

UNICESUMAR – UNIVERSIDADE CESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CAMPI MARINGÁ

AVALIAÇÃO MICOTOXICOLÓGICA DE GRÃOS DE MILHO DE PLANTAS
AFETADAS PELO COMPLEXO DE ENFEZAMENTOS

ANA BEATRIZ DA SILVA SOUZA

MARINGÁ – PR

2024

Ana Beatriz da Silva Souza

**AVALIAÇÃO MICOTOXICOLÓGICA DE GRÃOS DE MILHO DE PLANTAS
AFETADAS PELO COMPLEXO DE ENFEZAMENTOS**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR - Universidade Cesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob a orientação da Profa. Dra. Francielli Gasparotto.

MARINGÁ – PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO
ANA BEATRIZ DA SILVA SOUZA

AVALIAÇÃO MICOTOXICOLÓGICA DE GRÃOS DE MILHO DE PLANTAS
AFETADAS PELO COMPLEXO DE ENFEZAMENTOS

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR – Universidade Cesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob a orientação da Profa. Dra. Francielli Gasparotto.

Aprovado em: 18 de novembro de 2024.

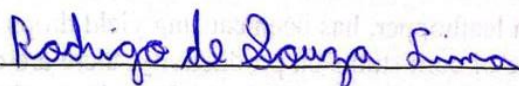
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Francielli Gasparotto - Unicesumar



Profa. Dra. Anny Rosi Manningel - Unicesumar



Prof. Dr. Rodrigo de Souza Lima – Universidade Estadual de Maringá

AVALIAÇÃO MICOTOXICOLÓGICA DE GRÃOS DE MILHO DE PLANTAS AFETADAS PELO COMPLEXO DE ENFEZAMENTOS

Ana Beatriz da Silva Souza

RESUMO

O complexo de enfezamentos do milho, transmitido pela cigarrinha-do-milho, vem ocasionando quedas de produtividade nesta cultura. Apesar do conhecimento sobre a influência dos enfezamentos na produtividade, existem dúvidas quanto ao efeito desse complexo na micotoxicologia dos grãos produzidos em plantas doentes. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade micotoxicológica de grãos de milho associados ao complexo de enfezamentos, nas safras de inverno 2023 e verão 2023/2024. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos híbridos B2702 VYHR (T1), FS575 PWU (T2), MG30A37 PWU (T3) e DKB290 PRO3 (T4). O monitoramento das cigarrinhas foi realizado semanalmente com armadilhas adesivas, da semeadura até o estádio V8. A severidade do complexo de enfezamentos foi realizada por uma escala de notas. A produtividade foi estimada e a sanidade avaliada por meio do teste em papel de filtro com congelamento. Amostras de milho foram submetidas ao método ELISA para detecção de fumonisinas e desoxinivalenol. Os híbridos apresentaram diferentes graus de severidade ao complexo de enfezamentos do milho, sendo B2702 VYHR o mais tolerante e DKB290 PRO3 mais suscetível. Uma correlação negativa foi observada entre severidade do CEM e produtividade. Foram detectados fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, com maior incidência na safra de inverno. *Aspergillus* sp e *Penicillium* sp. apresentaram correlação negativa com a severidade. Micotoxinas fumonisinas e desoxinivalenol foram detectadas dentro dos limites legais, mas a concentração de fumonisinas para o híbrido FS575 PWU ficou próxima do limite máximo, exigindo monitoramento devido aos riscos à saúde.

Palavras-chave: *Dalbulus maidis*. Sanidade. *Zea mays*.

MYCOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF CORN KERNELS FROM PLANTS AFFECTED BY THE BLIGHT COMPLEX

ABSTRACT

The corn stink complex, transmitted by the corn leafhopper, has been causing yield drops in this crop. Despite the knowledge about the influence of corn stunts on productivity, there are doubts about the effect of this complex on the mycotoxicology of grains produced from diseased plants. The aim of this study was to evaluate the mycotoxicological quality of corn grains associated with the late blight complex in the winter 2023 and summer 2023/2024 crops. The experimental design was a randomized block with four treatments and four replications. The treatments consisted of the hybrids B2702 VYHR (T1), FS575 PWU (T2), MG30A37 PWU (T3) and DKB290 PRO3 (T4). The leafhoppers were monitored weekly with adhesive traps, from sowing

to the V8 stage. The severity of the blight complex was assessed using a grading scale. Yield was estimated and health assessed using the freezing filter paper test. Corn samples were subjected to the ELISA method to detect fumonisins and deoxynivalenol. The hybrids showed different degrees of severity to the corn blight complex, with B2702 VYHR being the most tolerant and DKB290 PRO3 the most susceptible. A negative correlation was observed between CEM severity and yield. Fungi of the genera *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* were detected, with a higher incidence in the winter crop. *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. showed a negative correlation with severity. Mycotoxins fumonisins and deoxynivalenol were detected within the legal limits, but the concentration of fumonisins for the FS575 PWU hybrid was close to the maximum limit, requiring monitoring due to the health risks.

Keywords: *Dalbulus maidis*. Sanity. *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta monocotiledônea pertencente à família Poaceae com origem na América do Norte há cerca de 8 mil anos. A sua evolução se deu a partir de uma gramínea chamada teosinte, muito semelhante ao milho, mas com espigas muito pequenas (Lima, 2020; Vieira *et al.*, 2021). Devido sua adaptação e variabilidade genética, o milho é uma das principais gramíneas existentes, podendo ser cultivada em todo o mundo (Teixeira; Trindade, 2021).

Existem diversas cadeias produtivas que dependem desta gramínea, como por exemplo, a produção de etanol. O milho também possui outras importantes finalidades como a alimentação humana, com o emprego direto de seus grãos ou derivados, e animal, por meio de silagem ou composição de rações, que demonstram sua importância, influência e impacto no agronegócio, não só brasileiro, mas também mundial (Bezerra *et al.*, 2022; Contini *et al.*, 2019).

O Brasil se destaca na produção de milho, ocupando a terceira posição global, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. A tendência de longo prazo aponta para um crescimento na produção desse cereal tanto mundialmente quanto no Brasil. Esse aumento é impulsionado por diversos fatores, como o crescimento da demanda por proteínas de origem animal, já que o milho é um componente fundamental nas rações, além da expansão do uso de etanol produzido a partir do milho, especialmente no contexto brasileiro (BRASIL, 2024).

Diversos são os fatores que podem prejudicar esta cultura, interferindo em sua produtividade, entre os principais desafios temos as doenças, pragas e plantas invasoras. Em função do clima do Brasil, muitos são os patógenos favorecidos que atacam o milho, sendo a mancha-branca, as ferrugens, a cercosporiose, as podridões de espigas e os enfezamentos as principais doenças desta cultura (Contini *et al.*, 2019).

Dentre estas, o complexo de enfezamentos do milho (CEM) tem causado preocupação a produtores e técnicos nas últimas safras, devido aos danos elevados. A depender da época de infecção dessas doenças, a lavoura pode ser totalmente afetada (Cota *et al.*, 2021), gerando prejuízos.

Os enfezamentos do milho, são doenças provocadas pelos mollicutes *maize bushy stunt phytoplasma* (MBSP) e *corn stunt spiropasma* - *Spiroplasma kunkelii* (CSS), esses, causam respectivamente o enfezamento vermelho e o enfezamento pálido. Além destes, o complexo

de enfezamentos também inclui o vírus do raiado fino do milho (MRFV), que ocasiona a virose da risca, desencadeando nas plantas pontos cloróticos e linhas-curtas nas folhas que evoluem e formam riscas mais longas, além disso, há redução do crescimento da planta, do tamanho das espigas e grãos (Ávila *et al.*, 2021).

Uma planta infectada pelo fitoplasma e espiroplasma, irá apresentar alguns sintomas comuns, entre esses está o perfilhamento nas bases foliares, limitação do crescimento da planta, redução dos entrenós, falha no desenvolvimento, proliferação das espigas e formação de grãos chochos e pequenos (Ávila *et al.*, 2021; Cota *et al.*, 2021). Ainda segundo Cota *et al.* (2021), o que diferencia os enfezamentos pálido e vermelho é a coloração que as folhas obtêm, sendo o enfezamento pálido caracterizado por estrias esbranquiçadas que partem da base, enquanto no enfezamento vermelho há avermelhamento da planta que inicia no ápice e margens das folhas, seguido de seca.

Os três agentes causais do complexo de enfezamentos são transmitidos pela cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), inseto da ordem Hemiptera (Ávila *et al.*, 2021). O inseto obtém os patógenos ao se alimentar em plantas doentes, esses organismos aumentam sua população nas glândulas salivares da cigarrinha, tornando o inseto um transmissor. A retenção dos patógenos pelo inseto dura todo o seu ciclo de vida, que ao se alimentar de plantas saudáveis realiza a transmissão dos mollicutes e do vírus para o floema do milho (Cota *et al.*, 2021).

Atualmente, o milho é cultivado em todas as épocas do ano, sendo o cultivo de verão conhecido como primeira safra, onde o plantio é concentrado na primavera/verão e o cultivo de inverno realizado após a colheita da soja, chamado de safrinha (Contini *et al.*, 2019). Essa quebra de sazonalidade e o cultivo ininterrupto da cultura, cria-se a chamada “ponte-verde”, onde a cigarrinha-do-milho se reproduz em grande quantidade o ano todo pela disponibilidade constante de alimento (Dorneles, 2023), desta forma, a transmissão do complexo de enfezamentos se mantém por um longo período.

Apesar de vários aspectos relacionados ao complexo de enfezamentos já terem sido elucidados, verifica-se uma lacuna do conhecimento acerca do efeito deste sobre a micotoxicologia dos grãos produzidos em plantas acometidas por esta enfermidade. O CEM, em muitos híbridos, pode ocasionar a má formação da espiga, o que tem potencial de favorecer uma maior infecção dos grãos por fungos e alterar a sanidade destes grãos. A sanidade dos grãos de milho está relacionada com o ataque de fungos, tanto em pré-colheita

como em pós-colheita, desde os processos de beneficiamento até o armazenamento (Mistura; Lindino, 2020).

De acordo com Neto e Boscaini (2019), parte desses fungos que atacam os grãos são chamados de toxigênicos por sua capacidade de produzir substâncias tóxicas, que são denominadas micotoxinas. As micotoxinas causam danos à saúde humana e animal, os grãos contaminados quando consumidos, podem promover mutações, anomalias físicas e câncer (Rocha *et al.*, 2020). Os principais gêneros de fungos capazes de produzir micotoxinas são os *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, nos cereais esses microrganismos produzem principalmente aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina A, tricotecenos e zearalenona, substâncias essas encontradas em diversos alimentos, incluindo o milho (Vedovatto *et al.*, 2020).

Assim, é importante estabelecer a relação entre o complexo de enfezamentos e a incidência de doenças fúngicas nas espigas, visto que a tolerância máxima permitida de grãos ardidos nas agroindústrias é de 6% (MAPA, 2011). Além disso, a detecção de micotoxinas nos grãos de milho produzidos em plantas que apresentam o complexo de enfezamentos, é a base para enfrentar outro potencial impacto negativo desta doença, sobre a viabilidade do uso destes grãos para a alimentação animal e principalmente humana. Com o maior conhecimento sobre esta relação, será possível planejar ações voltadas para o manejo da cultura do milho, potencializando o enfrentamento dos impactos causados pelo complexo de enfezamentos.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade micotoxicológica de grãos de milho produzidos nos híbridos B2702 VYHR, FS575 PWU, MG30A37 PWU e DKB290 PRO3 sob efeito do complexo de enfezamentos nas safras de inverno 2023 e verão 2023/2024.

2 DESENVOLVIMENTO

O experimento foi realizado no município de Maringá-PR, na área experimental da Fazenda Escola Unicesumar, localizada no noroeste do estado do Paraná (23°20'31.13"S 51°52'32.01"O) com altitude de 480 metros acima do nível do mar. O estudo da pluviometria regional indica que o campo experimental se localiza em área de precipitação média anual de

1561 mm e temperatura média de 22°C. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho com textura argilosa, identificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

O plantio e condução das plantas ocorreu à campo em delineamento em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições, num total de 16 parcelas, que foram compostas por quatro linhas de milho com 5 metros de comprimento no espaçamento 0,45 metros entre linhas e 5 plantas por metro.

Os tratamentos foram constituídos por 4 híbridos de milho sendo, T1 - B2702 VYHR, T2 - FS575 PWU, T3 - MG30A37 PWU e T4 - DKB290 PRO3. A semeadura do milho foi realizada de forma manual, utilizando-se da matraca, e os demais tratos culturais foram realizados quando necessários de forma que não interferiram nos resultados da pesquisa.

O monitoramento da presença de cigarrinhas foi realizado com armadilhas adesivas um dia por semana a partir da semeadura até o estágio V8. As armadilhas foram distribuídas ao redor e no meio das parcelas experimentais e o número de cigarrinhas foi contado em cada uma delas.

As plantas foram avaliadas quanto à severidade entre 90 e 100 dias após o plantio, considerando os sintomas de infecção por espiroplasma e fitoplasma. Foi utilizada uma escala de notas, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Escala de notas de severidade para o complexo de enfezamentos.

Nota	Descrição
1	Ausência de sintomas
2	Plantas com menos de 25% das folhas com sintomas, ou seja, folha avermelhada ou amarelada, ou apresentando faixas cloróticas em sua inserção.
3	Plantas com 25% a 50% das folhas com sintomas.
4	Plantas com 50% a 75% das folhas com sintomas.
5	Plantas com mais de 75% das folhas com sintomas.
6	Plantas com morte precoce causada por enfezamentos.

Fonte: Silva *et al.* (2003).

Os grãos foram debulhados, a umidade estimada, e a produtividade convertida em kg.ha⁻¹ na umidade padrão de 13%.

Após a colheita, foi realizada a avaliação da sanidade dos grãos dos híbridos em estudo no laboratório de Fitopatologia da Unicesumar. Para a avaliação da qualidade sanitária dos grãos foi empregado o teste de incubação em papel de filtro com congelamento (BRASIL, 2009), sendo utilizados 400 grãos de cada híbrido. Estes grãos foram inicialmente desinfestados por meio da imersão em hipoclorito de sódio a 2% por três minutos. Em seguida foram lavados duas vezes com água destilada esterilizada e, posteriormente, 25 grãos foram distribuídos equidistantemente em caixas tipo gerbox contendo papel de filtro umedecido água destilada esterilizada. Os gerbox foram mantidos em temperatura ambiente para estimular a germinação dos grãos.

Após 24h, foram transferidos para freezer a uma temperatura de -5°C por um período de 24 horas e, posteriormente, levados à câmara de incubação ajustada com a temperatura de 24°C e fotoperíodo de 12 horas. Após 7 dias, a identificação e quantificação dos patógenos presentes nos grãos foi realizada com o auxílio de um microscópio estereoscópio e de um microscópio binocular.

As amostras que apresentaram crescimento de patógenos fúngicos conhecidamente produtores de micotoxinas foram submetidas a análise das micotoxinas desoxinivalenol e fumonisina pelo método ELISA.

Os resultados de cada parâmetro avaliado foram submetidos ao teste de homogeneidade e à análise de variância, verificando-se a significância, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2000). Foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis utilizando o coeficiente de correlação de Pearson (r).

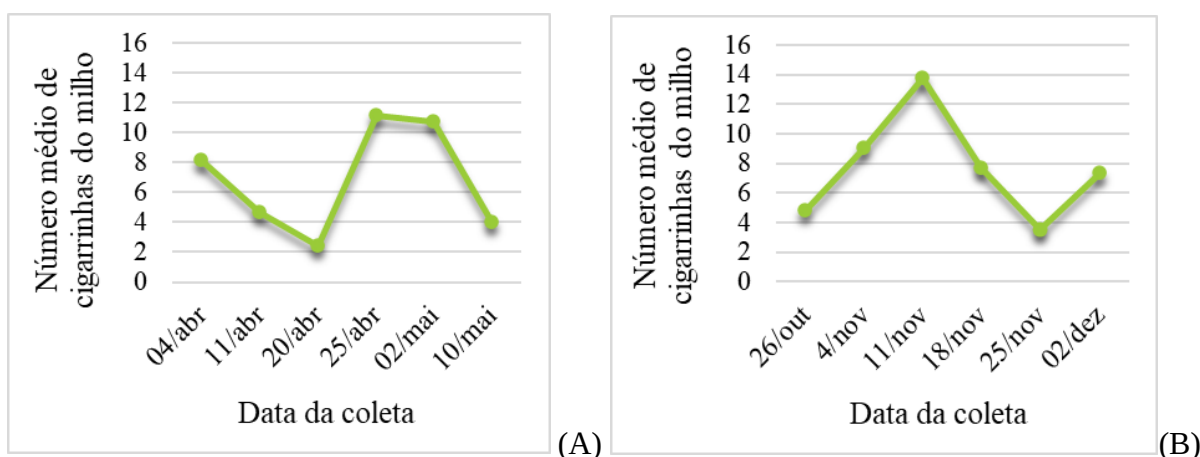
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento das cigarrinhas foi realizado durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, em ambas as safras. A escolha do período de monitoramento das cigarrinhas se deve a preferência do inseto, que tem maior afinidade por plantas novas que estão entre os estádios VE e V8, ou seja, na fase inicial de estabelecimento da cultura (Alves *et al.*, 2020). A população de cigarrinha tende a aumentar nas áreas de cultivo sob condições

favoráveis de temperatura (entre 26° e 32°C) e alimento disponível, possibilitando a proliferação de várias gerações durante o ciclo do milho, sua única planta hospedeira (Ávila *et al.*, 2021; Cota *et al.*, 2021).

Quanto ao número de cigarrinhas coletadas nas diferentes safras, não foram encontradas variações consideráveis, visto que as temperaturas registradas foram semelhantes e ambas favoreceram a reprodução da cigarrinha (Gráfico 1). De acordo com dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de coleta das cigarrinhas na safrinha 2023 (entre 04/04 e 10/05/2023) a média de temperatura mínima foi 18,6°C e a máxima 27,8°C, enquanto na safra 2023/24 (entre 26/10 e 02/12/2023) a média de temperatura mínima foi 20,8°C e a máxima 30,6°C.

Gráfico 1 – Flutuação da população da cigarrinha *Dalbulus maidis*, safra de inverno 2023 (A) e safra de verão 2023/24 (B)



*Média de contagem de 8 armadilhas adesivas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

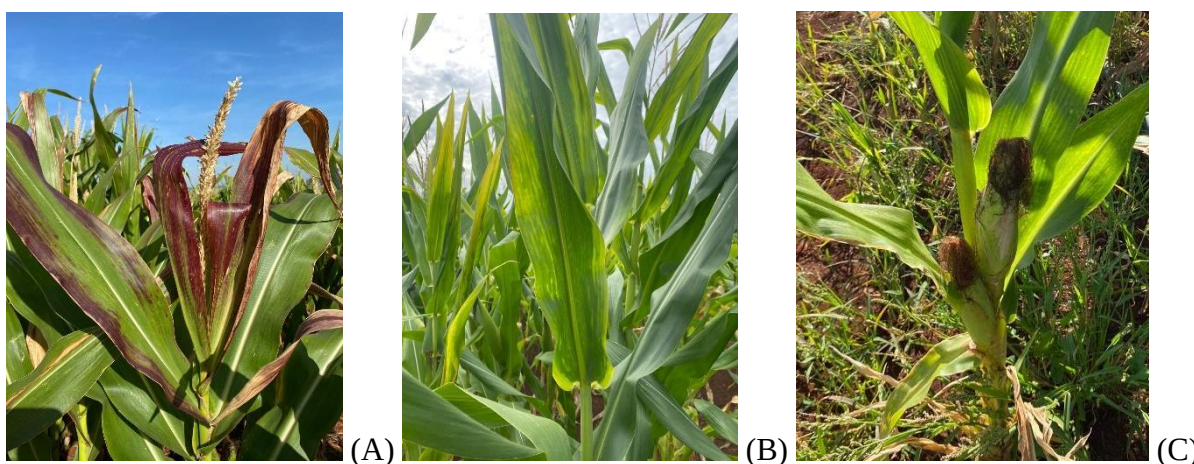
Observou-se também que nas duas safras houve uma queda na média do número das cigarrinhas em algumas coletas, em ambos os casos, essa queda se deve às chuvas que ocorreram no período, que fizeram com que a flutuação do inseto diminuísse na área e parte das cigarrinhas se desprendessem das armadilhas.

Na safrinha de inverno (2023), após a primeira coleta das cigarrinhas no dia 04/04/2023 houve um período chuvoso até o dia 19/04/2023 que acumulou 122,2 mm, ocasionando assim, a queda no número de cigarrinhas. Por outro lado, na safra de verão (2023/2024), após a coleta do dia 11/11/2023 também houve fortes chuvas, acumulando 250

mm, coincidindo assim com o período em que houve queda no número de insetos na área (INMET, 2024).

A presença de cigarrinhas infectivas desde a emergência das plantas, acarretou na transmissão dos patógenos que constituem o CEM para todos os híbridos avaliados em ambas as safras. Os quatro híbridos avaliados apresentaram diferentes sintomas típicos do CEM, como o multiespigamento, estrias vermelhas e estrias cloróticas (Cota *et al.*, 2021) (Figura 1), porém, cada planta apresentou diferentes graus de severidade.

Figura 1 – Sintomas do complexo de enfezamentos do milho: Estrias vermelhas (A); Estrias cloróticas (B); Multiespigamento (C)



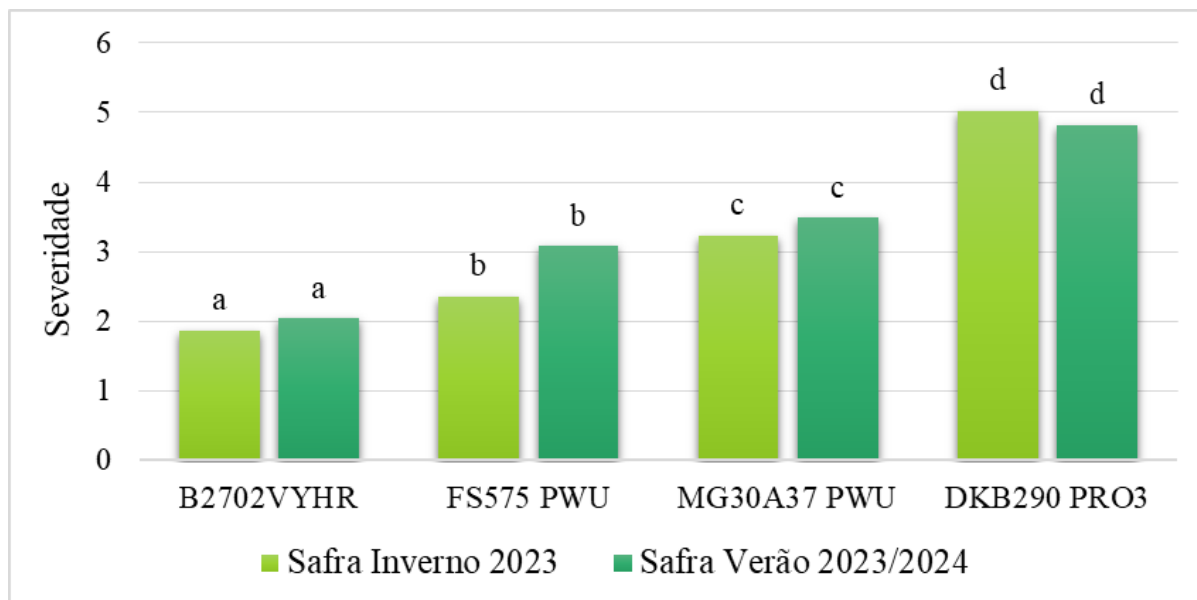
Fonte: Fotos do autor (2024).

De acordo com Oliveira e Sabato (2017), diferentes épocas de semeadura, densidade populacional da cigarrinha, resistência da cultivar e o clima, modificam a incidência dos enfezamentos, e por consequência, fazem com que cada híbrido apresente notas distintas de severidade, como o observado neste estudo. Algumas pesquisas como a realizada por Cota *et al.* (2018) em Sete Lagoas-MG e a de Karlec (2022) realizada em Cerro Largo-RS, mostraram que há variabilidade genética entre híbridos de milho comerciais quanto a resistência aos enfezamentos, o que corrobora com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Na safrinha 2023, a nota de severidade variou entre 1,87 (plantas com pouco ou nenhum sintoma) à 5,02 (plantas com mais de 75% das folhas com sintomas), já na safra 2023/24 as notas foram similares, variando entre 2,04 (plantas com menos de 25% das folhas com sintomas) e 4,83 (plantas com 50% a 75% das folhas com sintomas). Por meio do teste

de Scott-Knott à 5% de significância, os híbridos foram divididos de acordo com a tolerância e suscetibilidade ao complexo de enfezamentos, conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Valores médios de notas de severidade ao complexo de enfezamentos na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)



Notas de Severidade: 1- Plantas assintomáticas; 2- plantas com menos de 25% das folhas com sintomas de enfezamento, avermelhada ou amarelada; 3- plantas com 25 a 50% das folhas com sintomas; 4- plantas com 50 a 75% das folhas com sintomas; 5- plantas com mais de 75% das folhas com sintomas e 6 plantas com morte precoce causada por enfezamentos. (Silva *et al.*, 2003). Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott. CV com variáveis transformadas (%): 12,19 para safra de inverno (2023) e 11,67 para safra de verão (2023/2024).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em ambas as safras, os híbridos foram divididos em grupos iguais. O híbrido B2702 VYHR, pertencente ao grupo “a”, foi considerado o mais tolerante ao CEM, suas notas variaram de 1,87 a 2,04 entre as safras, ou seja, as plantas apresentaram até 25% das folhas com sintomas. O híbrido FS575 PWU, apresentou as notas 2,36 e 3,08, e dessa forma ficou enquadrado ao grupo “b”, podendo ser chamado de moderadamente tolerante, uma vez que de 25 a 50% das folhas mostraram sintomas. O terceiro grupo, “c”, foi ocupado pelo híbrido MG30A37 PWU cujo as notas foram 3,23 e 3,49, as plantas apresentaram folhas com até 50% de sintomas. Por fim, o híbrido mais suscetível ao CEM foi o DKB290 PRO3 (grupo “d”), pois possuiu até 75% de suas folhas sintomáticas, as notas foram 5,02 e 4,83 nas safras de inverno e verão, respectivamente.

Quanto a produtividade, verificou-se diferenças significativas entre os híbridos na safra de inverno de 2023, o híbrido mais produtivo foi o B2702 VYHR, com 8967,84 kg.ha⁻¹ e assim, se enquadrado no grupo “a”. No grupo “b” está o híbrido FS575 PWU com produtividade de 7270,28 kg.ha⁻¹, segundo mais produtivo. Produzindo 4670,65 kg.ha⁻¹, o híbrido MG30A37 PWU foi alocado no grupo “c” e considerado como mediantemente produtivo. Por fim, o menos produtivo foi o híbrido DKB290 PRO3, pertencente ao grupo “d” que produziu 4193,94 kg.ha⁻¹. Na safra de verão, não foram encontradas diferenças significativas entre os híbridos, as produtividades alcançadas foram de 6363,38 kg.ha⁻¹, 7244,02 kg.ha⁻¹, 5881,92 kg.ha⁻¹ e 5027,19 kg.ha⁻¹ para os híbridos B2702 VYHR, FS575 PWU, MG30A37 PWU e DKB290 PRO3, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Produtividade dos híbridos de milho na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)

Híbrido	Safra Inverno 2023	Safra Verão 2023/2024
B2702VYHR	8967,84 a	6363,38 a
FS575 PWU	7270,28 b	7244,02 a
MG30A37 PWU	4670,65 c	5881,92 a
DKB290 PRO3	4193,94 d	5027,19 a
CV (%)	0,6	18,50

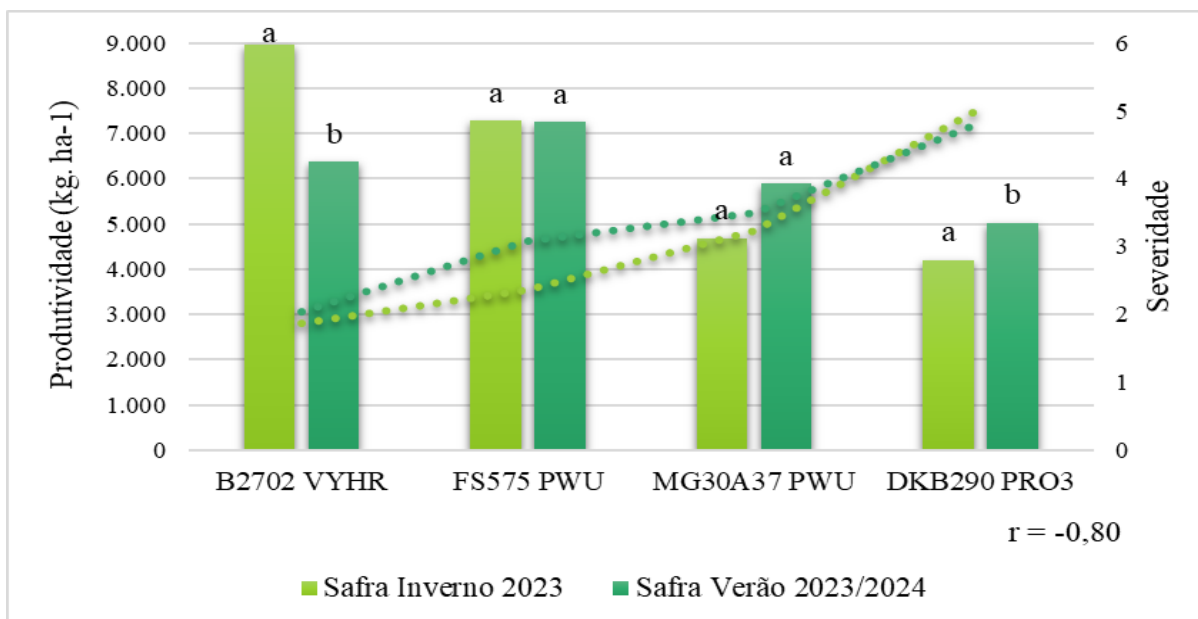
Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na comparação individual de cada híbrido, nas diferentes safras, observou-se que o híbrido B2702 VYHR apresentou uma redução significativa na produtividade da safra de inverno para a safra de verão, com uma queda de aproximadamente 2.600 kg ha⁻¹. Por outro lado, os híbridos FS575 PWU e MG30A37 PWU não apresentaram diferenças significativas nas produtividades entre as safras, permanecendo no grupo “a”. Já o híbrido DBK290 PRO3 destacou-se na safra de verão, com um aumento de cerca de 834 kg ha⁻¹ em relação à safra de inverno, resultando em uma diferença significativa nas médias (Gráfico 3).

Foi possível estabelecer a relação entre a produtividade e a nota de severidade de cada híbrido por meio da análise de correlação de Pearson. O coeficiente obtido foi de -0,80, indicando uma forte correlação negativa. Isso indica que, quanto mais suscetível o híbrido for ao complexo de enfezamentos, menor será sua produtividade (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Relação entre a nota de severidade e produtividade dos híbridos de milho na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)



Médias entre cada híbrido seguidas por letras iguais não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott. CV (%): 6,89; 14,98; 18,75 e 7,93 para B2702 VYHR, FS575 PWU, MG30A37 PWU e DKB290 PRO3 respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

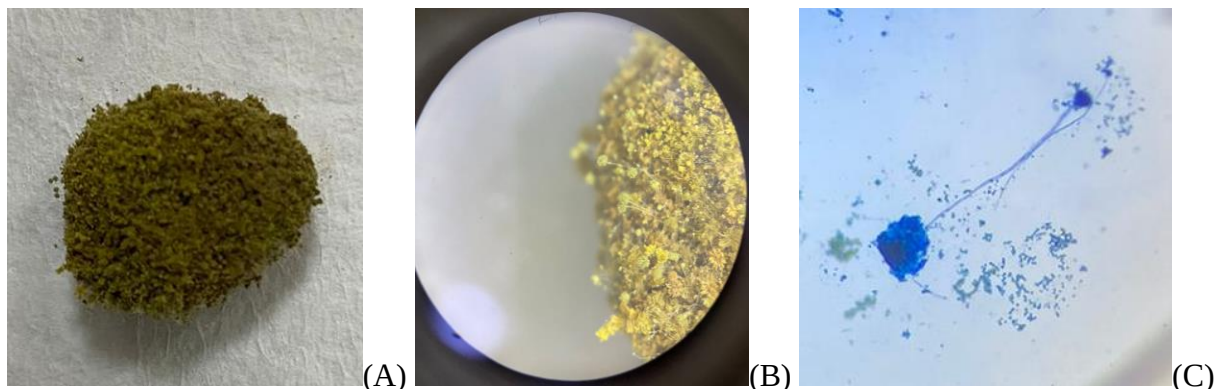
Em um estudo conduzido por Cota *et al.* (2018), verificou-se que a produção dos grãos se correlacionou negativamente com a severidade do enfezamento, mesmo esta sendo uma característica específica de cada genótipo, os resultados deste estudo confirmam o padrão encontrado nesta pesquisa.

Quanto a qualidade sanitária dos grãos produzidos nos híbridos de milho avaliados, foram encontrados predominantemente em ambas as safras fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*. De acordo com Araújo *et al.* (2021), esses fungos são capazes de contaminar os produtos agrícolas, como o milho, desde o crescimento da planta até o processo de pós-colheita, pois são fungos de campo e armazenamento. Além disso, as espécies identificadas são consideradas como toxicogênicas, pois são capazes de produzirem metabólitos secundários tóxicos, as chamadas micotoxinas (Rupollo *et al.*, 2006).

O gênero *Aspergillus* é composto por fungos “filamentosos com hifas hialinas, septadas e ramificadas em ângulo agudo, as quais se diferenciam em estruturas reprodutivas típicas para dar origem aos conídios” (Poester *et al.*, 2015), de acordo com Negri (2017) as colônias formadas nos grãos apresentam um aspecto granuloso de coloração verde-amarelada,

e esta descrição está de acordo com o observado nos grãos de milho analisados neste estudo (Figura 2).

Figura 2 – Grão de milho com colônias de *Aspergillus* sp. visíveis a olho nu (A); Colônias de *Aspergillus* sp. ampliadas sob a lupa (B); Microscopia de *Aspergillus* sp. (C)

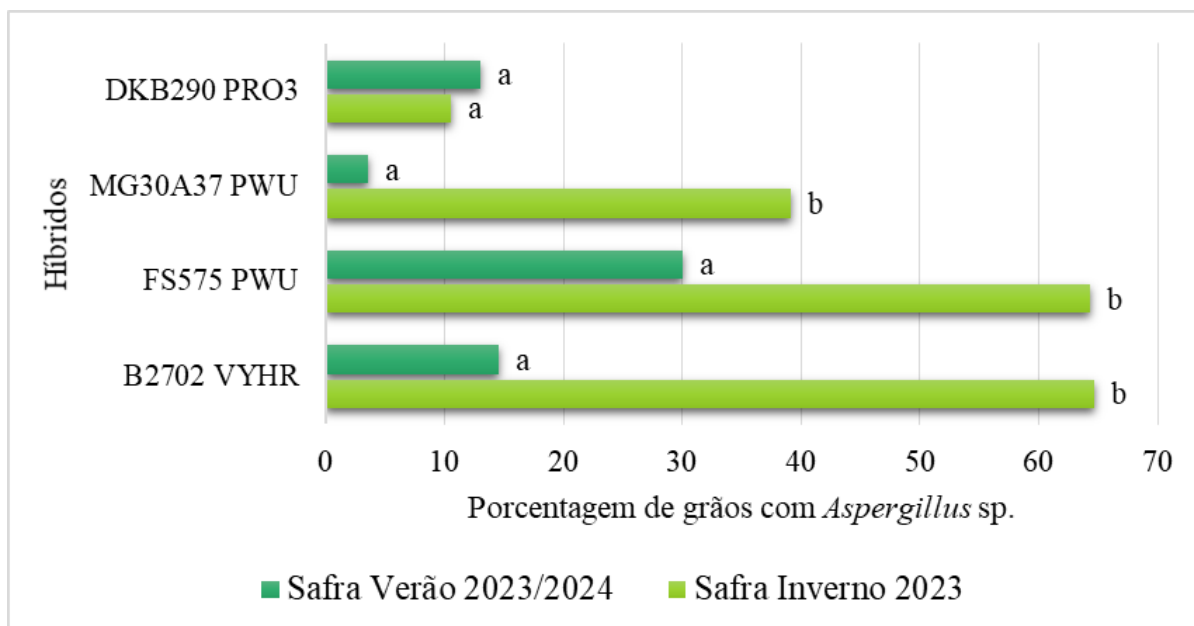


Fonte: Fotos do autor (2024).

Além deste gênero fúngico ser considerado de armazenamento, no milho, sua infecção também pode ocorrer na pré-colheita, preferencialmente no estágio leitoso dos grãos (Borsatti *et al.*, 2021), sendo a temperatura ótima de desenvolvimento entre 29 a 35°C (Baptista *et al.*, 2004). As espécies do gênero *Aspergillus* são precursoras da deterioração de sementes, causam prejuízos no embrião, alteração de cor, modificações nutricionais e diminuição de matéria seca (Borsatti *et al.*, 2021). Além disso, quando em temperatura ideal de 22 °C e umidade elevada, esses fungos possuem a capacidade de produzir as chamadas aflatoxinas, substância de alta toxidez, ampla ocorrência e cancerígena para humanos e animais (Rocha *et al.*, 2020; Vieira *et al.*, 2022).

No presente estudo, a incidência de fungos do gênero *Aspergillus* variou entre os híbridos e as safras analisadas. Para os híbridos B2702 VYHR, FS575 PWU e MG30A37 PWU, a porcentagem de fungos associados foi maior na safra de inverno, com valores de 64,7%, 64,3% e 39,1%, respectivamente, para esses híbridos, houve diferença significativa entre as safras, o que confirma a maior incidência no inverno. Em contrapartida, não houve diferença significativa na incidência de *Aspergillus* sp. entre as safras no híbrido DKB290 PRO3, conforme o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Porcentagem de grãos com *Aspergillus* sp. na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)

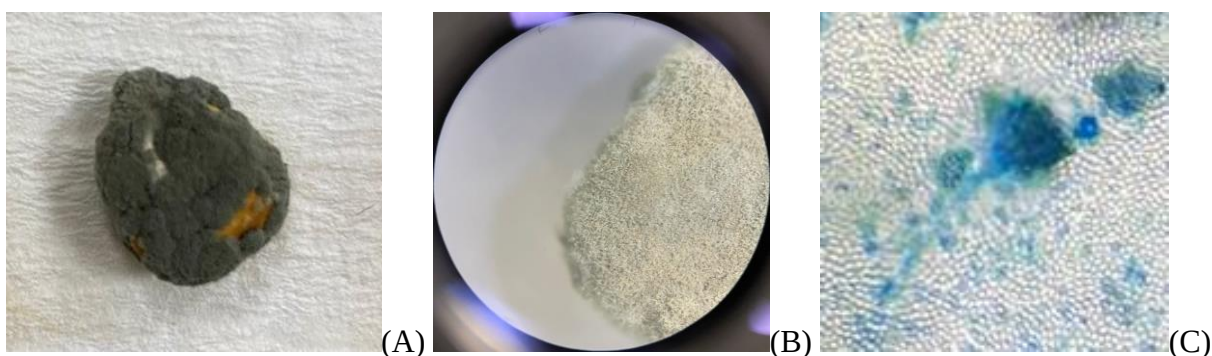


Médias entre cada híbrido seguidas por letras iguais não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott. CV com variáveis transformadas (%): 31,02; 30,78; 45,16 e 56,48 para B2702 VYHR, FS575 PWU, MG30A37 PWU e DKB290 PRO3 respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Já, os fungos pertencentes ao gênero *Penicillium* caracterizam-se por possuir conidióforos de padrões simples ou complexos, com várias ramificações, semelhantes a um pincel, quanto às suas colônias, essas apresentam diferente cores, sendo a principal verde acinzentado, de aspecto aveludado (Figueiredo *et al.*, 2020). Analisando os grãos dos diferentes híbridos de milho avaliados neste estudo, verificaram-se colônias condizentes com o descrito pelo autor (Figura 3A e 3B) e os conidióforos semelhantes a pinceis (Figura 3C).

Figura 3 - Grão de milho com colônias de *Penicillium* sp. visíveis a olho nu (A); Colônias de *Penicillium* sp. ampliadas sob a lupa (B); Microscopia de *Penicillium* sp. (C)

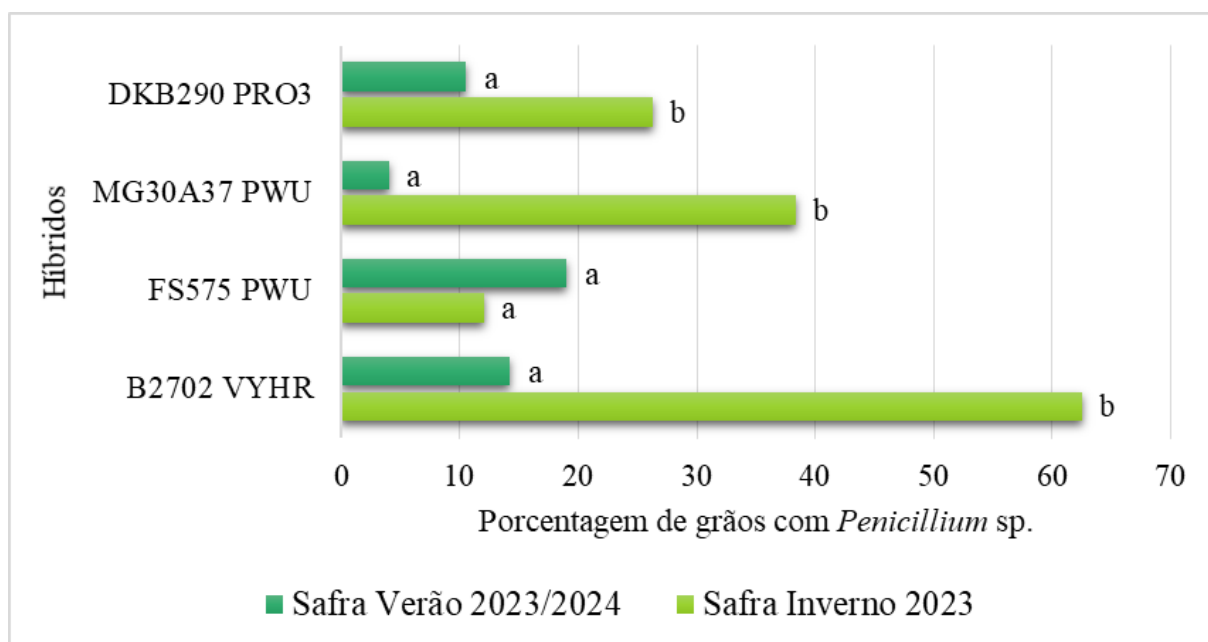


Fonte: Fotos do autor (2024).

Assim como as espécies do gênero *Aspergillus*, os fungos do gênero *Penicillium* também podem contaminar as sementes tanto no armazenamento, e em condições de campo, causando a deterioração e redução da qualidade das sementes (Arenhardt, 2015; Borsatti *et al.*, 2021). A temperatura para ótimo desenvolvimento desse gênero é inferior à do gênero *Aspergillus*, variando entre 28 a 32°C. Quanto a produção de metabólitos secundários, principalmente ocratoxinas, que podem ocasionar intoxicações ao homem e também aos animais, esta é favorecida por temperaturas entre 25 a 27° C e umidade entre 68 e 90% (Arenhardt, 2015; Prestes *et al.*, 2019).

De acordo com o Gráfico 5, com exceção do híbrido FS575 PWU que apresentou 19% de incidência do gênero na safra de verão e 12% na safra de inverno não havendo diferença significativa, os demais materiais apresentaram diferença significativa, com incidência maior de *Penicillium* sp na safra de inverno, onde as porcentagens foram de 62,5 % no híbrido B2702 VYHR, 38,33% no híbrido MG30A37 PWU e 26,33% no híbrido DKB290 PRO3.

Gráfico 5 – Porcentagem de grãos com *Penicillium* sp. na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)

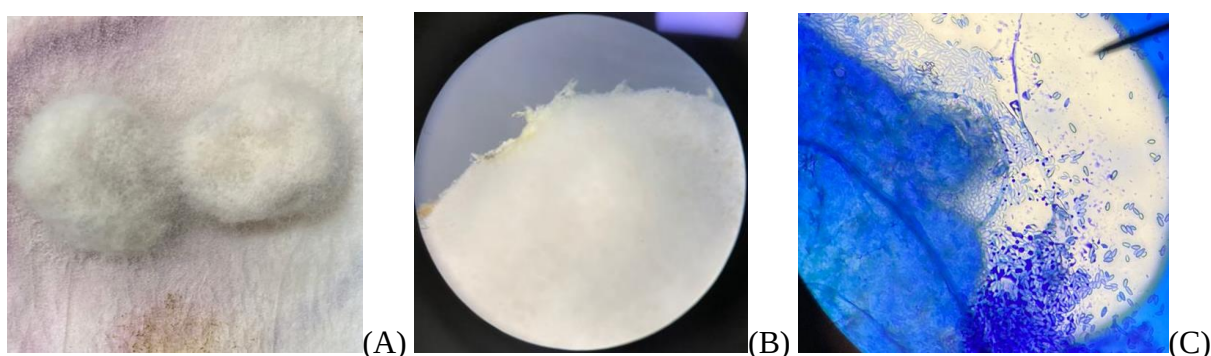


Médias entre cada híbrido seguidas por letras iguais não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott. CV com variáveis transformadas (%): 21,88; 34,20; 25,89 e 45,91 para B2702 VYHR, FS575 PWU, MG30A37 PWU e DKB290 PRO3 respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O terceiro gênero encontrado neste estudo foi o *Fusarium*. Os fungos deste grupo possuem uma estrutura semelhante a uma meia-lua, multiseptos, com micélio aéreo e com conídios fusiformes, esses, podendo ser macro ou microconídios (Medina *et al.*, 2022; Walker *et al.*, 2016), ao analisar o fungo foram encontrados predominantemente microconídios (Figura 4C). As colônias formadas nos grãos apresentam textura cotonosa e coloração branca (Aparecido; Rosa, 2019), características também observadas neste estudo (Figura 4A e 4B).

Figura 4 – Grãos de milho com colônias de *Fusarium* sp. visíveis a olho nu (A); Colônias de *Fusarium* sp. ampliadas sob a lupa (B); Microscopia de *Fusarium* sp. (C)

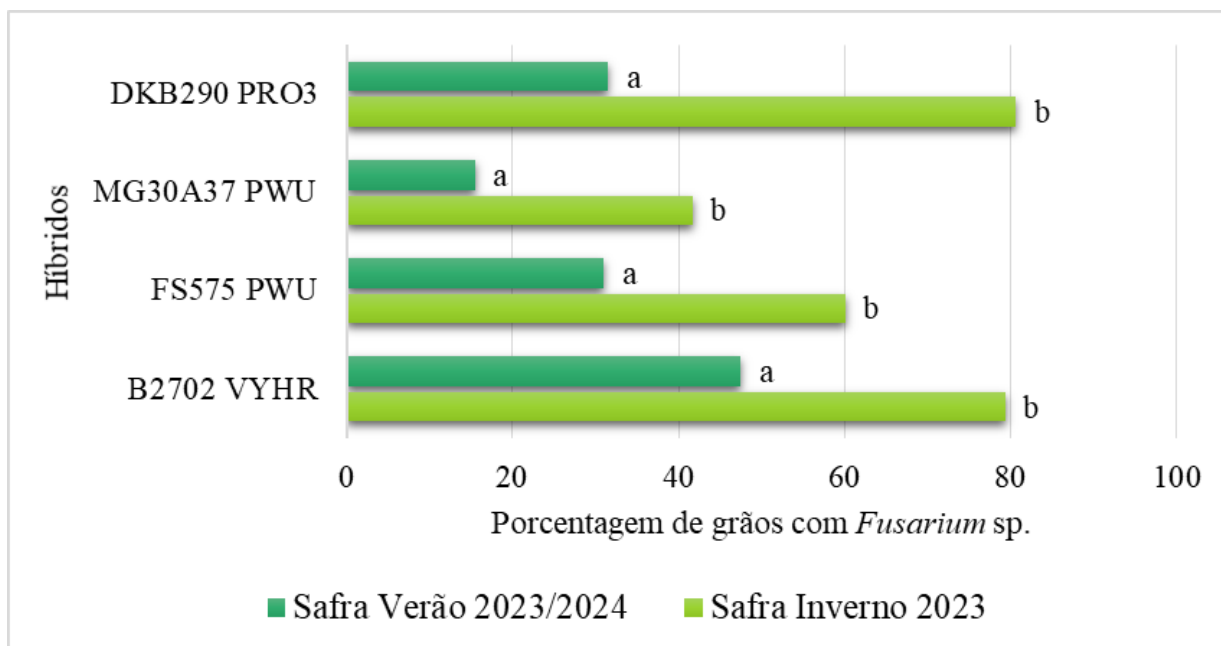


Fonte: Fotos do autor (2024).

Considerados fungos de campo, *Fusarium* sp. ataca os grãos durante o amadurecimento, especialmente em temperaturas acima de 30 °C e umidade superiores a 90% (Calegari *et al.*, 2021), ocasionando podridões de espiga. Esses fungos têm a capacidade de produzir micotoxinas chamadas fumonisinas e o desoxinivalenol, essas substâncias são tóxicas e podem ser cancerígenas para os animais. A condição ótima para a biossíntese desse metabólito é de 25 °C, associada a elevada umidade (Baptista *et al.*, 2004; Meirelles, 2005).

A incidência de *Fusarium* foi maior na safra de inverno, apresentando diferença significativa entre as safras em todos os híbridos avaliados. Na safra de inverno, o híbrido DKB290 PRO3 foi o mais afetado, apresentando 80,6% dos grãos com *Fusarium* associado. Em seguida, o híbrido B2702 VYHR apresentou 79,3% de incidência de fungos. Os híbridos FS575 PWU e MG30A37 PWU mostraram, respectivamente, 60,1% e 41,6% de *Fusarium* associado a seus grãos (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Porcentagem de grãos com *Fusarium* sp. na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)



Médias entre cada híbrido seguidas por letras iguais não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott. CV com variáveis transformadas (%): 12,25; 24,23; 19,03 e 11,19 para B2702 VYHR, FS575 PWU, MG30A37 PWU e DKB290 PRO3 respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Alguns estudos que analisaram a presença de patógenos em grãos de milho, identificaram os mesmos gêneros fúngicos que a presente pesquisa. Borsatti *et al.* (2021), constataram a presença dos fungos *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. e, em maior ocorrência, o gênero *Penicillium* sp. em diferentes cultivares de milho, em um estudo realizado em Nova Mutum-MT. Em outro contexto, Araújo *et al.* (2021) analisaram grãos de milho armazenados em silos graneleiros nos municípios de Capixaba e Senador Guomard, no estado do Acre, onde verificaram a incidência dos três gêneros fúngicos aqui estudados, sendo o *Fusarium* encontrado em maior quantidade.

Em um estudo semelhante conduzido por Reges *et al.* (2016) em Jataí-GO, algumas espécies de *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* foram identificadas em milho proveniente de Silo Bag e em amostras coletadas após a colheita. Ademais, Stefanello *et al.* (2012) realizaram uma pesquisa sobre a incidência de fungos em grãos de milho em diferentes épocas de semeadura (verão e safrinha), observando variações nas porcentagens dos gêneros fúngicos em três híbridos diferentes, assim como o presente estudo. Para *Fusarium* sp. e *Aspergillus* sp., os autores verificaram maior incidência na safra de verão, por outro lado, o

gênero *Penicillium* sp. foi identificado em maior quantidade, nos três híbridos avaliados, na safra de inverno, resultado este que se assemelha ao observado nesta pesquisa.

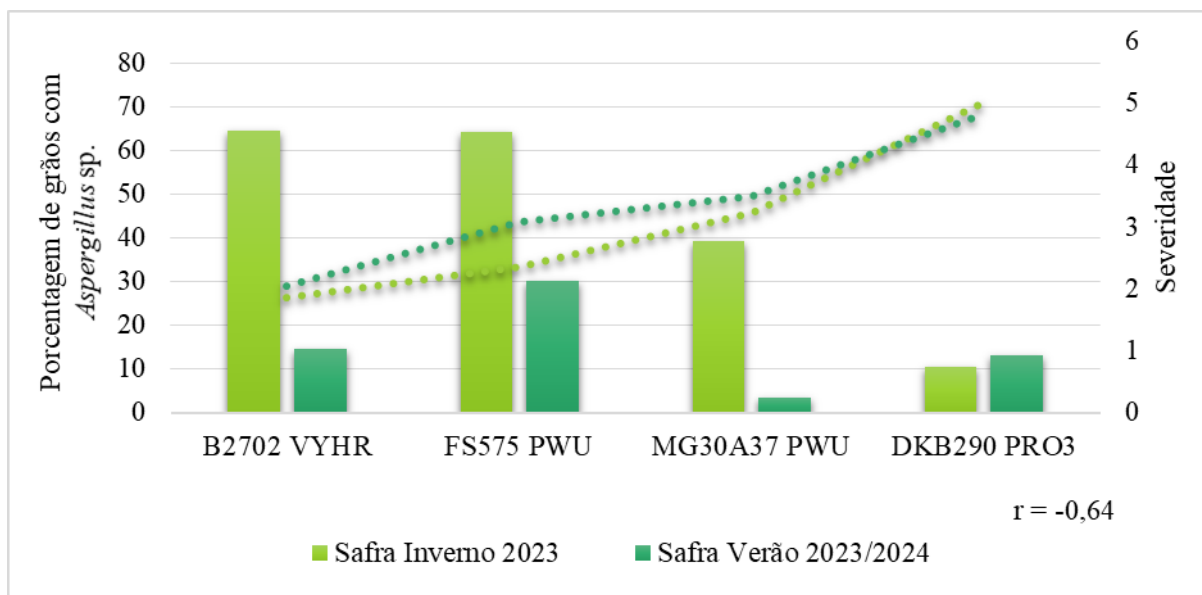
De forma geral, a incidência dos gêneros fúngicos foi maior na safra de inverno. Um dos fatores que afetam o desenvolvimento dos fungos é a temperatura. Ao observar as temperaturas máximas e mínimas registradas nas safras de inverno e verão (INMET, 2024), nota-se que elas foram muito semelhantes, uma vez que, em 2023, ocorreu um inverno quente, diferente do habitual.

Assim, o possível fator determinante para a maior incidência de fungos na safra de inverno foi a quantidade de chuvas ocorridas na região no final da safra, pois a alta umidade cria um ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos (Prestes *et al.*, 2019). De acordo com o Boletim de Monitoramento Agrícola (CONAB, 2023), o final da safra de inverno de 2023 no Paraná, especialmente nos meses de junho, julho e agosto, foi marcado por precipitações frequentes, que propiciaram alta umidade nos grãos e, consequentemente, favoreceram a incidência fúngica. Por outro lado, a partir da segunda quinzena de janeiro de 2024, o noroeste do Paraná enfrentou temperaturas elevadas, chuvas reduzidas e falta de umidade no solo, condição que perdurou até a colheita da safra de verão, no início de março do mesmo ano (DERAL, 2024), desfavorecendo, assim, o desenvolvimento dos fungos.

De acordo com Prestes *et al.*, a presença e a disseminação de fungos em grãos de milho podem ser influenciadas pelo aumento da umidade, o que pode levar à diminuição da produtividade e da qualidade dos grãos. Calegari *et al.* (2021), ao investigarem a presença de *Fusarium* sp. em milho em diferentes safras, observaram um aumento na incidência desses fungos após períodos de chuva, o que valida os achados do presente estudo.

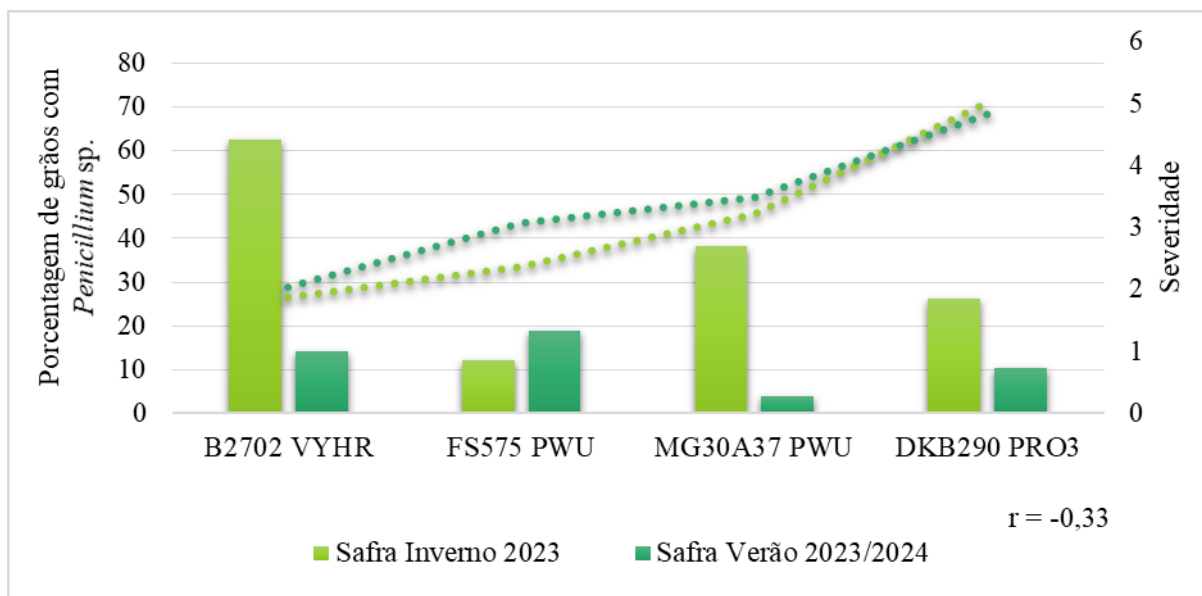
De maneira geral, ao relacionar a severidade do enfezamento com a ocorrência de fungos, verificou-se uma correlação negativa, ou seja, com o aumento da severidade houve uma redução na incidência dos gêneros fúngicos, *Aspergillus* e *Penicillium*, como observado nos gráficos 7 e 8. Para *Aspergillus*, o coeficiente de correlação de Pearson foi de -0,64 o que indica que a correlação entre as variáveis é moderada, enquanto para *Penicillium* a correlação foi considerada fraca, com coeficiente sendo -0,33.

Gráfico 7 – Relação entre a nota de severidade ao complexo de enfezamentos do milho e a porcentagem grãos com *Aspergillus* sp. em diferentes híbridos na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Gráfico 8 – Relação entre a nota de severidade ao complexo de enfezamentos do milho e a porcentagem grãos com *Penicillium* sp. em diferentes híbridos na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

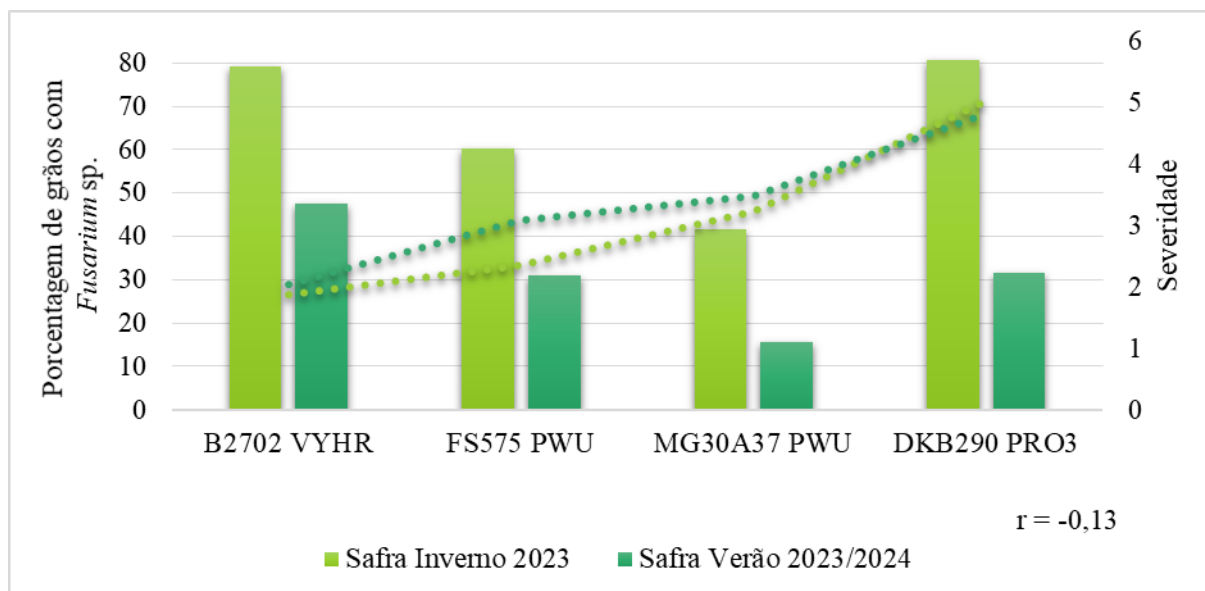
Neste sentido, os sintomas do CEM citados, envolvem a má formação dos grãos, tornando-os chochos e pequenos (Cota *et al.*, 2021), ou seja, grãos afetados apresentam-se leves e sem esperado acúmulo de amido, o que compromete a produtividade do milho. Uma hipótese que pode explicar a correlação negativa vista nos gráficos é a preferência dos fungos

por grãos com maior teor de amido, que se tornam um substrato ideal para seu desenvolvimento (Araújo *et al.*, 2023).

Isso pode ser observado principalmente no híbrido DKB290 PRO3, o mesmo foi o mais afetado pelo CEM, atingindo notas 5,02 e 4,83 nas safras de inverno e verão, respectivamente, o que indica que esse híbrido é o mais suscetível ao enfezamento, resultando em grãos mais leves, com menor teor de amido, consequentemente menor produtividade quando comparado com os outros híbridos analisados neste estudo. Apesar de sua maior suscetibilidade e menor produtividade, o DKB290 PRO3 apresentou, de maneira geral, uma baixa incidência de *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. em ambas as safras, possivelmente isso ocorreu pela preferência dos fungos por grãos com maior teor de amido.

Do contrário, ao relacionar a severidade do enfezamento com a incidência de *Fusarium* sp, foi encontrado o coeficiente de correlação de Pearson de -0,13 o que indica que a correlação foi desprezível, no geral, entende-se que a incidência do fungo foi alta em todos os híbridos independente da nota de severidade (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Relação entre a nota de severidade ao complexo de enfezamentos do milho e a porcentagem grãos com *Fusarium* sp. em diferentes híbridos na safra de inverno (2023) e safra de verão (2023/2024)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Diferente dos gêneros *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. que são predominantemente fungos de armazenamento (Rocha *et al.*, 2020), o gênero *Fusarium* sp. tem incidência no

campo, no período de amadurecimento do milho, Calegari *et al.* (2021), ao estudar sobre a incidência de *Fusarium* sp. em diferentes estágios fenológicos do milho, concluiu que a maior incidência deste gênero acontece nos estádios R6 e pré-colheita, independente do híbrido e época de plantio. Dessa forma, o ataque no campo, diferente do ataque no armazenamento, não se relacionou com o teor de amido dos grãos.

Sabendo que os gêneros fúngicos aqui estudados são produtores de micotoxinas, procedeu-se a quantificação dessas substâncias afim de relacionar com os limites máximos tolerados (LMT) em alimentos, estabelecidos pela ANVISA na Resolução nº 7, de 18 de fevereiro de 2011.

Após análise pelo método ELISA, foram identificadas as micotoxinas, fumonisinas (FUM) e desoxinivalenol (DOM). De acordo com a ANVISA, para grãos de milho que serão processados, são tolerados 5000 ug.kg⁻¹ de concentração de fumonisina, enquanto para desoxinivalenol o limite estabelecido é 3000 ug.kg⁻¹. As concentrações presentes nas amostras variaram entre os híbridos e entre as safras (Tabela 3).

Tabela 3 - Concentração de micotoxinas encontrada nas amostras de milho das safras de inverno (2023) e verão (2023/2024)

	Fumonisin (ug.kg-1)		Desoxynivalenol (ug.kg-1)	
	Inverno (2023)	Verão (2023/2024)	Inverno (2023)	Verão (2023/2024)
B2702VYHR	345	<200 (LQ)	-	-
FS575 PWU	330	4625	-	-
MG30A37PWU	<200 (LQ)	<200 (LQ)	-	-
DKB290 PRO3	400	570	100	-

Valores descritos seguidos por “(LQ)” refere-se a valores encontrados abaixo do limite quantificável.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Produzidas por fungos do gênero *Fusarium*, as fumonisinas foram encontradas na maioria dos híbridos, de acordo com Araújo, Cota e Da Costa (2024), no Brasil, especialmente na região Sul, a produção dessas micotoxinas é mais frequente, em função das temperaturas amenas e alta umidade.

No híbrido B2702 VYHR foram detectadas fumonisinas somente na safra de inverno, em concentração de 345 ug.kg⁻¹, na safra de verão as concentrações foram abaixo do nível

quantificável. Para o híbrido DKB290 PRO3, as concentrações foram semelhantes em ambas as safras, sendo 400 ug.kg^{-1} detectados na safra de inverno e 570 ug.kg^{-1} na safra de verão. Além das fumonisinas, o híbrido DBK290 PRO3 foi o único a apresentar concentração de desoxinivalenol, sendo essa, 100 ug.kg^{-1} , dentro do LMT.

No híbrido MG30A37 PWU, as concentrações nas duas safras foram abaixo do limite quantificável, ou seja, as fumonisinas foram detectadas, mas em valores mínimos. Ademais, o híbrido FS575 PWU destacou-se dos outros, especialmente na safra de verão, visto que a concentração identificada foi de 4625 ug.kg^{-1} , este fato chama a atenção uma vez que o valor se aproxima do limite máximo tolerado estabelecido pela ANVISA (5000 ug.kg^{-1}). A ingestão de grãos contaminados por micotoxinas causa danos à saúde animal e humana, provocando redução da atividade do sistema imunológico e câncer (Araújo; Cota; Da Costa, 2024).

Em um estudo realizado por Arenhardt (2015), sobre a detecção e caracterização de fungos e micotoxinas associadas a grãos de milho, as fumonisinas foram detectadas em 100% das amostras analisadas, os resultados se assemelham aos encontrados neste estudo, porém, em concentrações mais elevadas, que variaram 2.829 e $23.630 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$. Uma pesquisa semelhante, conduzida por Pinto, Vargas e Preis (2007), também detectou a presença de fumonisinas em trinta e seis cultivares de milho, a avaliação foi realizada na pós-colheita, como o realizado neste estudo.

Com base nos resultados obtidos para os diferentes híbridos nas safras de inverno de 2023 e safra de verão 2023/2024, observou-se que a produção de micotoxinas não se correlacionou com a severidade do complexo de enfezamentos. No entanto, é fundamental realizar estudos que avaliem a qualidade micotoxicológica dos grãos afetados pelo complexo de enfezamentos, devido aos riscos à saúde associados a essas substâncias.

3 CONCLUSÃO

Os quatro híbridos avaliados apresentaram diferentes sintomas típicos do CEM, porém, cada planta apresentou diferentes graus de severidade. Em ambas as safras, os híbridos foram divididos em quatro classificações, sendo, B2702 VYHR considerado tolerante ao

CEM, FS575 PWU moderadamente tolerante, MG30A37 PWU moderadamente suscetível e por fim, o híbrido DKB290 PRO3 considerado o mais suscetível ao CEM.

Observou-se correlação negativa ($r = -0,80$), pela correlação de Person, entre a severidade do CEM e a produtividade dos híbridos, indicando que um aumento na severidade acarreta a queda de produtividade. Neste sentido, o híbrido mais suscetível, DKB290 PRO3, apresentou menor produtividade, em ambas as safras.

Quanto a sanidade dos grãos produzidos, foram detectados os gêneros fúngicos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, de maneira geral, a maior incidência foi na safra de inverno (2023), em razão das condições climáticas observadas na região no final da safra.

Ao relacionar a severidade do enfezamento com a ocorrência de fungos, verificou-se uma correlação negativa, ou seja, com o aumento da severidade houve uma redução na incidência dos gêneros fúngicos, *Aspergillus* ($r = -0,64$) e *Penicillium* ($r = -0,33$), provavelmente devido ao menor teor de amido presente nos grãos produzidos em plantas com maior severidade do CEM. Não houve relação entre a severidade e a incidência de *Fusarium* sp, visto que o ataque desses fungos ocorre no campo, e não teve influência do teor de amido dos grãos.

Foram detectadas as micotoxinas fumonisinas e desoxinivalenol dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira, porém, o híbrido FS575 PWU apresentou valores próximos ao LMT e dessa forma, cria-se um sinal de alerta sobre a produção de micotoxinas em grãos de milho afetados pelo complexo de enfezamentos.

Faz-se necessário o monitoramento dos grãos em outros híbridos e safras para verificar se a presença e concentração destas se mantém ou sofre alterações, já que os fungos micotóxicos sobrevivem nos restos culturais e no caso de cultivos sucessivos pode ocorrer um aumento de sua incidência nos grãos, além das condições ambientais que podem favorecer sua proliferação e a síntese de micotoxinas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. P. *et al.* Guia de boas práticas para o manejo dos enfezamentos e da cigarrinha-do-milho. **Folhetos Embrapa Cerrados**, Brasília, p. 1-34., 2020.
- APARECIDO, C. C.; ROSA, E. C. Avaliação morfologia e molecular para identificação de *Fusarium* sp. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, p. 1-7, 2019.
- ARAÚJO, D. D. da S. *et al.* Relação entre o teor de amido e a concentração de fumonisinas totais em milho cultivado em três sistemas de produção. **Embrapa Milho e Sorgo**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Sete Lagoas, 21 p., 2023.
- ARAÚJO, D. D. da S.; COTA, L. V.; DA COSTA, R. V. Micotoxinas em milho e sorgo. In: REUNIÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 3., 2023 Pelotas. **Anais [...]**. MISOSUL 2024: informações técnicas para o cultivo de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2023/24 e 2024/25. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2024. P. 122-132.
- ARAÚJO, Romáina Idayara *et al.* Identificação de isolados de *fusarium* encontrados em grãos de milho durante o armazenamento em silos no estado do Acre. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 18, n. 38, p. 132, 2021.
- ARENHARDT, André Luiz. **Deteção e caracterização de fungos e micotoxinas associadas aos grãos de milho armazenados na região de Sorriso e Sinop–MT**. 2015. Dissertação de mestrado - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.
- ÁVILA, C. J. *et al.* A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 182, p. 18–25, 2021.
- BAPTISTA, Antonio Sampaio; BAPTISTA, Aparecido Sampaio; HORII, Jorge. Fatores físico-químicos e biológicos ligados à produção de micotoxinas. **Biblioteca Digital de Periódicos da UFPR**, Curitiba, v. 22, p. 1-14, jan./jun., 2004.
- BEZERRA, Maria Claudenice Lins *et al.* Redução de fungos e qualidade fisiológica de sementes de milho inoculadas com *Trichoderma harzianum*. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. 10, n. 1, p. 69-73, mar., 2022.
- BORSATTI, Jéssica *et al.* Sanidade de diferentes cultivares de sementes de milho. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Mato Grosso, v. 12, n. 12, p. 196-203, 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Comércio e Relações Internacionais. **Exportações Brasileiras Milho**. Brasília, DF: Mapa, 2024.
- CALEGARI, Bruno Henrique *et al.* Incidência de *Fusarium* spp. em milho: da planta ao grão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 14, p.1-12, nov., 2021.
- COMPANHIA DE ABASTECIMENTO NACIONAL – CONAB. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. Brasília, v. 12, n. 06, p. 1-16, jun., 2023.

COMPANHIA DE ABASTECIMENTO NACIONAL – CONAB. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. Brasília, v. 12, n. 07, p. 1-18, jul., 2023.

COMPANHIA DE ABASTECIMENTO NACIONAL – CONAB. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. Brasília, v. 12, n. 08, p. 1-14, ago., 2023.

CONTINI, Elisio *et al.* **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2), p. 45, 2019.

COTA, L. V. *et al.* Manejo da cigarrinha e enfezamentos na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 16 p., 2021.

COTA, L. V. *et al.* Resistência de genótipos de milho aos enfezamentos. **Embrapa Milho e Sorgo**. Circular Técnica 247, Sete Lagoas, p. 11, 2018

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL - DERAL. Condições de Tempo e Cultivo – 16 de janeiro a 11 de março de 2024. Curitiba: **SEAB**, 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Boletins-Informativos-Atuais>. Acesso em 07 jun. 2024.

DORNELES, Ronaldo de Melo. **Cigarrinha (*Dalbulus maidis*) na cultura do milho**. 2023. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia – Universidade Federal do Pampa. Itaqui, 2023.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. p. 294.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. **Proceedings of the 45th Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, São Carlos SP, p.255-258, 2000.

FIGUEIREDO, Cristiane Nascimento *et al.* Diversidade taxonômica e identificação de *Penicillium*. In: SOARES, Ana Cristina Fermino *et al.* **Tópicos em microbiologia agrícola**. Cruz das almas – BA: Editora UFRB, 2020. P. 247-266

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Banco de Dados Meteorológicos (2023-2024)**. Brasília - DF, 2024.

KARLEC, André Luiz. **Avaliação de híbridos de milho quanto ao complexo de enfezamento**. 2022. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia – Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, 2022.

LEITE, Felicia Maria Nogueira. **Fungos aflatoxigênicos na castanha-do-brasil sob as condições da floresta e de armazenagem comunitária no Acre**. 2008. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Acre. Rio Branco, 2008.

LIMA, Joameson Antunes. **Estabilidade e adaptabilidade de híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes ambientes no Norte de Mato Grosso e Sudeste de Rondônia**. 2020. Dissertação de mestrado - Universidade do Estado de Mato Grosso. Alta Floresta, 2020.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico do Milho. Instrução Normativa Nº 60.** 2011. 9 p.

MEDINA, Alice Beatriz Peña. *et al.* Inoculação de *Fusarium semitectum* em sementes de soja na produção de esporos. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 24, 2022. Anais. Pelotas: UFPel, 2022.

MEIRELLES, Paula Garcia. ***Fusarium verticillioides: caracterização molecular e detecção em milho através de ensaio imunoenzimático.*** 2005. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2005.

MISTURA, M.; LINDINO, C., A. Incidência de micotoxinas em milho nos estados do Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso Do Sul entre 2015 e 2018. **Brazilian Journal of Development.** Curitiba. 2020. v. 6. n. 10. p. 76671-76688.

NEGRI, Clara Ezequiel. **Caracterização de *Aspergillus* spp. no cenário clínico brasileiro, modelos experimentais de aspergilose invasiva e avaliação farmacológica dos novos compostos F901318 e APX001A.** 2017. Tese de doutorado - Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2017.

NETO, J. R. C.; BOSCAINI, R. Grãos ardidos em milho: uma revisão. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.21, nº2, p.105-125, 2019.

OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. **Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 278 p.

PINTO, Nicésio Filadelfo Janssen de Almeida; VARGAS, Eugênia Azevedo; PREIS, Rosinalva de Almeida. Qualidade sanitária e produção de fumonisina B1 em grãos de milho na fase de pré-colheita. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, p. 304-306, 2007.

POESTER, Vanice Rodrigues *et al.* Isolamento e identificação de fungos do gênero *Aspergillus* spp. de água utilizada na reabilitação de pinguins-demagalhães. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 16, p. 567-573, 2015.

PRESTES, Isabele D. *et al.* Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019.

REGES, Juliana Teodora de Assis *et al.* Identificação de fungos e micotoxinas em grão de milho. **Cultura Agrônômica**. Ilha Solteira, v. 25, n. 2, p. 147-154, 2016.

ROCHA, Marcicleia Pereira *et al.* Sistema de armazenamento e incidência dos principais fungos produtores de micotoxinas em grãos. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 7, p. 50176-50193, 2020.

RUPOLLO, G. *et al.* Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, jan./fev., 2006.

SILVA, Ricardo Gonçalves *et al.* Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 921-928, 2003.

STEFANELLO, Josemar et al. Incidência de fungos em grãos de milho em função de diferentes épocas de aplicação foliar de fungicida. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, p. 476-481. Goiânia, out./dez., 2012.

TEIXEIRA, F. F.; TRINDADE, R. S. Recursos genéticos de milho: Importância e uso no melhoramento. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, v. 7, n. 3, p. 01-22, 2021.

VEDOVATTO, M. G. *et al.* Micotoxinas na dieta de bovinos de corte: revisão. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v. 69, n. 266, p. 234-244, 2020.

VIEIRA, Douglas Oliveira et al. A contaminação da castanha do Brasil por aflatoxinas e seu efeito carcinogênico: uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 7, p. 1-11, jun., 2022.

VIEIRA, Leila do Nascimento *et al.* Domesticação de plantas: um processo co-evolutivo. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 356-367, dez., 2021

WALKER, Clair *et al.* Caracterização morfológica, molecular e patogenicidade de *Fusarium acuminatum* e *Fusarium verticillioides* a *Cordia americana*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, p. 463-473, Santa Maria, abr.-jun., 2016.