

OCORRÊNCIA DE MICOTOXINAS EM DIFERENTES CULTIVARES DE MILHO NO ESTADO DE GOIÁS¹

OCCURRENCE OF MYCOTOXINS IN DIFFERENT CORN CULTIVARS IN THE STATE OF GOIÁS

LOPES, Fernando Alcântara²

BRANDÃO, Renata Silva³

RESUMO

O Milho é um dos cereais mais produzidos no mundo com destinação à alimentação humana e animal, desta forma o presente trabalho tem por objetivo analisar as cultivares de milho convencional P4285, P3898, AG1633 e B2828 em relação às contaminações por micotoxinas (aflatoxina, fumonisina, zearalenona e desoxinivalenol) as quais são prejudiciais aos humanos e animais. Essas contaminações foram observadas através de análises de micotoxina realizadas em laboratório. Dentre as micotoxinas, a fumonisina (*F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. crookwellense* e *F. moniliforme*) foi a que teve a maior incidência nas quatro variedades de milho, uma vez que a variedade P4285 teve uma contaminação de 2.850 pbb de fumonisina. Apesar da zearalenona ser produzida a partir do mesmo fungo que a fumonisina (*Fusarium*) ela não apresentou dados consideráveis. Portanto, é possível observar que as cultivares de milho convencional estão mais suscetíveis à contaminação por fumonisina do que pelas outras micotoxinas deste estudo.

Palavras-chaves: Milho convencional; Micotoxina; Fumonisina; Zearalenona.

ABSTRACT

Corn is one of the most produced cereals in the world for human and animal consumption and the objective of this study was to analyze the conventional corn cultivars P4285, P3898, AG1633 and B2828 in relation to contamination by mycotoxins (aflatoxin, fumonisin, zearalenone and deoxynivalenol) which are harmful to humans and animals. These contaminations were observed through mycotoxin analysis carried out in a laboratory. Among the mycotoxins, fumonisin (*F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. crookwellense*, and *F. moniliforme*) had the highest incidence in the four corn varieties, as the P4285 variety had a contamination of 2,850 pbb of fumonisin. Although zearalenone is produced from the same fungus as fumonisin (*Fusarium*), it has not shown considerable data. Therefore, it is possible to

¹Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Inhumas FacMais, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, no primeiro semestre de 2023.

²Acadêmico(a) do 10º Período do curso de Agronomia pela Faculdade de Inhumas. E-mail: fernandolopes@aluno.facmais.edu.br

³Professor(a)-Orientador(a). Dra. em Biotecnologia e Biodiversidade. Docente da Faculdade de Inhumas. E-mail: renatabrandao@gmail.br

observe that conventional corn cultivars are more susceptible to contamination by fumonisin than by other mycotoxins in this study.

Keywords: Conventional corn; Mycotoxin; Fumonisin; Zearalenone.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma gramínea pertencente à família Poaceae e à subfamília Panicoideae (SILVEIRA *et al.*, 2015). É uma espécie anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo afilamento, monóico-monoclina e, com ampla adaptação a diferentes condições ambientais (NUNES, 2022).

O Brasil se destaca na produção mundial dessa importante cultura e, na safra 2021/2022 foi o terceiro maior produtor de milho do mundo, foi produzido cerca de 115,662 milhões de toneladas desse grãos em uma área de 21,665 milhões de hectares (CONAB, 2022). No estado de Goiás a safra de 2021/2022 teve uma área de plantio de 1,919 milhões de hectares e uma produção de 10,173 milhões de toneladas e na safra de 2020/2021 teve uma produção de 8,431 milhões de toneladas, chegando a uma diferença de 20,7% (CONAB, 2022).

Grande parte da produção no Brasil dessa gramínea é destinada para a alimentação animal e humana. Além disso, o milho é usado na produção de biocombustíveis, cosméticos e produtos farmacêuticos. Um grande problema que ocorre na pós-colheita do milho é a contaminação dos grãos por fungos e micotoxinas no campo e nos locais de armazenamento (COTA *et al.*, 2013).

As micotoxinas são substâncias químicas produzidas por fungos que afetam negativamente a qualidade dos grãos de milho. Essas substâncias provocam efeitos tóxicos em animais e seres humanos e conseqüentemente causam prejuízos econômicos aos produtores (ENVIROLOGIX, 2022). As micotoxinas mais prejudiciais aos grãos de milho são a aflatoxina, zearalenona (F- 2), fumonisina, ocratoxina A, tricotecenos (T-2/ HT-2) e desoxinivalenol (DON/ vomitoxina) (ENVIROLOGIX, 2022).

As aflatoxinas são produzidas através do fungo *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, além do milho as respectivas culturas como o amendoim, castanhas, nozes e cereais são também podem ser afetados. A aflatoxina pode ser produzida através de um armazenamento inadequado dos grãos como, alta umidade do produto, alta umidade relativa do ar e temperaturas baixas (UFSM,

2022).

As micotoxinas zearalenona e fumonisinas são produzidas através de fungos do gênero *Fusarium*, especificamente as espécies *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. crookwellense* e *F. moniliforme*. O principal meio de contaminação de ambas estão relacionados com altas umidades, porém a zearalenona está associada com baixas temperaturas e as fumonisinas com temperaturas moderadas e umidades mais altas (UFSM, 2022).

Partindo do princípio de que a contaminação das micotoxinas em alimentos causam diversos danos à saúde animal e humana, o estudo em questão propõe uma pesquisa aprofundada no que tange esses impactos negativos na indústria alimentícia, como por exemplo: Custos indiretos dos sistemas de controle existentes para algumas micotoxinas, custo de destoxicação para poder recuperar um produto aceitável, rejeição do produto pelo mercado. “A rejeição de mercadoria por importadores, ou mesmo a queda nos preços de venda, são prejudiciais à economia de países que, como o Brasil, exporta grande quantidade de produtos altamente susceptíveis à contaminação por micotoxinas” (IAMANAKA, 2010, p.154).

Os possíveis impactos negativos gerados pela aflatoxina além de atingir a indústria alimentícia podem afetar diretamente a saúde e o bem estar dos indivíduos. A aflatoxina dependendo do indivíduo e da quantidade ingerida pode ocasionar cirrose, necrose do fígado, encefalopatia e aumento da susceptibilidade à hepatite B.

A fumonisina, também identificada como uma micotoxina ao entrar em contato com os indivíduos podem causar alguns danos a saúde, como por exemplo: Câncer no esôfago e a ocratoxina pode levar a hepatotóxica, nefrotóxica, carcinogênica (UFSM, 2022).

Enquanto isso, a zearalenona pode causar baixa toxicidade; síndrome de masculinização e feminização em suínos. Por fim, os tricotecenos podem causar hemorragias, vômitos, dermatites (UFSM, 2022).

De acordo com CARDOSO (2014) é necessário ter o estudo de meteorologia para entender quais são os períodos de estiagem e os períodos de maior precipitação pluviométrica, levando em consideração os fatores importantes como a temperatura, umidade para o desenvolvimento da cultura.

Um controle eficiente depende das boas práticas de armazenamento dos grãos, de maneira que não favoreça o aparecimento e proliferação dos fungos, e também de um controle através de testes periódicos. Para manter os grãos em boas

condições possui 5 (cinco) parâmetros: Redução da umidade, temperatura uniforme, controle de insetos, separação dos grãos danificados e boas práticas de armazenamento e controle (ENVIROLOGIX, 2022).

O objetivo do presente estudo foi quantificar as micotoxinas em diferentes cultivares de milho coletadas em caminhões que transportavam das lavouras para a indústria no estado de Goiás.

A fim de alcançar os objetivos mencionados, iniciamos a presente pesquisa apresentando o conceito geral do milho bem como o conceito ao que tange às características das micotoxinas possivelmente encontradas. Para tal, observamos também os malefícios e os impactos causados pela mesma. Posteriormente, o presente trabalho discorreu acerca da metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa. Em seguida, alcançamos os resultados e, portanto, desenvolvemos uma discussão a fim de concluir a motivação pela qual iniciamos a pesquisa.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da referida pesquisa, adotaremos a seguinte metodologia quantitativa.

O experimento foi conduzido no laboratório de recebimento de uma empresa alimentícia que produz ingredientes à base de milho, a referida empresa fica localizada na cidade de Goianira-GO. O experimento foi realizado durante o período da safra 2021/2022.

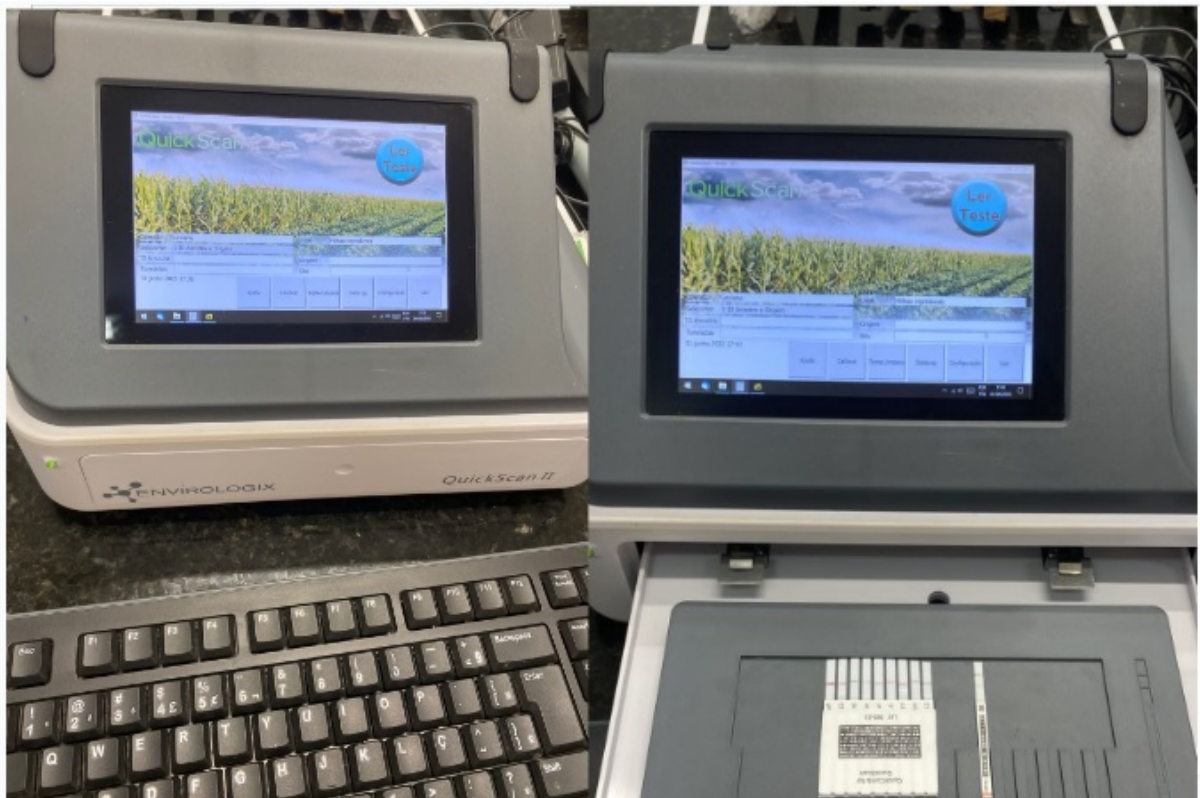
As amostras utilizadas para o desenvolvimento da presente pesquisa foram referentes ao mês de agosto/2022. As variedades observadas foram P4285, P3898, AG1633 e B2828. Para realizar as análises de micotoxinas, adotamos o equipamento “QuickScan II” da empresa Envirologix. A fim de detectar as seguintes micotoxinas: Aflatoxina, fumonisina, zearalenona e desoxinivalenol.

Figura 01: Fitas Quickcomb para detecção de micotoxina.



Fonte: Autor (2023).

Figura 02: Aparelho QuickScanII com a bandeja aberta.

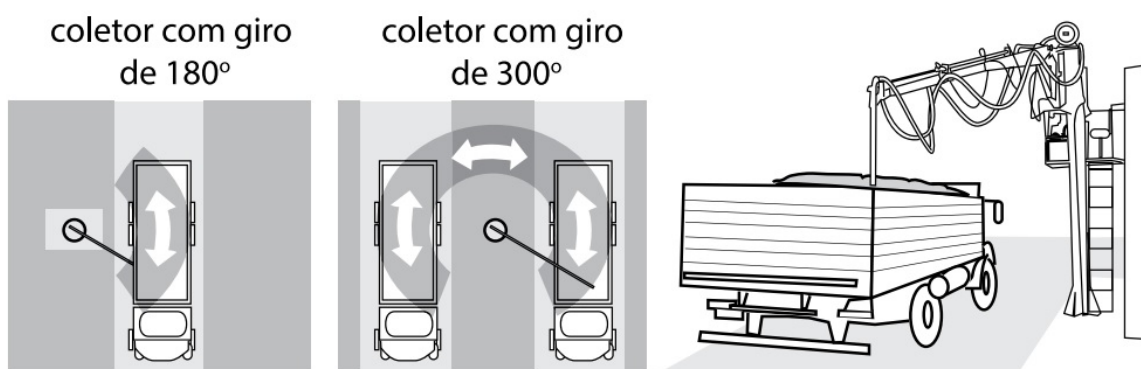


Fonte: Autor (2023).

Para o desenvolvimento do procedimento as amostras foram coletadas dos caminhões que transportavam os grãos de milho das lavouras para a indústria,

através de um calador pneumático fixo (Figura 03), onde o equipamento é fixo e é composto por um braço articulado cujo o nome é denominado de lança telescópica de acionamento hidráulico, sendo extremamente eficaz nas coletas, desde a superfície até o fundo da carga sem nenhum esforço físico do operador, onde pode-se ampliar o número de pontos de coleta e trazendo uma avaliação qualitativa e quantitativa mais correta da carga (CONAB, 2015).

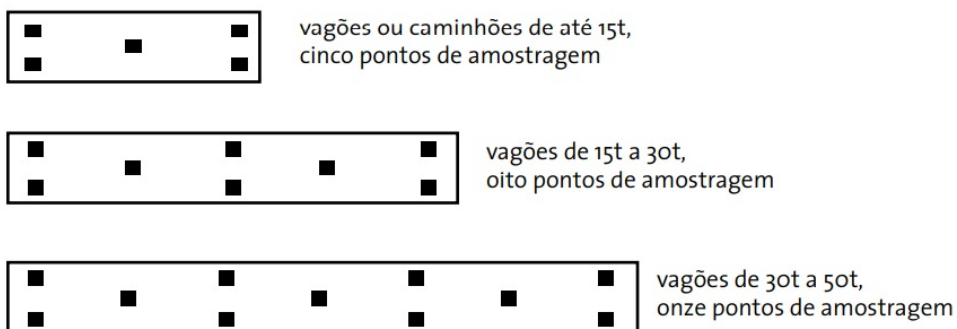
Figura 03: Coleta das amostras nos caminhões.



Fonte: Conab (2015).

A cada ponto coletado precisa de no mínimo 2 kg de amostra e a distância entre os pontos não pode ultrapassar os 2 metros de distância, conforme (figura 04).

Figura 04: Representação dos pontos de coleta nos caminhões.



Fonte: Conab (2015).

Depois das coletas, as amostras foram direcionadas para um homogeneizador e divisor de amostras-tipo Boerner, logo em seguida a retirada das

amostras simples e passadas no homogeneizador é obtidas as amostras compostas que foram direcionadas ao laboratório para uma nova homogeneização, redução, análises e acondicionamento (CONAB, 2015).

As amostras direcionadas ao laboratório foram trituradas, sendo uma amostra representativa de milho para uma malha 20 (tamanho da tela), adicionou-se 25 gramas da amostra em um recipiente, em seguida adicionou-se 1 (um) sachê de EB17 (sulfato de sódio) e 75 mL de água destilada, deionizada ou engarrafada, feito isso agitou-se o recipiente com a amostra junto a solução por 1 minuto no agitador mecânico ou manualmente por 2 minutos, dando continuidade filtrou-se a solução com um papel filtro e logo em seguida foi coletado 100 µL do líquido e colocado no frasco (tubo de ensaio) juntamente com 100 µL da solução tampão DB5. Posteriormente homogeneizou-se a solução para adicionar a fita de teste e cronometrou 4 minutos para obter o resultado. Passado o tempo retirou-se a fita do frasco e cortou as almofadas inferiores das fitas que é marcada com setas e assim colocou as mesmas no suporte Quickscan para assim ser feito a leitura das fitas pelo aparelho conectado ao computador. Após a leitura finalizada foi feito o preenchimento do quadro com a identificação da amostra, dados, e assim salvar ou imprimir o relatório. Para a análise da desoxinivalenol (DON) o procedimento seguirá os mesmos critérios, mas com uma ressalva, pois mudará a solução tampão DB5 para DB6.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, os dados foram submetidos separadamente à análise de variância. Quando se observou diferença significativa pelo F-teste (5%), foi realizado o teste Duncan (5%) para a separação de médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao que tange os resultados obtidos, nenhuma das cultivares de milho apresentaram contaminações das micotoxinas, a aflatoxina e desoxinivalenol. Em contrapartida, a presente pesquisa verificou que a fumonisina e zearalenona contaminaram todas as cultivares.

Os resultados mostraram que 100% das amostras estão abaixo do limite máximo tolerável (LMT) e não apresentam risco à saúde humana e animal. A partir de 01 de janeiro de 2017, uma nova legislação estabeleceu os seguintes limites

máximos tolerados (ppb) para outras micotoxinas em grãos de milho e outros cereais (Brasil, 2017): 5.000 para fumonisina e 40 para zearalenona.

A cultivar B2828 apresentou a menor contaminação de fumonisina e zearalenona, com 1.577,77 ppb e 66,11 ppb (tabela 1), respectivamente, no entanto, a fumonisina foi maior na cultivar P4285 com 2.850 ppb (tabela 1), já cultivar AG1633 apresentou a maior contaminação da micotoxina zearalenona com 83,33 ppb (tabela 1), ambos resultados foram significativos em relação às demais cultivares, pois apresentaram valores abaixo do limite máximo tolerável.

Não verificamos a ocorrência da variação significativa em relação a contaminação com fumonisina na cultivar P3898 com 1.856,66 ppb e na cultivar AG1633 com 1.577,77 ppb (tabela 1), o que também aconteceu com as cultivares P4285 e AG1633 referente a contaminação com zearalenona, que apresentou 74,14 ppb e 77,4 ppb (tabela 1).

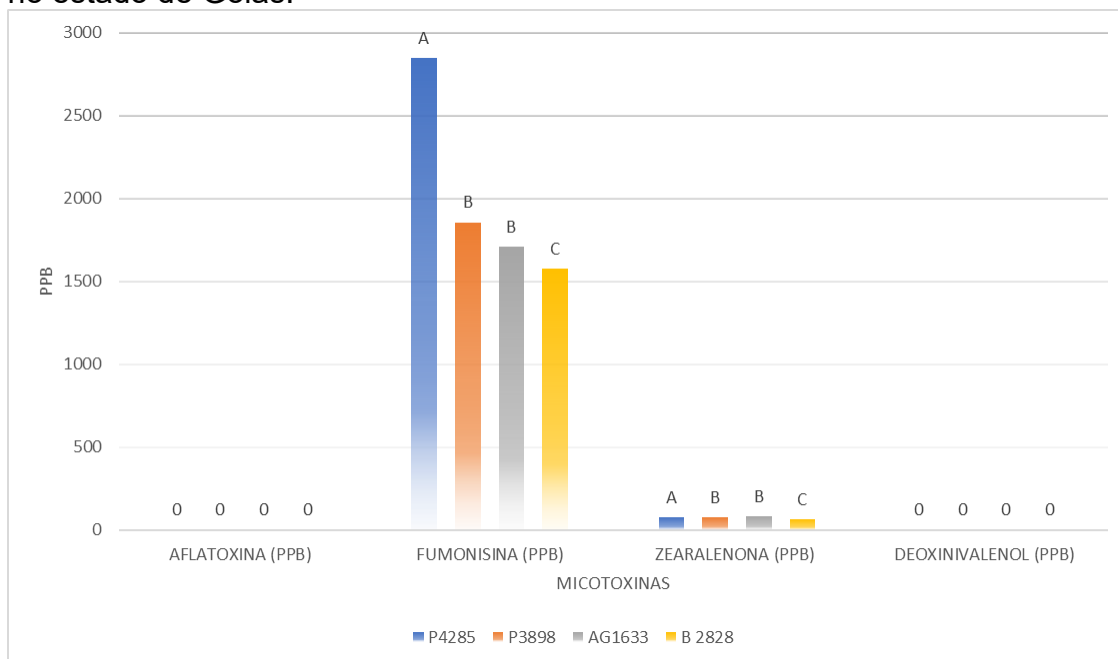
Tabela 01: Valores de micotoxina em cultivares de milhos transportados das lavouras para indústria.

| VARIEDADE | AFLATOXINA (PPB) | FUMONISINA (PPB) | ZEARALENONA (PPB) | DESOXINIVALENOL (PPB) |
|-----------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| P 4285 | 0 | 2.850 A | 74,14 B | 0 |
| P 3898 | 0 | 1.856,66 B | 77,4 B | 0 |
| AG 1633 | 0 | 1.708,33 B | 83,33 A | 0 |
| B 2828 | 0 | 1.577,77 C | 66,11 C | 0 |

Fonte: Autor (2023).

Para uma melhor visualização e entendimento a respeito da proporção dessa ocorrência de contaminação pelas micotoxinas foi gerado um gráfico com as informações referente a tabela 01:

Gráfico 1: Teores de micotoxinas em cultivares de milhos, em um ensaio conduzido no estado de Goiás.



Fonte: Autor (2023).

Resultados semelhantes também foram verificados por Hirooka et al. (1996), analisando 48 amostras de milho do Paraná, Mato Grosso e Goiás, detectaram fumonisinas B1 e B2 na totalidade das amostras, com níveis de 0,6 a 18,52 µg/g (ppb) de FB1 e de 1,2 a 19,13 µg/g (ppb) de FB2.

FEDDERN (2018) em sua pesquisa desenvolveu 1086 análises micotoxicológicas realizadas em milho em um período de dois anos, 2016 e 2017. Dessa forma, FEDDERN aponta os respectivos resultados, afirmando que:

[...] os resultados mostraram que a maioria das amostras (52,4%) estiveram abaixo do LD e 33,9% abaixo do limite máximo tolerável (LMT), de 20 ppb para aflatoxinas em 2016; enquanto que em 2017, similares tendências foram observadas (53,5% abaixo do Limite de detecção e 44,4% abaixo do LMT). Para DON, nas 16 amostras analisadas em 2016, todas foram positivas, sendo que 81,3% e 18,7% apresentaram resultados, respectivamente, inferiores e superiores a 1000 ppb, sendo a concentração máxima igual a 1460 ppb. Em 2017, a maioria (75,5%) também apresentou resultados inferiores ao LMT. Comparando-se os dois anos, 78% das análises apresentaram-se abaixo do LMT [...] (FEDDERN, 2018 p.3).

Portanto, observamos que as micotoxinas desoxinivalenol e aflatoxina encontram-se com pouca ocorrência de contaminação nos grãos de milho, e que quando detectada é em uma concentração próxima ao LMT.

Para a fumonisina e zearalenona FEDDERN (2018) afirma os seguintes resultados:

[...] quanto à fumonisina, das 167 amostras analisadas, em 41 (24,5%) não houve detecção, sendo que a maioria (65,9%), correspondente a 110 amostras, apresentou valores inferiores ao LMT, de 5000 ppb. Apenas 9,6% das amostras tiveram concentração superior ao LMT. Durante o ano de 2017, a maioria das amostras (69,6%) também ficou abaixo do LMT, enquanto que 7,1% ficou acima deste limite. Comparando os dois anos, a média de resultados abaixo deste limite tolerável foi de 92% [...] . [...] a micotoxina ZEA não foi detectada em 43,8% das amostras em 2016 e 69,3% em 2017. As análises que apresentaram concentração inferior ao limite de 500 ppb no mesmo período, foram respectivamente 56,2% e 29,4%. Não houveram valores acima do limite tolerável em 2016, enquanto que em 2017, apenas uma amostra (1,3%) ficou acima deste limite. Portanto, 99% das análises, comparando os dois anos, tiveram resultados abaixo do limite tolerável (FEDDERN, 2018 p.3).

Então, comparando os resultados e levando em consideração a quantidade de 4 amostras analisadas é possível observar que a ocorrência de fumonisinas e zearalenona no milho é mais recorrente, visto que em alguns casos essa ocorrência não é prejudicial à alimentação humana e animal. Para a aflatoxina e desoxinivalenol é possível observar que a ocorrência não possui risco à saúde humana e animal, uma vez que as duas micotoxinas estão próximas do limite de detecção.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o exposto, todas as amostras estão abaixo dos limites toleráveis. Sendo assim, a contaminação das micotoxinas fumonisina e zearalenona estão presentes em todas as cultivares, mas não ultrapassando o limite máximo de tolerância. E ainda a aflatoxina e desoxinivalenol não foram detectadas nas 4 análises realizadas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC N° 138, de 8 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática De Köppen-Geiger Para o Estado De Goiás e o Distrito Federal. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.8, n.16, Jan./Mar. de 2014. pp.40-55.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Instruções para amostragem de grãos**. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: <https://www.conab.gov.br> . Acesso em: 28 mai. 2023.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/2022 e chega a 271,2 milhões de toneladas**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas> . Acesso em: 14 set. 2022.

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SABATO, E. O.; SILVA, D. D. **Histórico e Perspectivas das Doenças na Cultura do Milho**, Embrapa, Sete Lagoas. 1. ed., p. 5. Dezembro, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95066/1/circ-193.pdf>. Acesso em: 07 de set. 2022.

ENVIROLOGIX. **O que são micotixinas?** Disponível em: <http://envlogixbrazil.wpengine.com/testes-de-micotixinas/>. Acesso em: setembro/2022.

FEDDERN, V.; VIEIRA, O. F. V.; VIEIRA, J. C.; LIMA, G.J.M.M. Ocorrência de micotoxinas em milho no Brasil nos anos de 2016 e 2017. *In*: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR- DESENVOLVENDO MITOS, 6. 2018, Gramado

HIROOKA, E.Y.; YAMAGUCHI, M.M.; AOYAMA, S.; SUGIURA, Y.; UENO, Y. The natural occurrence of fumonisins in Brazilian corn kernels. *Food Additives and Contaminants*, v. 13, p. 173-183, 1996.

IAMANAKA, Beatriz Thie.; OLIVEIRA, Idjane Santana. TANIWAKI, Marta Hiromi. Micotoxinas em alimentos. **Anais da academia pernambucana de ciência agrônômica**. Recife, vol 7, p. 138-161, 2010.

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

O que são Micotoxinas? - LAMIC. Laboratório de Análises Micotoxicológicas. Disponível em: <https://www.lamic.ufsm.br/site/micotoxinas/o-que-sao-micotoxinas>. Acesso em: 02 Fev 2023.