

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

TATIANA KUCIAK

**PATOGENICIDADE DE *Fusarium graminearum* EM SEMENTES DE
CULTIVARES DE SOJA**

ERECHIM - RS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

TATIANA KUCIAK

**PATOGENICIDADE DE *Fusarium graminearum* EM SEMENTES DE
CULTIVARES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul – Campus Erechim, como parte das
exigências para obtenção do grau de Bacharel em
Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Paola Mendes Milanesi

ERECHIM - RS

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Kuciak, Tatiana
PATOGENICIDADE DE *Fusarium graminearum* EM SEMENTES DE
CULTIVARES DE SOJA / Tatiana Kuciak. -- 2024.
38 f.

Orientadora: Paola Mendes Milanesi

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim, RS, 2024.

I. Milanesi, Paola Mendes, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

TATIANA KUCIAK

**PATOGENICIDADE DE *Fusarium graminearum* EM SEMENTES DE
CULTIVARES DE SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de
graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Paola Mendes Milanesi - UFFS

Profa. Dra. Sandra Maria Maziero - UFFS

Prof. Dr. Hugo von Linsingen Piazzetta - UFFS

Erechim/RS, 2024

AGRADECIMENTOS

A graduação em Agronomia, foi apenas uma escolha minha, mas que virou um sonho, e como todo sonho que se torna realidade, não foi sonhado sozinho. Algumas pessoas embarcaram comigo nesta jornada e não seria justo deixar de agradecer a elas!

Aos meus pais, palavras nunca seriam o suficiente para agradecê-los, mas me arriscarei: obrigado por me mostrarem, desde cedo, o valor de ter caráter, por me mostrarem o valor do trabalho, do amor, das pequenas conquistas, da felicidade, da simplicidade. Sou quem sou, graças a vocês.

Agradeço a minha pequena irmã Milena, por ter sido meu xodó. Sem ela a vida não teria tanto amor e alegria.

Aos meus avós, que mesmo não possuindo qualquer formação, sempre me incentivaram a estudar. Um agradecimento especial a Dona Iria, minha avó, faz-se necessário. Obrigada pelas horas de conversa a fio sobre a vida, foi uma honra ter vivido com a senhora por um curto período de anos.

Aos meus amigos, vocês são poucos e únicos. Vocês são graça na vida e porto seguro. Obrigado pela amizade de cada um, sei que vocês comemoram esse momento tanto quanto eu.

Aos meus mestres, presentes durante minha trajetória acadêmica. Sou grata a todos os quais foram igualmente importantes para o meu amadurecimento como pessoa e como estudante.

A mim. Por ter passado horas estudando, e muitas outras horas divididas entre laboratório, área experimental e casa de vegetação. Sem dúvidas o esforço, curiosidade, dedicação e coragem me trouxeram até aqui. Sou muito feliz com tudo que vivi e aprendi ao longo destes anos.

PATOGENICIDADE DE *Fusarium graminearum* EM SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA

RESUMO

A soja sofre com a incidência de diversas doenças fúngicas, o que pode ocorrer desde a fase de plântula, quando a presença de *Fusarium graminearum* afeta plântulas em pré-emergência levando a baixa produtividade. A falta de rotação de culturas e o sistema de plantio direto na palha favorecem a sobrevivência do patógeno. Teve-se como objetivo avaliar a patogenicidade de um isolado de *Fusarium graminearum* obtido de trigo, inoculado em sementes de 16 cultivares de soja, observando se há diferentes efeitos no grau de patogenicidade em cada cultivar. O experimento foi conduzido na UFFS - Campus Erechim, em delineamento experimental inteiramente casualizado (testes conduzidos em laboratório) e de blocos ao acaso (teste em casa de vegetação), cotendo: T1) SEM inoculação de *Fusarium graminearum*; e T2) COM inoculação do patógeno. Foram avaliados: *i*) germinação (%); *ii*) comprimento de plântula (cm); *iii*) incidência de *Fusarium graminearum*; e *iv*) emergência de plântulas a campo. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e quando significativa teste de médias. Observou-se que *Fusarium graminearum* causa danos em germinação, comprimento e emergência de plântulas, após inoculação em sementes, em todas as cultivares de soja avaliadas. A cultivar DM 57i52IPRO e BMX Garra IPRO, mesmo com sementes inoculadas com o patógeno, apresenta maior comprimento de plântula (11,3 cm) demonstrando que a cultivar é menos suscetível ao patógeno. A época de semeadura indica que a temperatura interfere na infecção das plântulas pelo patógeno e, a depender desta, há diferença na emergência de plântulas de soja quando há inoculação das sementes com *Fusarium graminearum*.

Palavras-chave: *Glycine max* [L.] Merrill; *damping off*; dano; pré-emergência.

PATHOGENICITY OF *Fusarium graminearum* IN SOYBEAN SEEDS CULTIVARS

ABSTRACT

Soybeans suffer from the incidence of several fungal diseases, which can occur from the seedling stage, when the presence of *Fusarium graminearum* affects pre-emergence seedlings, leading to low productivity. The lack of crop rotation and the direct planting system in straw favor the survival of the pathogen. The objective was to evaluate the pathogenicity of an isolate of *Fusarium graminearum* obtained from wheat, inoculated into seeds of 16 soybean cultivars, observing whether there are different effects on the degree of pathogenicity in each cultivar. The experiment was conducted at UFFS - Campus Erechim, in a completely randomized experimental design (tests conducted in the laboratory) and randomized blocks (test in a greenhouse), comprising: T1) WITHOUT *Fusarium graminearum* inoculation; and T2) WITH pathogen inoculation. The following were evaluated: i) germination (%); ii) seedling length (cm); iii) incidence of *Fusarium graminearum*; and iv) seedling emergence in the field. The data obtained were subjected to analysis of variance, and when significant, test of means. It was observed that *Fusarium graminearum* causes damage to germination, length and emergence of seedlings, after inoculation into seeds, in all soybean cultivars evaluated. The DM 57i52IPRO and BMX Garra IPRO cultivar, even with seeds inoculated with the pathogen, has a longer seedling length (11.3 cm), demonstrating that the cultivar is less susceptible to the pathogen. The sowing time indicates that the temperature interferes with the infection of the seedlings by the pathogen and, depending on this, there is a difference in the emergence of soybean seedlings when the seeds are inoculated with *Fusarium graminearum*.

Keywords: *Glycine max* [L.] Merrill; damping off; damage; pre-emergence.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das cultivares de soja (grupo de maturação, hábito de crescimento e local de coleta) utilizadas no presente estudo.....	13
Tabela 2 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) e classe de vigor de sementes de soja de diferentes cultivares não inoculadas com <i>Fusarium graminearum</i>	19
Tabela 3 - Germinação (%) de sementes de soja de diferentes cultivares, com e sem inoculação de <i>Fusarium graminearum</i>	23
Tabela 4 - Incidência (%) de <i>Fusarium graminearum</i> em sementes de soja de diferentes cultivares submetidas à inoculação com o patógeno.	26
Tabela 5 - Emergência (%) de plântulas de soja em diferentes cultivares, com e sem inoculação de <i>Fusarium graminearum</i> , em teste realizado durante dezembro/2023 e fevereiro/2024 (época 1).	28
Tabela 6 - Emergência (%) de plântulas de soja em diferentes cultivares, com e sem inoculação de <i>Fusarium graminearum</i> , em teste realizado durante maio/2024 (época 2).	29

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Dados meteorológicos obtidos da estação meteorológica da UFFS durante o período experimental de dezembro/2023 a fevereiro/2024.....	17
Figura 2 - Dados meteorológicos obtidos da estação meteorológica da UFFS durante o período experimental de maio/2024.....	18
Figura 3 - Incidência (%) de fungos em sementes de soja utilizadas no estudo.....	20
Figura 4 - Carga fúngica (%) presente nas sementes das cultivares de soja utilizadas no estudo.	21
Figura 5 - Médias para comprimento de plântulas (cm) oriundas de sementes de cultivares de soja quando expostas ao patógeno <i>Fusarium graminearum</i> pelo método de restrição hídrica em meio de cultura BDA suplementado com o restritor manitol.	24
Figura 6 - Comprimento (cm) de plântulas de soja após inoculação de sementes por <i>Fusarium graminearum</i> nas cultivares: (A) M 5710 I2X, (B) TMG 7062 IPRO, (C) BMX Vênus CE, (D) BMX Ativa RR, (E) C2530 RR, (F) DM 59i58 IPRO, (G) M 5892 IPRO, (H) 95R40 IPRO, (I) BMX Delta IPRO, (J) NEO 580 IPRO, (K) BMX Cromo TF IPRO, (L) BMX Garra IPRO, (M) 57HO123 TP IPRO, (N) DM 57i52 IPRO, (O) BMX Zeus IPRO, (P) M 5838 IPRO.....	25

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
2.MATERIAL E MÉTODOS	13
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICE A - Primeira contagem do teste de germinação após o contato direto de sementes de soja com <i>Fusarium graminearum</i> em diferentes tempos de incubação 2 (A), 3 (B), 6 (C), 9 (D), 12 (E) e 24 horas (F).....	37
APÊNDICE B – Patógenos observados em sementes de soja. A) <i>Penicillium</i> spp., B) <i>Aspergillus</i> spp., C) <i>Alternaria</i> spp., D) <i>Rhizopus</i> spp., E) <i>Fusarium</i> spp., F) <i>Colletotrichum</i> spp., G) <i>Cladosporium</i> spp., H) <i>Cercospora</i> spp., I) <i>Phomopsis</i> spp.	38

1.INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é uma das culturas agrícolas de maior importância mundial, pois é fonte de óleo e proteína (FAO, 2023). Porém, essa cultura é prejudicada pela susceptibilidade a doenças fúngicas, que impactam desde o seu estabelecimento, interferindo no aumento de plântulas mortas ou com estatura reduzida (REIS et al., 2014).

O fungo *Fusarium graminearum*, importante patógeno nas culturas de inverno, em que é o agente causal da giberela, infecta os grãos e isso provoca redução no rendimento e na produtividade (DANELLI et al., 2017). Além disso, o *F. graminearum* é considerado necrotrófico pois, sobrevive em restos culturais onde o inóculo é mantido na entressafra, podendo modificar a germinação das culturas em sucessão, aumentando a incidência de infecção por este patógeno (REIS; CASA, 2016).

Na região produtora do grão, localizada ao Sul do Brasil, é comum os produtores cultivarem trigo ou cevada durante o inverno e, nos mesmos talhões, soja durante o verão. Outro fator que proporciona aumento no inóculo do patógeno é o cultivo de milho nessas áreas, visto que *Fusarium graminearum* é agente causal de podridão da espiga.

Como em muitas áreas a rotação de culturas não é praticada, o que se caracteriza é uma sucessão de cultivos; além das mesmas culturas serem cultivadas sob sistema de plantio direto na palha que favorece a sobrevivência de patógenos necrotróficos, a presença de inóculo do fungo viabiliza o *fitness* do patógeno entre as culturas implantadas no local (CHIOTTA et al., 2016).

O *fitness* do patógeno refere-se à capacidade do patógeno de infectar e se reproduzir com sucesso nas plantas hospedeiras, impactando o desenvolvimento e a propagação da doença. Esta aptidão do patógeno é influenciada por vários fatores, como agressividade, dispersão espacial e ativação de mecanismos de defesa nas plantas (MENGARELLI et al., 2021; FONTYN et al., 2023).

Além disso, os patógenos exibem comportamentos distintos e se adaptam aos hospedeiros, com os principais determinantes de *fitness* identificados através de triagens genômicas, destacando a importância de genes específicos na adaptação e virulência dos patógenos durante os estágios de infecção (MIKABERIDZE et al., 2014). A

mensuração do *fitness* do patógeno é essencial para compreender a dinâmica das doenças das plantas e desenvolver estratégias eficazes de manejo.

Desta forma, apesar de comumente incidir em cereais de inverno e em milho, *F. graminearum* pode infectar a soja, na qual vem sendo identificado como associado a tombamento de plântulas em pré-emergência, além de causar sintomas como apodrecimento de vagens e de sementes, podridão de raízes, bem como as sementes infectadas podem gerar plântulas fracas (ELLIS et al., 2011; BARROS et al., 2014; CHIOTTA et al., 2016).

Podridão de vagens e redução de peso dos grãos são danos associados a incidência do patógeno em soja (CHIOTTA et al., 2016). Em feijão, denotou-se que *Fusarium graminearum* apresentou agressividade sobre as plântulas, pois afeta a germinação, causando *damping off* em pré-emergência que implica no apodrecimento das espigas o que, conseqüentemente, prejudica o estabelecimento da cultura (DIVENSI et al., 2019).

Contudo, estudos que demonstrem essa relação em cultivares de soja utilizadas na região de Erechim-RS, ainda são incipientes e carecem atenção, visto a ampla área cultivada com trigo no inverno e que, em seguida, dá lugar ao cultivo de soja nos meses de verão.

Pelo exposto, o presente trabalho se justifica pela importância que o cultivo da soja assume no panorama agrícola nacional e, também, pela necessidade e carência de pesquisas relacionadas com *Fusarium graminearum* associado a podridão de sementes nessa cultura. Há estudos sobre essa temática já publicados por pesquisadores argentinos (BARROS et al., 2014) e norte-americanos (ELLIS et al., 2011; BREUNIG; CHILVERS, 2021), entretanto, no Brasil os estudos sobre esse assunto ainda são escassos (MARTINELLI et al., 2004).

Portanto, dada a importância da cultura da soja na região Sul do Brasil, teve-se como objetivo avaliar a patogenicidade de um isolado de *Fusarium graminearum* obtido de trigo, inoculado em sementes de cultivares de soja, observando se há diferentes efeitos no grau de patogenicidade em cada cultivar.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação, ambos localizados na Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim (RS), entre agosto de 2023 e junho de 2024.

2.1 Caracterização das sementes

As sementes de soja utilizadas estavam sem tratamento de sementes e foram obtidas junto a produtores da região no período de julho a agosto de 2023 (Tabela 1). Foram avaliadas 16 cultivares de soja, escolhidas conforme maior frequência de utilização na região de Erechim - RS.

Tabela 1. Descrição das cultivares de soja (grupo de maturação, hábito de crescimento e local de coleta) utilizadas no presente estudo.

Cultivar	Grupo de Maturação	Hábito de Crescimento	Local de Coleta
BMX Garra IPRO	6.3	Indeterminado	Erechim- RS
BMX Ativa RR	5.6	Determinado	Erechim- RS
BMX Delta IPRO	5.9	Indeterminado	Barão de Cotegipe - RS
95R40iPRO	5.4	Indeterminado	Barão de Cotegipe - RS
M 5892 IPRO	5.8	Semideterminado	Quatro Irmãos - RS
57HO123 TF IPRO	5.7	Indeterminado	Barão de Cotegipe - RS
BMX Venus CE	5.7	Indeterminado	Erechim- RS
M 5710 I2X	5.8	Indeterminado	Quatro Irmãos - RS
NEO 580 IPRO	5.9	Indeterminado	Jacutinga - RS
TMG 7062 IPRO	6.2	Semideterminado	Maximiniano de Almeida - RS
DM 57i52 IPRO	5.7	Indeterminado	Erechim- RS
C2530RR	5.4	Indeterminado	Barracão - RS
BMX Cromo TF IPRO	5.6	Indeterminado	Maximiniano de Almeida - RS
M 5838 IPRO	5.8	Indeterminado	Quatro Irmãos - RS
BMX Zeus IPRO	5.5	Indeterminado	Maximiniano de Almeida - RS
DM 59i58 IPRO	5.8	Indeterminado	Maximiniano de Almeida - RS

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para a caracterização fisiológica e sanitária das sementes de soja utilizadas no presente estudo, determinou-se:

i) *Teor de água (%)*: quatro amostras de sementes foram colocadas em estufa a 105 ± 3 °C durante 24 h e, após a secagem, os recipientes foram colocados em dessecador até esfriar, para que se pudesse realizar a pesagem de cada amostra em balança analítica de precisão (BRASIL, 2009a). A média do teor de água nas amostras foi de 12,27% (dados não mostrados).

ii) *Condutividade elétrica*: realizada com oito repetições de 25 sementes cada. As amostras de cada repetição foram pesadas e colocadas em béqueres contendo 25 mL de água deionizada. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em câmara incubadora a 20 °C e ausência de fotoperíodo, durante 24 h. A condutividade elétrica da solução foi medida com o auxílio de um condutivímetro digital, devidamente calibrado. Os valores obtidos foram divididos pelos respectivos pesos das amostras de sementes (g) e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes (FERREIRA et al., 2016).

iii) *Teste de germinação*: conduzido com oito repetições de 25 sementes, totalizando 200 sementes (BRASIL, 2009a). O teste foi realizado em papel *Germitest*[®], umedecido com água destilada em 2,5 vezes o seu peso seco. Após a semeadura, foram confeccionados rolos, os quais permaneceram dispostos em incubadora a 25 °C, com fotoperíodo de 12 h. As avaliações ocorreram por meio de contagens aos 5 e 8 dias após semeadura. Na primeira contagem foram contabilizadas todas as sementes germinadas e que originara plântulas normais. Na segunda contagem, as plântulas classificaram-se em normais, anormais e sementes não germinadas (duras e mortas). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

iv) *Teste de sanidade*: realizada a partir de oito repetições de 25 sementes, totalizando uma amostra de 200 sementes (BRASIL, 2009b). O teste foi conduzido pelo método de “*blotter test*” sem congelamento, com solução do herbicida 2,4-D (2,5 ppm) como inibidor de germinação. As sementes foram distribuídas em caixas “gerbox”, contendo duas folhas de papel mata-borrão e incubadas a 25 °C e fotoperíodo de 12 h, por 5 dias. As sementes foram analisadas com o auxílio de microscópio estereoscópico e ótico, determinando-se o percentual (%) de incidência de fungos em sementes de soja, identificados conforme bibliografia especializada (BARNETT; HUNTER, 1999; BRASIL, 2009b).

2.2 Metodologia para inoculação de *Fusarium graminearum*

O isolado de *Fusarium graminearum* utilizado foi obtido de semente de trigo com sintomas de giberela e pertence a coleção do Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim. O isolado já foi submetido anteriormente ao sequenciamento do rDNA, nas regiões β -tubulina e RPB2 (DIVENSI et al., 2019), confirmando a identificação do mesmo como *Fusarium graminearum*.

Para evitar que outros fungos provenientes do campo ou de armazenamento interfiram nos tratamentos, as sementes de soja foram desinfestadas. Para isso, procedeu-se a assepsia das sementes, em câmara de fluxo laminar, usando-se hipoclorito de sódio 1% por 30 segundos e, três lavagens sucessivas com água destilada esterilizada por 1 minuto cada, deixando-as secar sobre papel toalha em temperatura ambiente por 24 h (ORDOÑEZ, 2016).

Em seguida foi realizada a inoculação das sementes de soja com *Fusarium graminearum*. A técnica utilizada foi a de contato direto entre as sementes e o patógeno, com o restritor hídrico manitol, visando a inibição de germinação (COUTINHO et al., 2001; CRUCIOL; COSTA, 2017). O patógeno foi cultivado em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), aos quais adicionou-se o manitol ($C_6H_{14}O_6$) a fim de assegurar um potencial hídrico de -1,0 Mpa (74,71 g de manitol L^{-1} BDA) (COUTINHO et al., 2001).

Logo após, foram transferidos discos contendo micélio e conídios de *Fusarium graminearum* para as placas de Petri com o meio, e estas foram acondicionadas em incubadora a 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h, por 7 dias, quando o patógeno completou o seu crescimento micelial por toda a placa.

A fim de se determinar qual é o melhor tempo de exposição das sementes de soja ao patógeno, foram cultivadas quatro placas de Petri, contendo meio de cultura BDA acrescido de manitol (-1,0 Mpa), sobre os quais foram depositadas sementes de cada cultivar de soja, previamente assepsiadas, e mantidas em diferentes tempos de exposição (2, 3, 6, 9, 12 e 24 h). Estas placas foram incubadas a 25 °C e fotoperíodo de 12 h durante cada um dos tempos de exposição acima descritos. Após este contato direto, as sementes foram removidas e deixadas para secar em temperatura ambiente sobre papel toalha durante 24 h (CRUCIOL; COSTA, 2017).

As sementes de soja foram, em seguida, submetidas ao teste de germinação, de acordo com o descrito anteriormente, a fim de verificar qual o melhor tempo de

exposição para a inoculação das mesmas com *Fusarium graminearum*, em que o percentual de germinação fosse mantido. Assim, foi considerado como melhor tempo de exposição aquele capaz de assegurar o percentual germinativo das sementes maior ou igual a 80% (TORTELLI et al., 2020).

2.3 Patogenicidade de *Fusarium graminearum*

As sementes das 16 cultivares de soja (sem tratamento de sementes) - citadas na Tabela 1, foram submetidas a: T1) SEM inoculação de *Fusarium graminearum*; e T2) COM inoculação do patógeno. Logo, tratou-se de um experimento fatorial 16 x 2 (*cultivares x inoculação*). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (testes conduzidos em laboratório) e de blocos ao acaso (teste em casa de vegetação). Em ambos os casos foram utilizadas quatro repetições por tratamento.

Após serem retiradas do contato direto, as sementes permaneceram em temperatura ambiente para secagem durante 24 h, quando então foram submetidas aos testes de:

- *Germinação (%)*: conforme descrito previamente.

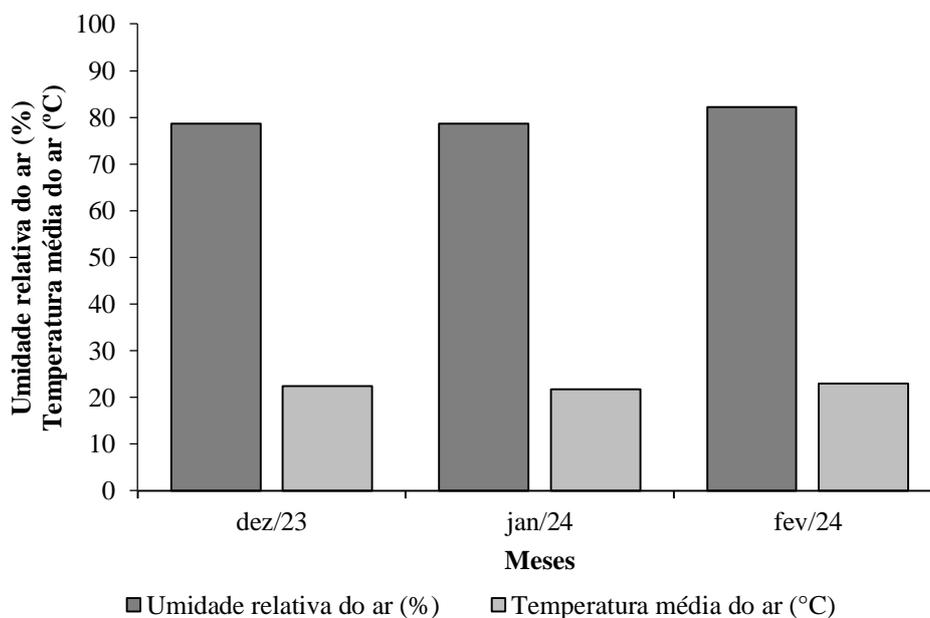
- *Comprimento de plântulas*: determinado a partir de dez repetições contendo 10 sementes de soja, para cada cultivar. As sementes foram semeadas horizontalmente, no terço superior do papel tipo *Germitest*[®] previamente umedecido com água destilada, em 2,5 vezes o seu peso seco. Na semeadura, tomou-se o cuidado para que a micrópila seja posicionada na parte inferior do papel. Após, foram confeccionados rolos que permaneceram, verticalmente, em incubadora a 25 °C, com fotoperíodo de 12 h, por 7 dias. As avaliações ocorreram através da medida de raiz primária e hipocótilo em todas as plântulas formadas e a medição foi realizada com uma régua graduada em centímetros (cm) (VANZOLINI et al., 2007).

- *Incidência de *Fusarium graminearum**: realizada a partir de oito repetições de 25 sementes, totalizando uma amostra de 200 sementes (BRASIL, 2009b). O teste foi conduzido pelo método de “*blotter test*” sem congelamento, utilizando o manitol como inibidor de germinação. As sementes foram distribuídas em caixas gerbox, contendo duas folhas de papel mata-borrão e incubadas a 25 °C e fotoperíodo de 12 h, por 5 dias. As sementes foram analisadas com o auxílio de microscópio estereoscópico e ótico, determinando-se o percentual (%) de incidência do patógeno.

- *Emergência de plântulas*: realizado em casa de vegetação com irrigação por aspersão controlada e acionada 3 vezes/dia com duração de 3 minutos cada. As sementes inoculadas ou não com o *Fusarium graminearum* foram semeadas em copos plásticos (300 mL), contendo perfurações no fundo, em quatro repetições, com 50 sementes cada. Este experimento foi conduzido em duas épocas, sendo: época 1 (E1) entre dezembro/2023 e fevereiro/2024; e época 2 (E2) em maio/2024. Foram contabilizadas as plântulas normais emergidas, ou seja, aquelas que apresentarem cotilédones totalmente expandidos acima da superfície do solo, hipocótilo e plúmula evidentes. Foi realizada contagem diária até o 15º dia após a semeadura (NAKAGAWA, 1994; WENDT et al., 2017) e os dados foram expressos em porcentagem (%) de plântulas emergidas por tratamento.

Na figura 1 estão representadas as condições meteorológicas no período de dezembro/2023 a fevereiro/2024 (época 1), levando em consideração as médias de temperatura e umidade relativa do ar.

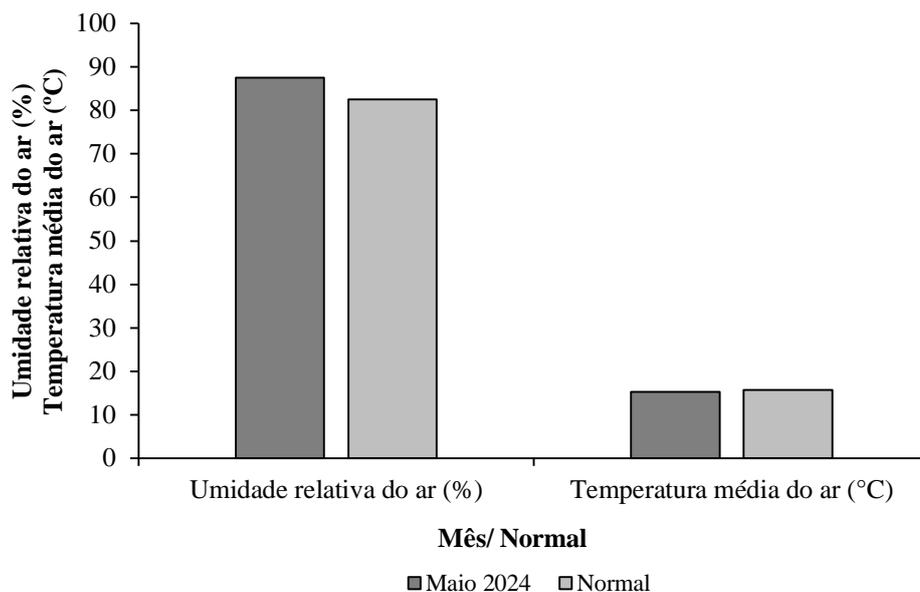
Figura 1- Dados meteorológicos de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) obtidos da estação meteorológica da UFFS - Campus Erechim (RS) durante o período experimental de dezembro/2023 a fevereiro/2024.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Enquanto na figura 2, constam informações meteorológicas do período de maio/2024 (época 2) levando em consideração as médias de temperatura e umidade relativa do ar.

Figura 2 - Dados meteorológicos de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) obtidos na estação meteorológica da UFFS - Campus Erechim (RS) obtidos da estação meteorológica da UFFS durante o período experimental de maio/2024.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo Teste F ($p \leq 0,05$) e, quando significativas, as médias para inoculação foram comparadas pelo Teste t-LSD ($p \leq 0,05$) e, para as cultivares, pelo Teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico SISVAR (versão 5.6) (FERREIRA, 2011).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho foi compreendido por duas fases, sendo uma para o potencial fisiológico e sanitário dos lotes de sementes de soja e outra visando analisar a patogenicidade de *Fusarium graminearum*, após inoculação das sementes.

3.1 Potencial fisiológico e sanitário dos lotes de sementes de soja

Em relação a condutividade elétrica das sementes de soja, os resultados diferiram estatisticamente, indicando que as sementes utilizadas apresentavam diferentes classes de vigor (Tabela 2).

Tabela 2 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e classes de vigor de sementes de soja de diferentes cultivares não inoculadas com *Fusarium graminearum*.

Cultivar	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	Classes de Vigor
M 5838 IPRO	110 a	Médio
BMX Zeus IPRO	168 b	Baixo
TMG 7062 IPRO	76 a	Alto
C2530 RR	117 a	Baixo
BMX Cromo TF IPRO	122 a	Baixo
95R40 IPRO	118 a	Baixo
57HO123 TP IPRO	160 b	Baixo
M 5710 I2X	132 a	Baixo
BMX Delta IPRO	230 c	Baixo
DM 59i58 IPRO	91 a	Médio
BMX Ativa RR	126 a	Baixo
NEO 580 IPRO	119 a	Baixo
DM 57i52 IPRO	136 a	Baixo
BMX Vênus CE	138 a	Baixo
BMX Garra IPRO	89 a	Alto
M 5892 IPRO	136 a	Baixo
Média Geral	129	
C.V. (%) ²	34,04	

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ²Coefficiente de variação.

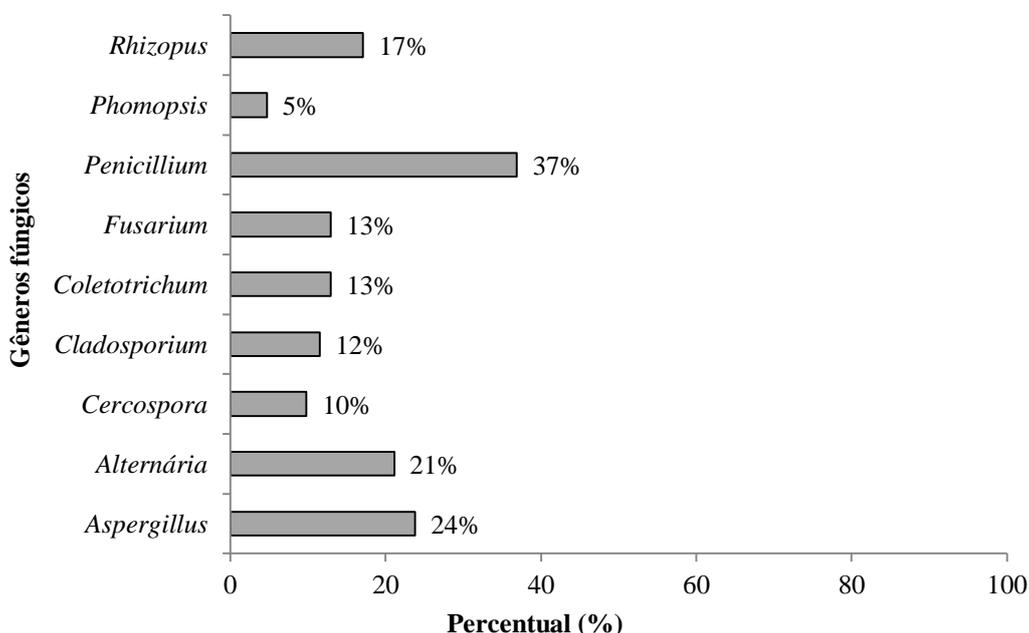
As cultivares TMG 7062 IPRO, BMX Garra IPRO, M 5838 IPRO, C2530RR, 95R40 IPRO, NEO 580 IPRO, BMX Cromo TF IPRO, BMX Ativa RR, M 57510 I2X, DM 57i52 IPRO e BMX Venus CE, demonstraram os menores valores de

condutividade elétrica, entre 76 a 138 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Para 57HO123 TP IPRO e BMX Zeus IPRO os valores foram intermediários, 160 e 168 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. No entanto, para a cultivar BMX Delta IPRO, verificou-se o valor de 230 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, superior as demais.

De acordo com Prado (2018), os valores de condutividade podem ser divididos em níveis de vigor. Estes variam entre CE < 70 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, muito alto; CE entre 71 a 90 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, alto; CE entre 91 a 110 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, médio; e CE > 111 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, baixo vigor (Tabela 2). Assim, quanto maiores os valores de condutividade elétrica, menor o vigor das sementes, deixando-as mais suscetíveis a infecção por patógenos (PERUZZO et al., 2015).

Na avaliação de sanidade das sementes de soja (Figura 3), foram identificados patógenos em maior número como *Penicillium* spp. (37%) e *Aspergillus* spp. (24), tidos comumente como fungos de armazenagem. Além de *Alternaria* spp. (21%) e *Rhizopus* spp. (17%) que são considerados fungos contaminantes de amostras (HENNING, 2015).

Figura 3 – Médias de incidência (%) de fungos presentes nas sementes de soja utilizadas no estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

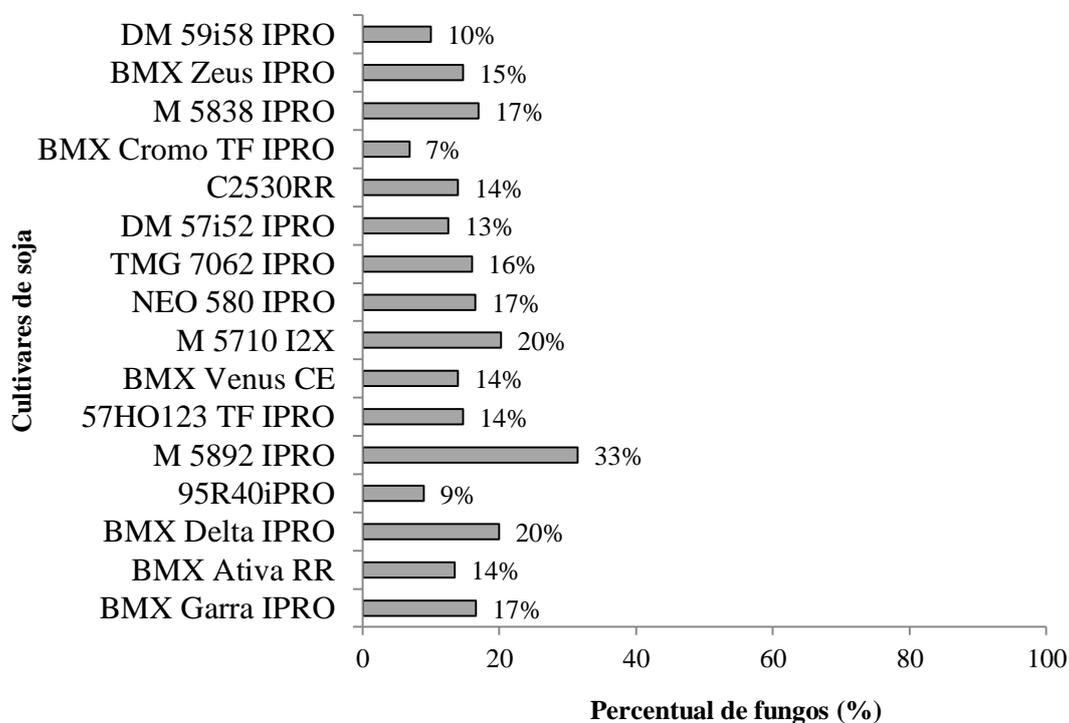
Em menores porcentagens observou-se *Fusarium* spp. (13%), *Coletotrichum* spp. (13%), *Cladosporium* spp. (12%), *Cercospora* spp. (10%) e *Phomopsis* spp. (5%).

No estudo de Wesp Guterres (2018), uma população de fungos similar a obtida no presente trabalho, estava presente em lotes de sementes de soja, além disso, mais de 70% dos lotes apresentavam *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. e *Cercospora* spp., associados às sementes.

Nesse contexto, a prevalência desses patógenos está associada aos danos à integridade física e fisiológica das sementes, os quais ocorrem ao longo dos processos de colheita, secagem e armazenamento, resultando em diminuição da taxa de germinação e do vigor das sementes (RAMPIM et al., 2016).

Ao se analisar a carga fúngica presente em cada cultivar avaliada no estudo (Figura 4), verificou-se que a cultivar BMX Cromo TF IPRO apresentou menor percentual de patógenos infectantes (7%), enquanto a maioria das cultivares obteve, em média, 16% de infecção. Em contrapartida, na cultivar M 5892 IPRO observou-se que as sementes apresentavam maior carga fúngica total, correspondendo a 32%.

Figura 4 - Carga fúngica (%) média presente nas sementes das cultivares de soja utilizadas no estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

No estudo de Pereira et al. (2019), as sementes sem tratamento químico foram afetadas por diversos patógenos quando em condições de armazenamento, diminuindo a qualidade fisiológica, o que corrobora com o presente estudo em que as sementes da cv. M 5892 IPRO obtiveram maior percentual de carga fúngica presente (32%). Em contrapartida, sementes da cv. BMX Cromo TF IPRO tiveram percentual abaixo de 10%, isso pode ter ocorrido pela maneira como a mesma foi armazenada pelo produtor que cedeu as sementes para o presente estudo.

As condições ideais de armazenamento para sementes de soja envolvem a manutenção de um ambiente controlado e tratamentos de pré-armazenamento para preservar a qualidade das sementes (ISAAC et al., 2026).

3.2 Patogenicidade de *Fusarium graminearum*

Para o tempo de exposição, após o contato direto com o patógeno, verificou-se que a exposição durante 2 h foi a mais adequada para a realização do experimento, pois assegurou o percentual de germinação de 80% (BRASIL, 2009a).

Houve diferença entre as cultivares avaliadas quanto a resposta após infecção das sementes por *Fusarium graminearum*, o que é respaldado pelos resultados obtidos nas variáveis analisadas e apresentadas a seguir.

Com relação ao teste de germinação, com e sem inoculação do patógeno, houve diferença estatística (Tabela 3). Sem inoculação das sementes o maior percentual foi obtido na cultivar TMG 7062 IPRO (90%) e menor em M 5838 IPRO (75%).

Entretanto para o teste de germinação com inoculação de *Fusarium graminearum* (Tabela 3), as cultivares que se sobressairam diante das demais foram a M 5892 IPRO (71%) e BMX Garra IPRO (70%). Isso pode ter ocorrido, pois, em relação a doenças causadas por patógenos de solo, a cultivar M 5892 IPRO é moderadamente suscetível a podridão vermelha da raiz, causada pelo complexo de espécies *Fusarium solani*, e a nematóides de galha e cisto (SEMENTES FALCÃO, 2024). Esse fato pode ter assegurado a cv. M 5892 IPRO uma melhor tolerância à infecção por *Fusarium graminearum*. Já a cultivar BMX Garra IPRO, tem resistência à podridão radicular de *Phytophthora* (raças 1 e 2) (BRASMAX, 2024).

Para a cv. TMG 7062 IPRO a germinação foi de 90% no tratamento sem inoculação do patógeno. Em contrapartida, quando as sementes foram inoculadas, denotou-se o efeito prejudicial de *Fusarium graminearum* a ponto de que não houve

germinação das sementes nessa condição (Tabela 3). Quanto a reação dessa cultivar a doenças, é resistente a fungos como *Phakopsora pachyrhizi* e *Cercospora sojina* (TMG, 2024), não possuindo resistência contra nenhum tipo de patógeno de solo.

Nas demais cultivares as sementes inoculadas foram severamente afetadas pelo *Fusarium graminearum*, apresentando baixo percentual de germinação (Tabela 3). Resultados semelhantes a esses foram obtidos quando *Fusarium graminearum* inibiu a germinação de sementes de soja, além de reduzir o peso e provocar descoloração nas sementes (NAEEM et al., 2019).

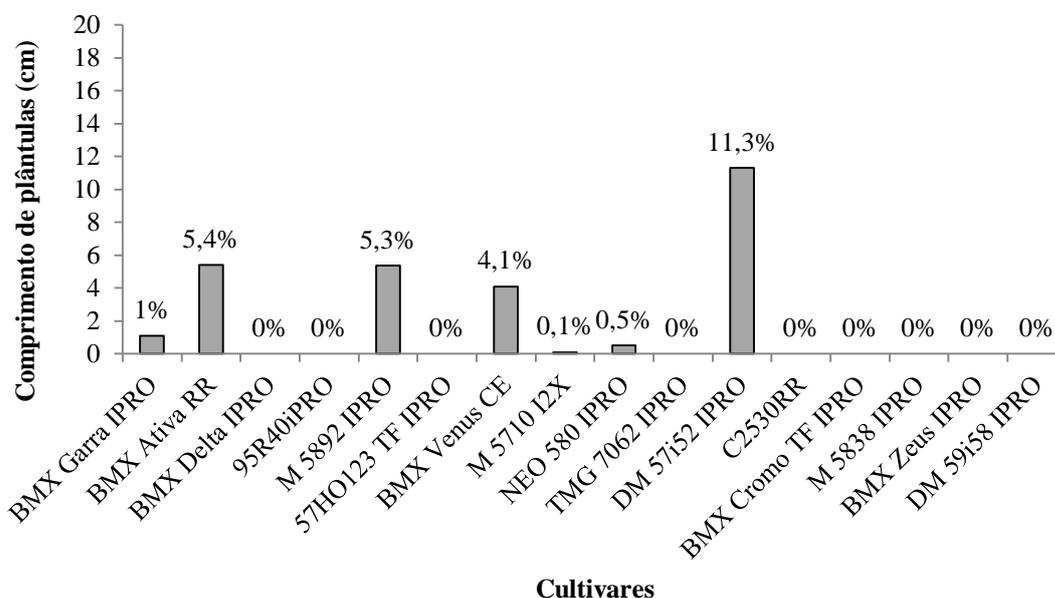
Tabela 3 - Germinação (%) de sementes de soja de diferentes cultivares, com e sem inoculação de *Fusarium graminearum*.

Cultivar	Germinação (%)	
	COM inoculação	SEM inoculação
M 5838 IPRO	0 dB ¹	75 bA
BMX Zeus IPRO	0 dB	89 aA
TMG 7062 IPRO	0 dB	90 aA
C2530 RR	0 dB	86 aA
BMX Cromo TF IPRO	0 dB	88 aA
95R40 IPRO	0 dB	89 aA
57HO123 TF IPRO	0 dB	88 aA
M 5710 I2X	2 dB	90 aA
BMX Delta IPRO	5 dB	87 aA
DM 59i58 IPRO	37 cB	88 aA
BMX Ativa RR	41 cB	90 aA
NEO 580 IPRO	41 cB	88 aA
DM 57i52 IPRO	41 cB	89 aA
BMX Vênus CE	48 bB	88 aA
BMX Garra IPRO	70 aB	90 aA
M 5892 IPRO	71 aB	89 aA
Média Geral		55
C.V. (%) ²		11,1

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelos testes de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) e t-LSD ($p \leq 0,05$), respectivamente. ²Coefficiente de variação.

Com a avaliação de comprimento de plântulas (Figura 5) oriundas das cultivares inoculadas com *Fusarium graminearum*, as cultivares DM 57i52 IPRO, BMX Ativa RR e M 5892 IPRO apresentaram maiores médias de comprimento (11,3 cm; 5,4 cm; 5,35 cm, respectivamente) entre todas as cultivares avaliadas.

Figura 5 - Médias para comprimento de plântulas (cm) oriundas de sementes de cultivares de soja quando expostas ao patógeno *Fusarium graminearum* pelo método de restrição hídrica em meio de cultura BDA suplementado com o restritor manitol.



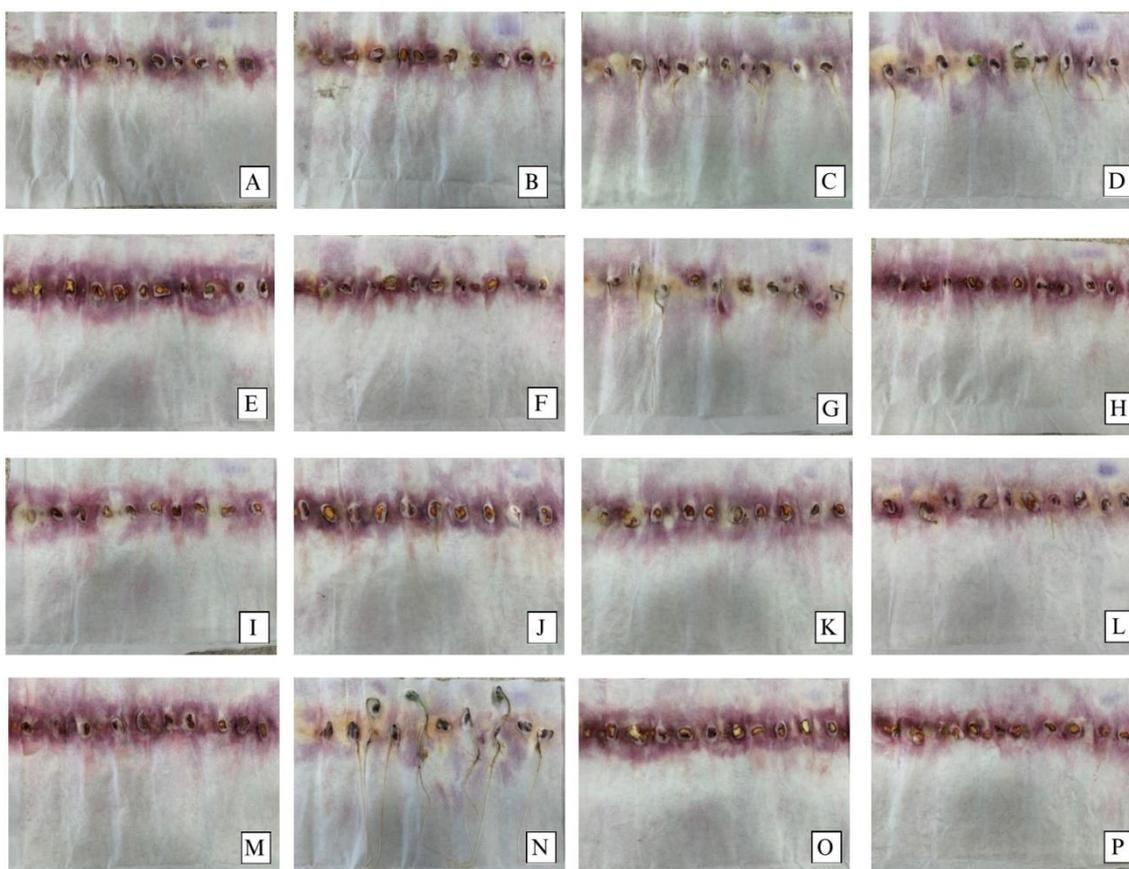
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Essas cultivares, embora apresentassem maiores comprimentos de plântulas, foram severamente afetadas pelo patógeno, resultando em lesões nas raízes (Figura 6). Segundo Xue et al. (2010), aos cinco dias após a inoculação, a infecção por *Fusarium graminearum* foi detectada em toda a raiz da plântula de soja, apresentando lesões encharcadas e de coloração rosada que se propagava verticalmente. De acordo com Arias et al. (2013), o patógeno causou podridão radicular com severidade de 96%, além de descoloração de raízes, bem como redução de massa radicular e de comprimento total de raízes.

Entretanto, esse resultado evidencia uma disparidade entre as cultivares de soja no que diz respeito ao *Fusarium graminearum*, demonstrando variações nos genótipos de soja quanto à sua resistência ao patógeno.

As demais cultivares foram afetadas severamente, não formando comprimento de plântulas (Figura 6). O mesmo foi observado no estudo de Barros et al. (2014), em que o comprimento de plântulas foi reduzido pelo patógeno *Fusarium graminearum*, indicando capacidade do mesmo em penetrar nas sementes de soja. Isso demonstra que o fungo prejudica o desenvolvimento das plântulas, causando a morte ou redução de seu crescimento.

Figura 6 - Comprimento (cm) de plântulas de soja após inoculação de sementes por *Fusarium graminearum* nas cultivares: (A) M 5710 I2X, (B) TMG 7062 IPRO, (C) BMX Vênus CE, (D) BMX Ativa RR, (E) C2530 RR, (F) DM 59i58 IPRO, (G) M 5892 IPRO, (H) 95R40 IPRO, (I) BMX Delta IPRO, (J) NEO 580 IPRO, (K) BMX Cromo TF IPRO, (L) BMX Garra IPRO, (M) 57HO123 TP IPRO, (N) DM 57i52 IPRO, (O) BMX Zeus IPRO, (P) M 5838 IPRO.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Com relação a incidência de *Fusarium graminearum*, posterior a inoculação do patógeno nas sementes, observou-se que as cultivares DM 57i52 IPRO e M 5892 IPRO

apresentaram menor porcentagem de incidência (22%; 20%, respectivamente) diferindo das demais (Tabela 4).

Tabela 4 - Incidência (%) de *Fusarium graminearum* em sementes de soja de diferentes cultivares submetidas à inoculação com o patógeno.

Cultivar	Incidência (%)
M 5838 IPRO	68 d ¹
BMX Zeus IPRO	30 b
TMG 7062 IPRO	57 c
C2530 RR	89 e
BMX Cromo TF IPRO	96 e
95R40 IPRO	75 d
57HO123 TF IPRO	97 e
DM 57i52 IPRO	22 a
BMX Delta IPRO	97 e
DM 59i58 IPRO	92 e
BMX Ativa RR	36 b
NEO 580 IPRO	94 e
M 5710 I2X	57 c
BMX Vênus CE	26 b
BMX Garra IPRO	27 b
M 5892 IPRO	20 a
Média Geral	61
C.V. (%) ²	16,7

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ²Coefficiente de variação.

Para as cultivares 57HO123 TF IPRO, BMX Delta IPRO, BMX Cromo TF IPRO, NEO 580 IPRO, DM 59i58 IPRO e C2530 RR com maior incidência, observou-se que as sementes foram severamente infectadas pelo patógeno quando superiores (> 89%) à média de 60,5% de infecção, sugerindo maior suscetibilidade dessas cultivares ao patógeno. Para Naeem et al. (2019), a inoculação de sementes com diferentes espécies de *Fusarium*, fez com que as mesmas além de ficarem encobertas por micélio e

conídios do fungo, ocasionasse sintomas de apodrecimento e amolecimento, inviabilizando a semente.

No teste de emergência de plântulas, na época 1, as cultivares que se sobressaíram quando inoculadas foram a BMX Garra IPRO (93%), M 5892 IPRO (74%), BMX Ativa RR (72%), DM 57i52 IPRO (71%) e NEO 580 IPRO (64%) (Tabela 5).

Isso pode ter ocorrido pela tecnologia com aporte sanitário contidas nas sementes destas cultivares, onde a cultivar BMX Garra IPRO, BMX Ativa RR, DM 57i52 IPRO e NEO 580 IPRO tem resistência a *Phytophthora* (raças 1 e 3) (BRASMAX; DOM MARIO; SEMENTES FALCÃO, 2024), a cultivar M 5892 IPRO é moderadamente suscetível a podridão vermelha da raiz, causada pelo complexo de espécies *Fusarium solani*, e a nematóides de galha e cisto (SEMENTES FALCÃO, 2024).

Os nematóides e fungos do gênero *Fusarium* são patógenos de solo, que podem interagir provocando infecção mútua em plântulas de soja (GAO et al., 2006). O menor percentual de emergência em sementes sem inoculação, tem relação com o baixo vigor das sementes mostrado pela condutividade elétrica (Tabela 2). Assim, as sementes não atingem mais a alta qualidade, emergindo em condições sub-ótimas.

Na emergência de plântulas na época 1 (dezembro a fevereiro), o aumento das temperaturas (Figura 4) pode ter contribuído para a restrição do desenvolvimento de *Fusarium graminearum* haja vista que, para que ela ocorra, as condições favoráveis devem assegurar temperatura entre 15 a 25 °C e alta umidade (<90%) (REIS; CASA, 2016).

No estudo de Liu et al. (2022), quando as temperaturas forem superiores a 35 °C, não há produção de conídios de *Fusarium graminearum*, o que pode justificar os resultados obtidos na época 1 do presente estudo, em que as temperaturas chegaram próximas a 30 °C (Figura 1). Esse fator resultou em maior porcentagem de plântulas emergidas, mesmo inoculadas, indicando que houve efeito prejudicial à infecção pelo fungo.

Tabela 5 - Emergência (%) de plântulas de soja em diferentes cultivares, com e sem inoculação de *Fusarium graminearum*, em teste realizado durante dezembro/2023 e fevereiro/2024 (época 1).

Cultivar	Emergência (%)	
	COM inoculação	SEM inoculação
M 5838 IPRO	0 b ^{NS}	0 c
BMX Zeus IPRO	32 b	42 b
TMG 7062 IPRO	45 b	40 b
C2530 RR	0 b	0 c
BMX Cromo TF IPRO	1 b	7 c
95R40 IPRO	5 b	6 c
57HO123 TP IPRO	0 b	0 c
M 5710 I2X	38 b	62 a
BMX Delta IPRO	6 b	17 c
DM 59i58 IPRO	42 b	60 a
BMX Ativa RR	72 a	77 a
NEO 580 IPRO	64 a	60 a
DM 57i52 IPRO	71 a	72 a
BMX Vênus CE	31 b	36 b
BMX Garra IPRO	93 a	98 a
M 5892 IPRO	74 a	75 a
Média Geral	39	
C.V. (%) ²	50,8	

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^{NS} Não significativo na linha, pelo teste t-LSD ($p \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação.

A severidade de *Fusarium* spp. pode ser afetada por condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento de podridões radiculares, uma vez que, com altas temperaturas e, conseqüentemente, menor umidade de solo, o patógeno não se desenvolve, podendo, portanto, haver variações na severidade da doença em função de safras (ARIAS et al., 2013).

Para a emergência na época 2 (Tabela 6), a cultivar que obteve melhor desempenho foi a DM 57i52 IPRO (51 %). As demais cultivares tiveram a emergência

de plântulas afetada pela infecção por *Fusarium graminearum*, resultando em baixo percentual de emergência quando inoculadas (10%) (Tabela 6).

Tabela 6 - Emergência (%) de plântulas de soja em diferentes cultivares, com e sem inoculação de *Fusarium graminearum*, em teste realizado durante maio/2024 (época 2).

Cultivar	Emergência (%)	
	COM inoculação	SEM inoculação
M 5838 IPRO	22 bB	4 cB
BMX Zeus IPRO	0 cB	0 cB
TMG 7062 IPRO	0 cB	5 cB
C2530 RR	0 cB	0 cB
BMX Cromo TF IPRO	0 cB	0 cB
95R40 IPRO	0 cB	1 cB
57HO123 TP IPRO	0 cB	0 cB
M 5710 I2X	0 cB ¹	48 bA
BMX Delta IPRO	0 cB	2 cB
DM 59i58 IPRO	3 cB	37 bA
BMX Ativa RR	34 bB	82 aA
NEO 580 IPRO	0 cB	22 cA
DM 57i52 IPRO	51 aB	90 aA
BMX Vênus CE	5 cB	51 bA
BMX Garra IPRO	9 cB	51 bA
M 5892 IPRO	14 cB	79 aA
Média Geral		19
C.V. (%) ²		38,7

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelos testes de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) e t-LSD ($p \leq 0,05$), respectivamente. ²Coeficiente de variação.

A cultivar DM 57i52 IPRO tem tecnologia com aporte sanitário de resistência a podridão radicular de *Phytophthora* (DOM MARIO, 2024). Isso pode ser levado em consideração, uma vez que *Fusarium* e *Phytophthora* são patógenos de solo e podem ocasionar prejuízos no estabelecimento inicial das plantas (DIAS, 2011; HENNING, 2015). Na identificação de podridão radicular de plântulas de soja, causada por

Phytophthora sojae, também podem ser evidenciados sintomas de tombamento relacionados ao *Fusarium* spp. (LÓPEZ-CASALLAS et al., 2020).

Além disso, as condições ambientais podem ser levadas em consideração. Uma vez que, na época 2, a temperatura média foi de 15 °C (Figura 2) o que certamente favoreceu a infecção das plântulas por *Fusarium graminearum* em sementes que foram inoculadas com o fungo.

Em estudo conduzido por Barros et al. (2014), foi utilizada essa mesma faixa de temperatura e pode-se observar mudanças no parâmetro de crescimento de plantas inoculadas, enquanto as não inoculadas se desenvolveram normalmente. A alta umidade e temperaturas próximas aos 15 °C foram favoráveis a infecção fúngica, aumentando os sintomas em vagens e sementes (CHIOTTA et al., 2016).

Portanto, apesar de *Fusarium graminearum* ser comum em cereais de inverno e em milho, pode causar danos severos nas sementes e plântulas em pré-emergência na cultura da soja, expressando comportamento de *fitness*. Ainda, os resultados forneceram informações sobre a suscetibilidade de cultivares de soja a *Fusarium graminearum*, podendo este ser levado em consideração ao selecioná-las para produção ou manejo eficiente, considerando áreas com histórico de maior incidência de giberela em trigo ou cevada e podridão de espiga, em milho.

Além disso, devido aos resultados apresentados terem sido obtidos em testes conduzidos em laboratório e em casa de vegetação, se faz necessária a condução de ensaio a campo, a fim de que se possam ter resultados em maior escala, verificando quanto a infecção por *Fusarium graminearum* pode impactar na produtividade de soja.

4.CONCLUSÕES

- *Fusarium graminearum* causa danos na germinação, comprimento e emergência de plântulas, após inoculação em sementes, em todas as cultivares de soja avaliadas.

- As cultivares M 5892 IPRO e BMX Garra IPRO, após inoculação do patógeno, evidencia ser menos afetada pelo patógeno no teste de germinação.

- Após a inoculação de *Fusarium graminearum*, todas as cultivares apresentam incidência do patógeno, o que indica eficiência do método de restrição hídrica com manitol para essa finalidade.

- A cultivar DM 57i52IPRO, mesmo com sementes inoculadas com o patógeno, apresenta maior comprimento de plântula (11,3 cm), demonstrando ser menos suscetível a *Fusarium graminearum*.

- A época de semeadura indica que a temperatura interfere na infecção das plântulas pelo patógeno e, a depender disso, há diferença na emergência de plântulas de soja quando há inoculação das sementes com *Fusarium graminearum*.

REFERÊNCIAS

- ARIAS, María M. Díaz et al. Aggressiveness of *Fusarium* Species and Impact of Root Infection on Growth and Yield of Soybeans. **Phytopathology**®, [S.L.], v. 103, n. 8, p. 822-832, ago. 2013. Scientific Societies.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated Genera of Imperfect Fungi**. 4th Edition. Minnesota: American Phytopathology Society, 1999.
- BARROS, G.G. et al. Pathogenicity of phylogenetic species in the *Fusarium graminearum* complex on soybean seedlings in Argentina. **European Journal of Plant Pathology**, v. 138, p. 215–222, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009b. p.200.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009a. 395. p.
- BRASMAX. **BMX GARRA IPRO, BMX ATIVA RR**. Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-sul>. Acesso em: 01julho 2024.
- BREUNIG, M.; CHILVERS, M.I. Baseline sensitivity of *Fusarium graminearum* from wheat, corn, dry bean and soybean to pydiflumetofen in Michigan, USA. **Crop Protection**, n. 140, 105419, 2021.
- CHIOTTA, M.L. et al. Pathogenicity of *Fusarium graminearum* and *F. meridionale* on soybean pod blight and trichothecene accumulation. **Plant Pathology**, v. 65, p. 1492-1497. 2016.
- COSTA, Rodrigo Veras da et al. **Podridões do Colmo e das Raízes**. 2021. Embrapa.
- COUTINHO, W.M. et al. Uso da restrição hídrica na inibição ou retardamento da germinação de sementes de arroz e feijão submetidas ao teste de sanidade em meio ágar-água. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p.127-135. 2001.
- CRUCIOL, G.C.D.; COSTA, M.L.N. Influência de metodologias de inoculação de *Macrophomina phaseolina* no desempenho de cultivares de soja. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 337-343, 2017.

DANELLI, A. L. D.; ZOLDAN, S.; REIS, E. M. Giberela: Ciclo da doença. Disponível em: <http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/20/Ciclo%20giberela.pdf>.

Acesso em: 31 mar. 2023.

DIAS, P. P. **Controle biológico de fitopatógenos de solo por meio de isolados de fungos do gênero *Trichoderma* e sua contribuição no crescimento de plantas**. 2011. 101 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

DIVENSI, L.J. et al. Pathogenicity of *Fusarium graminearum* on creole beans: germination, vigor and seedling damage. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 94, n. 2, p. 91-101, 2019.

ELLIS, M. L. et al. Infection of soybean seed by *Fusarium graminearum* and effect of seed treatments on disease under controlled conditions. **Plant Disease**, v. 95, n. 4, p. 401-407, 2011.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Soybean**. Disponível em: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/soybean/en/>. Acesso em: 06 abr. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011

FERREIRA, L.B.S. et al. Teste de Condutividade Elétrica e Caracterização Fisiológica de Sementes de Capitão (*Zinnia elegans*). **Revista Agrotecnologia**, v.7, n.2, p.1-7, 2016.

FONTYN, Cécilia et al. Can higher aggressiveness effectively compensate for a virulence deficiency in plant pathogen? A case study of *Puccinia triticina*'s fitness evolution in a diversified varietal landscape. **Biorxiv**, [S.L.], 9 jun. 2023. Cold Spring Harbor Laboratory.

GAO, X. et al. Interactions Between the Soybean Cyst Nematode and *Fusarium solani* f. sp. *glycines* Based on Greenhouse Factorial Experiments. **Phytopathology**®, [S.L.], v. 96, n. 12, p. 1409-1415, dez. 2006. Scientific Societies.

HENNING, A. A. **Guia prático para identificação de fungos mais frequentes em sementes de soja**. Brasília: Embrapa Soja, 2015. 15p.

- ISAAC, OT et al. Efeito dos períodos de armazenamento nas características de qualidade de sementes de três variedades de soja (*Glycine max* (L) Merrill). **Revista Internacional de Pesquisa Científica em Ciência, Engenharia e Tecnologia**, v. 4, pág. 823-831, 2016.
- LIU, Ning et al. Transcriptional differences between major *Fusarium* pathogens of maize, *Fusarium verticillioides* and *Fusarium graminearum* with different optimum growth temperatures. **Frontiers In Microbiology**, [S.L.], v. 13, dez. 2022. Frontiers Media SA.
- LÓPEZ-CASALLAS, Marcela et al. Pudrición de raíces y tallo de la soya por *Phytophthora sojae* Kaufm. & Gerd. en la altillanura plana del departamento del Meta. **Summa Phytopathologica**, [S.L.], v. 46, n. 2, p. 113-120, jun. 2020.
- MARIO, Dom. **DM 57i52 IPRO**. Disponível em: <https://www.donmario.com.br/cultivares-sul/#section-DM57i52>. Acesso em: 01 maio 2024.
- MARTINELLI, J.A. et al. Soybean pod blight and root rot caused by lineages of the *Fusarium graminearum* and the production of mycotoxins. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p. 492-498, 2004.
- MENGARELLI, Diego Alberto et al. FITNESS Acts as a Negative Regulator of Immunity and Influences the Plant Reproductive Output After *Pseudomonas syringae* Infection. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-1, 4 fev. 2021. Frontiers Media SA.
- MIKABERIDZE, Alexey; MUNDT, Christopher C.; BONHOEFFER, Sebastian. The effect of spatial scales on the reproductive fitness of plant pathogens. **arXiv preprint arXiv:1410.0587**, 2014.
- NAEEM, M. et al. Characterization and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with Soybean Pods in Maize/Soybean Strip Intercropping. **Pathogens**. 2019; 8(4):245.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- ORDOÑEZ, L.M.I. **Eficiência de óleos essenciais para o controle de *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cepae* em sementes de cebola e seu efeito na qualidade**

fisiológica. 2016. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PEREIRA, Thalles Alexandre Xavier et al. Effect of the Storage Period and Fungicide Treatment on the Physiological and Sanitary Quality of Soybean Seeds. **Journal Of Experimental Agriculture International**, [S.L.], p. 1-13, 18 jun. 2019. Sciencedomain International

PERUZZO, Alejandra María; PIOLI, Rosanna Nora; SALINAS, Adriana Rita. Efeito de *Fusarium graminearum* Schwabe na qualidade fisiológica de sementes de soja e cariopse de trigo na Argentina. **Revista Caatinga**, v. 03, pág. 1-11, 2015.

PRADO, J. P. do. **Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a condutividade elétrica**. 2018. 28 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

RAMPIM, L.; LIMA, P. R.; HERZOG, N. F. M.; ABUCARMA, V. M.; MEINERS, C. C.; LANA, M. do C.; MALAVASI, M. de M.; MALAVASI, U. C. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja comercial e salva. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 476–486, 2016.

REIS, E.M. et al. Efeitos da rotação de culturas na incidência de podridões radiciais e na produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 40, p. 09-15, 2014.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças do trigo**. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Eds.). Manual de Fitopatologia – Doenças das Plantas Cultivadas. V. 2, 5 ed. 2016. p. 737-744.

SEMENTES FALCÃO. Monsoy. **M 5892 IPRO**. Disponível em: <https://www.sementesfalcao.agr.br/produtos/m-5892-ipro>. Acesso em: 01 maio 2024.

TMG. **TMG 7062 IPRO**. Disponível em: <https://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-7062-ipro/>. Acesso em: 01 maio 2024.

TORTELLI, B. et al. Treatments for *Sclerotinia sclerotiorum* on Inoculated Bean Seeds and Effects on Health and Physiological Quality. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n. 1, p. 371-386, 2020.

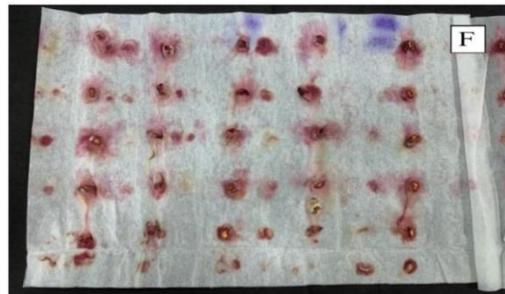
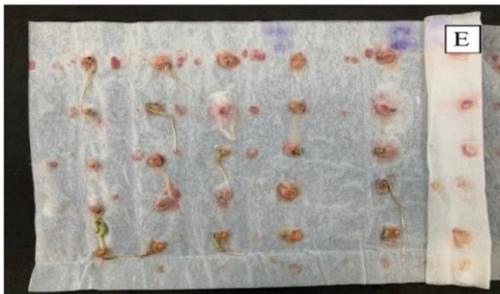
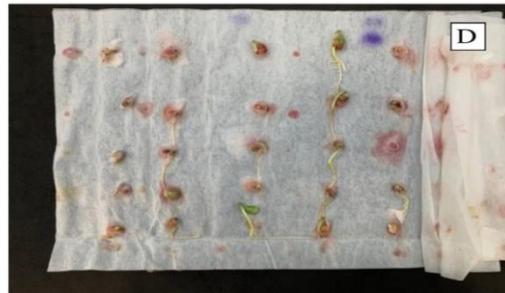
VANZOLINI, S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p.90-96, 2007.

WENDT, L. et al. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.166-171, 2017.

Xue, A. G., Cober, E., Voldeng, H. D., Voldeng, H. D., Babcock, C., & Clear, R. M.. Evaluation of the pathogenicity of *Fusarium graminearum* and *Fusarium pseudograminearum* on soybean seedlings under controlled conditions. **Canadian Journal of Plant Pathology** 29, no. 1 (2007): 35–40.

WESP-GUTERRES, CAROLINE. **Principais fungos associados as sementes de soja Safra 2019/2018**. Cruz Alta, RS: CCGL, 2018 (Boletim Técnico CCGL Tec).

APÊNDICE A - Primeira contagem do teste de germinação após o contato direto de sementes de soja com *Fusarium graminearum* em diferentes tempos de incubação 2 (A), 3 (B), 6 (C), 9 (D), 12 (E) e 24 horas (F).



APÊNDICE B – Patógenos observados em sementes de soja. A) *Penicillium* spp., B) *Aspergillus* spp., C) *Alternaria* spp., D) *Rhizopus* spp., E) *Fusarium* spp., F) *Colletotrichum* spp., G) *Cladosporium* spp., H) *Cercospora* spp., I) *Phomopsis* spp.

