto, o tratamento 6 se mostrou promissor por apresentar desempenho igual aos padrões de mercado para o parâmetro germinação no solo infestado com *Fusarium oxysporum*.

Observa-se a inexistência de uma correlação de aumento linear da eficácia do tratamento com a quantidade de propágulos de *T. harzianum* adicionados nas sementes. Uma dose baixa de *T. harzianum* pode não produzir efeitos significativos de proteção/fitoestimulação, enquanto doses muito altas podem produzir efeitos deletérios às sementes, o que necessita ser investigado com maior profundidade em outros experimentos.

No que tange a promoção do crescimento vegetal, avaliada por meio de parâmetros radiculares obtidos via análise de imagem (Figura 3), observam-se os resultados expostos na tabela 2.



**Figura 3.** Detalhe da variação de tamanho observada nas imagens obtidas de raízes de diferentes tratamentos.



**Tabela 2.** Promoção do crescimento radicular de soja após tratamento com diferentes concentrações e doses de *Trichoderma harzianum* aplicadas nas sementes, em solo artificialmente infestado com *Fusarium oxysporum*.

	Área projetada	Área superficial	Volume
T1	192678,25 a	605316,5 a	0,88525 a
T2	226159 a	710499,2 a	0,6805 a
T3	224367,25 a	704870,8 a	0,81175 a
T4	129221,75 b	405962,5 b	0,741 a
T5	227316,25 a	714135,8 a	0,4635 b
T6	270015,75 a	848279,8 a	0,8515 a
T7	179248,75 a	563125,8 a	0,6055 b
T8	189969,5 a	596807 a	0,65775 a
T9	164565 b	516995,8 b	0,5615 b
T10	120659 b	379060,2 b	0,38325 b
T11	164144,25 b	515674,5 b	0,56125 b
T12	145131,25 b	455944,2 b	0,43675 b
T13	181569,25 a	570417,8 a	0,573 b

<sup>1</sup>Área projetada das raízes (mm<sup>2</sup>), área superficial das raízes (mm<sup>2</sup>), volume radicular (mm<sup>3</sup>);

<sup>2</sup>Valores seguidos por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 10%.

Os tratamentos que proporcionaram maior crescimento radicular no experimento conduzido com *Fusarium oxysporum*, para os três parâmetros acima mostrados, foram T1; T2; T3; T6 e T8.

**Tabela 3.** Promoção do crescimento radicular de soja após tratamento com diferentes concentrações e doses de *Trichoderma harzianum* aplicadas nas sementes, em solo artificialmente infestado com *Rhizoctonia solani*.

	Comprimento		Área projetada		Área superficial		Comprimento/volume		Volume	
T1	4903662	b	210423,75	a	661066,5	a	4903662	b	0,71325	a
T2	5550117	a	237456	a	745990,5	a	5550117	a	0,80125	a
T3	6153289	a	236650,5	a	743460	a	6153289	a	0,71625	a
T4	7204800	a	262496	a	824654,8	a	7204800	a	0,75125	a
T5	6292668	a	231881,5	a	728477	a	6292668	a	0,67175	a
T6	7539914	a	297835,75	a	935678,2	a	7539914	a	0,929	a
T7	4533574	b	168832,25	b	530402	b	4533574	b	0,496	b
T8	4485875	b	191144,5	b	600498,2	b	4485875	b	0,64275	a
T9	2786307	c	118230,5	b	371432,2	b	2786307	c	0,3945	b
T10	3753991	b	145221,25	b	456226,2	b	3753991	b	0,44325	b
T11	6263667	a	270989,25	a	851337,8	a	6263667	a	0,93975	a
T12	3187542	c	132095,25	b	414989,2	b	3187542	c	0,43025	b
T13	5879739	a	242769,25	a	762681,5	a	5879739	a	0,79	a

<sup>1</sup>Valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 10%;

<sup>2</sup>Comprimento total das raízes (mm); área projetada das raízes (mm<sup>2</sup>); área superficial das raízes (mm<sup>2</sup>); razão comprimento/volume; volume radicular (mm<sup>3</sup>).

Os tratamentos que apresentaram melhor desempenho no experimento conduzido com *Rhizoctonia solani* para a promoção do crescimento radicular foram T2; T3; T4; T5; T6; T11 e T13, sendo classificados nos grupos de médias estatisticamente superiores, para os cinco parâmetros acima apresentados (tabela 3). Ou seja, como nenhum dos tratamentos foi melhor do que o T11 (formulação sem ingrediente ativo), para nenhum dos parâmetros avaliados, não se pode atribuir qualquer incremento no crescimento radicular aos tratamentos com *Trichoderma harzianum* aplicados, nem mesmo aos tratamentos padrão T12 e T13 (já disponíveis no mercado). O fato de o tratamento T11 ter proporcionado resultados melhores que

o T10, mostra que houve uma influência dos componentes da formulação (sem o ingrediente ativo) sobre o crescimento radicular.

Quanto a recuperação de propágulos de *T. harzianum* nas sementes tratadas foram observados os dados apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Recuperação de conídios de *Trichoderma harzianum* de sementes de soja após tratamento com diferentes concentrações e doses por kg de semente.

<b>Tratamento</b>	<b>Concentração esperada</b>	<b>Concentração recuperada</b>	<b>Recuperação</b>
T1	6,45E+08	3,38E+08	52,46%
T2	1,29E+09	6,66E+08	51,66%
T3	2,58E+09	1,32E+09	51,18%
T4	9,60E+08	4,97E+08	51,81%
T5	1,92E+09	9,84E+08	51,27%
T6	3,84E+09	1,96E+09	51,05%
T7	2,13E+09	1,13E+09	53,07%
T8	4,25E+09	2,26E+09	53,18%
T9	8,50E+09	4,50E+09	52,95%

Observa-se que as perdas em todos os tratamentos foram de mesma proporção, com perda média de 47,97%, não sendo este um fator que favoreceu ou desfavoreceu um tratamento ou outro.

Analisando os dados de germinação e promoção do crescimento de ambos os experimentos, temos o tratamento 6 apresentando desempenho superior em todos os parâmetros avaliados no experimento conduzido com *F. oxysporum*, sendo sempre classificado no grupo das médias estatisticamente superiores.

A aplicação de *T. harzianum* nas sementes estimulou o crescimento radicular independentemente da concentração e dose aplicada. Assim, combinações de dose e concentração mais baixas, como 0,5 ml.kg<sup>-1</sup> contendo 3% de ativo já são suficientes para estimular o crescimento radicular. Para germinação, no entanto, o efeito de concentração e dose foi observado, sendo mais vantajoso o uso de uma concentração intermediária (6%) e dose maior (2,0 ml.kg<sup>-1</sup> de sementes).

Já o experimento conduzido com *R. solani* não apresentou resultados conclusivos para discriminar tratamentos, apesar da germinação ter variado entre 46 e 84% (Figura 2). Como a ação protetiva de *T. harzianum* frente a *R. solani* já foi amplamente documentada na literatura (ELAD et al., 1980; MONTEALEGRE et al.,

2010; HUANG et al., 2011), é possível que neste experimento essa interação não tenha sido observada devido a fatores não controlados.

Apesar de o tratamento 6 (que se mostrou promissor no ambiente com *Fusarium oxysporum*, não diferir da testemunha comercial no experimento em solo infestado com *Rhizoctonia solani*, ainda assim esteve entre os tratamentos com maiores médias. Importante observar isso, pois a ocorrência de mais de um patógeno é comum nos solos, e o tratamento 6, se não contribuiu para a germinação e crescimento radicular no ambiente infestado com *R. solani*, pelo menos não foi prejudicial.

#### **4 CONCLUSÕES**

A aplicação de 2 ml.kg<sup>-1</sup> de formulação contendo 6% de ingrediente ativo foi a que proporcionou melhores resultados no experimento conduzido com *F. oxysporum*, sendo uma combinação interessante para utilização em ensaios de maior escala.

A cepa de *R. solani* e/ou a metodologia utilizada não gerou resultados suficientes para discriminar estatisticamente os diferentes tratamentos aqui testados.

#### **5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Com base nos resultados obtidos nos experimentos aqui relatados, recomenda-se avaliar o tratamento 6 (2 ml.kg<sup>-1</sup> de formulação contendo 6% de ingrediente ativo) para estímulo da germinação e crescimento de soja em solo infestado por *Fusarium oxysporum* em ensaios de campo, com maior número de repetições, comparando com benchmarks químicos e biológicos, e até mesmo combinações entre estes, o que é usual no mercado, a depender da compatibilidade. A avaliação da eficiência de *Trichoderma harzianum* na germinação e crescimento de soja em solo infestado com *Rhizoctonia solani* pode ser avaliada com concentrações e doses do agente de controle biológico diferentes das estudadas neste trabalho, a fim de ampliar o conhecimento sobre essa interação patógeno/antagonista. Sugere-se também avaliar a redução da incidência das doenças provocadas por patógenos de solo com o mesmo tratamento.

## 6 REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitosanitários, Ministerio de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brazil. 2023.
- ALFANO, G., IVEY, M. L. L., CAKIR, C., BOS, J. I. B., MILLER, S. A., MADDEN, L. V., KAMOUN, S., AND HOITINK, H. A. J. 2007. Systemic modulation of gene expression in tomato by *Trichoderma hamatum* 382. *Phytopathology* 97:429-437.
- AMORIM, Lilian et al. Manual de fitopatologia. 2016.
- BAE, H., SICHER, R. C., KIM, M. S., KIM, S.-H., STREM, M. D., MELNICK, R. L., and BAILEY, B. A. 2009. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *J. Exp. Bot.* 60:3279-3295.
- BAUDET, L.; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. *Revista SEED News*, ano XI, n.5, 2007. Disponível em: Acesso em: 20 de out. 2020.
- BJORKMAN, T., BLANCHARD, L. M., and HARMAN, G. E. 1998. Growth enhancement of shrunken-2 (sh2) sweet corn by *Trichoderma harzianum*1295-22: Effect of environmental stress. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123:35-40.
- BRUINSMA, MATEUS SCHNEIDER. Desempenho agrônômico da soja: influência da velocidade de semeadura e do tratamento químico e biológico das sementes. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.
- DA SILVA, JOSÉ VINÍCIUS BEZERRA et al. Controle de patógenos em sementes de algodão com o uso de *Trichoderma harzianum*. *Nativa*, v. 10, n. 2, p. 204-210, 2022.
- ELAD, Y. et al. *Trichoderma harzianum*: A biocontrol agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, v. 70, n. 2, p. 119-121, 1980.
- FERREIRA, Eric B. et al. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. *Applied Mathematics*, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014.
- GAMALERO, G., ERTA, G., AND GLICK, B. R. 2009. *The Use of Microorganisms to Facilitate the Growth of Plants in Saline Soils*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.

- GROMANN, IGOR JONATAN. Microrganismos eficientes no tratamento de sementes de milho. 2022.
- GROSCH, Rita; SCHERWINSKI, Katja; LOTTMANN, Jana; BERG, Gabriele. Fungal antagonists of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*: selection, control efficacy and influence on the indigenous microbial community. **Mycological Research**, v. 110, n. 12, p. 1464–1474, 2006.
- HARMAN, G. E., HOWELL, C. R., VITERBO, A., CHET, I., and LORITO, M. 2004. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2:43-56.
- HARMAN, G. E., and SHORESH, M. 2007. The mechanisms and applications of symbiotic opportunistic plant symbionts. Pages 131-155 in: *Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management*. M. Vurro and J. Gressel, eds. Springer, Amsterdam.
- HUANG, Xinqi et al. Trichoderma harzianum strain SQR-T37 and its bio-organic fertilizer could control Rhizoctonia solani damping-off disease in cucumber seedlings mainly by the mycoparasitism. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 91, p. 741-755, 2011.
- MCNEW, G.L. The nature, origin, and evolution of parasitism. In: Horsfal, J.G.; Dimond, A.E.(Eds). *Plant pathology*. New York: Academic Press, 1960. v. 2, p. 20-66.
- MONTEALEGRE, Jaime et al. Biological control of Rhizoctonia solani in tomatoes with Trichoderma harzianum mutants. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 13, n. 2, p. 1-2, 2010.
- PERVEEN, Kahkashan; BOKHARI, Najat A. Antagonistic activity of Trichoderma harzianum and Trichoderma viride isolated from soil of date palm field against Fusarium oxysporum. *African Journal of Microbiology Research*, v. 6, n. 13, p. 3348-3353, 2012.
- ROESE, Alexandre D.; RIBEIRO JUNIOR, Paulo Justiniano; PORFÍRIO-DASILVA, Vanderley; MAY DE MIO, Louise Larissa. Agrosilvopastoral system enhances suppressiveness to soybean damping-off caused by Rhizoctonia solani and alters Fusarium and Trichoderma population density. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 35075, 2018.

- SALWAN, RICHA; RIALCH, NIDHI; SHARMA, VIVEK. Bioactive volatile metabolites of *Trichoderma*: An overview. *Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms: Discovery and Applications*, p. 87-111, 2019.
- SIVAN, A.; CHET, I. Biological control of *Fusarium* spp. in cotton, wheat and muskmelon by *Trichoderma harzianum*. *Journal of Phytopathology*, v. 116, n. 1, p. 39-47, 1986.
- SUNDARAMOORTHY, S.; BALABASKAR, P. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* spp. against wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, v. 1, n. 3, p. 036-040, 2013.