

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

TIAGO MADALOSSO

**MICOTOXINAS, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E RENDIMENTO DE
GRÃOS DE HÍBRIDOS DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM AMBIENTES E
ÉPOCAS DE SEMEADURA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2024

TIAGO MADALOSSO

**MICOTOXINAS, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E RENDIMENTO DE
GRÃOS DE HÍBRIDOS DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM AMBIENTES E
ÉPOCAS DE SEMEADURA**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin

Linha de pesquisa: Manejo de Culturas

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2024

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Madalosso, Tiago

Micotoxinas, características nutricionais e rendimento de grãos de híbridos de milho de segunda safra em ambientes e épocas de semeadura / Tiago Madalosso; orientador José Renato Stangarlin. -- Marechal Cândido Rondon, 2024.
86 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.

1. . I. Stangarlin, José Renato , orient. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



TIAGO MADALOSSO

Micotoxinas, características nutricionais e rendimento de grãos de híbridos de milho de segunda safra em ambientes e épocas de semeadura

Tese apresentada à distância, de forma síncrona e por videoconferência, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO pela seguinte banca examinadora:


Orientador - José Renato Stangarlin

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Antonio Carlos Torres da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

José Barbosa Duarte Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Carlos Augusto Mallmann

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Solange Maria Bonaldo

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)


Vandeir Francisco Guimarães
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Marechal Cândido Rondon, 28 de maio de 2024

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, sabedoria e saúde que possibilitaram essa conquista.

A meus pais, Valdir e Ivanira, por ensinarem o valor do trabalho, da humildade, há nunca desistir dos objetivos e pelo apoio incondicional na minha formação.

À Cooperativa Agroindustrial Consolata (Copacol), pela visão do valor de profissionalizar seus colaboradores, por acreditar no meu potencial, por investir e permitir que dedicasse parte do meu tempo de trabalho para presenciar as aulas durante a minha formação.

Ao Prof. Dr. José Renato Stangarlin, meu orientador, por me aceitar, entender as minhas dificuldades, pelo aprendizado e pela condução durante o doutorado.

Ao Prof. Dr. Carlos Augusto Mallmann, pelo direcionamento, conhecimento repassado e pelas conversas ao longo deste trabalho.

À equipe do Centro de Pesquisa Agrícola da Copacol pela parceria e auxílio na condução e avaliação do experimento.

À equipe do Laboratório de análises micotoxicológicas Lamic da Universidade Federal de Santa Maria pelo suporte nas análises laboratoriais.

A minha esposa Luana, pela compreensão durante o tempo despendido na elaboração do manuscrito.

A todos os colegas e professores da Pós-Graduação em Agronomia.

Insanidade é continuar fazendo sempre a
mesma coisa e esperar resultados diferentes.

(Albert Einstein)

RESUMO

MADALOSSO, Tiago, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Fevereiro – 2024. **Micotoxinas, características nutricionais e rendimento de grãos de híbridos de milho de segunda safra em ambientes e épocas de semeadura.** Orientador: José Renato Stangarlin.

O milho é o principal componente na produção de rações para alimentação animal. Ganhos no rendimento de grãos foram promovidos pelo melhoramento genético dos híbridos, no entanto, pouco foco tem sido dado para as características nutricionais e de resistência a fungos produtores de toxinas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de micotoxinas, o rendimento de grãos e as características nutricionais de vinte híbridos de milho cultivados na segunda safra. Os experimentos foram conduzidos nas safras 2020 e 2021 no município de Cafelândia-PR. Além da produtividade foram determinadas a campo as características biométricas e os componentes do rendimento dos grãos. Após a colheita, foram determinados os teores de aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona e deoxinivalenol através de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrofotometria de massa, além dos teores teor de proteína bruta, amido e extrato etéreo por espectroscopia do infravermelho próximo. As duas safras foram marcadas por condições ambientais inadequadas, com baixa precipitação principalmente durante o período reprodutivo do milho. Os híbridos com maior rendimento de grãos na média dos experimentos foram MG 593 e DKB 255, sendo que o componente que melhor explicou o rendimento de grãos foi a massa de mil grãos. As condições ambientais durante a condução do experimento desfavoreceram a produção de toxinas nos grãos de milho. As fumonisinas foram as toxinas encontradas em maior frequência e concentração. Os híbridos AG 9000, DKB 255, DKB 360 e P3380 apresentaram a maior concentração de fumonisinas e MG30A37 os maiores teores de zearalenona e deoxinivalenol. Dentro do grupo de híbridos sensíveis, a ocorrência de toxinas em maior ou menor concentração depende do ambiente. O híbrido MG 593 foi o que apresentou a melhor composição de indicadores, com alto rendimento de grãos, baixa produção de toxinas e níveis adequados para proteína, amido e gorduras.

Palavras-chave: aflatoxina, fumonisina, zearalenona, deoxinivalenol.

ABSTRACT

MADALOSSO, Tiago, State University of Western Paraná. February – 2024. **Mycotoxins, nutritional characteristics and grain yield of second-crop corn hybrids in environments and sowing times.** Advisor: José Renato Stangarlin.

Corn is the main component in the production of animal feed. Gains in grain yield have been increased by genetic improvement of hybrids, however, little focus has been given to nutritional characteristics and resistance to toxin-producing fungi. The objective of this work was to evaluate the concentration of mycotoxins, grain yield and nutritional characteristics of twenty corn hybrids cultivated in the second harvest. The experiments were planned in the 2020 and 2021 harvests in the municipality of Cafelândia-PR. In addition to productivity, biometric characteristics and grain yield components were determined in the field. After harvesting, the levels of aflatoxins, fumonisins, zearalenone and deoxynivalenol were determined using high-performance liquid chromatography coupled to mass spectrophotometry, in addition to the levels of crude protein, starch and ether extract using near-infrared spectroscopy. Both harvests were marked by harmful environmental conditions, with low occurrence mainly during the corn reproductive period. The hybrids with the highest grain yield on average across the experiments were MG 593 and DKB 255, with the component that best explained grain yield being the mass of one thousand grains. The environmental conditions during the experiment were unfavorable to the production of toxins in corn grains. Fumonisins were the toxins detected in greater frequency and concentration. The hybrids AG 9000, DKB 255, DKB 360 and P3380 showed the highest concentration of fumonisins and MG30A37 the highest levels of zearalenone and deoxynivalenol. Within the group of sensitive hybrids, the occurrence of toxins in greater or lesser concentrations depends on the environment. The MG 593 hybrid was the one that presented the best composition of indicators, with high grain yield, low protein production and adequate levels for protein, starch and fats.

Keywords: aflatoxin, fumonisin, zearalenone, deoxynivalenol.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	10
2	CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
	2.1 MILHO: PRODUÇÃO, IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS.....	12
	2.2 PODRIDÕES DE ESPIGA EM MILHO	13
	2.3 MICOTOXINAS EM MILHO.....	16
	2.3.1 Toxinas produzidas pelo gênero <i>Aspergillus</i>	16
	2.3.2 Toxinas produzidas pelo gênero <i>Fusarium</i>	18
	2.3.2.1 Fumonisinas	19
	2.3.2.2 Zearalenona.....	20
	2.3.2.3 Deoxinivalenol	21
	2.3.3 Efeito do ambiente e da genética na produção de micotoxinas	22
	2.3.4 Limites máximos de tolerância de micotoxinas em grãos de milho ..	23
	2.4 QUALIDADE NUTRICIONAL DO MILHO.....	23
3	CAPÍTULO 2.....	25
	3.1 INTRODUÇÃO	25
	3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
	3.2.1 Delineamento Experimental e Tratamentos	27
	3.2.2 Localização dos Experimentos.....	28
	3.2.3 Histórico da Área e Condições do Solo	28
	3.2.4 Dados Meteorológicos.....	29
	3.2.1 Implantação e condução dos experimentos	31
	3.2.2 Determinação das características agronômicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos	32
	3.2.3 Determinação das características micotoxicológicas dos grãos.....	33
	3.2.4 Determinação das características nutricionais dos grãos	33
	3.2.5 Análise Estatística	34
	3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
	3.3.1 Resultados de campo.....	35
	3.3.2 Resultados micotoxicológicos	55
	3.3.3 Resultados nutricionais	66
	3.4 CONCLUSÕES	72
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
5	APÊNDICES	82

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho é o cereal cultivado com a maior produção de grãos no mundo, sendo que a produção se concentra principalmente nos Estados Unidos da América (EUA), China e Brasil (FAO, 2024). Com clima tropical e subtropical, no Brasil é possível cultivar o milho em dois períodos denominados 1ª safra (primavera/verão) e 2ª safra (outono/inverno). Desde a safra 2011/12 a produção de milho na 2ª safra superou a 1ª safra. Para a safra 2022/23, a produção total de milho no Brasil foi de 131 milhões de toneladas e a estimativa para a safra 2023/24 é de 110 milhões de toneladas (CONAB, 2024). No oeste do Paraná, o sistema de cultivo consolidado é a sucessão de culturas, com soja na primavera/verão e milho no outono/inverno.

Pelas suas características agronômicas e nutricionais, o milho é amplamente utilizado para alimentação animal, sendo o principal ingrediente na produção de rações, cuja principal função é fornecer energia (MOREIRA et al., 1994). Dependendo da espécie animal até 90% da dieta é composta de milho (BRETAS, 2018). Quanto aos aspectos nutricionais dos grãos de milho, além da energia, os teores de proteínas e aminoácidos essenciais como lisina, treonina e cistina podem variar em função da carga genética das plantas e práticas agronômicas. Eyng et al. (2009) destacaram que a composição química do milho pode apresentar variações, o que se deve a fatores como potencial genético, nível de adubação utilizado, fertilidade do solo e condições climáticas.

Apesar da larga utilização do milho na produção de rações, esta matéria prima pode apresentar alguns problemas, como a presença de toxinas produzidas por fungos. Existem dois gêneros de fungos responsáveis pela produção das principais micotoxinas encontradas em grãos de milho, *Fusarium* e *Aspergillus*. Os fungos do gênero *Fusarium* produzem principalmente fumonisinas (B1 e B2), zearalenona e deoxinivalenol (OLIVEIRA et al., 2017), cuja síntese pode acontecer no campo de produção do milho e a concentração pode depender do genótipo da planta (MALLMANN et al., 2019). Além das fumonisinas as aflatoxinas produzidas pelo gênero *Aspergillus* também causam graves problemas na nutrição animal. Normalmente a síntese desta toxina está mais atrelada a problemas de armazenagem dos grãos de milho, porém também pode ter sua origem nos campos de produção.

O principal componente na decisão para a escolha de um híbrido de milho e das práticas agronômicas que serão adotadas pelo produtor rural é a produtividade final da lavoura, pois este é o principal fator componente da rentabilidade do cultivo. Porém, outros fatores como a qualidade nutricional dos grãos produzidos e a concentração de micotoxinas tem emergido como demandas da indústria da alimentação animal. Estas características apresentam impacto direto no custo da alimentação animal, sendo necessária a adição de óleos, aminoácidos e de aditivos antimicotoxinas, para equilibrar a formulação da ração e anular os efeitos deletérios das toxinas nos animais. Desta forma, é fundamental conhecer o impacto da utilização de diferentes práticas agronômicas e da escolha do híbrido não só na produtividade de grãos, mas também nas características nutricionais e micotoxicológicas, buscando equilibrar todos estes aspectos no processo decisório da recomendação agronômica.

O mercado ainda não precifica o milho em função de sua qualidade micotoxicológica e nutricional, muitas vezes pela dificuldade em obter informações sobre estes aspectos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de micotoxinas, o rendimento de grãos e as características nutricionais de vinte híbridos de milho cultivados na segunda safra.

2 CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MILHO: PRODUÇÃO, IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS

Pelo seu potencial produtivo, composição química, valor nutritivo, entre outros fatores, o milho destaca-se como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2008), sendo utilizado tanto para a alimentação humana quanto para a animal. Botanicamente pertencente à classe das Liliopsidas e a família Poaceae. É originário das Américas com centro de origem no México (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). A partir da segunda metade do século XX, o desenvolvimento de híbridos aumentou a produtividade e a qualidade do milho.

Com uma área cultivada de mais de 200 milhões de hectares, a produção mundial de milho no ano de 2022 foi de 1,163 bilhões de toneladas. Os Estados Unidos da América (EUA) são os maiores produtores do grão, com 348 milhões de toneladas produzidas em 2022, seguido pela China com 277 milhões de toneladas e o Brasil com 109 milhões de toneladas. Completando o ranking dos cinco maiores produtores tem-se Argentina e Índia, com 59 e 33 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2024).

No Brasil a espécie é cultivada amplamente de norte a sul. Na safra 2023 a produção total de grãos foi de mais de 131 milhões de toneladas e área de cultivo de 22,6 milhões de hectares, dividida em duas épocas de semeadura, verão e inverno. O milho 2ª safra, popularmente conhecido como “milho safrinha”, é cultivado principalmente nos estados do Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás. O modelo caracteriza-se pelo cultivo da espécie no período de outono/inverno, sendo semeado após a colheita da soja. Este modelo de cultivo representou mais de três quartos da produção nacional de milho em 2023 (CONAB, 2024).

O Estado do Paraná apresenta características propícias para o cultivo de grãos. Na safra 2022/2023 foi o primeiro estado em produção de trigo e feijão, segundo em produção de milho e soja do Brasil (CONAB, 2024). No Paraná a forma de cultivo predominante é o sistema plantio direto. O oeste do estado apresenta um clima classificado segundo Köppen, como Cfa, subtropical mesotérmico com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CAVIGLIONE et al., 2020). Este clima permite o cultivo de milho no outono/inverno, em razão do baixo risco de geadas até o mês de junho. Nesta região o sistema predominante é o cultivo de soja

na safra de verão e milho 2ª safra no inverno. Na safra 2022/2023, no Paraná foram semeados 2,47 milhões de hectares de milho 2ª safra, representando 14,4% da área do país com esse modelo de cultivo (CONAB, 2024).

O modelo de sucessão de cultivo, com soja na safra de verão e milho na safra de inverno, iniciado na década de 1980, aumentou a área cultivada no Oeste do Paraná, tornando-se um sistema consolidado. Esse modelo veio em substituição à cultura do trigo que perdeu espaço no inverno, principalmente por questões comerciais com os baixos preços do grão e instabilidade na produção. Em função da semeadura do milho após a soja, as condições climáticas não são as ideais para o cultivo da espécie (menor precipitação, temperatura e luminosidade) e, por isso, a produtividade é menor quando comparada com o cultivo do milho 1ª safra (BROCH; RANNO, 2010).

Apesar disso, o cultivo do milho na 2ª safra apresenta benefícios como, possibilidade de realização de duas safras por ano, redução do custo da adubação pelo aproveitamento dos nutrientes disponibilizados pela soja principalmente nitrogênio, aproveitamento de máquinas da propriedade diluindo os custos fixos, rentabilidade quando comparada com outras culturas de inverno e garantia de comercialização da produção. Porém, esse sistema de cultivo em monocultura, aliado ao ambiente favorável, promove aumento das doenças causadas por patógenos necrotróficos, como a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*), pinta branca (*Pantoea ananatis*), fusariose (*Fusarium moniliforme* e *F. verticillioides*) e diplódia (*Stenocarpella macrospora* e *S. maydis*), causando lesões em folhas e podridões em espigas e colmos (MADALOSSO et al., 2015). Juliatti et al. (2007) reforçam que a ocorrência de doenças em milho se tornou mais frequente nos últimos anos, o que indica a vulnerabilidade dos materiais. Entre os fatores que podem explicar esse aumento são citadas a semeadura do milho em duas safras, cultivo intensivo em áreas irrigadas, cultivares não recomendadas para determinadas regiões, ampla utilização de defensivos, elevada população de plantas e atraso na colheita.

2.2 PODRIDÕES DE ESPIGA EM MILHO

As principais podridões de espigas ocorrentes no Brasil são a podridão branca da espiga, podridão rosada da base da espiga e a podridão rosada da ponta da espiga (PINTO, 2001). A podridão branca da espiga, também conhecida como

podridão de diplódia é causada pelos fungos *Stenocarpella maydis* e *Stenocarpella macrospora*. As espigas infectadas apresentam os grãos de cor marrom, de baixa massa e com crescimento micelial branco entre as fileiras. No interior ou nas brácteas das espigas infectadas são encontrados numerosos picnídios, as estruturas de frutificação do patógeno. Uma característica peculiar entre as duas espécies de *Stenocarpella* é que apenas *S. macrospora* ataca as folhas e colmo do milho. Período de molhamento foliar superior a 20 horas e alta precipitação pluvial na época da maturação dos grãos favorece o aparecimento desta doença (FILHO et al., 2022). A evolução da podridão praticamente cessa quando o teor de umidade dos grãos atinge 21% a 22%, em base úmida (JULIATTI et al., 2007). Apesar de sua importância pela redução do potencial produtivo, aspectos nutricionais e redução no valor comercial dos grãos de milho, não existem evidências que a incidência da podridão branca da espiga resulta na presença de toxinas nos grãos.

Trabalhos realizados por Katati e colaboradores (2024) avaliando o efeito de competição entre fungos em grãos de milho esperavam detectar níveis mais elevados de micotoxinas na presença de outros fungos competindo com as espécies de *Fusarium*, já que as micotoxinas são consideradas agentes antagônicos destinados a defender ou invadir um nicho ecológico. No entanto, verificaram que a maior presença de *Stenocarpella* reduziu os teores de fumonisinas B1 nos grãos de milho pelo efeito de competição fúngica e potencial para antagonismo deste gênero com *Fusarium*.

As podridões rosadas da base e da ponta da espiga, também conhecidas como fusariose e giberela respectivamente, têm como agente causal espécies do gênero *Fusarium*, que podem causar podridões de espigas e colmos no milho (Figura 1). Em geral, os fungos que causam podridões do colmo também são responsáveis pela podridão de espiga. A fusariose ou podridão rosada da base da espiga é causada por *F. verticillioides*, *F. moniliforme* ou *F. subglutinans*, enquanto a giberela ou podridão rosada da ponta da espiga tem como agente causal *F. graminearum*, forma anamórfica de *Giberela zeae* (REIS et al., 2004). Como característica marcante de podridões ocasionadas por esse gênero, pode ser observado o micélio de coloração rosa crescendo sobre os grãos.

Avaliando grãos de milho recém-colhidos, Asêvedo et al. (1994) e Orsi et al. (2000) demonstraram que o gênero mais encontrado foi *Fusarium*, seguido por *Aspergillus* e *Penicillium*. Levantamento em amostras de milho, trigo e arroz,

provenientes do estado de Santa Catarina, mostrou que 90% das amostras eram positivas para *F. moniliforme* e *F. graminearum* (SALGADO; CARVALHO, 1980). Pozzi et al. (1995), pesquisaram mensalmente a microbiota fúngica de 130 amostras de milho. Os gêneros mais encontrados foram: *Fusarium* 83,8%; *Penicillium* 55,3% e *Aspergillus* em 40,7% das amostras analisadas.



Figura 1 – Ocorrência a campo de podridões de colmo e espigas do milho.

O desenvolvimento dos patógenos do gênero *Fusarium* nas espigas é paralisado quando o teor de umidade dos grãos atinge teores abaixo de 18% a 19% em base úmida. Embora esses fungos sejam frequentemente isolados das sementes, estas não são a principal fonte de inóculo. Como estes fungos possuem a fase saprofítica ativa, sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica no solo, sendo essa a fonte principal de inóculo. O manejo integrado para o controle desta podridão de espiga envolve a utilização de cultivares resistentes, de sementes livres dos patógenos, a destruição de restos culturais de milho infectados e a rotação de culturas (JULIATTI et al., 2007).

As perdas qualitativas por grãos ardidos causadas pelas podridões de espigas são motivos de desvalorização do produto e uma ameaça à saúde humana e animal. A legislação brasileira considera como milho tipo 1, com o melhor padrão de qualidade, lotes comerciais de milho com no máximo 6% de grãos ardidos e avariados (BRASIL, 2011). Durante o processo de colonização dos grãos, as espécies de fungos toxigênicos podem, além dos danos físicos, como a descoloração dos grãos, redução na qualidade nutricional (teores de carboidratos, proteínas, lipídios e de açúcares totais), produzir micotoxinas. No entanto, a presença do fungo toxigênico não implica obrigatoriamente na produção de micotoxinas, as quais estão intimamente relacionadas à capacidade de biossíntese

do fungo e das condições ambientais predisponentes, como em alguns casos, da alternância das temperaturas diurna e noturna (PINTO, 2001). Após produzidas, as micotoxinas presentes nos grãos não podem ser eliminadas por nenhum processo pós-colheita, sendo os métodos preventivos a única alternativa para mitigar o problema.

2.3 MICOTOXINAS EM MILHO

Por definição o termo micotoxinas é utilizado para designar compostos produzidos por fungos que colonizam espécies vegetais cultivadas que são tóxicos aos animais que os consomem. Uma espécie de fungo pode produzir diferentes micotoxinas e a mesma micotoxina pode ser produzida por várias espécies de fungos. São metabólitos secundários, ou seja, substâncias produzidas pelo metabolismo do fungo que não são essenciais ao crescimento celular e manutenção das funções celulares básicas, de baixa massa molecular, produzidos naturalmente e que podem causar doenças e morte em animais e em seres humanos (REIS et al., 2024).

As micotoxinas encontradas em grãos de milho podem ser divididas em dois grandes grupos considerando o gênero do agente causal, toxinas produzidas pelo gênero *Aspergillus* e toxinas produzidas pelo gênero *Fusarium*. Esta divisão, considerando milho segunda safra cultivado na região sul, também pode ser atrelada ao local da produção das toxinas. As espécies do gênero *Fusarium* tem produção das toxinas predominantemente à campo, pois a umidade dos grãos para o seu desenvolvimento deve ser superior a 20%. Para as espécies do gênero *Aspergillus* a umidade ideal para ocorrência é inferior a 18% e superior a 13% (PINTO, 2001), umidade essa encontrada nos processos pós-colheita, principalmente de transporte, secagem e armazenagem dos grãos, sendo essa toxina produzida principalmente durante a armazenagem dos grãos.

2.3.1 Toxinas produzidas pelo gênero *Aspergillus*

O gênero *Aspergillus* é um anamórfico pertencente à família Trichocomaceae, ordem Eurotiales, classe Eurotiomycetes, filo Ascomycota. Sua reprodução é assexuada e caracteriza-se pela produção de fiálides e conídios em cadeia. O conidióforo de *Aspergillus* é simples, usualmente asseptado e termina numa vesícula, onde ficam inseridas as fiálides. Algumas espécies podem produzir

esclerócios. Muitas espécies de *Aspergillus* apresentam teleomorfos e se reproduzem sexuadamente (KLICH, 2007). Fungos do gênero *Aspergillus* são conhecidos por sua capacidade de deteriorar alimentos. Além de reduzir consideravelmente o valor nutritivo dos alimentos, as espécies desse gênero possuem a capacidade de produção de metabólitos secundários tóxicos, denominados micotoxinas, que podem provocar intoxicações em seres humanos e animais (RODRIGUES et al., 2009).

As toxinas produzidas pelo gênero *Aspergillus* são denominadas aflatoxinas. São conhecidos 17 compostos similares designados pelo termo aflatoxina, porém, os principais tipos de interesse são as aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 (RICHARD, 2007). Tais substâncias são sintetizadas por várias espécies do gênero *Aspergillus*, mantendo-se como representantes mais importantes os fungos *A. flavus*, produtores das aflatoxinas do grupo B, e *A. parasiticus*, produtores das aflatoxinas dos grupos B e G (KLICH, 2007). Estes compostos caracterizam-se pela elevada potência, sendo altamente tóxicos mesmo em baixas concentrações. Aflatoxinas são hepatotóxicas e podem reduzir drasticamente os índices produtivos dos animais. A aflatoxina B1 é a que apresenta maior poder toxigênico, seguida de G1, B2 e G2 (COULOMBE, 1991).

Essa toxina foi responsável por um dos mais conhecidos episódio de micotoxicoses. Em 1960, na Inglaterra, uma torta de amendoim importada do Brasil foi responsabilizada como causadora da “Doença X dos perus”. Desta torta, foi obtido um extrato clorofórmico que, ao ser administrado a marrecos jovens, foi capaz de reproduzir as lesões hepáticas semelhantes à doença original, sendo a toxina denominada de *A. flavus toxin* ou aflatoxina (ALLCROFT et al., 1961; ALLCROFT; CARNAGHAM, 1962).

O acúmulo de aflatoxinas normalmente está atrelado a condições inadequadas de armazenagem dos grãos. Umidade relativa do ar entre 80% a 85%, temperaturas entre 24 e 35 °C e grãos de milho com umidade superior a 17% são as condições ótimas para o desenvolvimento de *Aspergillus* e produção de micotoxinas (DILKIN et al., 2000). O crescimento fúngico dificilmente ocorre em cereais que apresentam umidade inferior a 12% (REDDY, 1992).

Apesar disto, aflatoxinas podem ter origem do campo de produção de milho. Marques et al. (2009), avaliando a incidência de fungos e micotoxinas em cinco híbridos de milho em função da umidade de colheita, concluíram que a produção de aflatoxinas ocorreu nos grãos ainda presos às espigas, no campo, pelas condições

ambientais favoráveis aos patógenos naquele experimento. Neste trabalho foi observado que a presença de *Aspergillus* nos grãos foi maior quando o milho permaneceu mais tempo no campo sendo colhido com menor umidade.

As aflatoxinas têm sido identificadas como fatores envolvidos na etiologia do câncer hepático no homem, consequente à ingestão de alimentos contaminados (BOSCH; PEERS, 1991). Koshiol e colaboradores (2024) verificaram que a exposição à aflatoxina B1 estava associada ao risco posterior de desenvolver câncer de vesícula biliar. As aflatoxinas são absorvidas no trato gastrointestinal e biotransformadas primariamente no fígado por enzimas. Estas enzimas, pertencentes à superfamília de enzimas do citocromo P-450, constituem parte do processo de detoxificação de uma ampla variedade de xenobióticos no organismo. A aflatoxina é, na realidade, um pró-carcinógeno, o qual requer ativação metabólica para manifestar seus efeitos tóxicos. A forma ativada da aflatoxina é o composto altamente eletrofílico e capaz de reagir rapidamente com ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA) e proteínas. A ligação com o DNA modifica a sua estrutura e, consequentemente, a sua atividade biológica, originando assim os mecanismos básicos dos efeitos mutagênicos e carcinogênicos (BIEHL; BUCK, 1987).

Avaliando o consumo de milho contaminado com aflatoxina B1 em adultos mexicanos, Lajous e colaboradores (2024), indicam que o milho e as tortilhas de milho são uma importante fonte de exposição à aflatoxina B1 para a população mexicana. Elhassan (2024), associou a ocorrência de carcinoma hepatocelular à contaminação de alimentos por aflatoxinas e evidenciou a necessidade de um programa abrangente de controle de aflatoxinas para aumentar a conscientização sobre o problema, alertar o governo, órgãos reguladores e a indústria alimentícia para estabelecer e aplicar diretrizes e padrões rígidos para combater a aflatoxina contaminação.

2.3.2 Toxinas produzidas pelo gênero *Fusarium*

As espécies do gênero *Fusarium* estão entre as principais invasoras de grãos de milho no campo, causando várias doenças, como a podridões de sementes e colmo. Além de colonizar os grãos a campo, também podem ser encontradas no armazenamento, caso as condições de temperatura e umidade sejam adequadas ao fungo (MILLS, 1989). Dentre as espécies, *F. verticillioides* é a mais frequente em

grãos de milho recém-colhidos, com níveis de contaminação de até 100%. No Brasil, algumas espécies do gênero *Fusarium* foram isoladas do milho e outros substratos procedentes de vários estados brasileiros, com predominância de *F. verticillioides* (ASÊVEDO et al., 1994; POZZI et al., 2002; ORSI et al., 2000; SILVA et al., 2001).

Apesar da predominância de *F. verticillioides*, outras espécies do gênero também são encontradas nos grãos. Estes patógenos, assim como as espécies de *Aspergillus*, podem produzir compostos em seu metabolismo secundário que causam danos aos animais que consomem os grãos contaminados. Entre estes compostos estão as fumonisinas, a zearalenona e deoxinivalenol (DON). *F. verticillioides*, *F. proliferatum* produzem fumonisinas (ALMEIDA et al., 2005), enquanto *F. culmorum* e *F. graminearum* produzem zearalenona e DON (ALLDRICK; HAJSELOVÀ, 2004; DIESING et al., 2011).

2.3.2.1 Fumonisinas

A principal espécie responsável pela produção de fumonisinas é *F. verticillioides* (GELDERBLUM et al., 1988; BEZUIDENHOUT et al., 1988). No entanto, outras espécies do gênero também produzem fumonisinas: *F. proliferatum* (ROSS et al., 1990), *F. oxysporum* (AH SEO; WON LEE, 1999), *F. subglutinans* (SCOTT, 1993), *F. nygamai* (THIEL et al., 1992), *F. anthophilum*, *F. dlamini* e *F. napiforme* (NELSON, 1992), e *F. polyphialidicum* (ABBAS; OCAMB, 1995). A produção de fumonisina por esses fungos é maior em condições de ambiente ameno (15 a 20 °C), alto teor de umidade nos grãos de milho (acima de 20%) e atividade de água acima de 0,9 (MALLMANN; DILKIN, 2007).

As fumonisinas são moléculas estruturalmente relacionadas, sendo conhecidas mais de 28 moléculas pertencentes ao grupo, porém, a mais representativa é a fumonisina B1 (FB1), responsável por cerca de 70% das contaminações em cereais. Em condições naturais de produção de milho são detectadas somente fumonisinas B1, B2 e B3 (RHEEDER et al., 1992).

As fumonisinas foram detectadas naturalmente em vários tipos de alimentos, principalmente o milho e derivados, em vários países (Canadá, Egito, Peru, África do Sul, EUA), indicando a exposição do homem às micotoxinas em até 3 ppm (SYDENHAM et al., 1991). A primeira descrição sobre a ocorrência natural de FB1 foi realizada por Sydenham et al. (1990) a partir de milho mofado colhido de uma

área em Transkei, no Sul da África, que apresentava alta incidência de câncer de esôfago em humanos. Os níveis detectados nas amostras variavam de 44 a 83 ppm. O milho proveniente de algumas regiões da África, com histórico da doença, apresentaram altos níveis de contaminação (117 ppm), segundo análises realizadas por Thiel et al. (1992).

O mecanismo de ação das fumonisinas ainda não é perfeitamente conhecido. Wang et al. (1991), propuseram que a FB1 poderia intervir na biossíntese de esfingolipídios, porque existe uma similaridade da molécula de FB1 com o complexo amino álcool esfingosina, que é um dos trinta ou mais aminoálcoois da cadeia longa encontrados nos esfingolipídios de várias espécies. Os esfingolipídios mais abundantes dos tecidos animais são a esfingosina e os glicosfingolipídios. A inibição de biossíntese dos esfingolipídios pode ter um profundo efeito sobre a célula, uma vez que esses componentes têm papel importante na estrutura da membrana, comunicação celular, interação intracelular e matriz celular, regulação de fatores de crescimento, como mensageiro de vários fatores, incluindo fator de necrose de tumor, interleucina 1 e fator de crescimento de nervos (MERRILL et al., 1993).

2.3.2.2 Zearalenona

A zearalenona (ZEA), assim como as fumonisinas, também é um metabolito secundário produzido por espécies de *Fusarium*, sendo *F. graminearum* o mais frequentemente associado à sua produção. Para desencadear o metabolismo secundário responsável pela produção de zearalenona a temperatura do ambiente deve ficar em aproximadamente 10 °C e teor de umidade nos grãos acima de 17% (MALLMANN; DILKIN, 2007). As enzimas responsáveis pela biossíntese de ZEA são aparentemente induzidas por baixas temperaturas, entre os 12 e os 14 °C, seguidas de uma produção ótima a temperaturas mais altas, de 27 °C (MIROCHA et al., 1971).

Em mamíferos tem efeito estrogênico, causando alterações no sistema reprodutivo dos animais que consomem milho contaminado com essa toxina. O efeito tóxico de zearalenona e respectivos metabólitos ocorre principalmente devido à semelhança com os estrogênios naturais, estradiol, estrona e estriol, interagindo com receptores estrogênicos através de competição com o 17 β -estradiol

(BRIYONES-REYES et al., 2007). Zearalenona induz hiperestrogenismo em animais, especialmente em fêmea de suínos. De Saeger et al. (2003) descrevem que a síndrome hiperestrogênica inclui aumento uterino, inchamento da vulva, glândulas mamárias e mamilos, prolapso da vagina ou reto, prolongamento ou interrupção do cio e pseudo-prenhez.

2.3.2.3 Deoxinivalenol

A toxina deoxinivalenol (DON) pertence ao grupo dos tricotecenos. Embora o número de tricotecenos identificados e caracterizados supere 150 compostos análogos, somente poucos são detectados em cereais naturalmente contaminados, pertencendo principalmente a grupo de tricotecenos do tipo A, toxina T-2, toxina HT-2, neosalaniol e diacetoxiscirpenol ou do tipo B deoxinivalenol e nivalenol (SANTOS et al., 2010). A toxina é produzida pelos fungos *F. graminearum* e *F. culmorum* (DIESING et al., 2011). DON tem sido a toxina de *Fusarium* spp. mais frequentemente reportada no mundo, assim como detectada em maior concentração, sendo considerada como “toxina indicadora” de contaminação por este grupo de fitopatógeno (PRANGE et al., 2005).

Para que haja produção de DON a campo, a temperatura é essencial, devendo variar entre 15 e 30 °C. Temperaturas abaixo de 21 °C e chuva intensa são dois fatores que favorecem a contaminação (MARQUES, 2007). DON é muito estável a altas temperaturas, entre 170 e 350 °C, sendo uma das suas propriedades físico-químicas mais importantes, aumentando muito o risco da sua permanência em alimentos (HUGHES et al., 1999).

Devido à toxicidade, os tricotecenos são classificados como toxinas gastrintestinais, dermatotoxinas, imunotoxinas, hematotoxinas e genetoxina (CONKOVÁ et al., 2003). Entre os tricotecenos, DON também conhecido como vomitoxina, tem como principal efeito tóxico o decréscimo ou rejeição de alimentação, vômitos e distúrbios digestivos com consequente perda de peso. Os suínos são os mais suscetíveis, se comparados a aves e ruminantes (SANTOS et al., 2010).

2.3.3 Efeito do ambiente e da genética na produção de micotoxinas

As condições ambientais só podem ser manipuladas em campos de produção através da época de semeadura do milho em uma mesma área. Porém, existe variação genética dos híbridos de milho quanto a suscetibilidade ao ataque de espécies de *Fusarium* nas espigas (Figura 2). Mallman et al. (2019), avaliando híbridos de milho, concluíram que a composição micotoxicológica e nutricional é influenciada pelos diferentes genótipos e pelo ano de cultivo e, por isso, deve ser constantemente monitorada para a produção de rações.

Dilkin et al. (2000), avaliando cinco híbridos de milho cultivados em um campo experimental em Santa Maria, RS, concluíram que os grãos avaliados estavam contaminados por *Fusarium* sp. 57,1%; *Aspergillus* sp. 23,6% e *Penicillium* sp. 14,3%. Não houve diferença significativa entre os híbridos avaliados em relação à incidência dos três gêneros fúngicos, bem como esses não apresentaram níveis detectáveis de aflatoxinas, zearalenona, ocratoxina A e fumonisina B1. Os híbridos avaliados apresentaram diferença significativa quanto ao potencial de produzir somente aflatoxina G2 em cultivos de *A. parasiticus* por cinco dias. Ono et al. (2001) encontraram diferenças regionais na concentração de fumonisinas quando o mesmo milho híbrido foi analisado no Estado do Paraná, indicando interferências climáticas na predominância de linhagens toxigênicas de *Fusarium*.

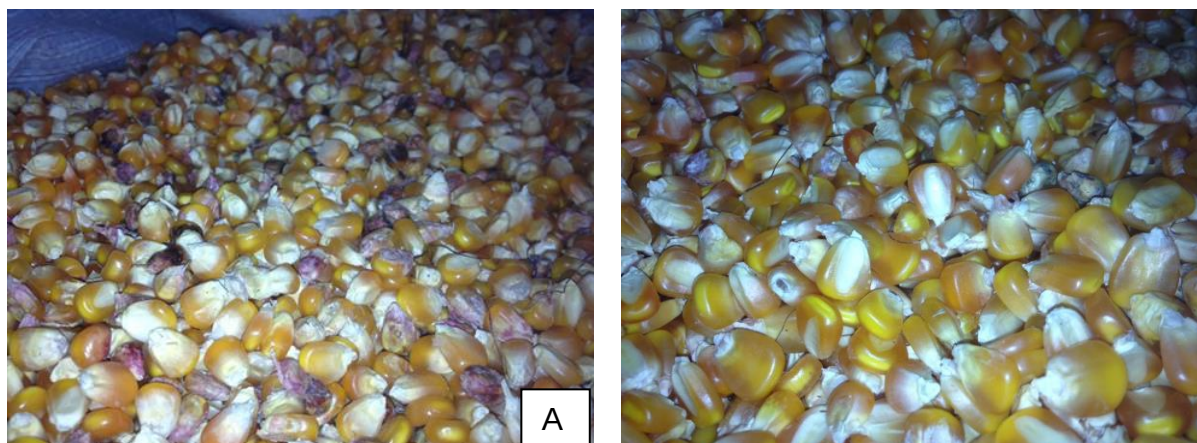


Figura 2 – Variabilidade genética de dois híbridos de milho (A e B) semeados na mesma data e cultivados sob as mesmas condições de manejo para a ocorrência de *Fusarium* sp. nos grãos.

2.3.4 Limites máximos de tolerância de micotoxinas em grãos de milho

Atualmente no Brasil existem legislações para dispor sobre os limites máximos tolerados (LMT) de micotoxinas que podem estar presentes nos alimentos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da Instrução Normativa Nº 160, de 1º de julho de 2022, estabelece os níveis máximos de micotoxinas nos grãos de milho. O LMT para aflatoxinas é de 20 ppb, para fumonisinas (B1 + B2) 5.000 ppb, para deoxinivalenol 3.000 ppb e para zearalenona 400 ppb (BRASIL, 2022).

Importante destacar observando os LMT é que a potência da aflatoxina é superior as demais, sendo prejudicial em concentrações muito baixas. No entanto, estes limites dispostos servem como parâmetro para saúde humana. Em se tratando de milho para alimentação animal, cada uma das espécies apresenta diferentes LMTs para cada uma das toxinas. Nas rações de suínos a concentração de zearalenona não deve ultrapassar 10 ppb, que na prática significa isenção (MALLMANN; DILKIN, 2007). No entanto, frangos de corte tem maior tolerância a essa toxina e não são afetadas pela ingestão de zearalenona nas concentrações usualmente encontradas em grãos de milho contaminados (SANTURIO, 2000).

2.4 QUALIDADE NUTRICIONAL DO MILHO

Por apresentar em sua composição a predominância de carboidratos (amido) e lipídios (óleo), o milho é considerado um alimento energético de grande importância, tanto na alimentação humana como animal. Rostagno et al. (2017) destacam que na composição médias das rações utilizadas para alimentação de aves e suínos, o percentual de milho pode ultrapassar 60%. Devido a ser o principal componente das rações, além do teor de energia dos grãos outras características como os teores de proteínas e aminoácidos essenciais, como por exemplo lisina, cistina e treonina, também podem influenciar no custo da ração pela necessidade de adição de maior quantidade desses aminoácidos.

As características nutricionais dos grãos de milho são largamente influenciadas pela genética. Eyng et al. (2009), avaliando a composição nutricional de 36 híbridos de milho, encontraram variação nos teores de energia metabolizável entre os materiais de aproximadamente 200 kcal. Destacam ainda que a composição química do milho pode apresentar variações, o que se deve a fatores como potencial

genético, nível de adubação utilizado, fertilidade do solo e condições climáticas. Quando os teores de energia metabolizável dos grãos de milho são mais baixos faz-se necessária a complementação, normalmente com o uso de óleo, para que os níveis energéticos fiquem adequados para cada espécie animal e fase de desenvolvimento. Porém, essa complementação via aditivos incrementa o custo de produção das rações.

3 CAPÍTULO 2

MICOTOXINAS, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE 20 HÍBRIDOS DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA: ANÁLISE CONJUNTA DE QUATRO EXPERIMENTOS

3.1 INTRODUÇÃO

O milho é o principal ingrediente na formulação de rações. Dependendo da espécie mais de 70% da ração é composta de milho. Das 131 milhões de toneladas de milho produzido no Brasil em 2023, 42% foi destinado à exportação, sendo o restante, consumido internamente, com o principal destino a indústria da alimentação animal. Além disso, um mercado emergente no Brasil é o consumo do milho para produção de bioenergia, principalmente o etanol, o que também abre oportunidades para milho com composições nutricionais diferenciadas. Na safra 2022/23, a produção de etanol provinda de milho era de 4,4 bilhões de litros, já na safra 2023/24 a estimativa é de que sejam produzidos 5,92 bilhões de litros, um aumento de cerca de 40% em relação ao ciclo anterior (CONAB, 2024). O milho destinado para esse fim tem como subproduto os grãos secos de destilaria, conhecido como DDG (*Dried Distillers Grains*). Este subproduto é utilizado na alimentação animal e o processo de industrialização não elimina as toxinas oriundas da matéria prima.

Nas últimas décadas, o melhoramento genético trouxe ganhos expressivos nas características agrônômicas do milho, principalmente no que diz respeito ao potencial produtivo da cultura. Fernandes e Franzon (1997) em um estudo com dados de 30 anos, das safras de 1963 a 1993 no Brasil, calcularam um ganho anual de 59,9 kg ha⁻¹ pelo melhoramento genético da cultura, o que representa cerca de 3% ao ano de incremento considerando a produtividade média deste período (CONAB, 2024). No entanto, pouco ou nenhum foco tem sido dado no melhoramento genético quanto as características nutricionais e resistência a fungos produtores de toxinas nos grãos destes mesmos híbridos. Almeida e colaboradores (2024) estudando o efeito da genética de 23 híbridos e quatro diferentes manejos químicos para controle de podridões de espiga concluíram que o controle químico não foi efetivo e que somente a genética foi capaz de reduzir as podridões causadas por espécies de *Fusarium* e *Stenocarpella*.

Além do efeito genotípico dos cultivares de milho, para a expressão fenotípica o efeito do ambiente é preponderante. Diferentes locais, com variação de altitude, temperatura e tipo de solo, podem interferir no comportamento final de cada híbrido. O efeito local pode ser potencializado pelas condições ambientais do milho cultivado em segunda safra na região sul do Brasil, uma vez que a temperatura mais baixa e a umidade mais alta no período de enchimento de grãos tendem a ser propícias para a produção das principais micotoxinas nos grãos. Além do efeito local, diferentes safras trazem diferentes condições ambientais que também interferem no fenótipo dos materiais.

O uso de híbridos de milho com maior nível de resistência a espécies de fungos produtoras de toxinas pode reduzir a contaminação dos grãos por aflatoxinas, fumonisinas, deoxinivalenol e zearalenona gerando ganhos para a cadeia produtiva da proteína animal e maior segurança alimentar. O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de micotoxinas, o rendimento de grãos e as características nutricionais de vinte híbridos de milho cultivados na segunda safra.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Delineamento Experimental e Tratamentos

O estudo avaliou conjuntamente quatro experimentos implantados e conduzidos a campo nas safras 2020 e 2021. Os experimentos foram delineados em blocos ao acaso com quatro repetições. Em cada um dos experimentos foram avaliados 20 híbridos de milho, totalizando 320 parcelas experimentais. As parcelas experimentais consistiram em quatro linhas de milho espaçadas em 0,68 cm com 10 m de comprimento, totalizando 27,2 m². A parcela útil foi composta das duas linhas centrais, totalizando 13,6 m² de área útil. Os 20 híbridos utilizados, obtentor e algumas de suas características estão descritos na Tabela 1. A escolha dos híbridos ocorreu pela sua representatividade em termos de área semeada na região e no período de condução dos experimentos.

Tabela 1 – Híbridos de milho utilizados nos experimentos e suas características de ciclo, tipo de grão, biotecnologia e empresa obtentora

Híbrido	Biotecnologia*	Empresa obtentora	Ciclo	Tipo de grão
AG8480	VT PRO3®	Agrocere®	Precoce	Semidentado
AG9000	VT PRO3®	Agrocere®	Superprecoces	Semidentado
AG9050	VT PRO3®	Agrocere®	Superprecoces	Semiduro
AS1633	VT PRO3®	Agroeste®	Precoce	Semiduro
AS1844	VT PRO3®	Agroeste®	Precoce	Semiduro
B2401	PowerCore™ Ultra®	Brevant®	Superprecoces	Semiduro
B2620	PowerCore™ Ultra®	Brevant®	Superprecoces	Semiduro
B2702	Leptra®	Brevant®	Superprecoces	Semiduro
DKB255	VT PRO3®	Dekalb®	Superprecoces	Semiduro
DKB265	VT PRO3®	Dekalb®	Superprecoces	Semidentado
DKB360	VT PRO3®	Dekalb®	Precoce	Dentado
FS505	PowerCore™ Ultra	Forseed®	Precoce	Semiduro
FS512	PowerCore™ Ultra	Forseed®	Precoce	Semiduro
FS564	PowerCore™ Ultra	Forseed®	Precoce	Semidentado
FS575	PowerCore™ Ultra	Forseed®	Precoce	Semiduro
K9606	Agrisure Viptera 3®	KWS®	Precoce	Semiduro
MG30A37	PowerCore™ Ultra®	Morgan®	Precoce	Semiduro
MG593	PowerCore™ Ultra®	Morgan®	Precoce	Semiduro
P3380	Herculex®	Pioneer®	Superprecoces	Semiduro
Supremo	Agrisure Viptera 3®	Syngenta®	Precoce	Duro

*Todos com a biotecnologia Roundup Ready 2™ de tolerância ao herbicida glifosato.

**Todos híbridos avaliados com cruzamento do tipo Simples.

3.2.2 Localização dos Experimentos

Os experimentos foram conduzidos no município de Cafelândia, região oeste do estado do Paraná, nas dependências do Centro de Pesquisa Agrícola da Cooperativa Agroindustrial Consolata (CPA Copacol). Os experimentos localizaram-se a um raio de 150 m das coordenadas 24°37'02" S de latitude e 53° 18' 08" O de longitude, a 580 m de altitude. Neste local o solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico (SANTOS et al., 2018). O solo de classe textural classificada como argilosa, possui 650, 175 e 175 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

3.2.3 Histórico da Área e Condições do Solo

As áreas onde foram conduzidos os experimentos apresentavam-se sob sistema de semeadura direta na palha, sem revolvimento do solo com sucessão de culturas com cultivo de soja na safra de primavera/verão e milho na safra outono/inverno com histórico conhecido de seis anos. Antes da implantação dos ensaios, realizou-se a amostragem de solo, para fins de avaliação da fertilidade química. Para análise química, foi amostrada a profundidade de 0 a 20 cm. As amostras foram compostas de 10 subamostras, coletadas com pá-de-corte. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de análises de solo da Solanalise, localizado em Cascavel-PR. Os resultados das análises químicas do solo estão discriminados na Tabela 2.

Para análise granulométrica, coletou-se uma amostra na profundidade de 0-50 cm para cada local. Devido à proximidade geográfica dos locais onde foram implantados os ensaios de Cafelândia, para esse local ocorreu somente uma coleta para determinação da granulometria do solo. De acordo com a classificação de solos quanto a aptidão para uso agrícola (MAPA, 2024), o solo é classificado como tipo 3, sendo apto para o cultivo de milho em segunda safra.

Visando facilitar a apresentação dos dados será adotada a abreviação dos experimentos com o ano e época de semeadura, exemplo: 2020 EP1, onde 2020 se refere ao ano de condução do experimento e a abreviatura EP1 a época de semeadura dentro daquele ano (época 1).

Tabela 2 - Resultados da análise de solo das áreas de implantação dos experimentos

Experimentos											
Experimento	P	MO	pH	Ca	Mg	K	H + Al	Al ³⁺	CTC	SB	Ca/Mg
	mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂	-----Cmol _c /dm ³ -----							
2020 EP1	78,2	35,1	5,3	6,3	2,5	0,93	5,0	0,00	14,7	9,8	2,5
2020 EP2	52,4	34,2	5,5	6,0	2,6	0,86	4,6	0,00	14,1	9,5	2,3
2021 EP1	53,9	38,5	5,2	6,9	3,0	1,02	5,0	0,00	15,9	11,0	2,3
2021 EP2	64,7	34,4	5,4	6,0	3,1	0,95	4,6	0,00	14,6	10,0	1,9

Experimento	V	Al	Ca	Mg	K	S	B	Mn	Zn	Cu	Fe
	---- Participação na CTC (%) ----					----- mg/dm ³ -----					
2020 EP1	66,3	0,0	43,0	16,9	6,3	16,8	0,38	74,2	10,0	9,0	22,4
2020 EP2	67,4	0,0	42,6	18,6	6,1	20,8	0,35	70,1	7,0	8,6	22,2
2021 EP1	68,9	0,0	43,5	19,0	6,4	24,9	0,41	81,0	8,5	8,6	20,3
2021 EP2	68,4	0,0	40,8	21,2	6,5	18,5	0,38	79,9	7,7	8,8	22,1

SB = Soma das Bases; V = Saturação das Bases; S = Fósforo de cálcio; Ca, Mg e Al = KCl; B = HCl 0,05 N; pH = Cloreto de Cálcio; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn+ = Mehlich I; H + Al = Tampão SMP; C = Dicromato de sódio

3.2.4 Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos foram coletados em Estação Meteorológica da Copacol, localizada no CPA. Os ensaios foram localizados em um raio de 500 m da estação meteorológica. As estações da marca Metos® de fabricação austríaca e modelo µMetos ETO, fazem parte da rede de monitoramento meteorológico da Copacol. Os dados meteorológicos podem ser observados na Figuras 3 e 4.

Tabela 3 – Precipitação acumulada ao mês (mm), radiação média diária (W/m²) e acúmulo térmico da cultura do milho em graus dia para os meses de condução dos experimentos a campo nos diferentes locais

Mês	Precipitação (mm)		Radiação (W m ⁻² dia ⁻¹)		Acúmulo térmico*	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Jan	195	478	220	189	445	408
Fev	104	56	226	265	429	374
Mar	52	223	230	205	452	444
Abr	28	5	222	209	337	343
Mai	241	25	165	169	243	284
Jun	123	117	127	127	261	206
Jul	18	23	156	168	231	178
Ago	200	15	170	174	280	315

*Considerando a temperatura basal do milho de 10 °C

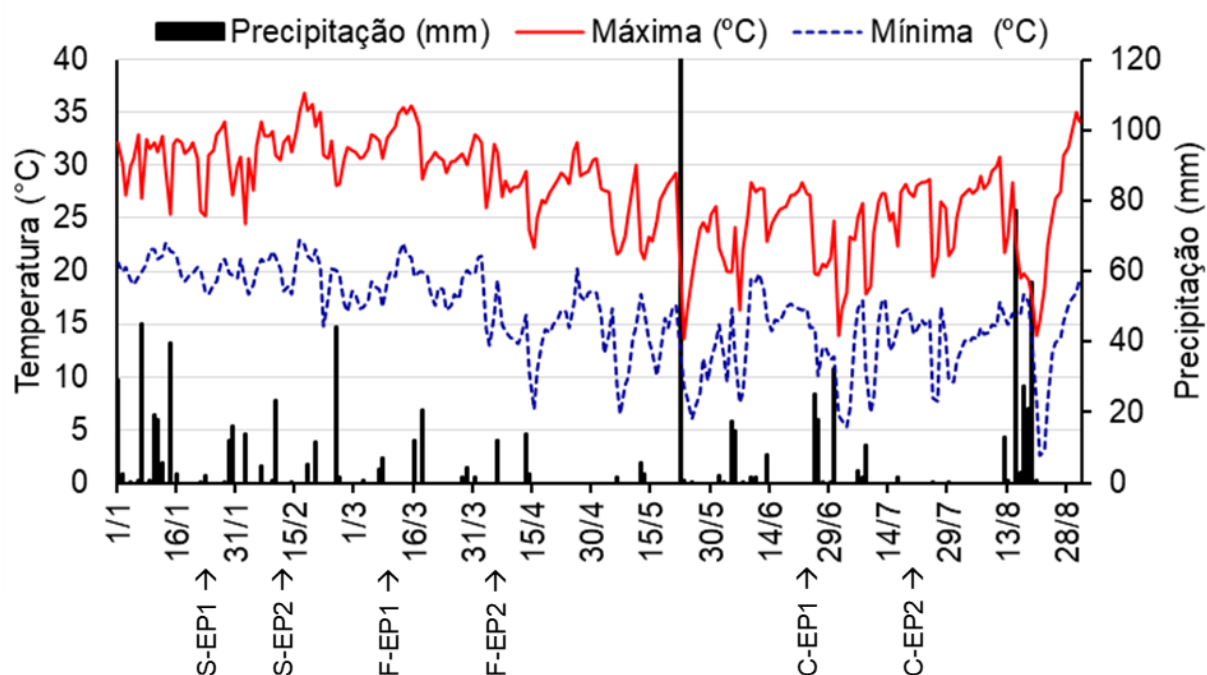


Figura 3 - Precipitação diária acumulada e temperaturas mínimas e máximas registradas no período de janeiro a agosto de 2020 na estação meteorológica do CPA, Cafelândia-PR. *precipitação do dia 22/05/20=230 mm. S-EP1 = data de semeadura da época 1; S-EP2 = data de semeadura da época 2; F-EP1 = data de florescimento da época 1; F-EP2 = data de florescimento da época 2; C-EP1 = data de colheita da época 1; C-EP2 = data de colheita da época 2.

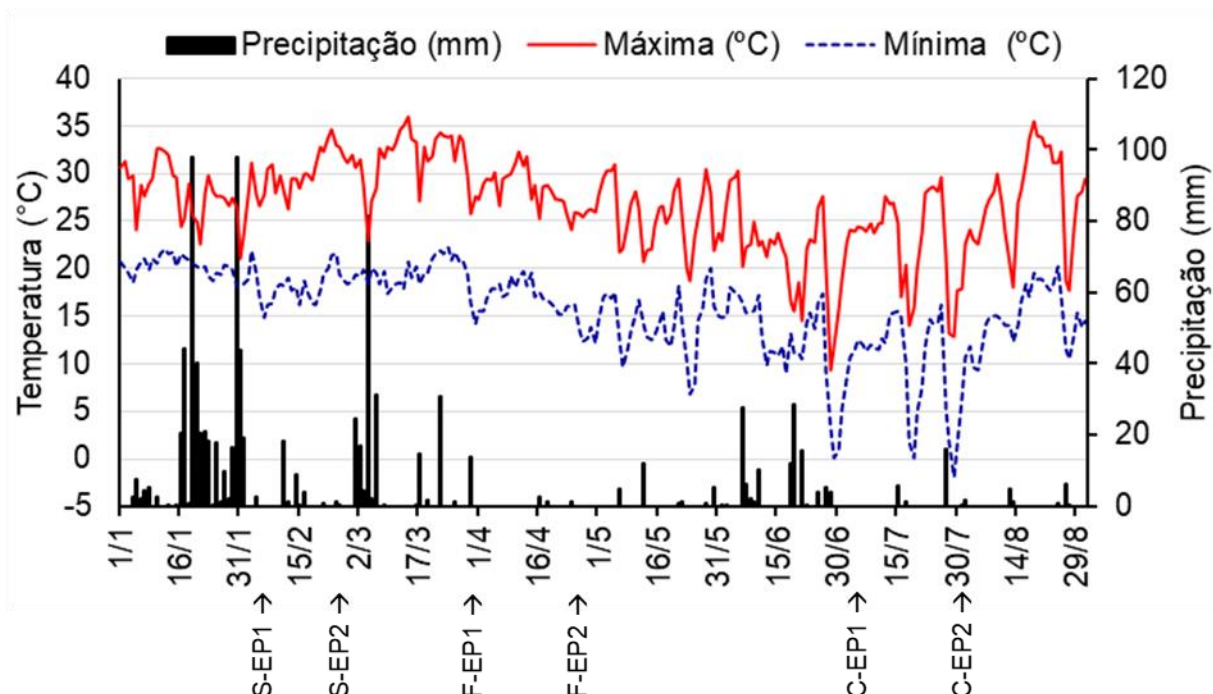


Figura 4 - Precipitação diária acumulada e temperaturas mínimas e máximas registradas no período de janeiro a agosto de 2021 na estação meteorológica do CPA, Cafelândia-PR. S-EP1 = data de semeadura da época 1; S-EP2 = data de semeadura da época 2; F-EP1 = data de florescimento da época 1; F-EP2 = data de florescimento da época 2; C-EP1 = data de colheita da época 1; C-EP2 = data de colheita da época 2.

3.2.1 Implantação e condução dos experimentos

Os experimentos foram semeados entre os dias 21 de janeiro e 23 de fevereiro para as duas safras, conforme especificado na Tabela 4. Os teores de fósforo e potássio nos solos dos locais de estudo estavam acima dos níveis de suficiência (Tabela 2) (SBCS, 2017), utilizando desta forma uma fertilização fixa para todos os experimentos com 300 kg ha⁻¹ de formulado 10-15-15 N-P₂O₅-K₂O. No estágio V3 do milho foi realizada uma complementação da adubação nitrogenada com a aplicação em cobertura com 50 kg ha⁻¹ de N, tendo com fonte a ureia (45-00-00 N-P₂O₅-K₂O).

Como para a adubação, a taxa de semeadura utilizada foi fixa com 60.000 sementes por hectare em todos os ensaios e para todos os híbridos, população essa que se encontra dentro da faixa de recomendação do obtentor de cada material. A população final média de todos híbridos e experimentos foi de 58.220 plantas por hectare e não houve variação significativa entre híbridos para este parâmetro pela análise de variância. Para a semeadura utilizou-se semeadora adubadora com quatro linhas da marca/modelo Stara Victoria®, equipada com sistema para semeadura de parcelas experimentais Wintersteiger Dynamic Disc Plus®. A deposição do fertilizante foi realizada a 10 cm de profundidade e das sementes a 5 cm.

Tabela 4 – Descrição dos ensaios e datas de semeadura para cada um dos locais

Descrição do ensaio	Município	Data de semeadura	Data de colheita
2020 EP1	Cafelândia	21/01/2020	21/06/2020
2020 EP2	Cafelândia	12/02/2020	17/07/2020
2021 EP1	Cafelândia	05/02/2021	05/07/2021
2021 EP2	Cafelândia	23/02/2021	03/08/2021

O manejo fitossanitário realizado foi específico para cada experimento, seguindo as indicações técnicas da cultura para controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Os herbicidas, inseticidas e fungicidas utilizados, bem como data de aplicação e estágio fenológico da cultura estão especificados nos apêndices, Tabelas 24 e 25. As aplicações foram realizadas com pulverizador de arasto, marca/modelo Jacto AM14.

3.2.2 Determinação das características agronômicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos

Seguindo a escala da fenologia do milho proposta por Ritchie e Hanway (1989), no estágio fenológico R5 foram determinados os caracteres agronômicos e alguns componentes do rendimento. A altura da espiga em cm foi determinada pela medida do solo até a base da espiga e a altura de planta em cm do solo até a base da inflorescência masculina. O acamamento foi avaliado contando-se 10 plantas sequenciais nas linhas centrais da parcela (área útil), com índice de notas de 0 a 10, sendo 0 nenhuma planta acamada na parcela e 10 quando havia 100% das plantas acamadas. As variáveis espigas por planta, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira foram determinadas pela contagem de cinco plantas por parcela e o número de grãos por espiga através da multiplicação do número de fileiras de grãos por espiga pelo número de grãos por fileira.

A colheita do milho foi realizada em uma única data dentro de cada experimento, com uma média de 153 dias (± 8) entre a semeadura e a colheita. O objetivo de colher todo o experimento em uma única data foi de padronizar as condições ambientais enfrentadas pelos híbridos. Desta forma todos foram expostos ao mesmo nível de pressão do ambiente para ocorrência de toxinas. A operação foi realizada de forma mecanizada com colhedora de parcelas experimentais da marca Wintersteiger, modelo Classic. Foram colhidas as duas linhas centrais por 10 m de comprimento, totalizando 13,6 m² de parcela útil. A massa e a umidade gravimétrica dos grãos da área útil foram determinadas automaticamente pelo sistema de pesagem EASY HARVEST – GRAIN GAGE® acoplado a colhedora de parcelas experimentais. Para a determinação da massa de mil grãos, foram contadas e pesadas quatro repetições de 400 sementes em cada unidade experimental. A massa de grãos foi corrigida para umidade de 130 g kg⁻¹ para o cálculo do rendimento de grãos e massa de mil grãos. Da mesma amostra foram separados 250 g de grãos por parcela sendo separados os grãos ardidos, chochos, imaturos, fermentados, germinados, gessados ou mofados para a determinação do percentual de grãos avariados (BRASIL, 2011).

3.2.3 Determinação das características micotoxicológicas dos grãos

No momento da colheita retirou-se uma amostra de aproximadamente 2 kg de milho úmido, de cada unidade experimental através de abertura específica para retirada de amostras no equipamento de colheita. As amostras foram acondicionadas em sacos de estopa e levadas imediatamente à estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 65 °C por 72 h para a obtenção da amostra seca ao ar (SILVA; QUEIROZ, 2002). Após secas as amostras foram fracionadas em duas partes, sendo que uma parte foi enviada para o Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As análises de micotoxinas foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS) com metodologias certificadas pela ISO/IEC 17.025.

No LAMIC foram determinadas as concentrações de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, fumonisinas B1 e B2, deoxinivalenol e zearalenona. Para determinação destas micotoxinas as amostras foram moídas em peneira de 1 mm em moinho ultracentrífugo modelo ZM 200 da marca RETSCH®. Uma fração de 0,5 g da amostra foi submetida à extração das aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona e do deoxinivalenol em solução de acetonitrila e água purificada por osmose reversa. As amostras foram armazenadas por três dias a 40 °C para permitir a evaporação do solvente e estabelecer o equilíbrio entre os analitos e a matriz. A solução foi agitada por 20 minutos a 2.500 rpm em multivórtex. Uma alíquota de 5 µL do extrato foi injetada em cromatógrafo líquido de alta eficiência 1.200 Series Infinity (Agilent, EUA), acoplado a um espectrômetro de massas (LC-MS/MS) 5.500 QTRAP (Applied Biosystems, EUA). As análises foram efetuadas seguindo-se os parâmetros propostos por Sulyok et al. (2007), Mallmann et al. (2013) e Berthiller et al. (2005), para aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona e deoxinivalenol, respectivamente. Os resultados da concentração de micotoxinas nos grãos estão expressos em ppb (partes por bilhão).

3.2.4 Determinação das características nutricionais dos grãos

As amostras utilizadas para determinação da qualidade nutricional dos grãos de milho foram moídas em peneira de 0,5 mm em moinho ultracentrífugo modelo ZM

200 da marca RETSCH®. A determinação das características nutricionais foi realizada com espectrômetros de infravermelho próximo (NIR) da marca Bruker®, modelo Tango-R. As curvas de correlação utilizadas no equipamento para determinação foram as fornecidas pela empresa de nutrição animal alemã Evonik®. A partir desta metodologia foram determinados proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e teor de amido (%).

3.2.5 Análise Estatística

Realizou-se análise de variância individual de cada experimento e em seguida a análise conjunta dos dados considerando os efeitos de blocos dentro de experimentos, experimentos, híbridos e a interação entre híbridos e experimentos. Quando significativas pelo teste de Fisher ($P < 0,05$), as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Resultados de campo

Para a altura das espigas medida do solo a base da espiga, houve resposta significativa pelo teste F para híbridos, experimentos e a interação entre híbridos e experimentos (Tabela 5). Os híbridos AS1633 e FS575 ficaram no grupo das maiores médias considerando todos os experimentos e dentro de cada experimento individual. AG9000 e MG30A37 foram os dois híbridos que apresentaram as menores alturas de inserção da espiga na média dos quatro experimentos e também ficaram nos grupos de híbridos com menor altura das espigas em cada ensaio individual.

Entre ensaios, a primeira época de 2020 apresentou as maiores alturas de inserção da espiga, com média de 129,58 cm. Os ensaios de 2020, além das maiores médias para altura de inserção das espigas, apresentaram o maior número de grupos de híbridos para essa característica, e os maiores rendimentos de grãos (Tabela 13) o que demonstra que em condições ambientais mais favoráveis, além da maior altura de inserção média da espiga, também há maior possibilidade de maior expressão da carga genética de cada material.

O experimento com a menor altura média de inserção das espigas foi a segunda época de 2021, sendo que este ensaio também apresentou a menor produtividade de grãos entre os 4 experimentos. A correlação linear de Pearson entre altura de inserção da espiga e rendimento de grãos foi de 0,65.

Avaliando a interação de experimentos dentro de cada nível de híbrido observou-se que o único material que não apresentou variação significativa entre os 4 experimentos foi B2620. Além deste, AS1844 também apresentou baixa variação absoluta. Esta resposta fez com que o material estivesse no grupo das maiores médias nos experimentos de 2021 e das menores médias nos experimentos de 2020, comportamento esse inverso ao padrão de resposta médio de todos os híbridos que foi maior no ano de 2020 e menor no ano de 2021. Este comportamento demonstra maior estabilidade em relação ao ambiente deste parâmetro para estes híbridos.

No outro extremo deste desdobramento ficou o híbrido P3380, o qual apresentou a maior variação dentro dos experimentos. Este híbrido ficou com a variação das maiores para as menores médias de altura de inserção da espiga no

experimento de primeira época de 2020, segunda época de 2020, primeira época de 2021 e segunda época de 2021, respectivamente. Esse padrão seguiu o comportamento médio dos demais híbridos e demonstrou que este material apresenta alta resposta fenotípica para este parâmetro.

Tabela 5 – Altura de inserção das espigas de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos em duas safras nos anos de 2020 e 2021 em Cafelândia-PR

Híbrido	Altura da espiga (cm)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	128,89 Ac	122,67 Aa	113,58 Bb	92,25 Cb	114,35 c
AG9000	116,78 Ac	106,67 Bc	104,33 Bb	94,75 Cb	105,63 e
AG9050	122,78 Ac	113,60 Bb	105,33 Bb	87,44 Cb	107,29 e
AS1633	151,89 Aa	128,33 Ba	126,00 Ba	107,17 Ca	128,35 a
AS1844	114,22 Ac	102,00 Bc	116,92 Aa	111,00 Aa	111,03 d
B2401	121,67 Ac	123,00 Aa	114,25 Ab	104,25 Ba	115,79 c
B2620	124,78 Ac	118,00 Aa	113,33 Ab	111,50 Aa	116,90 c
B2702	126,67 Ac	114,00 Bb	107,50 Bb	91,75 Cb	109,98 d
DKB255	139,44 Ab	117,33 Ba	121,00 Ba	110,58 Ba	122,09 b
DKB265	120,78 Ac	123,67 Aa	102,25 Bb	98,08 Bb	111,19 d
DKB360	125,33 Ac	123,00 Aa	109,33 Bb	110,33 Ba	117,00 c
FS505	124,22 Ac	118,33 Aa	107,92 Bb	110,25 Ba	115,18 c
FS512	133,33 Ab	122,33 Ba	103,83 Cb	100,08 Ca	114,90 c
FS564	129,44 Ac	112,67 Bb	107,67 Bb	89,50 Cb	109,82 d
FS575	151,78 Aa	122,00 Ba	126,83 Ba	106,17 Ca	126,69 a
K9606	130,00 Ac	117,33 Ba	111,08 Bb	102,67 Ca	115,27 c
MG30A37	118,56 Ac	105,00 Bc	99,92 Bb	84,92 Cb	102,10 e
MG593	136,56 Ab	127,67 Aa	127,42 Aa	99,67 Ba	122,83 b
P3380	136,11 Ab	121,33 Ba	103,75 Cb	85,25 Db	111,61 d
SUPREMO	138,33 Ab	128,00 Ba	119,33 Ba	97,00 Cb	120,67 b
Média	129,58 A	118,35 B	112,08 C	99,73 D	114,93

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Para a variável altura de plantas (Tabela 6), o comportamento foi semelhante à altura de inserção das espigas, sendo significativo o teste F para híbridos, experimentos e a sua interação. O material MG30A37 que havia apresentado a menor altura de inserção da espiga, também apresentou a menor altura de plantas na média dos quatro ensaios, 186,87 cm, sendo também classificado no grupo de híbridos de menor altura em cada ensaio individual, juntamente com o híbrido FS564.

Da mesma forma os únicos dois materiais que foram classificados no grupo de maior altura de plantas na média dos quatro ensaios e em cada ensaio individual foram DKB 255 e DKB 360.

Observando o desdobramento de híbridos dentro de cada ensaio individual, foram formados somente dois grupos de médias, na primeira época dos dois anos e três grupos nos dois ensaios de segunda época. Este comportamento demonstra que a variação de altura de plantas entre os híbridos é maior em situações de ambientes menos favoráveis.

Tabela 6 – Altura das plantas de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Altura de planta (cm)								Média
	2020 EP1		2020 EP2		2021 EP1		2021 EP2		
AG8480	235,22	Aa	223,00	Ba	204,92	Ca	176,75	Db	209,97 b
AG9000	230,33	Ab	212,33	Bb	198,92	Cb	177,25	Db	204,71 b
AG9050	229,56	Ab	214,00	Ab	196,67	Bb	186,67	Ba	206,72 b
AS1633	248,00	Aa	229,67	Ba	204,83	Ca	174,50	Db	214,25 a
AS1844	212,78	Ab	198,33	Bc	210,08	Aa	187,00	Ba	202,05 c
B2401	220,56	Ab	212,67	Ab	206,33	Aa	162,75	Bc	200,58 c
B2620	232,00	Ab	213,67	Bb	214,83	Ba	198,00	Ba	214,63 a
B2702	230,78	Ab	219,33	Aa	198,67	Bb	160,25	Bc	202,26 c
DKB255	241,67	Aa	217,33	Ba	221,33	Ba	193,50	Ca	218,46 a
DKB265	228,89	Ab	224,67	Aa	202,42	Ba	173,25	Cb	207,31 b
DKB360	240,78	Aa	238,00	Aa	208,83	Ba	199,00	Ba	221,65 a
FS505	227,89	Ab	224,00	Aa	192,67	Bb	197,75	Ba	210,58 b
FS512	231,44	Ab	217,67	Aa	177,58	Bb	160,75	Bc	196,86 c
FS564	223,67	Ab	200,33	Bc	187,33	Bb	148,00	Cc	189,83 d
FS575	244,78	Aa	210,00	Bb	205,25	Ba	179,50	Cb	209,88 b
K9606	229,78	Ab	214,00	Ab	198,08	Bb	177,50	Cb	204,84 b
MG30A37	216,89	Ab	195,33	Bc	181,75	Bb	153,50	Cc	186,87 d
MG593	229,44	Ab	223,67	Aa	206,42	Ba	177,50	Cb	209,26 b
P3380	247,56	Aa	221,67	Ba	193,08	Cb	168,00	Dc	207,58 b
SUPREMO	238,89	Aa	222,67	Aa	198,83	Bb	166,75	Cc	206,78 b
Média	232,04	A	216,62	B	200,44	C	175,91	D	206,25

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Corroborando para tal observação o fato de que nos experimentos onde as médias de altura de plantas foram maiores as médias de rendimento de grãos também foram maiores e a correlação entre os dois parâmetros foi de 0,74. O experimento com a maior e menor altura de plantas foram a primeira época de 2020 e a segunda época de 2021 com 232,04 e 175,91 cm, respectivamente.

O desdobramento de experimentos dentro de cada nível de híbridos demonstrou que somente 4 materiais apresentaram comportamento semelhante à média, tendo altura significativamente diferente em cada um dos quatro experimentos, AS 1633, P 3380, AG 8480 e AG 9000. Nesta mesma interação, outros quatro híbridos de milho apresentaram resposta significativa ao ano de cultivo, com médias diferentes somente entre as duas safras, sendo eles FS505, AG 9050, FS 512 e DKB 360.

Para a variável acamamento também houve interação significativa entre híbridos e experimentos. Cada um dos experimentos apresentou médias significativamente diferentes para essa variável. O acamamento observado nos experimentos foi do tipo tombamento, onde as raízes das plantas são arrancadas do solo, sem o quebramento do colmo, sendo ocasionado principalmente por vento.

A primeira época de cultivo de 2020 foi o experimento que apresentou o menor acamamento com a nota média de 1,28 e o experimento da segunda época de 2021 apresentou o maior valor, com uma nota de 3,86, seguido pela primeira época de 2021 com uma nota de acamamento de 2,81 e a segunda época de 2020 com 1,85 (Tabela 7).

Avaliando as medias de acamamento dos ensaios e comparando com as médias de rendimento de grãos é possível observar correlação direta e inversa. Quanto maior foi a nota de acamamento média do ensaio menor foi o rendimento de grãos. A correlação entre as duas variáveis foi de -0,58. As condições mais adversas ao desenvolvimento das plantas observadas na Figura 4 para a safra 2021 e a menor luminosidade e temperatura encontrada pelas plantas quando semeadas mais tardiamente, além de reduzir o rendimento de grãos desfavorece o desenvolvimento das raízes, promove maior necessidade de dreno dos nutrientes do colmo das plantas, levando a maiores índices de acamamento. O milho é uma das espécies com maior eficiência fotossintética (RIBEIRO et al., 2020), principalmente pelo mecanismo C4. A radiação solar tem efeito direto na produtividade do milho safrinha e é influenciada principalmente pela época de semeadura pela redução da quantidade de radiação solar nos períodos de outono-inverno. A temperatura ótima de crescimento do milho é de uma típica planta C4 (25 °C a 28 °C durante o dia e 18 °C a 19 °C à noite). (MAGALHÃES; DURÃES, 2008).

O colmo do milho, além de ser suporte para a parte aérea da planta, também serve como órgão armazenador de reservas para os fotoassimilados produzidos

pelas folhas. Ao entrar no período reprodutivo, a planta de milho passa a direcionar o fluxo de fotoassimilados prioritariamente para os grãos, além de remobilizar parte das reservas presentes em outros órgãos, principalmente no colmo do milho. Quando o aparato fotossintético não produz fotoassimilados em quantidade suficiente para a manutenção dos tecidos, a maior demanda exercida pelos grãos por esses produtos leva os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando essas regiões (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; SANGOI et al., 2001; FONTOURA et al., 2006).

Avaliando a média dos híbridos nos quatro experimentos, K 9606 foi o que apresentou a maior nota de acamamento na média de todos os experimentos com média de 4,98 e dentro de cada experimento individual esteve no grupo de médias de maiores notas de acamamento.

No experimento de segunda época de 2021 este híbrido apresentou a nota máxima, com 100% das plantas acamadas. O híbrido que apresentou os menores valores de acamamento na média dos seis experimentos e em cada ensaio individual foi AG 9000, com 0,65, demonstrando que este material apresenta elevado grau de resistência ao acamamento.

Ainda, na média dos quatro experimentos formou-se um segundo grupo de médias, composto por quatro híbridos, MG 593, AS 1844, DKB 255 e AS 1633 com valores médios para a nota de acamamento de 1,23, 1,31, 1,58 e 1,63, respectivamente, demonstrando que estes híbridos também apresentam elevado grau de resistência ao acamamento.

O alto grau de resistência ao acamamento de AG 9000 pode ser comprovado observando o desdobramento da interação deste híbrido dentro de cada experimento individual, onde sempre esteve compondo o grupo de menores médias de acamamento. Ainda, juntamente com o híbrido AS 1844 foram os únicos dois materiais que não apresentaram resposta significativa da interação de experimentos dentro de híbridos, demonstrando assim elevado grau de resiliência com relação ao acamamento independentemente da condição ambiental.

Não foi observada correlação significativa entre altura de inserção da espiga e altura de plantas com o acamamento, -0,36 e -0,37 respectivamente, o que demonstra que esses não são os principais determinantes para a suscetibilidade ao acamamento.

Tabela 7 – Acamamento de plantas de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	Média
Acamamento de plantas (notas de 1 a 10)					
AG8480	0,67 Bb	2,67 Aa	1,50 Bd	2,75 Ad	1,90 d
AG9000	0,33 Ab	0,00 Ab	1,50 Ad	0,75 Af	0,65 f
AG9050	0,67 Bb	1,67 Bb	2,75 Ac	3,67 Ad	2,19 d
AS1633	2,67 Aa	2,33 Aa	1,00 Bd	0,50 Bf	1,63 e
AS1844	0,67 Ab	1,33 Ab	1,50 Ad	1,75 Ae	1,31 e
B2401	2,00 Ba	1,67 Bb	4,25 Ab	2,00 Be	2,48 d
B2620	2,33 Ca	3,67 Ba	4,00 Bb	7,00 Ab	4,25 b
B2702	1,00 Bb	1,67 Bb	4,75 Ab	5,75 Ac	3,29 c
DKB255	1,00 Bb	1,33 Bb	0,75 Bd	3,25 Ad	1,58 e
DKB265	2,00 Ba	3,00 Ba	2,75 Bc	4,25 Ad	3,00 c
DKB360	0,67 Bb	2,67 Aa	2,75 Ac	2,25 Ae	2,08 d
FS505	2,00 Ba	2,33 Ba	1,00 Bd	7,75 Ab	3,27 c
FS512	2,33 Ca	3,67 Ba	4,00 Bb	5,25 Ac	3,81 c
FS564	0,33 Bb	1,00 Bb	2,75 Ac	4,00 Ad	2,02 d
FS575	0,67 Bb	1,00 Bb	2,00 Bc	3,50 Ad	1,79 d
K9606	1,67 Ca	1,00 Cb	7,25 Ba	10,00 Aa	4,98 a
MG30A37	2,33 Ba	2,00 Ba	4,00 Ab	3,50 Ad	2,96 c
MG593	0,00 Bb	0,67 Bb	2,00 Ac	2,25 Ae	1,23 e
P3380	1,67 Ba	1,00 Bb	4,25 Ab	3,25 Ad	2,54 d
SUPREMO	0,67 Cb	2,33 Ba	1,50 Cd	3,75 Ad	2,06 d
Média	1,28 D	1,85 C	2,81 B	3,86 A	2,45

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

A resistência ao acamamento é uma característica altamente desejável, sendo juntamente com a produtividade um dos principais critérios para a decisão de escolha do híbrido a ser semeado pelo agricultor. É um fenômeno complexo, e sua expressão depende de fatores genéticos, inter-relacionados com fatores do clima, do solo, das práticas culturais adotadas (CRUZ et al., 2003) e de danos causados por pragas e doenças. Entre os principais agentes que promovem acamamento e quebramento destacam-se o vento e a chuva (EASSON et al., 1993).

Gomes e colaboradores (2010) avaliando genótipos de milho quanto à resistência ao acamamento e ao quebramento do colmo concluíram que existe variabilidade genética para resistência ao acamamento e ao quebramento do colmo em milho e que a resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo interage significativamente com locais, sendo que a seleção desses

caracteres deve ser realizada com base em médias de experimentos com repetições nos diversos locais.

O número de espigas por planta, também conhecido como prolificidade, é uma característica genética também influenciada pelo ambiente. O melhoramento genético trabalhou nas últimas décadas para que cada planta de milho produza uma única espiga, sendo essa característica bastante comum nos híbridos modernos. No processo de domesticação e melhoramento pelo homem, a partir do teosinto, a cultura do milho foi selecionada para produção de grãos numa única inflorescência no colmo principal (DOEBLEY, 2004).

Apesar disso alguns híbridos ainda apresentam a característica de em determinadas condições produzir duas espigas na mesma planta. Este atributo pode ser favorável, principalmente em condições de falhas na semeadura com a obtenção de estandes subótimos sob condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura (SANGOI et al., 2010).

Para essa variável também houve interação entre experimento e híbridos. Entre os experimentos, os dois ensaios de 2020 e o ensaio de segunda época de 2021 foram os que apresentaram as maiores prolificidades médias, com 1,02, 1,02 e 0,99 espigas por planta respectivamente (Tabela 8).

O experimento de primeira época de 2021 apresentou a menor prolificidade média, com 0,87 espigas por planta. A menor precipitação nesta safra principalmente no final de março e mês de abril (Figura 4) pode ter influenciado o número médio de espigas por planta, pela ocorrência de plantas sem espiga nos experimentos. O híbrido DKB 265 foi o que apresentou a maior prolificidade na média dos quatro experimentos, com 1,12 espigas por planta. A alta prolificidade deste híbrido pode ser observada no desdobramento das médias dos híbridos dentro dos quatro experimentos, onde esteve sempre compondo o grupo de médias de maior prolificidade.

Apesar da menor prolificidade no experimento de primeira época de 2021 em relação a segunda época deste mesmo ano, o primeiro apresentou maior rendimento de grãos. Tal resposta está relacionado ao momento em que o estresse hídrico ocorreu naquela safra, sendo que reduziu mais o componente de rendimento de espigas por planta na primeira época do que na segunda. No entanto, o momento do estresse afetou mais outros componentes de rendimento da segunda época, que

apresentou menor número de grãos por fileira e por consequência menor número de grãos por espiga, além de menor massa de grãos (Tabelas 10, 11 e 12).

Tabela 8 – Número de espigas por planta de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Nº de espigas por planta				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	1,03 Aa	0,97 Aa	0,93 Aa	0,98 Ac	0,98 c
AG9000	1,00 Aa	1,03 Aa	1,00 Aa	0,90 Ac	0,98 c
AG9050	1,03 Aa	1,10 Aa	0,88 Ba	0,97 Bc	0,99 c
AS1633	0,97 Aa	1,03 Aa	0,75 Bb	0,98 Ac	0,93 d
AS1844	1,17 Aa	1,10 Aa	0,90 Ba	0,98 Bc	1,04 b
B2401	1,00 Aa	1,00 Aa	0,75 Bb	1,05 Bb	0,95 d
B2620	1,00 Aa	1,00 Aa	0,95 Aa	0,98 Ac	0,98 c
B2702	1,00 Aa	1,00 Aa	0,75 Bb	0,98 Ac	0,93 d
DKB255	1,00 Aa	1,00 Aa	0,95 Aa	1,08 Ab	1,01 c
DKB265	1,10 Ba	1,10 Ba	1,00 Ba	1,28 Aa	1,12 a
DKB360	0,97 Aa	1,00 Aa	0,90 Aa	1,08 Ab	0,99 c
FS505	1,00 Aa	1,00 Aa	0,83 Bb	0,90 Bc	0,93 d
FS512	1,03 Aa	1,00 Aa	0,80 Bb	0,95 Ac	0,95 d
FS564	1,00 Aa	1,00 Aa	0,93 Aa	0,98 Ac	0,98 c
FS575	1,00 Aa	1,00 Aa	0,88 Ba	1,08 Ab	0,99 c
K9606	1,00 Aa	1,03 Aa	0,88 Ba	0,90 Bc	0,95 d
MG30A37	1,00 Aa	1,03 Aa	0,98 Aa	0,88 Ac	0,97 c
MG593	1,00 Aa	1,00 Aa	0,98 Aa	1,00 Ac	0,99 c
P3380	1,00 Aa	1,00 Aa	0,68 Bb	1,03 Ab	0,93 d
SUPREMO	1,00 Aa	1,00 Aa	0,75 Bb	0,88 Bc	0,91 d
Média	1,02 A	1,02 A	0,87 B	0,99 A	0,97

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Avaliando a interação de híbridos dentro de cada experimento observou-se que não houve diferenças significativas nos experimentos de 2020. Nos experimentos de 2021 houve variação entre os híbridos, formando dois grupos de médias para a primeira época e três grupos para a segunda época de cultivo. Estes dados demonstram que nos experimentos com melhores condições climáticas (Figuras 3 e 4) para o desenvolvimento da cultura, e sob população adequada de plantas, a prolificidade não apresenta grande variabilidade e só é alterada para menos em situações de restrição hídrica.

O desdobramento de experimentos dentro de cada híbrido demonstrou que quatro materiais apresentaram comportamento idêntico a média dos experimentos, com os menores valores de prolificidade observados na primeira época de 2021.

Compuseram este grupo os híbridos AS 1633, B 2702, FS 512 e FS 575. Ainda dentro deste desdobramento, nove híbridos de milho não apresentaram resposta significativa a prolificidade em função do ambiente de cultivo. Neste grupo estão AG 8480, AG 9000, B 2620, DKB 255, DKB 360, FS 564, MG 30A37, MG 593 e P 3380.

Tabela 9 – Número de fileiras por espiga de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	Média
Número de fileiras por espiga					
AG8480	16,89 Bc	16,67 Bb	18,17 Aa	17,00 Bb	17,18 b
AG9000	16,22 Ac	16,89 Ab	16,17 Ab	16,67 Ab	16,49 c
AG9050	15,33 Ad	16,00 Ac	15,83 Ab	15,56 Ab	15,68 d
AS1633	15,11 Ad	14,67 Ad	14,83 Ac	15,00 Ac	14,90 e
AS1844	15,56 Ad	15,78 Ac	15,50 Ab	16,33 Ab	15,79 d
B2401	15,78 Ad	16,00 Ac	16,00 Ab	15,67 Ab	15,86 d
B2620	14,89 Bd	16,22 Ac	16,08 Ab	17,00 Ab	16,05 d
B2702	12,22 Bf	13,78 Ae	12,00 Be	13,67 Ac	12,92 f
DKB255	16,44 Ac	16,00 Ac	16,25 Ab	16,17 Ab	16,22 c
DKB265	16,00 Ac	15,56 Ac	15,58 Ab	15,83 Ab	15,74 d
DKB360	15,33 Ad	16,67 Ab	15,83 Ab	16,50 Ab	16,08 d
FS505	17,78 Ab	17,11 Ab	17,50 Aa	14,67 Bc	16,76 c
FS512	17,33 Ac	17,11 Ab	17,33 Aa	16,83 Ab	17,15 b
FS564	19,11 Aa	19,33 Aa	18,00 Aa	18,67 Aa	18,78 a
FS575	16,44 Ac	16,67 Ab	16,17 Ab	16,83 Ab	16,53 c
K9606	16,67 Ac	16,67 Ab	15,67 Ab	16,17 Ab	16,29 c
MG30A37	15,78 Ad	15,33 Ac	14,67 Ac	16,00 Ab	15,44 d
MG593	15,56 Ad	16,00 Ac	16,83 Aa	16,50 Ab	16,22 c
P3380	13,78 Ae	12,89 Ae	13,33 Ad	14,00 Ac	13,50 f
SUPREMO	16,44 Ac	15,78 Ac	15,08 Ac	15,92 Ab	15,81 d
Média	15,93 A	16,06 A	15,84 A	16,05 A	15,97

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Para o número de fileiras de grãos por espiga (Tabela 9) houve diferenças significativas para a interação e para híbridos. Entre os híbridos avaliados B 2702 e P 3380 apresentaram os menores números de fileiras na média dos quatro experimentos, com 12,92 e 13,50 fileiras de grãos por espiga respectivamente. Na interação de híbridos dentro de cada experimento B 2702 ficou agrupado nas menores médias dos quatro ensaios. O híbrido FS 564 apresentou o maior número de fileiras, com 18,78, sendo também classificado dentro de cada ensaio individual no grupo da maior média de fileiras por espiga.

Desdobrando a interação de experimentos dentro de híbridos, dos 20 materiais avaliados, somente quatro apresentaram diferenças significativas para o número de fileiras por espiga entre os experimentos, sendo eles, AG 8480, B 2620, B 2702 e FS 505. O número de fileiras por espiga é definido quando a planta apresenta de oito a 12 folhas expandidas (BALBINOT JR et al., 2005). A ausência de efeito significativo para o número de fileiras por espiga entre os experimentos e resposta significativa de apenas 4 híbridos para os ambientes demonstra que este atributo está mais relacionado com o efeito genético do que o ambiental.

Para o número de grãos por fileira esse comportamento foi diferente (Tabela 10). Houve grande efeito do ambiente nos híbridos, demonstrado pela formação de quatro grupos de médias entre os quatro experimentos avaliados. Além disso, a interação significativa demonstrou que todos os híbridos apresentaram resposta de comportamento diferente dentro dos experimentos avaliados.

O experimento de primeira época de semeadura do ano de 2020 foi o que apresentou a maior média, com 35,83 grãos por fileira, seguido pela segunda época do mesmo ano e local com 33,24. Para o ano de 2021 as duas épocas de semeadura obtiveram menores médias para o número de grãos por fileira em relação ao ano de 2020, sendo que a primeira época obteve maior número de grãos por fileira que a segunda época, 31,33 e 28,77 grãos por fileira respectivamente. Este padrão reforça a alta dependência do ambiente para o número de grãos por fileira, pois o ano de 2020 apresentou melhores condições ambientais para a produção que o ano de 2021.

Ambientes mais favoráveis propiciam o maior crescimento das espigas em comprimento. Balbinot Jr. et al. (2005) descrevem que o número de grãos por fileira é afetado pelo tamanho da espiga, o qual é definido a partir das doze folhas até a fecundação. Em seu trabalho concluem ainda que o número de grãos por fileira é o componente de rendimento que mais contribui na definição da produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. Este padrão de comportamento pode ser observado nos dados, onde, o número de grãos por fileira foi maior nos experimentos de maior rendimento de grãos (Tabela 13). Ainda, a correlação de Pearson foi maior para o número de grãos por fileira do que para o número de fileiras, 0,62 e 0,13, respectivamente.

Tabela 10 – Número de grãos por fileira de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)								Média
	2020 EP1		2020 EP2		2021 EP1		2021 EP2		
	Número de grãos por fileira								
AG8480	35,11	Ab	32,00	Ac	33,92	Aa	31,00	Aa	33,01 b
AG9000	38,78	Aa	36,11	Ab	31,17	Bb	33,08	Ba	34,78 a
AG9050	39,22	Aa	36,11	Ab	34,00	Ba	31,33	Ba	35,17 a
AS1633	32,44	Ab	33,33	Ac	27,50	Bc	21,58	Cc	28,72 d
AS1844	33,56	Ab	30,22	Ac	33,25	Aa	30,67	Aa	31,92 b
B2401	35,78	Ab	31,56	Bc	28,83	Bb	27,58	Bb	30,94 c
B2620	37,22	Aa	32,89	Bc	34,25	Ba	31,75	Ba	34,03 a
B2702	35,89	Aa	35,44	Ab	32,50	Aa	27,58	Bb	32,85 b
DKB255	35,33	Ab	31,11	Bc	35,00	Aa	29,58	Ba	32,76 b
DKB265	38,22	Aa	31,89	Bc	34,33	Ba	31,25	Ba	33,92 a
DKB360	35,00	Ab	30,78	Bc	31,25	Bb	30,42	Ba	31,86 b
FS505	35,78	Ab	35,33	Ab	30,92	Bb	29,67	Ba	32,92 b
FS512	35,00	Ab	30,89	Bc	28,25	Cc	23,50	Dc	29,41 d
FS564	33,00	Ab	29,78	Ac	24,58	Bc	26,92	Bb	28,57 d
FS575	37,22	Aa	36,11	Ab	33,17	Ba	31,00	Ba	34,38 a
K9606	33,56	Ab	31,89	Ac	30,33	Bb	28,00	Bb	30,94 c
MG30A37	35,22	Ab	34,33	Ab	30,58	Bb	28,42	Ba	32,14 b
MG593	37,56	Aa	33,33	Bc	33,00	Ba	31,33	Ba	33,81 a
P3380	37,11	Ba	41,44	Aa	29,25	Cb	25,00	Bb	33,20 b
SUPREMO	35,67	Ab	30,22	Bc	30,50	Bb	25,75	Cb	30,53 c
Média	35,83	A	33,24	B	31,33	C	28,77	D	32,29

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

O agrupamento de médias dos quatro ensaios gerou quatro grupos de híbridos, sendo os menores valores médios para FS 564, AS 1633 e FS 512 com 28,57, 28,72 e 29,41 grãos por fileira, respectivamente. Seis híbridos apresentaram médias no grupo com os maiores números de grãos por fileira, variando entre 33,81 e 35,17, sendo eles AG 9050, AG 9000, FS 575, B2620, DKB 265 e MG 593.

Avaliando o desdobramento da interação para híbridos dentro de experimentos observou-se que no ensaio de primeira época de semeadura de 2020 houve formação de somente dois grupos de médias, enquanto nos demais experimentos foram formados três grupos de médias. Em condições ambientais favoráveis o efeito da genética para essa característica é menos evidenciado. Ainda dentro do experimento de segunda época de 2020 o híbrido P3380 foi o que apresentou o maior número de grãos por fileiras (41,44).

Desdobrando o efeito de experimentos dentro de híbridos observou-se que somente o material FS 512 seguiu o mesmo padrão da média. Sete dos 20 híbridos apresentaram resposta somente para a safra de cultivo, com maior número de fileiras nos dois experimentos de 2020 em relação aos de 2021. Estes híbridos foram AG9050, AG 9000, FS 575, FS 505, MG 30A37, K 9606 e FS 564. Ainda, os híbridos AG 8480 e AS 1844 não apresentaram resposta significativa para o número de grãos por fileira entre os quatro experimentos. Este comportamento demonstra menor dependência destes dois híbridos em relação ao ambiente para expressar sua característica genética.

O número de grãos por espiga, obtido matematicamente pela multiplicação do número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira apresentou interação entre experimentos e híbridos significativa. Avaliando as médias dos experimentos, é possível observar correlação do número de grãos por espiga (Tabela 11) com o rendimento de grãos (Tabela 13). O experimento semeado na primeira época de 2020, apresentou o maior número de grãos por espiga, com 570,15, sendo seguido pelo ensaio de segunda época da mesma safra com 531,69 grãos por espiga. O menor número de grãos de milho por espiga foi observado no experimento de segunda época de 2021, com 463,23 grãos, experimento esse onde a produtividade também foi menor. O menor volume de chuvas nos períodos de abril e maio daquela safra, bem como as baixas temperaturas registradas ao final do mês de junho (Figuras 3 e 4) foram os principais responsáveis pela menor produção de grãos. Na segunda época, por ser semeada mais tardiamente, os grãos ainda não estava maduros fisiologicamente no momento de ocorrência da geada e também foi mais afetada pelo estresse hídrico em função do momento em que ele ocorreu (período de floração).

Avaliando o rendimento de grãos (Tabela 13), é possível verificar padrão de agrupamento semelhante, onde, o experimento de primeira época de 2020 obteve o maior rendimento entre os quatro ensaios avaliados, com 8.750 kg ha⁻¹, seguido pelos ensaios de segunda época de 2020 com 7.721 kg ha⁻¹ e primeira época de 2021 com 4.113 kg ha⁻¹. O ensaio de segunda época de 2021 obteve o menor rendimento com 2.986 kg ha⁻¹. A correlação linear de Pearson para o número de grãos por espiga com a produtividade foi de 0,59, sendo que dos dois componentes do rendimento que definem o número de grãos por espiga, o número de grãos por

fileira foi o que apresentou a maior correlação linear, com 0,62. Os dados indicam alta correlação entre a variável número de grãos por espiga e rendimento de grãos.

Entre os híbridos, B 2702 apresentou o menor número de grãos por espiga na média dos 4 experimentos, juntamente com AS 1633 e P 3380. B 2702 foi agrupado em todos os ensaios individuais nas menores médias de grãos por espiga. Estes resultados para B 2702 e P 3380 foram determinados pelo menor número de fileiras de grãos por espiga (Tabela 9), sendo que foram os materiais com os menores valores para esse componente. AS 1633, apesar de ter obtido maior número de fileiras de grãos apresentou menor número de grãos por fileira, sendo este o determinante para o menor número total de grãos por espiga.

Avaliando o desdobramento da interação para experimentos dentro de cada nível de híbridos foi possível observar que 4 materiais não responderam ao ambiente para o número de grãos por espiga. MG 593, B 2620, DKB 360 e AS 1844 não apresentaram diferenças significativas em suas médias entre os quatro experimentos, demonstrando que estes híbridos apresentam menor dependência do ambiente para expressar sua carga genética. No outro extremo desta comparação ficou o híbrido FS 512, o qual apresentou médias significativamente diferentes em cada um dos quatro ensaios, com maior valor obtido na primeira época do ensaio de 2020 com 606,56 grãos e menor valor no ensaio de segunda época de 2021 com 400,67 grãos. Em termos absolutos é uma variação de 206 grãos por espiga, mais de 50%. Este material seguiu o mesmo comportamento de distribuição da média dos demais híbridos.

A média dos quatro experimentos em relação aos 20 híbridos avaliados formou quatro grupos para o número de grãos por espiga. No grupo com os maiores valores está o híbrido MG 593 com 547,72 grãos por espiga. Este híbrido também apresentou o maior rendimento médio de todos os experimentos com 7.298 kg ha⁻¹ juntamente com o híbrido DKB 255, com rendimento de grãos médio de 7.517 kg ha⁻¹. Apesar do híbrido DKB 255 também estar no grupamento de médias com os maiores valores para número de grãos por espiga, com 531,63 grãos, ele obteve a maior massa de mil grãos (Tabela 12) com 306,95 g, formando um grupo de médias juntamente com o híbrido AS 1633 que obteve massa de mil grãos de 302,07 g. Desta forma é possível observar que os componentes do rendimento avaliados nos experimentos, apresentaram boa correlação com o rendimento de grãos final.

Tabela 11 – Número de grãos por espiga de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Número de grãos por espiga				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	592,58 Aa	533,33 Bb	616,56 Aa	527,11 Ba	567,40 a
AG9000	628,77 Aa	609,75 Aa	502,83 Ba	551,06 Ba	573,10 a
AG9050	600,63 Aa	577,78 Aa	537,50 Ba	488,02 Ba	550,98 a
AS1633	490,46 Ab	488,33 Ab	407,89 Bc	322,33 Cc	427,25 c
AS1844	521,83 Ab	476,21 Ab	515,50 Aa	501,00 Aa	503,63 b
B2401	564,46 Aa	504,61 Ab	461,78 Bb	431,94 Bb	490,70 b
B2620	554,72 Aa	533,05 Ab	550,94 Aa	539,33 Aa	544,51 a
B2702	438,83 Ac	488,14 Ab	388,17 Bc	376,33 Bc	422,87 c
DKB255	581,09 Aa	499,28 Bb	568,25 Aa	477,89 Ba	531,63 a
DKB265	611,50 Aa	495,62 Bb	536,81 Ba	494,94 Ba	534,72 a
DKB360	536,00 Ab	512,07 Ab	494,33 Aa	502,94 Aa	511,34 b
FS505	636,29 Aa	604,09 Aa	541,56 Ba	438,67 Cb	555,15 a
FS512	606,56 Aa	529,52 Bb	487,67 Cb	400,67 Db	506,10 b
FS564	630,44 Aa	577,15 Aa	443,11 Bb	503,28 Ba	538,50 a
FS575	611,97 Aa	601,85 Aa	536,61 Ba	521,50 Ba	567,98 a
K9606	558,20 Aa	530,93 Ab	475,06 Bb	453,72 Ba	504,48 b
MG30A37	556,43 Aa	526,44 Ab	448,06 Bb	454,17 Ba	496,27 b
MG593	584,33 Aa	534,17 Ab	555,44 Aa	516,94 Aa	547,72 a
P3380	511,33 Ab	534,10 Ab	389,28 Bc	352,78 Bc	446,87 c
SUPREMO	586,69 Aa	477,32 Bb	459,89 Bb	409,92 Bb	483,45 b
Média	570,15 A	531,69 B	495,86 C	463,23 D	515,23

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Comparando-se os dois ensaios de 2020 e os dois da safra 2021 é possível verificar que apesar das duas semeaduras terem ocorrido no período preconizado pelo zoneamento de risco climático para a cultura, a diferença de 22 dias para 2020 e 18 dias para 2021 reduziu o rendimento de grãos em 1.029 kg ha^{-1} equivalente a 12% e 535 kg ha^{-1} 13%, respectivamente. Analisando-se a massa de mil grãos não se observa diferença entre as duas datas de semeadura para o ano de 2020 (Tabela 12). No entanto o número de grãos por fileira foi reduzido com a semeadura mais tardia (Tabela 11).

Para a massa de mil grãos (Tabela 12) o híbrido FS 505, apresentou o menor valor médio dos quatro experimentos com 227,52 g. Avaliando o desdobramento da interação de híbridos dentro de experimentos, esse material também apresentou os menores valores de massa de mil grãos nos dois ensaios de 2020.

Nos ensaios de 2021 os híbridos com menor valor de massa de mil grãos foram P 3380 e DKB 265 para a primeira época e MG 30A37, B 2620, K 9606, FS 512, DKB 265 e SUPREMO para a segunda época de semeadura. As maiores massas de mil grãos médias foram observadas nos híbridos DKB 255 e AS 1633, com 306,95 e 302,07 g respectivamente. Dentro do desdobramento da interação de híbridos dentro de experimentos, DKB 255 foi o que apresentou as maiores massas de grãos nos dois ensaios de 2020 e na primeira época de 2021, enquanto AS 1633 foi o híbrido com maior massa de mil grãos na segunda época de 2021.

Tabela 12 – Massa de mil grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Massa de mil grãos (g)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	317,26 Ab	315,49 Ac	220,19 Cc	258,88 Bb	277,96 c
AG9000	303,15 Ac	300,50 Ad	242,55 Bb	221,44 Bd	266,91 d
AG9050	295,72 Ac	289,34 Ae	199,88 Bd	219,48 Bd	251,10 e
AS1633	336,39 Ab	347,74 Ab	239,75 Cb	284,39 Ba	302,07 a
AS1844	327,48 Ab	333,64 Ac	231,08 Bc	215,44 Bd	276,91 c
B2401	306,96 Ac	316,62 Ac	234,37 Bc	243,29 Bc	275,31 c
B2620	298,54 Ac	274,44 Be	203,67 Cd	199,98 Ce	244,16 f
B2702	326,98 Ab	345,20 Ab	215,90 Cc	260,46 Bb	287,14 b
DKB255	365,74 Aa	370,29 Aa	267,19 Ba	224,60 Cd	306,95 a
DKB265	310,28 Ac	301,59 Ad	167,77 Be	182,36 Be	240,50 f
DKB360	337,35 Ab	342,23 Ab	233,50 Bc	248,74 Bc	290,46 b
FS505	240,44 Ad	246,45 Af	198,07 Bd	223,68 Ad	227,16 g
FS512	289,03 Ac	277,62 Ae	195,40 Bd	203,31 Be	241,34 f
FS564	305,63 Ac	307,63 Ad	222,11 Bc	237,20 Bc	268,14 d
FS575	285,89 Ac	282,65 Ae	194,78 Cd	236,98 Bc	250,08 e
K9606	297,03 Ac	287,46 Ae	186,31 Bd	196,54 Be	241,83 f
MG30A37	285,51 Ac	298,35 Ad	209,80 Bd	199,99 Be	248,41 e
MG593	321,86 Ab	321,89 Ac	243,49 Bb	240,65 Bc	281,97 c
P3380	288,22 Bc	326,85 Ac	173,05 De	239,22 Cc	256,83 e
SUPREMO	309,10 Ac	327,01 Ac	198,84 Bd	185,74 Be	255,17 e
Média	307,43 A	310,65 A	213,89 C	226,12 B	264,52

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Desdobrando as médias de experimentos dentro de cada nível de híbridos é possível verificar que todos os híbridos apresentaram resposta significativa, ou seja, apresentaram ao menos um valor diferente para massa de mil grãos dentro dos quatro experimentos. Estes dados demonstram que a massa de mil grãos é um dos

componentes do rendimento mais dependente das condições ambientais para expressão.

O híbrido que apresentou a maior variação para esse parâmetro foi P 3380 que variou entre 326,85 e 173,05 g, uma variação de 89%. Este material obteve medias significativamente diferentes em cada um dos 4 experimentos. Ainda observando este desdobramento, no ano de 2020 apenas dois híbridos apresentaram variação significativa entre as duas épocas (P 3380 e B 2620), enquanto para o ano de 2021 foram 7 materiais que apresentaram variação na massa de mil grãos entre os dois experimentos (DKB 255, AS 1633, B 2702, AG 8480, P 3380, FS 575 e FS 505). Esta maior amplitude de significância nos ambientes de produção mais restritivos reforça a dependência das condições ambientais para expressão deste componente de rendimento da cultura do milho.

Avaliando as correlações lineares de Person (Quadro 1) entre o rendimento de grãos e os componentes do rendimento, o fator que mais interferiu positivamente na produtividade do milho foi a massa de mil grãos, com correlação de 0,82. Mohammadi et al. (2003), avaliando híbridos de milho, constataram que a massa do grão e o número de grãos por espiga foram os componentes mais importantes na predição do rendimento de grãos. A massa dos grãos de milho é definida a partir da fecundação até a maturação fisiológica (BALBINOT JR et al., 2005). Estresses ocorridos nesse período tendem a reduzir a massa de grãos e consequentemente a produtividade. Com a menor disponibilidade hídrica o aparato fotossintético da planta reduz a produção de fotoassimilados o que por consequência diminui a disponibilidade dos mesmos para serem redistribuídos aos grãos.

Os rendimentos de grãos médios dos ensaios de 2020 foram satisfatórios para os padrões regionais de milho segunda safra. Os dois ensaios de 2021 obtiveram rendimento de grãos inferiores, porém, com padrão semelhante, onde a primeira época de cultivo apresentou maior rendimento de grãos que a segunda. O experimento de primeira época de 2020 apresentou o maior rendimento entre os quatro ensaios avaliados, com 8.750 kg ha⁻¹, seguido pelo ensaio de segunda época do mesmo ano com 7.721 kg ha⁻¹ (Tabela 13).

Em semeaduras mais tardias, a redução do fotoperíodo e da temperatura fazem com que a planta de milho encontre condições menos favoráveis para o seu desenvolvimento, principalmente nos estádios reprodutivos. Nos resultados de 2020 dados demonstram que o atraso da semeadura ocasionou redução no número de

grãos por espiga, porém sem afetar a massa de mil grãos. Na safra de 2021 observa-se redução tanto da massa de mil grãos quanto do número de grãos por espiga. A safra de milho de 2021 foi marcada pela acentuada falta de chuvas, principalmente nos meses de abril e maio. A falta de água no período de enchimento de grãos afetou principalmente a semeadura mais tardia.

Os híbridos DKB 255 e MG 593 foram os que apresentaram maior rendimento de grãos na média dos quatro ensaios, com 7.517 e 7.298 kg ha⁻¹, respectivamente. Desdobrando o efeito de híbridos dentro de cada experimento para o rendimento de grãos, DKB 255 e MG 593 foram os únicos materiais que compuseram o grupo de maiores médias nos quatro ensaios. DKB 360 e FS 564 estiveram com as maiores médias de produtividade nos dois ensaios do ano de 2020, enquanto AG 9000 na época um de 2020 e na época dois de 2021, P 3380 na época dois de 2020 e AG 8480 na época dois de 2021. O híbrido P 3380 foi o que apresentou a menor média de rendimento de grãos considerando os quatro experimentos, e foi o híbrido que apresentou a maior amplitude de variação, com as menores médias nos dois ensaios de 2021.

Avaliando o efeito de experimentos dentro de cada híbrido, AG 8480, AG 9050, AS 1844, B 2401, DKB 255, DK B265, FS 564, MG 30A37 e MG 593 apresentaram comportamento semelhante à média, com rendimento diferente em cada um dos quatro experimentos, sendo os maiores na época um de 2020, seguindo para a época dois de 2020, época um 2021 e época dois de 2021.

Entre os 20 híbridos avaliados, apenas FS575 e P3380 não apresentaram menor rendimento de grãos na época dois de 2021, sendo que para estes, o rendimento foi mais baixo na época um de 2021. Os híbridos B 2702 e SUPREMO não diferiram suas médias entre as duas épocas nos dois anos, sendo os maiores valores de rendimento de grãos em 2020 e os menores em 2021. Outros híbridos apresentaram esse padrão de resposta à época, porém em somente um dos anos, sendo AS 1633, B 2620, FS 505 e P 3380 para o ano de 2020 e K 9606, FS 512, DKB 360 e AG 9000 para o ano de 2021. A baixa resposta para a época de semeadura representa maior estabilidade de produção destes híbridos, porém, em alguns casos com baixos índices de rendimentos.

Quanto as correlações lineares de Person (Quadro 1) entre o rendimento de grãos e os componentes do rendimento, além da massa de mil grãos, a correlação foi positiva para altura da espiga e altura da planta, com valores de 0,65 e 0,74,

respectivamente. O número de grãos por fileira e número de grãos por espiga também foram componentes do rendimento que apresentaram correlação positiva, com valores de 0,62 e 0,59, respectivamente.

O número de fileiras por espiga não apresentou resposta significativa para a correlação linear, demonstrando que este parâmetro é mais estável por depender mais da genética e menos do ambiente.

Nielsen (2023), afirma que o número de fileiras de grãos por espiga é fortemente determinado pela genética das plantas e pouco impactado pelo ambiente. Isto significa que o número de fileiras para qualquer híbrido será bastante semelhante de ano para ano, independentemente das condições de cultivo. Para que ocorra a diminuição do número de fileiras, o estresse deve reduzir severamente e repentinamente a fotossíntese imediatamente após o início da formação da espiga (V5 a V7 dependendo do híbrido). Exemplos de tal estresse incluem chuvas torrenciais e condições repentinas de inundação do solo, desfolha súbita por granizo, desfolha súbita por geada e mudanças repentinas de temperatura (extremamente quente para frio, frio para quente). A forte regulação genética mais o período estreito de suscetibilidade (V5 a V7) limitam a probabilidade de alteração do número de fileiras de grãos por espiga dentro de um mesmo híbrido.

Para a correlação linear de Pearson das variáveis analisadas com o rendimento, o teor de proteínas nos grãos de milho foi o fator que apresentou o menor valor (-0,85), ou seja, quanto maior o teor de proteínas menor foi o rendimento. O teor de proteína também apresentou correlação significativa e negativa com a massa de mil grãos (-0,75).

No processo de formação dos grãos de milho a primeira estrutura a ser concluída é o embrião, que, logo após a fecundação começa a ser formado. Por outro lado, o endosperma dos grãos de milho é a última estrutura a ser formada, que se trata das estruturas de reserva da semente, que vão sendo acumuladas durante todo enchimento de grãos. Tosello (1987), descrevendo a composição dos grãos de milho, relata que o endosperma é composto basicamente por amido, com cerca de 86,4%, enquanto o embrião das sementes é composto principalmente por lipídios e proteínas, sendo o teor proteico do embrião próximo de 20%. Quando ocorrem estresses climáticos que ocasionam a redução na massa de mil grãos, a principal estrutura da semente diminuída é o endosperma, havendo assim efeito de

concentração de proteínas, uma vez que a proporção entre endosperma/embrião é aumentada.

Tabela 13 – Rendimento de grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	9.019 Ab	7.826 Bb	5.472 Cb	4.484 Da	6.700 c
AG9000	9.618 Aa	7.934 Bb	5.359 Cb	4.924 Ca	6.959 b
AG9050	8.731 Ac	7.705 Bb	4.477 Cc	3.547 Db	6.115 d
AS1633	7.769 Ad	7.495 Ab	3.244 Be	3.055 Cc	5.391 f
AS1844	8.426 Ac	7.606 Bb	5.402 Cb	4.087 Db	6.380 c
B2401	8.367 Ac	7.689 Bb	3.207 Ce	3.968 Db	5.808 e
B2620	8.165 Ad	6.569 Ac	3.690 Bd	3.654 Cb	5.519 f
B2702	8.220 Ad	7.705 Ab	2.698 Bf	3.311 Bc	5.483 f
DKB255	10.061 Aa	8.870 Ba	6.555 Ca	4.582 Da	7.517 a
DKB265	8.617 Ac	7.549 Bb	5.262 Cb	3.057 Dc	6.121 d
DKB360	9.857 Aa	8.750 Ba	4.038 Cd	4.273 Cb	6.730 c
FS505	7.872 Ad	7.261 Ac	4.000 Bd	3.147 Cc	5.570 f
FS512	8.001 Ad	6.985 Bc	2.882 Cf	2.451 Cd	5.080 g
FS564	10.048 Aa	8.337 Ba	4.879 Cc	3.747 Db	6.753 c
FS575	9.215 Ab	7.510 Bb	4.288 Dc	4.960 Ca	6.493 c
K9606	8.880 Ac	7.107 Bc	2.202 Cg	2.542 Cd	5.183 g
MG30A37	8.651 Ac	7.546 Bb	3.887 Cd	3.103 Dc	5.797 e
MG593	9.598 Aa	8.469 Ba	6.094 Ca	5.032 Da	7.298 a
P3380	8.015 Ad	8.096 Aa	1.879 Cg	1.151 Be	4.785 h
SUPREMO	7.876 Ad	7.418 Ab	2.746 Bf	2.492 Bd	5.133 g
Média	8.750 A	7.721 B	4.113 C	3.578 D	6.041

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott P<0,05)

O melhoramento genético do milho, focado no rendimento de grãos, pode estar indiretamente selecionando híbridos que produzam menor teor de proteína, já que o nitrogênio, importante componente dos aminoácidos, apresenta alto custo metabólico para as plantas. Duvick e Cassman, (1999) avaliando o aumento no potencial de rendimento dos híbridos de milho lançados no centro-norte dos Estados Unidos desde o advento da revolução verde, verificaram que algumas das modificações nas plantas contribuíram para aumentar o potencial de rendimento de grãos. Entre essas, destacam-se os decréscimos no teor de proteína dos grãos, com concomitante aumento no teor de amido, e as reduções no tamanho de pendão, no número de plantas estéreis sob altas densidades e na taxa de senescência da folha durante o enchimento de grãos.

Uma característica muito desejada em materiais modernos é o *Stay-Green*, com a senescência tardia das folhas. No entanto, essa característica faz com que ocorra menor remobilização de N, porque uma maior proporção de N da planta é retida nas folhas e nos órgãos do caule após a maturidade fisiológica do milho, não ocorrendo sua redistribuição para os grãos (RAJCAN; TOLLENAAR, 1999; POMMEL et al., 2006).

Tabela 14 – Percentual de grãos avariados de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Grãos avariados (%)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	0,19 Aa	0,29 Aa	0,63 Ac	0,74 A	0,46 c
AG9000	0,14 Ba	0,84 Ba	3,83 Aa	0,96 Bc	1,44 b
AG9050	0,09 Ba	0,30 Ba	0,99 Bc	2,17 Ab	0,89 c
AS1633	0,20 Ba	0,54 Ba	1,50 Ac	0,26 Bc	0,62 c
AS1844	0,30 Aa	0,35 Aa	0,73 Ac	1,42 Ab	0,70 c
B2401	0,06 Aa	0,99 Aa	0,92 Ac	0,86 Ac	0,71 c
B2620	0,61 Ba	0,32 Ba	0,74 Bc	1,93 Ab	0,90 c
B2702	0,00 Aa	0,26 Aa	0,48 Ac	0,47 Ac	0,30 c
DKB255	0,25 Aa	0,42 Aa	1,19 Ac	0,60 Ac	0,62 c
DKB265	0,28 Ca	0,24 Ca	1,47 Bc	6,09 Aa	2,02 a
DKB360	0,13 Ba	0,33 Ba	2,33 Ab	1,76 Ab	1,14 b
FS505	0,03 Aa	0,53 Aa	0,71 Ac	0,48 Ac	0,44 c
FS512	0,21 Aa	0,75 Aa	1,02 Ac	0,74 Ac	0,68 c
FS564	0,21 Aa	1,16 Aa	1,34 Ac	0,65 Ac	0,84 c
FS575	0,05 Aa	0,35 Aa	0,33 Ac	0,33 Ac	0,26 c
K9606	0,00 Ba	0,52 Ba	1,13 Ac	1,23 Ab	0,72 c
MG30A37	0,13 Aa	0,21 Aa	0,76 Ac	0,57 Ac	0,42 c
MG593	0,26 Aa	0,39 Aa	0,35 Ac	0,47 Ac	0,37 c
P3380	0,07 Ba	0,28 Ba	1,82 Ac	1,26 Ab	0,86 c
SUPREMO	0,13 Ba	0,20 Ba	0,72 Bc	1,51 Ab	0,64 c
Média	0,17 C	0,46 B	1,15 A	1,22 A	0,75

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Os teores de grãos avariados nos quatro experimentos, apesar de apresentar diferenças significativas, foram baixos (Tabela14). As maiores médias dentro os experimentos foram no ano de 2021 para os experimentos de primeira e segunda época com valores de 1,15% e 1,22% respectivamente. Dentro dos dois experimentos de 2020 não houve diferenças significativas entre os 20 híbridos, sendo que as médias foram de 0,17 e 0,46% de grãos avariados para a primeira e

segunda época respectivamente. Na média dos 4 experimentos o híbrido DKB 265, apresentou o maior teor de grãos avariados com 2,02%, sendo que este mesmo híbrido apresentou o maior teor também no ensaio de segunda época de 2022 com 6,09%. Na primeira época deste mesmo ano o híbrido com maior percentual de grãos avariados foi AG 9000, com 3,83%.

Os baixos valores para grãos avariados podem ser explicados pela baixa precipitação, principalmente nos períodos pré-colheita em todos os experimentos (Figuras 3 e 4). Pelos parâmetros atuais de classificação de milho, todos os híbridos em todos os ensaios, exceto DKB 265 na segunda época de 2021 seriam tipificados como milho tipo 1, o mais alto padrão na classificação dos grãos. Em função das condições ambientais menos favoráveis ao aparecimento de grãos ardidos, chochos, imaturos, fermentados, germinados, gessados ou mofados, mesmo os híbridos de milho que apresentaram baixa incidência de grãos avariados podem ter resposta diferente em ambiente de maior pressão para o surgimento de doenças nas espigas.

3.3.2 Resultados micotoxicológicos

A safra de 2020, apesar da baixa precipitação nos meses de março e abril, apresentou melhores condições climáticas para o desenvolvimento e produção da cultura do milho. Na safra de 2021 houve baixa precipitação nos meses de abril e maio, além da ocorrência de geadas ao final de maio, que prejudicaram o bom desenvolvimento da cultura. Principalmente no período após o florescimento dos experimentos as temperaturas mais baixas que a temperatura ótima para o desenvolvimento dos patógenos e a baixa umidade desfavoreceram a produção de toxinas nos grãos. (Figuras 3 e 4). A ocorrência dos fungos que produzem as toxinas a campo também necessita de períodos com umidade e temperatura adequados para seu desenvolvimento. O desenvolvimento de espécies de *Fusarium* é favorecido por condições de umidade do ar mais elevada, acima de 63-98% e por elevação de temperatura (22-29 °C), além de teores de água nos grãos acima de 20%. (CALEGARI et al., 2021). Apesar das condições ambientais pouco favoráveis a produção de toxinas nos grãos de milho, foram evidenciadas diferenças significativas entre os híbridos e ambientes, o que gera oportunidades para a seleção de materiais menos sensíveis a fungos produtores de toxinas a campo.

Entre todas as toxinas avaliadas, as fumonisinas foram as que ocorreram em maior frequência e concentração. A predominância de fumonisinas no experimento está de acordo com o relatado por Pozzi et al. (2002), que realizando uma revisão sobre essa toxina, concluíram que são micotoxinas produzidas por fungos do gênero *Fusarium* e detectadas em grande frequência em grãos de milho no Brasil e no mundo. Para fumonisina B1 (FB1) a incidência foi de 61,9% com teor médio de 413,1 ppb (Tabela 15), enquanto fumonisina B2 (FB2) apresentou incidência de 45% com um teor médio de 141,2 ppb (Tabela 16). Em 37,5% das amostras analisadas não foi detectada presença de nenhuma das fumonisinas (B1 e B2).

Tabela 15 – Teor de fumonisinas B1 (ppb) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Fumonisina B1 (ppb)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	555,7 Ab	391,3 Aa	286,6 Ac	237,3 Aa	367,7 b
AG9000	444,7 Bb	268,0 Ba	3.045,3 Aa	551,0 Ba	1.077,2 a
AG9050	571,3 Ab	176,0 Aa	941,3 Ac	274,5 Aa	490,8 b
AS1633	877,3 Ab	202,7 Aa	562,3 Ac	0,0 Aa	410,6 b
AS1844	549,5 Ab	198,7 Aa	1.009,3 Ac	240,5 Aa	499,5 b
B2401	0,0 Ab	0,0 Aa	0,0 Ac	67,3 Aa	16,8 b
B2620	0,0 Ab	0,0 Aa	717,5 Ac	0,0 Aa	179,4 b
B2702	0,0 Ab	0,0 Aa	888,8 Ac	314,5 Aa	300,8 b
DKB255	2.126,7 Aa	643,3 Aa	452,5 Ac	235,5 Aa	864,5 a
DKB265	514,2 Ab	43,3 Aa	569,5 Ac	217,0 Aa	336,0 b
DKB360	1.696,7 Aa	394,7 Ba	1.695,0 Ab	1.508,8 Aa	1.323,8 a
FS505	0,0 Ab	0,0 Aa	186,0 Ac	104,5 Aa	72,6 b
FS512	0,0 Ab	0,0 Aa	66,8 Ac	111,3 Aa	44,5 b
FS564	315,0 Ab	141,3 Aa	1.007,8 Ac	103,3 Aa	391,8 b
FS575	585,3 Ab	131,0 Aa	461,8 Ac	37,8 Aa	304,0 b
K9606	0,0 Ab	0,0 Aa	324,8 Ac	318,5 Aa	160,8 b
MG30A37	335,3 Ab	46,3 Aa	233,8 Ac	0,0 Aa	153,9 b
MG593	486,0 Ab	0,0 Aa	144,3 Ac	0,0 Aa	157,6 b
P3380	779,7 Bb	168,7 Ba	2.343,3 Ab	692,8 Ba	996,1 a
SUPREMO	0,0 Ab	0,0 Aa	358,8 Ac	138,8 Aa	124,4 b
Média	491,9 B	140,3 C	764,7 A	257,7 C	413,6

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

O experimento de primeira época de semeadura em Cafelândia no ano de 2021 foi o que apresentou os maiores valores de FB1, com 764,7 ppb (Tabela 15). Nos dois anos, os experimentos semeados em primeira época apresentaram

maiores teores de fumonisinas B1 que os experimentos de segunda época. Entre os híbridos, na média dos quatro ensaios foram formados somente dois grupos de médias. AG 9000, DKB 255, DKB 360 e P3380 foram os híbridos que apresentaram os maiores teores médios de FB1. Desdobrando o efeito de híbridos em cada experimento observa-se que não houve diferenças significativas entre os materiais para os teores de fumonisinas B1 nos dois ensaios de segunda época. Na primeira época de 2020 DKB 255 e DKB 360 apresentaram as maiores concentrações de fumonisinas B1, com 2.126,7 e 1.696,7 ppb. Na primeira época do ensaio de 2021 o híbrido com maior teor de fumonisina B1 foi AG 9000, com 3.045,3 ppb.

Apesar de detectada em menores concentrações, mesma tendência observada para FB1 pode ser visualizada para FB2 em relação a híbridos e experimentos. O ensaio de primeira época do ano de 2021 foi o que apresentou as maiores concentrações de FB2, com 268,1 ppb. Ainda entre os experimentos a mesma tendência onde as semeaduras antecipadas apresentaram maiores concentrações de FB2 (Tabela 16). Entre os híbridos, o mesmo grupo de médias formado por AG 9000, DKB255, DKB 360 e P3380 para FB1 foram os que apresentaram os maiores teores na média dos quatro ensaios para FB2. Assim como para FB1, não houve diferenças significativas entre os híbridos para os dois ensaios de segunda época. Na primeira época de 2020 DKB 255 e DKB 360 foram os híbridos com maior concentração de FB2, com 744,3 e 580 ppb respectivamente. Na primeira época de 2021 o híbrido com a maior concentração de FB2 foi AG 9000, com 1.107,3 ppb.

A correlação linear de Person entre fumonisinas B1 e B2 foi de 0,96, indicando alta correlação entre a ocorrência dos dois tipos de toxinas nos grãos (Quadro 1). Para as micotoxinas essa foi a única correlação superior a 0,5, sendo que mesmo para o teor de grãos avariados a correlação foi baixa, com o melhor ajuste para fumonisinas totais em 0,33. Devido à similaridade de resultados para FB1 e FB2, os teores totais de fumonisinas (Tabela 17) apresentaram similaridade estatística às análises de cada toxina individual.

As concentrações das diferentes fumonisinas estão de acordo com os valores encontrados por Rottinghaus et al. (1992), que avaliando milho dos EUA, encontraram concentrações de FB1 entre 100 a 5.000 ppb em 15% das amostras analisadas. Os teores e incidência de FB2 verificados nos quatro experimentos foram menores que FB1.

Tabela 16 – Teor de fumonisinas B2 (ppb) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Fumonisina B2 (ppb)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	204,7 Ab	163,7 Aa	106,8 Ad	66,3 Aa	135,3 b
AG9000	83,3 Bb	112,0 Ba	1.107,3 Aa	179,0 Ba	370,4 a
AG9050	198,2 Ab	108,3 Aa	430,0 Ac	35,8 Aa	193,1 b
AS1633	301,3 Ab	131,3 Aa	206,0 Ad	0,0 Aa	159,7 b
AS1844	87,0 Ab	79,0 Aa	375,5 Ac	46,3 Aa	146,9 b
B2401	0,0 Ab	0,0 Aa	0,0 Ad	0,0 Aa	0,0 b
B2620	0,0 Ab	0,0 Aa	317,0 Ac	0,0 Aa	79,3 b
B2702	0,0 Ab	0,0 Aa	335,5 Ac	110,8 Aa	111,6 b
DKB255	744,3 Aa	161,7 Ba	143,8 Bd	31,8 Ba	270,4 a
DKB265	145,0 Ab	0,0 Aa	175,3 Ad	51,7 Aa	93,0 b
DKB360	580,0 Aa	130,0 Ba	621,5 Ab	493,8 Aa	456,3 a
FS505	0,0 Ab	0,0 Aa	46,5 Ad	0,0 Aa	11,6 b
FS512	0,0 Ab	0,0 Aa	0,0 Ad	51,0 Aa	12,8 b
FS564	85,7 Ab	56,3 Aa	352,0 Ac	33,3 Aa	131,8 b
FS575	218,0 Ab	85,3 Aa	159,0 Ad	0,0 Aa	115,6 b
K9606	0,0 Ab	0,0 Aa	0,0 Ad	136,3 Aa	34,1 b
MG30A37	121,3 Ab	0,0 Aa	34,5 Ad	0,0 Aa	39,0 b
MG593	182,7 Ab	0,0 Aa	0,0 Ad	0,0 Aa	45,7 b
P3380	317,7 Bb	41,7 Ba	873,8 Aa	279,3 Ba	378,1 a
SUPREMO	0,0 Ab	41,7 Aa	76,8 Ad	41,3 Aa	39,9 b
Média	163,5 B	55,6 C	268,1 A	77,8 C	141,2

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Os dados condizem com os encontrados por Hirooka et al. (1996), que realizaram a análise de 48 amostras de milho no Estado do Paraná e nove do Mato Grosso do Sul e Goiás, colhidas entre 1990 e 1991. Em seu estudo os pesquisadores detectaram fumonisinas em todas as amostras colhidas no Paraná, com níveis que variaram de 3.250 a 4.790 ppb de FB1 e 2.340 a 3.450 ppb para FB2. Com exceção de uma amostra proveniente do Estado de Goiás, as demais provenientes da região Central do Brasil também estavam contaminadas com FB1 e FB2 com valores médios de 5.450 e 5.000 ppb, respectivamente. As amostras do Paraná apresentaram incidência de 97,4% para FB1 e 4,8% para FB2. Embora a predominância de FB1 em relação a FB2 esteja de acordo, as concentrações de micotoxinas detectadas no milho foram maiores e variaram de 60 a 12.600 ppb para FB1 e 0 a 10.400 ppb para FB2.

Avaliando 169 amostras no Rio Grande do Sul entre os anos de 1996 e 1997, Mallmann et al. (1997) encontraram contaminação por fumonisinas em 47,1% das amostras de milho, com concentração média de 8.400 ppb. Estudos realizados por Orsi et al. (2000) mostraram a ocorrência de fumonisinas em 195 amostras de híbridos de milho no Estado de São Paulo, sendo 90,2% delas positivas para FB1 e 97,4% para FB2. Os teores médios de contaminação foram de 9.720 ppb de FB1 e 7.670 ppb de FB2.

Tabela 17 – Teor de fumonisinas total (ppb) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em 6 experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Fumonisina total (ppb)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	760,3 Ab	555,0 Aa	393,4 Ad	303,5 Aa	503,1 b
AG9000	528,0 Bb	380,0 Ba	4.152,5 Aa	730,0 Ba	1.447,6 a
AG9050	769,5 Ab	284,3 Aa	1.371,3 Ac	310,3 Aa	683,8 b
AS1633	1.178,7 Ab	334,0 Aa	768,3 Ad	0,0 Aa	570,2 b
AS1844	636,5 Ab	277,7 Aa	1.384,8 Ac	286,8 Aa	646,4 b
B2401	0,0 Ab	0,0 Aa	0,0 Ad	67,3 Aa	16,8 b
B2620	0,0 Ab	0,0 Aa	1.034,5 Ac	0,0 Aa	258,6 b
B2702	0,0 Ab	0,0 Aa	1.224,3 Ac	425,3 Aa	412,4 b
DKB255	2.871,0 Aa	366,7 Ba	596,3 Bd	267,3 Ba	1.025,3 a
DKB265	659,2 Ab	43,3 Aa	744,8 Ad	268,7 Aa	429,0 b
DKB360	2.276,7 Aa	524,7 Ba	2.316,5 Ab	2.002,5 Aa	1.780,1 a
FS505	0,0 Ab	0,0 Aa	232,5 Ad	104,5 Aa	84,3 b
FS512	0,0 Ab	0,0 Aa	66,8 Ad	162,3 Aa	57,3 b
FS564	400,7 Bb	197,7 Ba	1.359,8 Ac	136,5 Ba	523,6 b
FS575	803,3 Ab	216,3 Aa	620,8 Ad	37,8 Aa	419,5 b
K9606	0,0 Ab	0,0 Aa	324,8 Ad	454,8 Aa	194,9 b
MG30A37	456,7 Ab	46,3 Aa	268,3 Ad	0,0 Aa	192,8 b
MG593	668,7 Ab	0,0 Aa	144,3 Ad	0,0 Aa	203,2 b
P3380	1.097,3 Bb	210,3 Ba	3.217,0 Ab	972,0 Ba	1.374,2 a
SUPREMO	0,0 Ab	41,7 Aa	435,5 Ad	180,0 Aa	164,3 b
Média	655,3 B	173,9 C	1.032,8 A	335,5 C	549,4

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

As menores concentrações de fumonisinas nos grãos de milho em relação ao encontrado em outros trabalhos estão relacionadas principalmente as condições climáticas das duas safras. Conforme observado nas Figuras 3 e 4, a redução nos volumes de precipitação nos meses de abril e maio desfavoreceu a ocorrência a campo das espécies de *Fusarium* produtoras destas toxinas. Estes meses

coincideram com a floração e início do estágio reprodutivo da cultura. Este dado é reforçado pela variação dos teores de fumonisinas totais entre os experimentos (Tabela 17). Os ensaios de primeira época de semeadura dos dois anos apresentaram maiores concentrações do que os ensaios de segunda época. O experimento de primeira época de 2021 foi onde ocorreram as maiores concentrações de fumonisinas.

A principal espécie responsável pela produção de fumonisinas é *Fusarium verticillioides* (GELDERBLOM et al., 1988; BEZUIDENHOUT et al., 1988). A produção de fumonisinas por esse fungo é maior em condições de ambiente ameno (15 a 20 °C), alto teor de umidade nos grãos de milho (acima de 20%) e atividade de água acima de 0,9 (MALLMANN; DILKIN, 2007).

Entre os híbridos, AG 9000, DKB 255, DKB 360 e P3380 formaram o grupo das maiores médias de concentração de fumonisinas totais dos quatro experimentos. Estes mesmos híbridos, junto com FS564, foram os únicos que apresentaram variações significativas entre experimentos. Para os híbridos AG 9000, FS564 e P3380 as maiores concentrações de fumonisinas foram encontradas na primeira época de 2021. Para DKB 255 os maiores teores de fumonisinas ocorreram na primeira época de 2020 e para o híbrido DKB 360 nos dois ensaios de primeira época.

Devido as menores concentrações de fumonisinas nos experimentos de segunda época de semeadura não houve variações significativas entre os híbridos avaliados. Na época 1 de 2020, os híbridos DKB 255 e DKB360 apresentaram as maiores concentrações de fumonisinas. Na primeira época de 2021, pela maior concentração, houve maior número de agrupamento de híbridos, sendo que AG9000 apresentou as maiores concentrações de fumonisinas com 4.152 ppb, sendo este o maior teor médio entre todos os tratamentos. Para esta mesma safra, P3380 e DKB360 formaram o segundo grupo de maiores médias, com 3.217 e 2.316 ppb de fumonisinas respectivamente.

A interação entre híbridos e épocas demonstra que há variabilidade genética, havendo híbridos menos sensíveis a ocorrência de toxinas nos grãos. No entanto, dentro do grupo de híbridos com maiores médias, a variação da concentração de fumonisinas entre ensaios sugere que a ocorrência em maior ou menor grau está atrelada as condições ambientais encontradas pelas plantas em estádios fenológicos específicos.

Apesar de terem sido determinados separadamente os tipos de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, devido as baixas concentrações e positivities das amostras, os resultados estão apresentados considerando os teores totais de aflatoxinas (Tabela 18). A positividade, ou seja, número de amostras com valores diferentes de zero, foi de 15,63%, considerando os teores de aflatoxinas totais. Não foram encontradas as aflatoxinas G1 e G2 nas amostras avaliadas. As aflatoxinas do tipo B2 apresentaram baixa positividade (<1%), sendo que a aflatoxina predominante foi a B1.

Entre os experimentos, o ensaio de primeira época do ano de 2020 foi o que apresentou o maior valor médio de aflatoxinas totais, com 0,38 ppb. A primeira época de 2021 apresentou 0,18 ppb, ficando em um grupo intermediário em relação aos ensaios de segunda época dos dois anos que apresentaram menores valores de aflatoxinas totais, 0,07 e 0,04ppb para 2020 e 2021, respectivamente.

Tabela 18 – Teor de aflatoxina total (ppb) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Aflatoxina total (ppb)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	0,00 Ac	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 a
AG9000	0,33 Ac	0,40 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,18 a
AG9050	0,00 Bc	0,53 Aa	0,00 Ba	0,63 Aa	0,29 a
AS1633	0,37 Ac	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,09 a
AS1844	0,00 Bc	0,00 Ba	0,70 Aa	0,00 Ba	0,18 a
B2401	0,00 Ac	0,00 Aa	0,00 Aa	0,25 Aa	0,06 a
B2620	0,60 Ab	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,21 a
B2702	0,47 Ab	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,18 a
DKB255	0,93 Aa	0,00 Ba	0,55 Aa	0,00 Ba	0,37 a
DKB265	1,30 Aa	0,00 Ba	0,25 Ba	0,00 Ba	0,39 a
DKB360	0,33 Ac	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,15 a
FS505	0,33 Ac	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,08 a
FS512	0,60 Ab	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,21 a
FS564	0,00 Ac	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,06 a
FS575	0,57 Ab	0,50 Aa	0,00 Ba	0,00 Ba	0,27 a
K9606	0,77 Ab	0,00 Ba	0,25 Ba	0,00 Ba	0,25 a
MG30A37	0,00 Ac	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,06 a
MG593	0,00 Ac	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 a
P3380	0,67 Ab	0,00 Ba	0,25 Ba	0,00 Ba	0,23 a
SUPREMO	0,33 Ac	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,08 a
Média	0,38 A	0,07 C	0,18 B	0,04 C	0,17

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Não houve variação significativa para híbridos na média dos 4 experimentos (Tabela 18). O desdobramento dos ensaios individuais demonstrou que não houve diferenças significativas entre híbridos em três dos quatro experimentos. Somente na primeira época de semeadura do ano de 2020, DKB 255 e DKB 360 apresentaram maiores concentrações de aflatoxinas totais em relação aos demais híbridos, com 0,93 e 1,3 ppb, respectivamente. Estes valores são baixos, sendo o limite máximo tolerado segundo a Anvisa de 20 ppb (BRASIL, 2022). Para animais de engorda, como frango de corte, o desejável é que os teores de aflatoxinas não sejam superiores de 5 ppb, e acima deste nível é indicado o uso de adsorventes na ração.

Estes resultados eram esperados, uma vez que a faixa ótima de umidade para a produção de aflatoxinas nos grãos de milho é inferior à umidade em que a colheita do milho segunda safra é realizada na região oeste do Paraná. Esta toxina, pelas características do fungo que a produz, frequentemente está associada à más condições de secagem e armazenagem dos grãos de milho. Vale ressaltar que no experimento, o tempo entre a colheita dos grãos e o início do processo de secagem dos mesmos foi de algumas horas, o que contribui para a baixa incidência e valores médios de aflatoxinas.

Mallmann et al. (2019), avaliando 26 híbridos de milho segunda safra da região oeste do estado do Paraná, produzidos nas safras 2016 e 2017, encontraram resultados semelhantes. Os autores não detectaram presença de aflatoxinas nos grãos de milho dos híbridos da safra 2016 e os teores médios da safra 2017 foram de 2 ppb. Oliveira et al. (2017), avaliando 148 amostras de milho coletadas em agricultores do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, relataram incidência de 19% de aflatoxinas totais, com teor médio de 3,1 ppb.

De maneira geral, para todas as toxinas avaliadas no experimento, as concentrações foram baixas. Estes resultados provavelmente estão relacionados a menor ocorrência de chuvas em relação à média histórica da região (Figuras 3 e 4), que proporcionou menor disponibilidade de umidade para que os fungos causadores das toxinas colonizassem as espigas.

Os resultados para deoxinivalenol (DON) e zearalenona (ZEA) seguiram a mesma tendência, com baixa incidência nas amostras (6,25%) para ambas as toxinas. As condições ambientais provavelmente foram o principal fator para a baixa produção destas toxinas.

Tabela 19 – Teor de deoxinivalenol (ppb) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	Média
Deoxinivalenol (ppb)					
AG8480	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
AG9000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
AG9050	0,00	0,00	128,75	0,00	32,19 c
AS1633	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
AS1844	0,00	0,00	0,00	56,25	14,06 c
B2401	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
B2620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
B2702	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
DKB255	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
DKB265	0,00	0,00	110,50	138,33	62,21 b
DKB360	0,00	0,00	0,00	92,75	23,19 c
FS505	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
FS512	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
FS564	0,00	0,00	71,00	81,75	38,19 c
FS575	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
K9606	0,00	0,00	0,00	74,25	18,56 c
MG30A37	0,00	7,13	100,00	393,75	125,22 a
MG593	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
P3380	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c
SUPREMO	0,00	0,00	143,50	50,00	48,38 b
Média	0,00 B	0,36 B	27,69 A	44,35 A	18,10

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Os teores de DON não apresentaram interação significativa entre híbridos e experimentos. Nos ensaios de 2021 foram encontradas as maiores concentrações desta toxina (Tabela 19). A segunda época de semeadura deste ano foi a que apresentou a maior concentração da toxina, com 44,35 ppb, não diferindo do ensaio de primeira época com 27,69 ppb. Para os híbridos avaliados, MG 30A37 apresentou a maior concentração de DON, com 125,22 ppb. O segundo grupo de maiores médias foi composto pelos híbridos DKB 265 e SUPREMO, com valores de 62,21 e 48,38 ppb respectivamente.

Em termos absolutos, os teores de ZEA foram ainda mais baixos que os teores de DON, com média geral dos quatro experimentos de 4,19 ppb (Tabela 20). Não houve variações significativas entre experimentos. Para híbridos, a única diferença significativa foi para MG 30A37, que apresentou teor médio de ZEA de 35,7 ppb, demonstrando que este material apresenta maior predisposição a

produção desta toxina. Os demais híbridos ficaram no mesmo agrupamento com média de 2,5 ppb.

Tabela 20 – Teor de zearalenona (ppb) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Zearalenona (ppb)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
AG9000	0,00 Aa	0,00 Ab	5,00 Ab	7,00 Aa	3,00 b
AG9050	0,00 Aa	0,00 Ab	31,90 Aa	0,00 Aa	7,98 b
AS1633	0,00 Aa	0,00 Ab	14,68 Ab	0,00 Aa	3,67 b
AS1844	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
B2401	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
B2620	0,00 Aa	0,00 Ab	9,10 Ab	0,00 Aa	2,28 b
B2702	0,00 Aa	0,00 Ab	5,00 Ab	0,00 Aa	1,25 b
DKB255	0,00 Aa	0,00 Ab	15,25 Ab	0,00 Aa	3,81 b
DKB265	0,00 Ba	0,00 Bb	62,98 Aa	0,00 Ba	15,74 b
DKB360	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	22,28 Aa	5,57 b
FS505	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
FS512	0,00 Aa	0,00 Ab	5,00 Ab	0,00 Aa	1,25 b
FS564	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	9,53 Aa	2,38 b
FS575	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
K9606	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	5,00 Aa	1,25 b
MG30A37	0,00 Ba	130,67 Aa	0,00 Bb	12,15 Ba	35,70 a
MG593	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
P3380	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
SUPREMO	0,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Aa	0,00 b
Média	0,00 A	6,53 A	7,45 A	2,80 A	4,19

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

O desdobramento das médias de ZEA para híbridos dentro de experimentos não detectou diferenças significativas entre os materiais nos experimentos de primeira época de 2020 e de segunda época de 2021. No ensaio de segunda época de 2020 o híbrido MG 30A37 apresentou a maior concentração de ZEA com 130,67 ppb. Na primeira época do ano de 2021 os híbridos DKB 265 e AG 9050 apresentaram os maiores teores de ZEA nos grãos, com 62,98 e 31,9 ppb, respectivamente.

Os resultados para ZEA e DON estão de acordo com os encontrados por Mallmann et al. (2019), que avaliando 26 híbridos de milho segunda safra da região oeste do estado do Paraná, produzidos nas safras 2016 e 2017, não detectaram a

presença de DON em nenhuma das análises dos dois anos. Para ZEA houve presença em seis híbridos no ano de 2016 e em 24 híbridos no ano de 2017. Mesmo com a alta incidência em 2017, a concentração média foi de 74 ppb para o ano de 2017 e de 2 ppb para o ano de 2016. A toxina DON, apesar de ser frequentemente detectada em alimentos, normalmente está mais relacionada aos grãos de trigo. ZEA necessita de condições ambientais específicas para sua formação, principalmente de temperatura, sendo que estas condições não ocorreram nas duas safras avaliadas. Para desencadear o metabolismo secundário responsável pela produção de zearalenona a temperatura do ambiente deve ficar em aproximadamente 10 °C e teor de umidade nos grãos acima de 17% (MALLMANN; DILKIN, 2007). As enzimas responsáveis pela biossíntese de ZEA são aparentemente induzidas por baixas temperaturas, entre os 12 e os 14 °C, seguidas de uma produção ótima a temperaturas mais altas, de 27 °C (MIROCHA et al., 1971).

3.3.3 Resultados nutricionais

Para os teores de proteínas nos grãos houve diferenças entre híbridos, experimentos e para a interação entre esses dois fatores (Tabela 21). O grão de milho é composto por endosperma (82,3%), embrião (11,5%), pericarpo (5,3%) e ponta (0,8%). Nessas porções da semente são encontradas as proteínas, que em média representam 8,5% do endosperma, 18,5% do embrião, 5,0% do pericarpo e 9,1% da ponta. A soma desses valores é que proporciona valor médio de proteínas no grão de aproximadamente 10%, o que pode variar com o tipo de grão, fertilidade do solo e condições climáticas (TOSELLO, 1987).

Bueno e colaboradores (2009), avaliando nove híbridos com dois níveis de adubação nitrogenada encontraram valores médios de proteína nos grãos de 9,89% com mínimo de 8,66% e máximo de 11,43%. Os teores relatados pelos autores estão de acordo com os encontrados nos experimentos.

É possível verificar que os experimentos onde o rendimento de grãos foi maior apresentaram os menores teores de proteínas bruta. Nos experimentos de 2020, onde o rendimento de grãos foi maior, os teores de proteína bruta foram menores. O experimento de primeira época de semeadura da safra 2021 apresentou maior teor de proteína bruta, com 10,33%, e o experimento que apresentou os menores teores de proteínas foi a segunda época de 2020 com 8,0%. Os dados médios entre locais geraram variação do menor para o maior valor de 27% para os teores de proteína. A variação entre experimentos demonstra que o teor de proteínas nos grãos é altamente dependente do ambiente.

Entre híbridos, houve grande variabilidade do teor de proteínas, comprovada pelo número de grupos formados no agrupamento de médias. Entre os híbridos avaliados, AG 9000 e FS 564 apresentaram os menores teores médios de proteínas, com 8,31% e 8,38% respectivamente. Esses dois híbridos apresentam ciclos diferentes, sendo AG 9000 superprecoce e FS 564 precoce, sugerindo que os teores de proteínas não estão relacionados com o ciclo. Entre os híbridos que obtiveram as maiores concentrações estão B 2401 e B2620, com 9,88% e 9,83% de proteínas. Desdobrando o efeito de híbridos dentro de experimentos, para a época um e época dois de 2020, B2401 e MG30A37 apresentaram o maior teor de proteínas, respectivamente. Para a época um de 2021 quatro híbridos formaram o grupo de maiores médias, AS1633, B2401, B2620 e P3380. Na segunda época de 2021, um maior número de híbridos compôs o grupo de maiores teores de proteínas, sendo

eles AG9050, AS1633, B2620, B2702, DKB265, FS512, MG30A37 e P3380. Para todos os híbridos avaliados os teores médios de proteínas foram superiores em 2021 em relação a 2020.

O desdobramento dos teores de proteínas dos experimentos dentro de cada híbrido demonstra que todos os 20 materiais avaliados apresentaram teores significativamente diferentes, ou seja, o teor de proteína do híbrido foi diferente em função do ambiente encontrado durante o cultivo.

Os dados obtidos demonstram que existe grande variabilidade genética para o teor de proteínas nos grãos de milho, além do efeito ambiental. Bueno et al. (2009), avaliando nove híbridos de milho com diferentes níveis de adubação nitrogenada, concluíram que existe variabilidade genética entre as populações parentais quanto ao teor de proteína nos grãos, o que possibilita a seleção de populações superiores por meio de seleção recorrente.

Tabela 21 – Teor de proteína (%) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Teor de proteína (%)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	8,68 Bc	8,15 Cd	9,89 Ac	10,17 Ab	9,22 c
AG9000	7,76 Bd	6,97 Cf	9,18 Ad	9,33 Ad	8,31 e
AG9050	8,14 Cd	7,92 Cd	9,68 Bd	10,75 Aa	9,12 d
AS1633	8,96 Bb	7,64 Ce	11,02 Aa	10,68 Aa	9,57 b
AS1844	8,43 Bc	8,23 Bd	10,01 Ac	10,15 Ab	9,20 c
B2401	9,37 Da	8,78 Cb	11,13 Aa	10,23 Bb	9,88 a
B2620	8,83 Bb	8,41 Cc	11,21 Aa	10,90 Aa	9,83 a
B2702	8,92 Bb	8,42 Cc	10,88 Ab	10,60 Aa	9,70 b
DKB255	8,14 Cd	8,04 Cd	9,48 Bd	9,95 Ac	8,90 d
DKB265	8,61 Cc	8,10 Dd	9,85 Bc	10,51 Aa	9,27 c
DKB360	8,04 Cd	7,66 De	10,35 Ab	9,96 Bc	9,00 d
FS505	8,07 Cd	7,17 Df	10,64 Ab	9,90 Bc	8,95 d
FS512	8,91 Bb	8,28 Cd	10,71 Ab	10,57 Aa	9,61 b
FS564	7,92 Cd	7,16 Df	9,42 Ad	9,02 Bd	8,38 e
FS575	8,58 Cc	8,22 Cd	10,80 Ab	9,88 Bc	9,37 c
K9606	8,59 Bc	7,76 Ce	10,56 Ab	10,21 Ab	9,28 c
MG30A37	8,95 Bb	8,83 Ba	10,24 Ac	10,55 Aa	9,64 b
MG593	8,47 Bc	8,20 Bd	9,62 Ad	9,29 Ad	8,89 d
P3380	8,92 Db	7,89 Cd	11,25 Aa	10,81 Ba	9,72 b
SUPREMO	8,68 Cc	8,07 Dd	10,73 Ab	10,30 Bb	9,45 c
Média	8,55 C	8,00 D	10,33 A	10,19 B	9,27

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Na alimentação animal o milho entra como componente energético. Apesar disto, a utilização de híbridos com menores teores de proteína aumenta o custo de produção das rações pela necessidade de adição de componentes proteicos como o farelo de soja, e adição de aminoácidos sintéticos como metionina, cistina e lisina. Atualmente o agricultor não é remunerado pela composição do milho que produz. Os principais entraves para que isso ocorra são as dificuldades da indústria para analisar de forma instantânea da composição do milho, segregar as matérias primas de melhor qualidade no momento do recebimento, bem como pela falta de parâmetros claros da capitalização desses ganhos no processo.

Os teores de extrato etéreo médios do experimento foram de 3,9% (Tabela 22) e houve variações significativas entre híbridos, experimentos e sua interação. Os experimentos de 2020 foram os que apresentaram os maiores valores para extrato etéreo com 4,08 e 4,12% para a primeira e segunda época respectivamente.

Tabela 22 – Extrato etéreo (%) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	Extrato etéreo (%)				Média
	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	
AG8480	4,23 Ab	4,40 Ab	3,88 Bb	3,98 Ba	4,12 b
AG9000	4,03 Ac	4,10 Ac	3,70 Bb	3,68 Bb	3,88 d
AG9050	4,50 Aa	4,47 Aa	3,95 Bb	3,93 Ba	4,21 b
AS1633	3,90 Ac	4,03 Ac	3,78 Bb	3,60 Bb	3,83 d
AS1844	4,33 Bb	4,60 Aa	4,15 Ba	4,10 Ba	4,30 a
B2401	3,77 Ad	3,60 Ad	3,48 Ac	3,63 Ab	3,62 f
B2620	4,17 Ab	4,20 Ab	3,78 Bb	3,85 Ba	4,00 c
B2702	3,90 Ac	4,03 Ac	3,70 Bb	3,60 Bb	3,81 d
DKB255	4,20 Ab	4,30 Ab	3,83 Bb	3,95 Ba	4,07 c
DKB265	4,40 Aa	4,10 Bc	3,75 Cb	3,79 Ca	4,01 c
DKB360	4,00 Ac	4,00 Ac	3,65 Bb	3,35 Cc	3,75 e
FS505	3,93 Ac	3,97 Ac	3,85 Ab	3,38 Bc	3,78 d
FS512	3,60 Ad	3,67 Ad	3,20 Bd	3,23 Bc	3,43 g
FS564	4,30 Ab	4,27 Ab	3,80 Bb	3,60 Bb	3,99 c
FS575	4,10 Ab	4,13 Ac	3,85 Bb	3,73 Ba	3,95 c
K9606	3,87 Ac	3,93 Ac	3,58 Bc	3,48 Bb	3,71 e
MG30A37	3,83 Ad	3,77 Ad	3,48 Bc	3,28 Bc	3,59 f
MG593	4,23 Ab	4,27 Ab	4,25 Aa	3,88 Ba	4,16 b
P3380	4,53 Aa	4,60 Aa	3,68 Bb	3,88 Ba	4,17 b
SUPREMO	3,80 Bd	4,03 Ac	3,40 Cc	3,58 Cb	3,70 e
Média	4,08 A	4,12 A	3,74 B	3,67 C	3,90

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

O experimento de segunda época de 2021 apresentou os menores valores com média de 3,67%. Entre os híbridos o AS 1844 obteve os maiores valores médios de extrato etéreo com 4,3%, sendo que este material apresentou padrão regular dentro de cada experimento individual para este parâmetro, ficando no agrupamento das maiores médias em três dos quatro experimentos, com valores variando entre 4,1% e 4,6%. O material com os menores valores médios para esse parâmetro foi FS 512, com uma média de 3,43% e valores variando entre 3,2% e 3,67%. O comportamento entre experimentos deste híbrido também foi estável, permanecendo no grupo de menores médias para extrato etéreo em todos os ensaios.

Os híbridos que apresentaram os maiores valores de extrato etéreo dentro de cada ensaio foram, P 3380 e AG 9050 para os dois ensaios de 2020 e a segunda época de 2021, DKB 265 para a primeira época de 2020 e segunda época de 2021, AS 1844 para a segunda época dos dois anos e primeira época de 2021, MG 593, nos dois ensaios de 2021, sendo que na primeira época deste ano obteve a maior concentração e AG8480, DKB255, B2620 e FS575 para a segunda época de 2021.

O desdobramento de experimentos dentro de cada nível de híbridos demonstra que somente um material, B 2401, apresentou estabilidade para o teor de extrato etéreo nos grãos, não variando significativamente entre os quatro ensaios. Apesar da estabilidade, este híbrido apresentou baixos teores desse componente nos grãos quando comparado aos demais.

Três dos 20 híbridos apresentaram padrão de comportamento diferente da média para o ano de 2020, DKB 265, AS 1844 e Supremo, sendo que o primeiro apresentou maior teor de extrato etéreo na primeira época e os outros dois na segunda época. Para o ano de 2021 somente três materiais apresentaram comportamento semelhante à média, com maiores valores de extrato etéreo na primeira época em relação a segunda época, MG 593, FS 505 e DKB 265.

O milho pelas suas características apresenta como componente principal em seus grãos o amido. Os teores de amido dos grãos na média dos quatro experimentos foram de 66,18%, sendo que a análise de variância pelo teste F demonstrou efeito significativo para híbridos, experimentos e sua interação. Entre os experimentos o maior teor de amido foi encontrado na segunda época de 2020, com 66,45%. Três híbridos se destacaram quanto a produção de amido nos grãos, sendo eles FS 505, FS 564 e AG 9000 com teores de 67,39, 67,14% e 66,98%,

respectivamente. Dos três híbridos, FS 505 além do maior valor absoluto foi o mais consistente para este parâmetro permanecendo no agrupamento de maiores médias nos quatro ensaios.

Avaliando o efeito de experimentos dentro dos híbridos é possível observar que oito dos vinte híbridos não apresentaram diferenças estatísticas para o teor de amido em função do ambiente de produção, FS 564, DKB 360, K 9606, MG 593, FS 512, AG 9050, MG 30A37 e P 3380. Este dado evidencia que entre os três parâmetros bromatológicos avaliados, o amido foi o que apresentou menor variação em função dos diferentes ambientes de produção, demonstrando assim que o teor de proteína apesar da variabilidade genética, é o mais influenciado pelo ambiente enquanto o teor de amido é o que sofre menor interferência.

Tabela 23 – Teor de amido (%) nos grãos de 20 híbridos de milho cultivados em segunda safra em quatro experimentos por duas safras (2020 e 2021)

Híbrido	2020 EP1	2020 EP2	2021 EP1	2021 EP2	Média
Teor de amido (%)					
AG8480	66,17 Bb	65,77 Bb	67,03 Aa	65,18 Bc	66,03 c
AG9000	66,53 Ba	67,80 Aa	67,28 Aa	66,33 Bb	66,98 a
AG9050	66,03 Ab	66,07 Ab	66,73 Aa	65,45 Ac	66,07 c
AS1633	66,00 Ab	66,57 Ab	64,68 Bb	65,45 Bc	65,67 c
AS1844	66,80 Aa	65,83 Bb	65,33 Bb	65,60 Bc	65,89 c
B2401	65,53 Bb	66,50 Ab	64,93 Bb	67,18 Ab	66,03 c
B2620	65,80 Ab	66,17 Ab	64,15 Bb	64,55 Bd	65,17 d
B2702	66,20 Ab	66,13 Ab	66,15 Aa	64,07 Bd	65,64 c
DKB255	65,93 Bb	65,83 Bb	67,95 Aa	65,70 Bc	66,35 b
DKB265	65,97 Ab	67,10 Aa	66,98 Aa	62,49 Be	65,63 c
DKB360	66,57 Aa	67,10 Aa	66,25 Aa	66,93 Ab	66,71 b
FS505	67,40 Ba	67,20 Ba	66,58 Ba	68,40 Ba	67,39 a
FS512	66,53 Aa	66,13 Ab	66,13 Aa	66,67 Ab	66,37 b
FS564	67,23 Aa	66,40 Ab	67,13 Aa	67,80 Aa	67,14 a
FS575	66,23 Aa	66,33 Ab	64,88 Bb	66,40 Ab	65,96 c
K9606	66,57 Aa	67,00 Aa	66,80 Aa	66,45 Ab	66,70 b
MG30A37	65,70 Ab	66,20 Ab	66,53 Aa	65,85 Ac	66,07 c
MG593	66,00 Ab	66,37 Ab	66,50 Aa	67,15 Ab	66,50 b
P3380	64,50 Ab	65,07 Ab	65,10 Ab	64,43 Ad	64,77 d
SUPREMO	66,60 Aa	67,47 Aa	65,25 Bb	66,48 Ab	66,45 b
Média	66,22 B	66,45 A	66,12 B	65,93 B	66,18

Não há diferença estatística de médias seguidas de mesma letra maiúscula para experimentos e minúsculas para híbridos (Scott-Knott $P < 0,05$)

Houve correlações lineares entre proteína e amido de -0,38, entre proteína e extrato etéreo de -0,58 e a correlação entre amido e extrato etéreo foi de -0,11.

Estas correlações auxiliam no entendimento das relações entre estes componentes nos grãos, sendo que a proteína pela dependência de nitrogênio para sua composição se comporta de maneira diferenciada em relação aos compostos energéticos. O aumento de um componente necessariamente implica na redução do outro, visto que competem pelo espaço de armazenagem interno do grão.

3.4 CONCLUSÕES

O híbrido MG 593 foi o que apresentou a melhor composição de indicadores, com alto rendimento de grãos, baixa produção de toxinas e níveis adequados para proteína, amido e gorduras.

Fumonisina foi a toxina encontrada com maior frequência e em maiores concentrações.

Os híbridos AG9000, DKB255, DKB360 e P3380 apresentaram a maior concentração de fumonisinas, e MG30A37 os maiores teores de zearalenona e deoxinivalenol entre os vinte materiais avaliados no experimento.

Dentro do grupo de híbridos sensíveis, a ocorrência de toxinas em maior ou menor concentração depende do ambiente.

Os híbridos com maior rendimento de grãos na média de todos os experimentos foram MG593 e DKB255.

Houve correlação negativa entre o rendimento de grãos e o teor de proteínas nos grãos de milho.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, H.T., OCAMB, C.M. First report of fumonisin B1 *Fusarium polyphialidicum* collected from seeds of Pinus strobes. **Plant Disease**, v.79, n.1, p.642-645, 1995.

AH SEO, J., WON LEE, Y. Natural occurrence of the C series of fumonisins in moldy corn. **Applied and Environmental Microbiology**, v.65, n.3, p.1331-1334, 1999.

ALLCROFT, P., CARNAGHAN, R.B.A. Groundnut toxicity *Aspergillus flavus* toxin (aflatoxin) in animal products. Preliminary Communication. **Veterinary Record**, v.74, n.1, p.863-864, 1962.

ALLCROFT, R., CARNAGHAN, R.B.A., SARGENT, K., O'KELLY, J. A toxic factor in Brazilian groundnut meal. **Veterinary Record**, v.73, n.1, p.128-129, 1961.

ALLDRICK, A.J.; HAJSELOVÀ, M. Zearalelone. IN: MAGAN, N.; OLSEN, M. **Mycotoxins in food**. Cambridge: Woodhead Publishing. Cap. 15, p.353-366, 2004.

ALMEIDA, A.P.; SABINO, M.; FONSECA, H.; CORRÊA, B. Milho recém-colhido no Brasil: interação da microbiota fúngica, fatores abióticos e ocorrência de fumonisinas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.64, n.1, p.1-9, 2005.

ALMEIDA, J. J. DE; BONALDO, S. M.; MÁRIO, J. L.; PIRIS, A.; BARRETO, R. R. Chemical and genetic control of *Stenocarpella* sp. and *Fusarium* sp. in maize. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 22, n.3, e3740, 2024.

ASÊVEDO, L. G.; GAMBALE, W.; CORRÊA, B. Mycoflora and aflatoxigenic species of *Aspergillus* spp isolated from stored maize. **Microbiologia**, v.25, n.1 p.46-50, 1994.

BALBINOT JR., A. A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B.; FONSECA, J. A. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, n.2, p.161-166, 2005.

BERTHILLER, F., SCHUHMACHER, R., BUTTINGER, G., KRSKA, R., Rapid simultaneous determination of major type A- and B-trichothecenes as well as zearalenone in maize by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**. v.1062, n.2, p.209-216. 2005.

BEZUIDENHOUT, S.C., GELDERBLOM, W.C.A., GORST - ALLMAN, C.P., R.; HORAK, M.; MARASAS, W. F. O.; SPITELLER, G. VLEGGAR, R. Structure elucidation of the fumonisins, mycotoxins from *Fusarium moniliforme*. **Journal of the Chemical Society, Chemical Communications**, v.11, n.1, p.743-745, 1988.

BIEHL, M.L.; BUCK, W.B. Chemical contaminants: their metabolism and their residues. **Journal of Food Protection**, v.50, n.12. p.1058-73, 1987.

BOSCH, F.X.; PEERS, F. Aflatoxins: data on human carcinogenic risk. In: ONeill, I.K.; Chen, J.; Bartsch, H., ed. **Relevance to human cancer of N-nitroso**

compounds, tobacco smoke and mycotoxins Lyon, IARC, 1991. p.48-53. (IARC Scientific Publications, 105).

BRASIL, 2011. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO- **Instrução Normativa nº 60**, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece o padrão oficial de classificação do milho.

BRASIL, 2022. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – **Instrução Normativa Nº 160**, de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos.

BRETAS, A. A. Inclusão de adsorventes de micotoxinas para leitões. **CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v.13, n.1, p.80-95, 2018.

BRIYONES-REYES D., GOMÉZ-MARTINEZ L., CUERVA-ROLÓN R. Zearalenone contamination in corn for human consumption in the state of Tlaxcala, México. **Food Chemistry**, v.100, n.2, p.693-698, 2007.

BROCH, D.L.; RANNO, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho “safrinha”. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e Produção: milho safrinha e cultura de inverno**. 6ª ed. Maracaju, 2010.

BUENO, L. G.; CHAVES, L. J.; OLIVEIRA, J. P.; BRASIL, E. M.; REIS, A. J. S.; ASSUNÇÃO, A.; PEREIRA, A. F.; RAMOS, M. R. Controle genético do teor proteico nos grãos de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.44, n.6, p.590-598, 2009.

CALEGARI, B. H.; SOUZA, I. P.; RUFFATO, S.; BONALDO, S. M.; PRADO, P. M. C. Incidência de *Fusarium* spp. em milho: planta e grão. **Research, Society and Development**, v.10, n.14, e384101422068, 2021.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2020 **Disponível em:** <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. **Acesso em:** junho de 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras. Séries históricas. Disponível em:** <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20> **Acesso em:** abril de 2024.

CONKOVÁ E., LACIAKOVÁ A., KOVÁČ G., SEIDEL H. Fusarial toxins and their role in animal diseases. **The Veterinary Journal**, v.165, n.3, p.214-220, 2003.

COULOMBE, R.A. Aflatoxins. In: Sharma, R.P. & SALUNKHE, D.K. **Mycotoxins and phytoalexins**. Boca Raton, CRC Press, 1991. p.103-43.

CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F. de; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; BARBIERI, R.L.; CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.1, p.5-8, 2003.

DE SAEGER S., SIBANDA L., VAN PETEGHEM C. Analysis of zearalenone and α -zearalenol in animal using high-performance liquid chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v.487, n.2, p.137-143, 2003.

DIESING A.K.; NOSSOL C. et al. Vulnerability of polarised intestinal porcine epithelial cells to mycotoxin deoxynivalenol depends on the route of application. **PLoS ONE** v.6, n.2, p.1-9, 2011.

DILKIN, P.; MALLMANN, C.A.; SANTURIO, J.M.; HICKMANN, J.L. Classificação macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de aflatoxinas em híbridos de milho. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.137-141, 2000.

DOEBLEY, J. The genetics of maize evolution. **Annual Review of Genetics**. v.38, n.1, p.37-59, 2004.

DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, v.39, n.6, p.1622-1630, 1999.

EASSON, D.L.; WHITE, E.M.; PICKLES, S.J. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. **Journal of Agricultural Science**, v.121, n.2, p.145-156, 1993.

EYNG, C.; NUNES, R.V. POZZA, P.C.; POZZA, M.; NUNES, C. G. V.; NAVARINI, F. C.; SILVA, W. T. M. Composição química e valores energéticos de cultivares de milho para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.60-72, 2009.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2ª edição. Piracicaba, 2008, 360 p.

FERNANDES, J. S. C.; FRANZON, J. F. Thirty years of genetic progress in maize (*Zea mays* L.) in a tropical environment. **Maydica**. v.42, n.1, p.21-27, 1997.

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

FILHO, J.A. W.; DUCATTI, R. D.B.; NESI, C. N. Macrospora leaf spot development conditions and resistance/tolerance of Brazilian commercially grown maize genotypes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.46, n.1, e63370, 2024.

FONTOURA, D. da; STANGARLIN, J.R.; TRAUTMANN, R.R.; SCHIRMER, R.; SCHWANTES, D.O.; ANDREOTTI, M. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.4, p.545-551, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT, Crops and livestock products**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat>. Acesso em: abril de 2024.

GELDERBLOM, W.C.A.; JASKIEWICZ, K.; MARASAS, W.F.O.; HORAK, R. M.; VLEGGAAR, R.; KRIEK, N. P. J. Fumonisin: novel mycotoxin with cancerpromoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. **Applied and Environmental Microbiology**. v.54, n.7, p.1806-1811, 1988.

GOMES, L.S.; BRANDÃO, A.M.; BRITO, C. H.; MORAES, D. F.; LOPES, M. T. G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.2, p.140-145, 2010.

HIROOKA, E.Y.; YAMAGUCHI, M.M.; AOYAMA, S.; SUGIURA, Y. The natural occurrence of fumonisin in Brazilian corn kernels. **Food additives and contaminants**. v.13, n.2, p.173-183, 1996.

HUGHES, D.M., GAHL, M.J., GRAHAM, C.H., & GRIEB, S.L. Overt signs of toxicity to dogs and cats of dietary deoxynivalenol. **Journal of animal Science**, v.77, n.3, p.693–700, 1999.

JULIATTI, F.C.; ZUZA, J.L.M.F.; SOUZA, P.P.; POLIZEL, A.C. Efeito do Genótipo de Milho e da Aplicação Foliar de Fungicidas na Incidências de Grãos Ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v.23, n.2, p.34-41, 2007

KATATI, B.; DIEPENINGEN, A. D.; HENRY NJAPAU, H.; KACHAPULULA, P. W.; ZWAAN, B. J.; SCHOUSTR, S. J. Niche partitioning association of fungal genera correlated with lower Fusarium and fumonisin-B1 levels in maize. **BioControl**, v.69, n.1, p.185–197, 2024.

KLICH, M. A. Environmental and developmental factors influencing aflatoxina production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. **Mycoscience**, v.48, n.4, p.1-80, 2007.

KOSHIOL, J.; ZHU, B.; WANG, R.; HILDESHEIM, A.; GAO, Y.T.; EGNER, P.A.; YUAN, J.M.; GROOPMAN, J.D. Association of aflatoxin with gallbladder cancer in a case-control study nested within a Chinese cohort. **International Journal of Cancer**. v.154, n.5, p.801-806, 2024.

LAJOUS, M.; SOLIS-MARTINEZ, O.; MONGE, A.; GROOPMAN, J.; MCGLYNN, K. A.; ROMERO, M.; BATIS, C.; LAMADRID-FIGEIROA, H.; RIOJAS-RODRIGUEZ, H. Maize consumption and circulating aflatoxin B1 levels in Mexican adults. **Cancer Research**. V.84, n.6, p.842-842, 2024.

MADALOSSO, T; FÁVERO, F.; TESTON, R.; ROY, J.M.T.; SOZO, S.; LUNARDI, M. **Aplicação de fungicida em milho segunda safra**. In: XIII Seminário de milho safrinha, Maringá, 2015. Anais: Maringá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2015.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 68-87.

MALLMANN C.A.; DILKIN P. **Micotoxinas e micotoxicoses em suínos**, Editora Santa Maria: Pallotti, 2007. 238 p.

MALLMANN, A. O.; DILKIN, P.; VIDAL, J. K.; MEINERZ, G. R. Influência da qualidade micotoxicológica e nutricional de híbridos de milho no custo da ração de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.71, n.5, p.1659-1668, 2019.

MALLMANN, A. O.; MARCHIORO, A.; OLIVEIRA, M.S.; MINETTO, L. M.; WOVST, L. R. S.; RAUBER, R. H.; DILKIN P.; MALLMANN, C. A. Two sampling plans for fumonisins analysis in maize. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.551-558, 2013.

MALLMANN, C., SANTURIO, J.M., DILKIN, P. Incidência de fumonisina B1 em milho e rações no Brasil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICOTOXICOLOGIA, 7, 1997, Maracay, Venezuela. **Anais...** Maracay : Sociedad Latino Americana de Micotoxicologia, 1997. p.73

MARQUES, M. Validação Interna dos Métodos de Determinação de Desoxinivalenol e Zearalenona por HPLC com Purificação por Colunas de Imunoafinidade. **Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Química e Biológica do Instituto Superior Técnico**, Lisboa, 2007.

MARQUES, O.J.; VIDIGAL FILHO, P.O.; DALPASQUALE, V. A.; SCAPIM, C. A.; PRICINOTTO, L. F.; MACHINSKI JÚNIOR, M. Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v.31, n.4, p.667-675, 2009.

MERRILL, A.H.; VAN ECHTEN, G.; WANG, E.; SANDHOFF, K. Fumonisin B1 inhibits sphingosine (sphinganine) N - acyltransferase and de novo sphingolipid biosynthesis in cultured neuron in situ. **Journal of Biological Chemistry**. v.268, n.36, p.2299-2306, 1993.

MILLS, J.T. Ecology of mycotoxigenic *Fusarium* species on cereal seeds. **Journal of Food Protection**. v.52, n.10, p.737-742, 1989.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, Zoneamento agrícola de risco climático. **Disponível em:** <https://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>. **Acesso em:** Agosto de 2024.

MIROCHA, C.J., CHRISTENSEN, C.M., NELSON, G.H. Microbial toxins, Algal and Fungal Toxins. In: S. Kadis, A. Ciegler and S.S. Ajl (Eds, vol. VII), **Academic Press**, New York, London. 1971, 430 p.

MOAWIA M.M.A. Hepatocellular carcinoma and aflatoxin in Sudan: The way forward. **South Sudan Medical Journal**. v.17, n.1, p.22-26, 2024.

MOHAMMADI, S.A.; PRASANNA, B.M.; SINGH, N.N. Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. **Crop Science**, v.43, n.5, p.1690-1697, 2003.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H. S.; TEIXEIRA, D.; COSTA, P. M. A.; TAFURI, M. L. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.6, p.916-929, 1994.

NELSON, P.E. Taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme*. **Mycopathologia**. v.117, n.1-2, p.29-36, 1992.

NIELSEN, R.L. **Ear Size Determination in Corn**. Agronomy Department, Purdue University. Corny News Network. Disponível em:

<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/EarSize.html>. Acesso em: agosto de 2024.

OLIVEIRA, M.S.; ROCHA, A.; SULKYOK, M.; KRŠKA, R.; MALLMANN, C. A. Natural mycotoxin contamination of maize (*Zea mays* L.) in the South region of Brazil. **Food Control**, v.73, part B, p.127-132, 2017.

ONO, E.Y.S.; ONO, M.A.; FUNO, F.Y., MEDINAL, A. E.; OLIVEIRA, T. C.; KAWAMURA, O.; UENO, Y.; HIROOKA, E. Y. Evaluation of fumonisin-aflatoxin -co-occurrence in Brazilian corn hybrids by ELISA. **Food additives & contaminants**. v.18, n.8, p.719-729, 2001.

ORSI, R.B.; CORRÊA, B.; POZZI, C.R.; SCHAMMASS, E. A.; NOGUEIRA, J. R.; SILVIA DIAS, S. M. C.; MALOZZI, M. A. B. Mycoflora and occurrence of fumonisins in freshly harvested and stored hybrid maize. **Journal of Stored Products Research**, v.36, n.1, p.75-87, 2000.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2ª edição. Viçosa: UFV, 2005. p. 491-552.

PINTO, N. F. J. A. **Qualidade sanitária de grãos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 30)

POMMEL, B.; GALLAIS, A.; COQUE, M.; QUILLERÉ, I.; HIREL, B.; J. PRIOUL, L.; ANDRIEU, B.; FLORIOT, M. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf. **European Journal of Agronomy** v.24, n.3, p.203-211, 2006.

POZZI, C.R., ARCARO, J. R.P.; JÚNIOR, I. A.; FAGUNDES, H.; CORRÊA, B. Aspectos relacionados à ocorrência e mecanismo de ação de fumonisinas. **Ciência Rural**, v.32, n.5, p.901-907, 2002

POZZI, C.R.; CORRÊA, B.; GAMBALE, W.; PAULA, C. R.; CHACON-RECHE, N. O.; MEIRELLES, M. C. Postharvest and stored corn in Brazil: mycoflora interaction, abiotic factors and mycotoxins occurrence. **Food additives & contaminants**. v.12, n.3, p.313-319, 1995.

PRANGE, A., BIRZELE B., KRÄMER J., MEIER A., MODROW H., KÖHLER P. Fusarium-inoculated wheat: deoxynivalenol contents and baking quality in relation to infection time. **Food Control**, v.16, n.8, p.739-745, 2005.

RAJCAN, I; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**. v.60, n.3, p.245-253, 1999.

REDDY, C.V. Aflatoxins in feed: an enemy to poultry producers in the tropics. **World Poultry**, v.8, n.1, p.19-20, 1992.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Lages: Graphel, 2004. 144p.

REIS, E.M.; ZOLDAN, S.M.; E GERMANO, B.C. **Reflexo da aplicação de fungicidas usados no controle da giberela, na contaminação dos grãos por micotoxinas (DON).** Disponível em: <http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos> Acesso em: janeiro de 2024.

RHEEDER, J.P.; MARASAS, W.F.O.; THIEL, P.G.; SYDENHAM, E.W.; SHEPHARD, G.S.; VAN SCHALKWYK, D.J. *Fusarium moniliforme* and fumonisins in corn in relation to human esophageal cancer in Transkei. **Phytopathology**, v.82, n.1, p.353-357, 1992.

RIBEIRO, B.S.M.R.; ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; FRIEDRICH, E.D.; PILECCO, I.B.; ALVES, A.F.; PUNTEL, S.; SARMENTO, L.F.V.; STRECK, I.L.; INKLMAN, V.B.; PETRY, M. T.; MARTINS, J.D.; BORTOLUZZI, M.P.; LOOSE, L.H.; BRUNETTO, G.; MARIN, F.R.; ANTOLIN, L.A.S.; BREDEMEIER, C.; VIAN, A.L.; OLIVEIRA, L.F.R. **Ecofisiologia do milho para altas produtividades.** Santa Maria: [s. n.], 2020. 230 p.

RICHARD, J.L. Some major mycotoxins and their mycotoxicoses — An overview, **International Journal of Food Microbiology**. v.119, n.1–2, p.3-10, 2007.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a corn plant develops. (**Special Report n. 48**). Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21p.

RODRIGUES, P.; VENÂNCIO, A.; KOZAKIEWICZ, Z.; LIMA, N. A polyphasic approach to the identification of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic strains of *Aspergillus* section *Flavi* isolated from Portuguese almonds. **International Journal of Food Microbiology**, v.129, n.2, p.187-193, 2009.

ROSS, P.F.; NELSON, P.E.; RICHARD, I.D.; OSWEILER, G. D.; RICE, L. G.; PLATTNER, R. D.; WILSON, T. M. et al. Production of fumonisins by *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* isolate associated with equine leukoencephalomalacia and pulmonary edema syndrome in swine. **Applied and Environmental Microbiology**. v.56, n.10, p.3225-3226, 1990.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. HANNAS; M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2017. 252 p.

ROTTINGHAUS, G.E., COATNEY, C.G., MINOR, H.C. A rapid, sensitive thin layer chromatography procedure for the detection of fumonisin B1 and B2. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**. v.4, n.3, p.326-330, 1992.

SALGADO, I.M., CARVALHO, P.C.T. Fungos toxigênicos associados a cereais. Levantamento da micoflora associada a milho, trigo e arroz. **Revista de Microbiologia**, v. 11, n.1, p. 60-63, 1980.

SANGOI, L.; ALMEIDA, L.A. de; LECH, V.A.; GRACIETTI, L.C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.271-276, 2001.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.;1, SCHMITT, A.; JR PICOLI, G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Perfilamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p. 254-265, 2010

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAUJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF: Embrapa, 2018. 356p.

SANTOS, J.S. DOS, ONO, E.Y.S., ITANO, E.N., HIROOKA, E.Y. Zearalenona e desoxinivalenol em trigo brasileiro – cenário sobre necessidade de monitoramento analítico. **Biosaúde**, v.12, n.1/2, p.36-46, 2010.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e Micotoxicoses na Avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v.2, n.1, p.1-12, 2000.

SCOTT, P.M. Fumonisin. **International Journal of Microbiology**, v.18, n.4, p.257-270, 1993.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2002. 235 p.

SILVA, J. B.; POZZI, C. R.; MALLOZZI, M. A. B.; ORTEGA, E. M.; CORRÊA, B. Mycoflora and occurrence of aflatoxin B1 and fumonisin B1 during storage of brazilian sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.48, n.9, p.4352-4356, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Núcleo Estadual do Paraná (NEPAR). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba-PR: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

SULYOK, M.; BERTHILLER, F.; KRSKA, R.; SCHUHMACHER, R. A liquid chromatography/tandem mass spectrometric multi-mycotoxin method for the quantification of 87 analytes and its application to semi-quantitative screening of moldy food samples. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v.389, n.5, p.1505-1523, 2007.

SYDENHAM, E.W.; GELDERBLOM; W.C.A.; THIEL, P.G.; MARASAS, W. F. O. Evidence for the natural occurrence of Fumonisin B1, a mycotoxin produced by *Fusarium moniliforme* in corn. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.38, n.1, p.285-290, 1990.

SYDENHAM, E.W.; GELDERBLOM; W.C.A.; THIEL, P.G.; MARASAS, W. F. O. Evidence for the natural occurrence of fumonisin B1 a mycotoxin produced by *Fusarium moniliforme* in corn. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.39, n.1, p.2014-2018, 1991.

THIEL, P.G.; MARASAS, W.F.O.; SYDENHAM, E.W.; SHEPHARD, G. S.; GELDERBLOM W. C. The implications of naturally occurring levels of fumonisins in corn human and animal health. **Mycopathologia**. v.117, n.1-2, p.3-9, 1992.

TOSELLO, G.A. **Milhos especiais e seu valor nutritivo**. Genética e Melhoramento do Milho No Brasil. Tradução. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

WANG, E.; NORRED, W.P.; BACON, C.W.; RILEY, R. T.; MERRILL JR, A. H. Inhibition of sphingolipid biosynthesis by fumonisins implications for diseases associated with *Fusarium moniliforme*. **Journal of Biological Chemistry**, v.266, n.1, p.1486-1490, 1991.

5 APÊNDICES

Tabela 24 – Datas, estádios fenológicos, produtos comerciais, ingredientes ativos e doses utilizadas para manejo de pragas, doenças e plantas daninhas nos dois ensaios de 2020

Experimento	Data	DAS	Estádio	Marca comercial	Ingredientes ativos (g/ha)
2020 EP1	30/1/20	9	Ve	Perito(r)	Acefato (970)
	7/2/20	17	V1	Perito(r)	Acefato (970)
				Ampligo(r)	Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	13/2/20	23	V3	Primóleo(R)	Atrazina (1500)
				Soberan(R)	Tembotriona (100,8)
				Perito(r)	Acefato (970)
	17/2/20	27	V4	Engeo Pleno S(r) Ampligo(r)	Tiametoxam (26,5) + Lambda-Cialotrina (35,25) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
2020 EP2	27/2/20	37	V8	Ampligo(r) Orkestra(r)	Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5) Piraclostrobina (99,9) + Fluxapirroxade (50,1)
	15/3/20	54	Vt	Nativo	Tebuconazol (120) + Trifloxistrobina (60)
				Engeo Pleno S(r)	Tiametoxam (26,5) + Lambda-Cialotrina (35,25)
	20/2/20	8	Ve	Primóleo(R)	Atrazina (1500)
				Soberan(R)	Tembotriona (100,8)
				Perito(r)	Acefato (970)
	24/2/20	12	V1	Perito(r) Ampligo(r)	Acefato (970) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	2/3/20	19	V2	Engeo Pleno S(r)	Tiametoxam (26,5) + Lambda-Cialotrina (35,25)
				Ampligo(r)	Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	17/3/20	34	V7	Orkestra(r)	Piraclostrobina (99,9) + Fluxapirroxade (50,1)
				Perito(r)	Acefato (970)
	5/4/20	53	Vt	Nativo Engeo Pleno S(r)	Tebuconazol (120) + Trifloxistrobina (60) Tiametoxam (26,5) + Lambda-Cialotrina (35,25)

Tabela 25 - R Datas, estádios fenológicos, produtos comerciais, ingredientes ativos e doses utilizadas para manejo de pragas, doenças e plantas daninhas nos dois ensaios de 2021

Experimento	Data	DAS	Estádio	Marca comercial	Ingredientes ativos (g/ha)
2021 EP1	19/2/21	14	V1	Perito(r) Ampligo(r)	Acefato (970) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	22/2/21	17	V2	Perito(r) Ampligo(r)	Acefato (970) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	2/3/21	25	V3	Calaris(r) Engeo Pleno S(r) Ampligo(r)	Atrazina (1000) + Mesotriona (100) Tiametoxam (26,5) + Lambda-Cialotrina (35,25) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	12/3/21	35	V7	Orkestra(r) Ampligo(r)	Piraclostrobina (99,9) + Fluxapiroxade (50,1) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	1/4/21	55	Vt	Nativo Engeo Pleno S(r)	Tebuconazol (120) + Trifloxistrobina (60) Tiametoxam (26,5) + Lambda-Cialotrina (35,25)
2021 EP2	2/3/21	7	Ve	Perito(r) Ampligo(r)	Acefato (970) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	10/3/21	15	V1	Perito(r)	Acefato (970)
	16/3/21	21	V2	Calaris(r) Ampligo(r)	Atrazina (1000) + Mesotriona (100) Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	24/3/21	29	V4	Ampligo(r)	Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	29/3/21	34	V6	Ampligo(r)	Clorantraniliprole (15) + Lambda-Cialotrina (7,5)
	7/4/21	43	V9	Orkestra(r)	Piraclostrobina (99,9) + Fluxapiroxade (50,1)
	22/4/21	58	Vt	Nativo(R)	Tebuconazol (120) + Trifloxistrobina (60)

Tabela 26 - Resumo dos quadros de análise de variância para a análise conjunta dos 4 experimentos

	Bloco/Experimento	Experimento	Híbrido	Híbrido x Experimento	Resíduo		
Graus de liberdade	12	3	19	57	228	CV (%)	Média
Variável analisada	----- Quadrado médio -----						
Acamamento	1,84	102,28 **	18,69 **	6,88 **	0,85	37,57	2,45
Espigas por planta	0,04	0,39 **	0,03 **	0,02 **	0,01	9,62	0,97
Altura da espiga (cm)	64,68	12.410 **	736,55 **	179,64 **	54,03	6,40	114,93
Altura de planta (cm)	396,81	46.058 **	1.164 **	319,35 **	154,11	6,02	206,25
Nº de fileiras por espiga	0,76	1 ns	25 **	1,41 **	0,72	5,32	15,97
Nº de grãos por fileira	8,11	714 **	60 **	17,70 **	6,03	7,60	32,29
Nº de grãos por espiga	2.615	169.787 **	32.077 **	5.751 **	2.421	9,55	515,23
Grãos avariados (%)	0,63	21,59 **	2,73 **	2,23 **	0,46	90,62	0,75
Rendimento (kg/ha)	815.049	531.896.567 **	9.896.140 **	1.547.079 **	200.457	7,41	6.040,73
Massa de mil grãos (g)	374,77	213.539 **	7.918 **	1.275 **	258,54	6,08	264,52
Aflatoxina total (ppb)	1	2 **	0 ns	0,23 **	0,13	218,75	0,17
Fumonisina B1 (ppb)	602.432	6.092.244 **	2.192.398 **	718.375 **	315.985	135,90	413,63
Fumonisina B2 (ppb)	97.136	745.087 **	277.940 **	107.981 **	49.011	156,77	141,22
Fumonisina total (ppb)	1.141.411	11.510.958 **	3.921.460 **	1.380.853 **	582.921	138,98	549
Deoxinivalenol (ppb)	3.338	37.964 **	15.926 *	9.458 ns	8.445	507,74	18,10
Zearalenona (ppb)	560,21	948,84 ns	1.110 *	1.128,48 **	590,65	579,48	4,19
Teor de proteína (%)	0,25	109,60 **	3,09 **	0,47 **	0,07	2,84	9,27
Teor de gordura (%)	0,04	4,32 **	0,87	0,06 **	0,02	3,86	3,90
Teor de amido (%)	0,77	3,83 **	6,65	2,80 **	0,68	1,25	66,18

ns - Não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1%;

Quadro 1 – Correlação linear de Person entre todas as variáveis analisadas nos experimentos

[illegible]