

Transmissibilidade de *Fusarium spp.* em sementes de milho sob diferentes tempos de exposição

Transmissibility of *Fusarium spp.* in corn seeds under different exposure times

Transmisibilidad de *Fusarium spp.* en semillas de maíz bajo diferentes tiempos de exposición

Recebido: 11/11/2022 | Revisado: 20/11/2022 | Aceitado: 22/11/2022 | Publicado: 29/11/2022

Amanda Gomes de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7689-5603>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: amanda_oli_gomes@outlook.com

Warlyton Silva Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7284-3395>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: warlytonsilva@gmail.com

Cid Tacaoca Muraishi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9321-8038>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: cid.muraishi@itpacporto.edu.br

Luis Henrique Froes Michelin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8916-9069>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: michelin@itpacporto.edu.br

Wesly Dias Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9430-5694>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: wesly2018.mendes@hotmail.com

Ildiran Miranda da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1933-6095>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: ildiranmiranda@gmail.com

Murilo Pereira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8855-8049>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: murilops842@gmail.com

Carlos Aires Manduca Sobrinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6266-7386>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: carlosmanduca96@gmail.com

Guilherme Santos Adams

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6400-5762>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: guilhermesantosadams@gmail.com

Deusdelia Dias Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9544-7387>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto S.A., Brasil
E-mail: deusdeliadeusadias@gmail.com

Resumo

Introdução: Com o crescente aumento na produção do milho por todas as regiões brasileira, os pesquisadores estão cada vez mais procurando por técnicas que busquem evidenciar e controlar a ocorrência de patógenos encontrados comumente nessa cultura, dentre estes, encontra-se o *Fusarium spp.* **Objetivo:** Realizar uma revisão de literatura a respeito da transmissibilidade de *Fusarium* em sementes de milho em diferentes tempos de exposição. **Metodologia:** Revisão bibliográfica exploratória sistemática. As pesquisas foram realizadas no período de agosto a novembro de 2022. Para a redação realizou-se um levantamento bibliográfico nas seguintes plataformas: Portal de Periódicos Capes, Google acadêmico, Scielo, Research Gate, Elsevier e PubMed. **Considerações Finais:** O *Fusarium spp.* é um tipo de fungo que ataca as sementes de milho provocando doenças que acabam prejudicando a produção da cultura. Neste trabalho, verificou-se, que a transmissibilidade de *Fusarium* em sementes de milho, foi constatada a partir da exposição das sementes pelo período mínimo de 16 horas.

Palavras-chave: Custos; Doenças; Patógenos; Produção.

Abstract

Introduction: With the growing increase in corn production in all Brazilian regions, researchers are increasingly looking for techniques that seek to evidence and control the occurrence of pathogens commonly found in this crop, among which is *Fusarium* spp. Objective: To carry out a literature review on the transmissibility of *Fusarium* in maize seeds at different exposure times. Methodology: Systematic exploratory literature review. The research was carried out from August to November 2022. For the writing, a bibliographic survey was carried out on the following platforms: Portal de Periódicos Capes, Google academic, Scielo, Research Gate, Elsevier and PubMed. Final Considerations: *Fusarium* spp. is a type of fungus that attacks corn seeds, causing diseases that end up harming the crop's production. In this work, it was verified that the transmissibility of *Fusarium* in corn seeds was verified from the exposure of the seeds for a minimum period of 16 hours.

Keywords: Costs; Illnesses; Pathogens; Production.

Resumen

Introducción: Con el aumento creciente de la producción de maíz en todas las regiones brasileñas, los investigadores buscan cada vez más técnicas que busquen evidenciar y controlar la ocurrencia de patógenos comúnmente encontrados en este cultivo, entre los que se encuentra *Fusarium* spp. Objetivo: Realizar una revisión bibliográfica sobre la transmisibilidad de *Fusarium* en semillas de maíz a diferentes tiempos de exposición. Metodología: Revisión sistemática exploratoria de la literatura. La investigación se realizó de agosto a noviembre de 2022. Para la redacción se realizó un levantamiento bibliográfico en las siguientes plataformas: Portal de Periódicos Capes, Google académico, Scielo, Research Gate, Elsevier y PubMed. Consideraciones Finales: *Fusarium* spp. es un tipo de hongo que ataca a las semillas de maíz provocando enfermedades que acaban perjudicando la producción del cultivo. En este trabajo se comprobó que la transmisibilidad de *Fusarium* en semillas de maíz se comprobó a partir de la exposición de las semillas por un periodo mínimo de 16 horas.

Palabras clave: Costos; Enfermedades; Patógenos; Producción.

1. Introdução

A família do milho (*Zea mays* L.) é a *Poácea*, a subfamília é a *Panicoidae*. A tribo é a *Maydae* e o gênero *Zea*. O milho é classificado como uma planta C-4, sendo uma espécie estival, anual, cespitosa, com baixo afilamento, ereta, monoicomonoclima, com excelente adaptação às mais diferentes condições climáticas. É importante ressaltar que, para a cultura atingir seu máximo potencial produtivo as temperaturas devem estar entre 24° a 30° C, ter uma boa disponibilidade hídrica e elevada radiação solar (Luna Neto, 2021).

O milho é o cereal mais produzido em todo o mundo, sendo que no Brasil, na safra 2022/23, a produção estimada é de 126.941,5 milhões de toneladas, apresentando um incremento de 12,5% a mais que na safra 2021/22. O milho é um grão cultivado em todo o território nacional, demonstrando a importância expressiva que o mesmo possui no setor agroindustrial, tanto pela grande área cultivada, quanto pelo volume de produção e pelo seu importante papel socioeconômico (Conab, 2022).

A semente do milho é classificada como cariopse e possui três partes: pericarpo, endosperma e embrião. O pericarpo é a fina camada resistente localizada na parte mais externa da semente. O endosperma fica envolvido pelo pericarpo e apresenta maior volume. No endosperma fica reservado os carboidratos, e especialmente o amido. Na parte mais externa do endosperma existe a camada de aleurona, rica em proteínas e enzimas, e possui função essencial no processo de germinação. O embrião está próximo ao endosperma e possui partes primitivas de todos os órgãos da planta desenvolvida (Araújo, 2017).

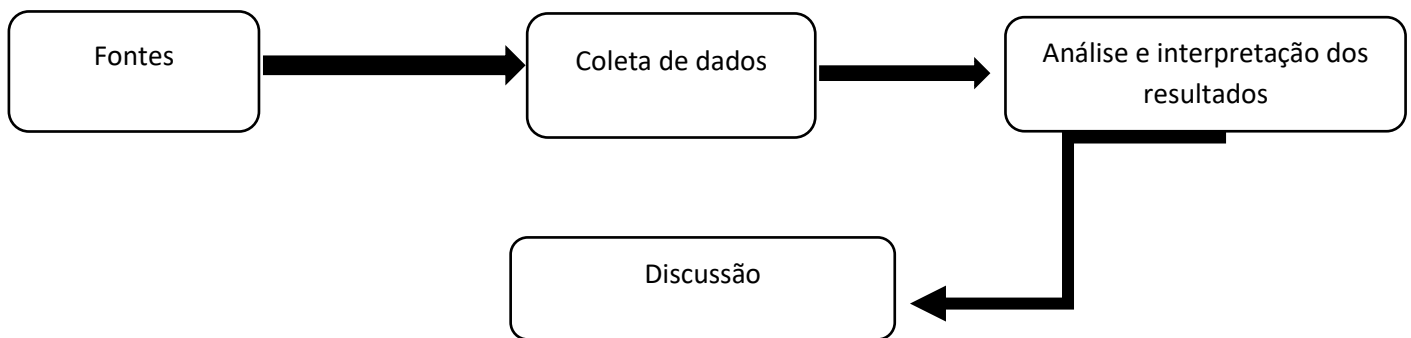
Quando estas sementes são contaminadas com fungos como o *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, *Stenocarpella macrospora* e *S. maydis*, estes poderão provocar danos na planta adulta, como podridões de colmo e na própria semente, prejudicando a emergência da mesa e conseqüentemente a produção. A transmissibilidade de patógenos por meio das sementes pode acontecer pela presença de esporos, estruturas de sobrevivência, ou resíduos de colheita contendo inóculo junto à semente e originar focos primários de doenças (Costa et al., 2020).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura a respeito da transmissibilidade de *Fusarium* em sementes de milho em diferentes tempos de exposição.

2. Metodologia

A metodologia empregada na elaboração da presente pesquisa delimitou-se em uma revisão bibliográfica exploratória sistemática. As pesquisas foram realizadas no período de agosto a novembro de 2022. A Revisão sistemática, segundo Cesarim *et al.*, (2020) baseia-se em estudo retrospectivo que utiliza dados secundários, com o objetivo de sumarizar evidências a respeito de um tema específico, analisando publicações com dados primários de pesquisa. Nesta perspectiva, a metodologia seguiu algumas etapas, conforme a demonstra a Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

2.1 Fontes

Para a redação realizou-se um levantamento bibliográfico nas seguintes plataformas: Portal de Periódicos Capes, Google acadêmico, Scielo, Research Gate, Elsevier e PubMed. Foram estudados livros, artigos de revisão e experimentais, sites especializados nos assuntos abordados, teses de doutorado e dissertações de mestrado.

O critério de seleção do material de pesquisa seguiu os seguintes parâmetros: relevância do tema, referências mais atuais, detalhamento dos estudos e publicações em revistas fidedignas. Os principais termos-chave utilizados foram: doenças fúngicas; fusarium; milho.

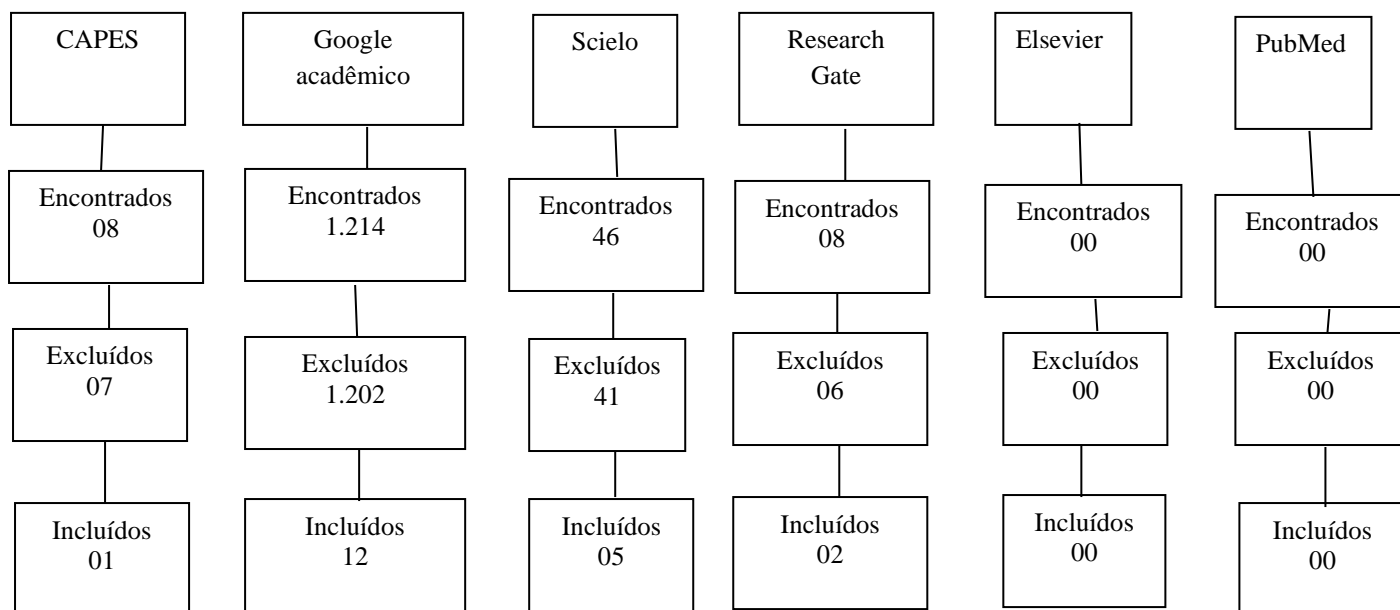
2.2 Coleta de dados

- a) Leitura exploratória de todos os materiais selecionados (leitura rápida destinada a verificar se as obras referenciadas são de interesse para as obras);
- b) Leitura opcional (leitura complementar a parte realmente importante);
- c) Registro das informações (autor, ano, método, resultados e conclusões) extraídas da fonte na ferramenta específica, compreendidas do ano de 2011 a 2022.

2.3 Critérios de inclusão/exclusão

Foram incluídos neste estudo, trabalhos que possuíam ano de publicação a partir de 2011; trabalhos publicados na íntegra e que se relacionavam ao tema. Os critérios de exclusão, pautaram-se em: artigos repetidos em bases de dados diferentes; trabalhos que possuíam apenas resumo; resenhas; artigos incompletos, com ano de publicação inferior a 2011. As exclusões/inclusão, por base de dados, ocorreu conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da exclusão/inclusão das publicações



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

2.4 Análise e interpretação dos resultados

Nessa etapa, realizou-se análises e leituras com o objetivo de ordenar e sintetizar as informações contidas nos materiais, para que estes possam obter respostas às dúvidas da pesquisa. Os trabalhos selecionados e que fizeram parte deste trabalho estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Trabalhos selecionados para comporem o presente estudo

Autor(es)	Ano	Título
Caixeta, F.	2012	Expressão diferencial de genes nas interações entre sementes de milho e <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> e <i>Penicillium</i> spp.
Lazarotto, M.	2013	Identificação e caracterização de <i>Fusarium</i> spp. e <i>Pestalotiopsis</i> spp. associados a <i>Carya illinoensis</i> no Rio Grande do Sul.
Barros, J. F. & Calado, J. G.	2014	A cultura do milho. Universidade de Évora. Escola de Ciências e Tecnologia.
Barros, L. S. et al.	2014	Restrição hídrica na inoculação artificial de <i>Fusarium verticillioides</i> em sementes de milho.
Ramos, D. P. et al.	2014	Infecção por <i>Fusarium verticillioides</i> em sementes de milho.
Fantazzini, T. B. et al.	2016	<i>Fusarium verticillioides</i> inoculum potential and its relation with the physiological stored corn seeds quality
Araújo, E. F.	2017	Utilização de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do milho híbrido RG-02A
Maximiano, C. V.	2017	Pré-condicionamento de sementes de milho em água com diferentes concentrações de ozônio no desenvolvimento inicial de plântulas e no controle de <i>Fusarium</i> spp.
Souza, N. G. M.	2017	Controle alternativo de <i>Fusarium</i> spp. em sementes de milho.
Begnini, G. et al.	2018	Adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos na cultura do milho.
Miranda, G.	2018	Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth
Vian, A. L. et al.	2018	Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho.
Manteli, C.	2019	Tratamentos de sementes com produtos fitossanitários e biológicos no controle de <i>Fusarium tucumaniae</i> em soja.
Eicholz, E. D. et al.	2020	Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21
Medeiros, J. C. et al.	2020	Antagonismo de <i>Trichoderma</i> spp. no biocontrole de <i>Fusarium moniliforme</i> na cultura do milho.

Calegari, B. H. et al	2021	Incidência de <i>Fusarium</i> spp. em milho: planta e grão.
Cardoso, A. A. R. et al.	2021	Transmissibilidade do <i>Fusarium moniliforme</i> em sementes de milho sob diferentes períodos de exposição.
Cruz, J. C. et al.	2021	O produtor pergunta, a Embrapa responde
Luna Neto, E. V.	2021	Índices espectrais de vegetação no monitoramento de parâmetros fisiológicos do milho (<i>Zea mays</i> L) submetidos à bioestimulantes e sua correlação com a produtividade.
Pinheiro, L. S. et al.	2021	Características Agro econômicas do milho: uma revisão.
Conab	2022	Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2022/2023
Fiesp	2022	Safra mundial de milho 2022/23

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O tipo de análise utilizada neste trabalho foi a qualitativa. Mendes; Miskulin (2017) destacam que este tipo de análise se refere ao fato de que os dados que fazem parte da pesquisa são predominantemente descritivo.

2.5 Discussão dos resultados

A partir do referencial teórico relacionado ao tema da pesquisa, foram analisadas e discutidas as categorias que surgiram na etapa anterior.

3. Desenvolvimento

3.1 A cultura do milho

A maioria do milho cultivado no Brasil é proveniente de sementes híbridas, que resultam em melhores rendimentos, com maiores quantidades e mais vigor. É um cereal que possui várias formas de consumo e aproveitamento, como é o caso da utilização do milho para alimentação humana e animal, produção de biodiesel, dentre outros. O milho é industrializado através da moagem úmida ou seca, sendo a moagem a seco uma das mais utilizadas no país (Barros; Calado, 2014).

No Brasil, o ciclo do milho varia de 110 a 160 dias, de acordo com o genótipo plantado, podendo estes serem superprecoce, precoce ou tardio. Os eventos fisiológicos do ciclo de vida do milho são que fornecem firmeza e precisão nas ações de manejo da cultura. Os estádios posteriores ao surgimento das espigas são identificados pelo surgimento da estrutura reprodutiva e consistência dos grãos (Beghini *et al.*, 2018). A fenologia do milho, quanto aos seus estádios de desenvolvimento estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2 - Fenologia do milho quanto a seus estádios de desenvolvimento

VE	Fase vegetativa
V1	Germinação/emergência
V2	Emissão da segunda folha
V4	Emissão da quarta folha (Início da definição do potencial produtivo)
V6	Emissão da sexta folha (Início da definição do número de fileiras não espiga)
V10	Emissão da décima folha (Início da definição da altura de planta e da espessura do colmo)
V12	Emissão da décima segunda folha (Início da definição do número e tamanho de espiga)
V14	Emissão da décima quarta folha
VT	Emissão de pendão e abertura das flores masculinas
R1	Florescimento pleno (Início da confirmação da produtividade)
R2	Grãos leitosos
R3	Grãos pastosos
R4	Grãos farináceo
R5	Grãos farináceos duros
R6	Maturidade fisiológica (Máxima produtividade (máximo acúmulo de matéria seca) e máximo vigor da semente (aparecimento do ponto preto na base do grão).

Fonte: Beghini *et al.* (2018).

A ocorrência de umidade e temperaturas adequadas, no estágio VE, favorecem o começo do processo de germinação, que induz à abertura da estrutura embrionária contida na semente e ao início do crescimento da planta jovem. Quando a germinação está em condições adequadas, a mesma pode aparecer em 6 a 10 dias após a semeadura, que é desencadeado pela absorção e captação de oxigênio devido a diferença de potencial osmótico que existe entre a semente e o meio ambiente (Luna Neto, 2021).

O estágio V2 é um dos mais críticos quanto aos fatores ambientais ao qual a planta se encontra. O estágio de duas folhas desenvolvidas completamente acontece geralmente duas semanas depois do plantio. Neste estágio, o crescimento encontra-se abaixo da superfície do solo e a planta ainda tem um caule malformado. Os pêlos da raiz do sistema radicular nodal estão em fase de crescimento e desenvolvimento. Todas as espigas e folhas que a planta irá produzir são formadas com V3. Desta maneira, é possível dizer que a determinação do número máximo de grãos, bem como a definição do potencial de produção, é determinada nesta etapa (Eicholz et al., 2020).

O estágio V12 associa-se a 6 e 7 semanas depois do surgimento e se caracteriza pela presença de 85 a 90% das regiões foliares definidas (IAF Crítico). É um estágio que acontece elevada taxa de desenvolvimento do colmo, pendão e espiga, além do surgimento de raízes adventícias nos nós mais próximos ao solo. Neste estágio, a disponibilidade hídrica é essencial para o rendimento produtivo da cultura do milho (Araújo, 2017).

O estágio VT se caracteriza pelo surgimento do pendão. Essa etapa ocorre em aproximadamente 8 ou 9 semanas após a emergência. Ocorre, ainda, o crescimento acentuado dos estilos-estigmas. Neste estágio, a produção dos grãos pode ser bastante afetada, dependendo da taxa de desfolhamento ao qual a planta esteja exposta. Sendo assim, a perda de 5 a 6 folhas superiores de uma planta durante a floração (antes e depois) diminui significativamente o Rendimento Da Cultura, Especialmente Devido A Uma Diminuição No Número, Peso (Densidade), Tamanho E Total De Grãos (Barros; Calado, 2014).

Os estádios R1 ao R6 referem-se à reprodução e maturação da planta. No R1 acontece o florescimento, a polinização e a fecundação dos óvulos. O R2 acontece o acúmulo de açúcar solúvel no endosperma dos grãos, contribuindo para o aumento da massa (densidade). No R2, os grãos são leitosos e possuem grande importância para a lavoura destinada a produção de sementes, uma vez que é neste estágio que inicia os processos de diferenciação do coleóptilo, radícula e das folhas rudimentares (Cruz et al., 2011).

Os estádios posteriores (R3, R4, R5 e R6), são caracterizam a maturação dos grãos da planta, passando de leitosos (R2) para pastosos (R3), acentuando a deposição de amido, depois para o R4, que dispõe de grãos farináceos, que se caracteriza pelo surgimento da concavidade na parte superior do grão. Depois desse processo, o grão será transformado em grãos farináceos duros (R5), onde, além da diminuída acentuada do acúmulo da matéria orgânica e minerais nos grãos, poucas são as alterações que caracterizam essa etapa para indicar se as sementes estão morfológicamente maduras (Luna Neto, 2021).

O estágio R6 é caracterizado pela maturidade fisiológica dos grãos, com paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos. É nesta fase que os grãos encontram seu máximo peso seco, com apresentação de um ponto preto (característica intrínseca), que é formado no local da inserção do grão no sabugo (Eicholz et al., 2020).

Ressalta-se que os estádios fisiológicos da cultura do milho disponibilizam precisão e firmeza para as ações de manejo da cultura e os eventos posteriores do surgimento das espigas são identificadas através do aparecimento da estrutura reprodutiva e consistência dos grãos.

3.2 Importância econômica do milho

O milho, nos últimos anos, passou a ser considerada a maior cultura agrícola do mundo, sendo a única a ultrapassar a marca de 1 bilhão de toneladas, deixando para trás o arroz e o trigo. Em termos de produção, o milho ganha destaque pelos seus

diversos usos, como ração animal, alimentação humana, extração do óleo, bebidas, polímeros, sendo que o mesmo possui mais de 3.500 usos (Miranda, 2018).

Segundo informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), realizadas através do 6º levantamento da safra mundial 2022/2023, o milho possui uma estimativa de produção de 1.168,70 milhões de toneladas, sendo os países que mais produzem esse cereal, são: Estados Unidos, com estimativa de 353,0 milhões de toneladas para a safra 2022/2023; China, com 274,0 milhões de toneladas; Brasil, com 126,0 milhões de toneladas; Ucrânia, com 31,5 milhões de toneladas e demais países com 384,3 milhões de toneladas (Fiesp, 2022).

O Brasil ocupa uma posição de destaque entre os principais produtores mundiais do milho, ocupando a terceira posição no ranking mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Esses três países juntos representam 70% da produção mundial de milho. A Conab (2022), em seu primeiro levantamento da safra brasileira de grãos, demonstrou que o Brasil, para a safra 2022/23 produzirá o milho em uma área de 22.407,2 mil ha, superando a safra 2021/22, conforme demonstra Tabela 3.

Tabela 3 - Comparativo de área, produtividade e produção do milho no Brasil.

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 21/22	Safra 22/23	VAR. %	Safra 21/22	Safra 22/23	VAR. %	Safra 21/22	Safra 22/23	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
NORTE	1.088,4	1.203,6	10,6	4.278	4.272	(0,1)	4.655,7	5.142,0	10,4
RR	15,0	15,0	-	6.000,0	6.000,0	-	90,0	90,0	-
RO	254,5	286,2	12,5	5.206,1	5.172,4	(0,6)	1.324,9	1.480,3	11,7
AC	47,4	49,9	5,3	3.337,1	3.112,3	(6,7)	158,2	155,3	(1,8)
AM	9,5	9,5	-	2.500,0	2.539,0	1,6	23,8	24,1	1,3
AP	1,3	1,3	-	944,0	940,0	(0,4)	1,2	1,2	-
PA	390,6	422,9	8,3	3.016	3.190	5,8	1.177,9	1.349,2	14,5
TO	370,1	418,8	13,2	5.079	4.876	(4,0)	1.879,7	2.041,9	8,6
NORDESTE	3.177,3	3.247,0	2,2	3.365	3.323	(1,3)	10.691,0	10.788,4	0,9
MA	566,8	608,5	7,4	5.128	5.045	(1,6)	2.906,4	3.069,8	5,6
PI	581,6	596,6	2,6	4.728	4.672	(1,2)	2.750,0	2.787,4	1,4
CE	560,8	573,1	2,2	929	943	1,5	521,0	540,4	3,7
RN	62,4	62,5	0,2	549	555	1,1	34,3	34,7	1,2
PB	116,1	116,1	-	641	622	(3,0)	74,4	72,2	(3,0)
PE	253,2	253,8	0,2	519	632	21,9	131,3	160,5	22,2
AL	40,2	40,2	-	1.323	2.088	57,8	53,2	83,9	57,7
SE	182,2	182,2	-	4.847	5.209	7,5	883,1	949,1	7,5
BA	814,0	814,0	-	4.100	3.797	(7,4)	3.337,3	3.090,4	(7,4)
CENTRO-OESTE	10.713,4	11.145,8	4,0	5.967	6.218	4,2	63.931,3	69.302,6	8,4
MT	6.547,4	6.959,0	6,3	6.357	6.411	0,9	41.620,1	44.614,7	7,2
MS	2.180,3	2.196,0	0,7	5.587	5.097	(8,8)	12.181,5	11.192,8	(8,1)
GO	1.919,6	1.919,6	-	5.076	6.767	33,3	9.744,6	12.990,7	33,3
DF	66,1	71,2	7,7	5.826	7.085	21,6	385,1	504,4	31,0
SUDESTE	2.282,4	2.354,5	3,2	5.284	5.850	10,7	12.059,3	13.774,8	14,2
MG	1.394,1	1.434,9	2,9	5.511	6.338	15,0	7.682,6	9.094,2	18,4
ES	13,4	13,4	-	2.955	3.000	1,5	39,6	40,2	1,5
RJ	1,8	1,8	-	3.982	3.918	(1,6)	7,2	7,1	(1,4)
SP	873,1	904,4	3,6	4.959	5.123	3,3	4.329,9	4.633,3	7,0
SUL	4.329,5	4.456,3	2,9	4.959	6.268	26,4	21.467,9	27.933,7	30,1
PR	3.151,7	3.284,6	4,2	5.210	5.862	12,5	16.421,6	19.254,3	17,2
SC	353,7	348,4	(1,5)	6.066	8.342	37,5	2.145,5	2.906,4	35,5
RS	824,1	823,3	(0,1)	3.520	7.012	99,2	2.900,8	5.773,0	99,0
NORTE/NORDESTE	4.265,7	4.450,6	4,3	3.598	3.579	(0,5)	15.346,7	15.930,4	3,8
CENTRO-SUL	17.325,3	17.956,6	3,6	5.625	6.182	9,9	97.458,5	111.011,1	13,9
BRASIL	21.591,0	22.407,2	3,8	5.225	5.665	8,4	112.805,2	126.941,5	12,5

Fonte: Conab (2022).

O crescimento da cultura do milho no Brasil se deu devido a sua maior rentabilidade para o agricultor devido à valorização do grão, a desregulamentação da economia, os acordos internacionais com diminuição das tarifas de importação, foram fatores que impulsionaram a produção nacional, deixando o país em uma colocação de maior competitividade (Pinheiro et al., 2021).

Porém, essa produtividade pode ser afetada por alguns fatores que acabam limitando os altos rendimentos desta oleaginosa, sendo responsáveis por grandes variações na produtividade de uma safra para outra. Entre as principais doenças do milho estão as fúngicas, em especial o *Fusarium*, que ataca as sementes, podendo provocar até a morte de plântulas. (Manteli, 2019).

3.3 *Fusarium spp.*

Os fungos do gênero *Fusarium spp.* são responsáveis por grandes problemas na agricultura, estando entre um dos principais patógenos do mundo. Os patógenos mais relatados e que atacam as sementes de milho, produzindo micotoxinas, são: *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, *F. subglutinans*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*. Dentre as espécies de *Fusarium spp.* a principal espécie que encontra nas sementes de milho no Brasil é o *F. verticillioides*, sendo que o mesmo, quando presente nas sementes de milho, provoca redução da germinação e emergência das plântulas, especialmente quando estão sob condições adversas (Souza, 2017).

É um fungo que pertence ao Reino Fungi, classe *Sardariomycetes*, sub-classe *Hypocreomycetidae*, divisão *Ascomycota*, subdivisão *Pezizomycotina*, ordem *Hypocreales* e família *Nectriaceae*. Em relação aos atributos morfológicos, esse gênero possui uma grande diversidade. É um fungo que pode ocorrer especialmente em locais de clima tropical e subtropical, com capacidade de sobrevivência por longos períodos no solo devido a formação de estruturas denominadas de clamidósporos. Esse fungo pode colonizar folhas, ramos, inflorescências e frutos por meio dos conídios, sendo estes disseminados pela água ou pelo ar (Lazarotto, 2013).

O *Fusarium* consegue sobreviver no solo através de estruturas de resistência e de estruturas internas das sementes, como é o caso do embrião. Antes da semeadura, a diagnose preventiva e o tratamento químico de sementes, são medidas que ajudam no combate a doenças provocadas pelo vírus. A presença de microrganismos patogênicos, na maturidade e/ou no armazenamento, diminui o potencial fisiológico e a qualidade sanitária das sementes em maior velocidade. Outros fatores provocados pelo fungo, são: queda do poder germinativo, decréscimo no desenvolvimento de plântulas nos seus primeiros estádios de desenvolvimento e transmissão patógeno para o sistema radicular e parte aérea da planta (Ramos et al., 2014).

3.3.1 Diferentes tempos de exposição de sementes de milho ao *Fusarium spp.*

O *Fusarium spp.* é um tipo de fungo que acomete os grãos e as sementes durante o amadurecimento, sendo considerado um fungo de campo. O desenvolvimento do *Fusarium* é favorecido por fatores, como as condições de umidade do ar mais elevada, ou seja, acima de 90% e por elevação de temperatura (acima de 30°C), além dos altos teores de água nos grãos (entre 20% e 21% b.u.). É um tipo de fungo, que consegue sobreviver no solo através de estruturas de resistência e, ainda, por meio das estruturas internas das sementes, como é o caso do embrião. Outro fator, é que o *Fusarium* consegue transmitir-se para outras partes da planta, como é o caso das espigas, porém de maneira mais sistêmica, ou seja, a partir das sementes (Calegari et al., 2021).

Ramos et al., (2014) desenvolveram um experimento com o objetivo de determinar qual seria o período mínimo necessário para que ocorresse a contaminação de sementes de milho por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides*. Os autores ainda avaliaram a influência destes patógenos no vigor e germinação de sementes através da realização de teste de frio. Foram utilizados três híbridos de milho que tiveram contato com o patógeno em diferentes períodos (0; 4; 8; 16; e 32 horas), sendo que o período de 16 horas de contato do patógeno com as sementes de milho, foi suficiente para que ocorresse a contaminação. Os autores constataram que *Fusarium verticillioides* e *Fusarium graminearum* não interferiram na germinação das sementes, porém o *F. graminearum* diminuiu o desempenho dos lotes de sementes.

No estudo de Fantazzini et al., (2016), os autores avaliaram a influência do fungo *Fusarium verticillioides* no desempenho de sementes de três híbridos de milho, submetidas a diferentes potenciais de inóculo e armazenamento. As sementes permaneceram sobre a colônia fúngica por diferentes períodos de contaminação (0, 24, 48, 72 e 96 horas), sendo que foi verificado aumento do potencial de inóculo de *F. verticillioides* nas sementes, provocando redução na qualidade fisiológica nos potenciais 72 e 96 horas de exposição antes e após o armazenamento. A maior incidência de *F. verticillioides* foi observada em sementes não armazenadas, porém, a mesma acentua a deterioração no armazenamento.

No delineamento experimental realizado por Cardoso et al., (2021), com objetivo de avaliar a transmissibilidade do *Fusarium moniliforme* em sementes de milhos sob diferentes tempos de exposição (0, 24 e 72 hs), os autores constataram que o tempo de exposição das sementes ao patógeno, influenciou significativamente na incidência do fungo, sendo que ao atingir 48 horas, o patógeno já havia infectado 100% das sementes. O fungo influenciou negativamente a taxa de germinação, porém, a exposição das sementes ao patógeno por período de 24, 48 e 72 horas demonstraram taxas germinativas semelhantes estatisticamente, levando a concluir que o período mínimo de 24 horas de contato das sementes como o patógeno, foi suficiente para acontecer a infecção, diminuindo o desempenho germinativo dos lotes de sementes.

Barros et al., (2014) avaliaram os efeitos da restrição hídrica de sementes de milho em meio BDA (batata-dextrose-ágar) mais KCl e BDA-NaCl, nos potenciais de -0,6; -0,8; -1,0; -1,2; MPa, sobre o crescimento micelial e produção de conídios de *F. verticillioides*, analisando a porcentagem de sementes infectadas, germinação das sementes inoculadas e transmissão do fungo nas sementes do milho. Os autores realizaram um delineamento inteiramente causalizado em esquema fatorial de cinco potenciais e dois solutos para avaliar a germinação das sementes, crescimento micelial, quantificação de conídios e sanidade, e fatorial de cinco potenciais mais semente não inoculada e dois solutos para avaliar a transmissibilidade. Ao final, ficou demonstrado que o favorecimento do crescimento micelial de *F. verticillioides* ocorreu no meio BDA+KCl entre -0,6 e -1,0 MPa e, BDA+NaCl de -0,6 e -0,8 MPa. Os solutos NaCl e KCl mostraram-se eficientes na inoculação artificial das sementes de milho com *F. verticillioides*. O meio BDA+NaCl e BDA+KCl, ambos no potencial de -1,2 MPa, permitiu 90% de transmissibilidade de *F. verticillioides* de sementes inoculadas para colmos e raízes de milho.

A incidência de *Fusarium* spp. na cultura do milho em função dos estádios fenológicos, foi analisada por Calegari et al., (2021), sendo que o material foi coletado nos estádios V7, VT, R1, R3, R4, R6 e pré-colheita. Foram analisados seis híbridos de milho, sendo dois de 1ª safra e quatro de 2ª safra. Todos os híbridos analisados apresentaram a mesma tendência de incidência de *Fusarium* nos pendões e filhas. Elevadas incidências do patógeno, foi constatada em todas as partes da planta avaliadas (folhas, pendões e espigas) nos estádios reprodutivos, sendo que nos estádios R6 e pré-colheita foi verificado as maiores incidências fúngicas.

No experimento de Caixeta (2012) para detectar genes associados a presença de *A. flavus*, *F. verticillioides* e *Penicillium* spp. em semente de milho, utilizando a metodologia de biblioteca subtrativa, com as sementes colocadas em substrato de colônias dos patógenos por diferentes tempos de exposição (0, 24, 48, 72, 96 e 120hs), verificou-se que na faixa de 48 a 96 horas, a infecção das sementes e crescente e a qualidade fisiológica decresce, na inoculação com os fungos *A. flavus*, *F. verticillioides*.

Sendo assim, Medeiros et al., (2020) destacam que os fungos são um dos principais agentes causadores de doenças em plantas, sendo que o gênero de maior relevância é o *Fusarium*, por possuir grande capacidade de provocar danos à cultura do milho, causando doenças, como podridão rosada da espiga, podridão do colmo, podridão das raízes, grãos ardidos, dentre outras. Outros danos provocados por esse patógeno, é a liberação de micotoxinas, como as zearalenona, fumonizins e desoxinivalenol, que, além de serem nocivas as plantas, também prejudicam a saúde do homem e dos animais, e, ainda, aumentam os custos de produção, reduzem a produtividade e os lucros.

4. Considerações Finais

O *Fusarium* spp. é um tipo de fungo que ataca as sementes de milho provocando doenças que acabam prejudicando a produção da cultura. Neste trabalho, verificou-se, que a transmissibilidade de *Fusarium* em sementes de milho, foi constatada a partir da exposição das sementes pelo período mínimo de 16 horas.

Sugere-se que mais trabalhos sejam realizados com o mesmo foco, uma vez que esse patógeno pode provocar perdas de lavouras, além de aumentar os custos das mesmas, provocando grandes prejuízos ao agricultor. As pesquisas são um meio de contribuir para que ações sejam melhor direcionadas, buscando maximizar a produção. É importante que se desenvolva pesquisas, tanto de campo (experimentos), quanto de revisões, uma vez que ambos os tipos são relevantes para o levantamento de informações e dados que poderão ser utilizados para nortear as ações de enfrentamento ao *Fusarium* spp.

Referências

- Araújo, E. F. (2017). *Utilização de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do milho híbrido RG-02A*. (Monografia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/2744/1/EFA15022017.pdf>.
- Barros, J. F. & Calado, J. G. (2014). *A cultura do milho*. Universidade de Évora. Escola de Ciências e Tecnologia. Departamento de Fitotecnia. Évora. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>.
- Barros, L. S.; Guimarães, S. C.; Kobayashi, L. & Mendonça, E. A. F. (2014). Restrição hídrica na inoculação artificial de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho. *Scientia Plena*, 10(6), 1-6. https://www.researchgate.net/publication/272739737_Restricao_hidrica_na_inoculacao_artificial_de_Fusarium_verticillioides_em_sementes_de_milho.
- Begnini, G.; Assmann, E. J.; Ritter, G. & Brito, T. S. (2018). Adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos na cultura do milho. *Revista Cultivando o Saber*, 9(3), 220-227. <http://177.53.200.37/index.php/cultivando/article/view/868/792>.
- Caixeta, F. (2012). *Expressão diferencial de genes nas interações entre sementes de milho e Aspergillus flavus, Fusarium verticillioides e Penicillium spp.* (Tese). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/448/1/TESE%20Express%C3%A3o%20diferencial%20de%20genes%20nas%20intera%C3%A7%C3%B5es%20entre%20sementes%20de%20milho%20e%20Aspergillus%20flavus%20Fusarium%20verticillioides%20e%20Penicillium%20spp..pdf>.
- Calegari, B. H.; Souza, I. P.; Ruffato, S.; Bonaldo, S. M. & Prado, P. M. C. (2021). Incidência de *Fusarium* spp. em milho: planta e grão. *Research, Society and Development*, 10(14), e384101422068. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22068>.
- Cardoso, A. A. R.; Martins, W. S. & Miranda, F. F. R. (2021). Transmissibilidade do *Fusarium moniliforme* em sementes de milho sob diferentes períodos de exposição. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 9(3), 269-273. Doi: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n3.cardoso>
- Cesarim, S. T.; Porto, A. R.; Gabatz, R. I. B.; Bonow, C. A.; Ribeiro, J. P. & Mota, M. S. (2020). Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health. *J. nurs. health*. 10(n.esp.):e20104031. <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/enfermagem/article/view/19924/11996>
- Conab. (2022). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2022/2023. 1º levantamento*. p. 1-77. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- Cruz, J. C.; Magalhães, P. C.; Pereira Filho, I. A. & Moreira, J. A. A. (2011). *O produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1040211/trigo-o-produtor-pergunta-a-embrapa-responde>
- Eicholz, E. D.; Bredemeier, C.; Bermudez, F.; Machado, J. R. A.; Garrafa, M.; Bispo, N. B. & Aires, R. F. (2020). *Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21*. Embrapa Clima Temperado-Livro técnico (INFOTECA-E). <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/23092828-informacoes-tecnicas-para-o-cultivo-do-milho-e-sorgo-na-regiao-subtropical-do-brasil-safras-2019-20-e-2020-21.pdf>.
- Fantazzini, T. B.; Guimarães, R. M.; Clemente, A. C. S.; Carvalho, E. R. & Machado, J. C. (2016). *Fusarium verticillioides* inoculum potential and its relation with the physiological stored corn seeds quality. *Biosci. J.*, 32(5), 1254-1262. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-965697>.
- Fiesp. (2022). *Safra mundial de milho 2022/23. 6º Levantamento USDA*. <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>.
- Lazarotto, M. (2013). *Identificação e caracterização de Fusarium spp. e Pestalotiopsis spp. associados a Carya illinoensis no Rio Grande do Sul*. (Tese). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201711/07100433-fusarium-spp-e-pestalotiopsis-spp-tese-marilia-lazarotto.pdf>.
- Luna Neto, E. V. (2021). *Índices espectrais de vegetação no monitoramento de parâmetros fisiológicos do milho (Zea mays L) submetidos à bioestimulantes e sua correlação com a produtividade*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/21671>.
- Manteli, C. (2019). *Tratamentos de sementes com produtos fitossanitários e biológicos no controle de Fusarium tucumaniae em soja*. (Tese). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil. <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4732/1/sementesprodutosfitossanitarios.pdf>.

- Maximiano, C. V. (2017). *Pré-condicionamento de sementes de milho em água com diferentes concentrações de ozônio no desenvolvimento inicial de plântulas e no controle de Fusarium spp.* (Dissertação), Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/23484>.
- Medeiros, J. C. D.; Martins, W. S. & Miranda, F. F. R. (2020). Antagonismo de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Fusarium moniliforme* na cultura do milho. *Rev. Sítio Novo*, 4(4), 169-178. <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/717>.
- Mendes, R. M. & Miskulin, R. G. S. (2017). A análise de conteúdo como uma metodologia. *Cadernos de Pesquisa*, 47(165): 1044-1066. <https://www.scielo.br/j/cp/a/tbmyGkhjNF3Rn8XNQ5X3mC/?format=pdf&lang=pt>
- Miranda, G. (2018). *Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de Mimosa caesalpinifolia Benth.* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. http://www.engenhariaflorestal.ufrpe.br/sites/www4.deinfo.ufrpe.br/files/TCC_2018_GIOVANA%20MIRANDA_Qualidade%20fisiol%C3%B3gica%20e%20sanit%C3%A1ria%20de%20sementes.pdf.
- Pinheiro, L. S.; Gatti, V. C. M.; Oliveira, J. T.; Silva, J. N.; Silva, V. F. A. & Silva, P. A. (2021). Características Agro econômicas do milho: uma revisão. *Natural Resources*. 11(2), 13-21. Doi: <https://doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2021.002.0003>
- Ramos, D. P.; Barbosa, R. M.; Vieira, B. G. T. L.; Panizzi, R. C. & Vieira, R. D. (2014). Infecção por *Fusarium verticillioides* em sementes de milho. *Pesq. Agropec. Trop.*, 44(1), 24-31. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100011>
- Souza, N. G. M. (2017). *Controle alternativo de Fusarium spp. em sementes de milho.* (Dissertação). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil. <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/2822>
- Vian, A. L.; Bredemeier, C.; Silva, P. R. F.; Santi, A. L.; Giordano, C. P. S. & Santos, F. L. (2018). Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(1), 91-100. <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/829#:~:text=Os%20limites%20cr%C3%ADticos%20de%20NDVI,com%20o%20potencial%20produtivo%20estimado>.