



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
CURSO DE BIOMEDICINA**

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE AS MICOTOXINAS
PRESENTES NOS ALIMENTOS**

Orientadora: Vania Cristina Rodriguez Salazar

Orientando: Hygor Ferreira Rodrigues

GOIÂNIA

2022

HYGOR FERREIRA RODRIGUES

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE AS MICOTOXINAS
PRESENTES NOS ALIMENTOS**

Artigo de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção de título de graduação em Biomedicina pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sob orientação da Profa, Vânia Cristina Rodriguez Salazar

GOIÂNIA

2022

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1 GENERALIDADES	5
1.2. PRINCIPAIS TIPOS DE MICOTOXINAS E SEUS EFEITOS	8
1.3. LEGISLAÇÃO	11
1.4. MICOTOXINAS NO BRASIL	12
1.5. IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS E DE MICOTOXINAS	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONCLUSÃO	17
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	17

RESUMO

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por alguns tipos de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. O efeito tóxico das micotoxinas na saúde animal e humana é referido como micotoxicose. Os efeitos de algumas micotoxinas de origem alimentar podem ser agudos com sintomas de doença grave que aparecem rapidamente após o consumo de produtos alimentares contaminados com micotoxinas. Por outro lado, algumas micotoxinas que ocorrem em alimentos têm sido associadas a efeitos de longo prazo na saúde, incluindo a indução de câncer e deficiência imunológica. O objetivo deste trabalho foi fazer um levantamento bibliográfico sobre as principais micotoxinas encontradas em alimentos seus principais efeitos tóxicos. Para isso foi realizada uma busca online na Biblioteca Scielo, Virtual de Saúde (BVS), google academico e Pubmed, usando os seguintes descritores: micotoxinas e contaminação e os seus respectivos termos em inglês. De acordo com o levantamento realizado, os principais tipos de micotoxinas encontradas em alimentos foram: Aflatoxina, fumonisina, desoxinivalenol, vomotoxina e zearalenona. Essas substâncias tóxicas são conhecidas por serem cancerígenas, neurotóxicas, nefrotóxicas, dermatotóxicas ou imunossupressoras. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), aproximadamente 25% dos alimentos produzidos no mundo estão contaminados com micotoxinas, gerando perdas anuais de um bilhão de dólares e que gera um altíssimo impacto econômico. Portanto, tornam-se necessários mais trabalhos para conhecer melhor em quais alimentos estas toxinas podem estar presentes e assim melhorar a fiscalização dos alimentos e evitar intoxicações.

Palavras-chave: micotoxinas, aflatoxinas, micotoxicose

1. INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por alguns tipos de fungos. Estas toxinas são produzidas principalmente por espécies que pertencem aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, sendo tóxicas para humanos e animais, quando ingeridas em pequenas quantidades. Os fungos produtores de micotoxinas proliferam sob condições específicas, como alta umidade, alta temperatura, pH, composição química do alimento, potencial redox e falhas na implementação de boas práticas agrícolas. O amendoim, por exemplo, pode apresentar elevados índices de contaminação por aflatoxinas (um tipo de micotoxinas), já no milho pode-se observar a presença da micotoxina fumonisina, que é um subproduto natural dos fungos *Fusarium*, que crescem no solo e nas plantas. (MAZIERO, BERSOT, 2010, p. 89-99).

O efeito tóxico das micotoxinas na saúde animal e humana é referido como micotoxicose. A exposição às micotoxinas ocorre principalmente por ingestão, mas também pode ocorrer pelas vias dérmica e inalatória. A extensão dos efeitos adversos das micotoxinas na saúde humana ou animal depende principalmente da extensão da exposição (dose e período de exposição), tipo de micotoxinas, estado fisiológico e nutricional, bem como possíveis efeitos sinérgicos de outros produtos químicos aos quais os animais ou humanos estão expostos (LIEW, MOHD-REDZWAN, 2018).

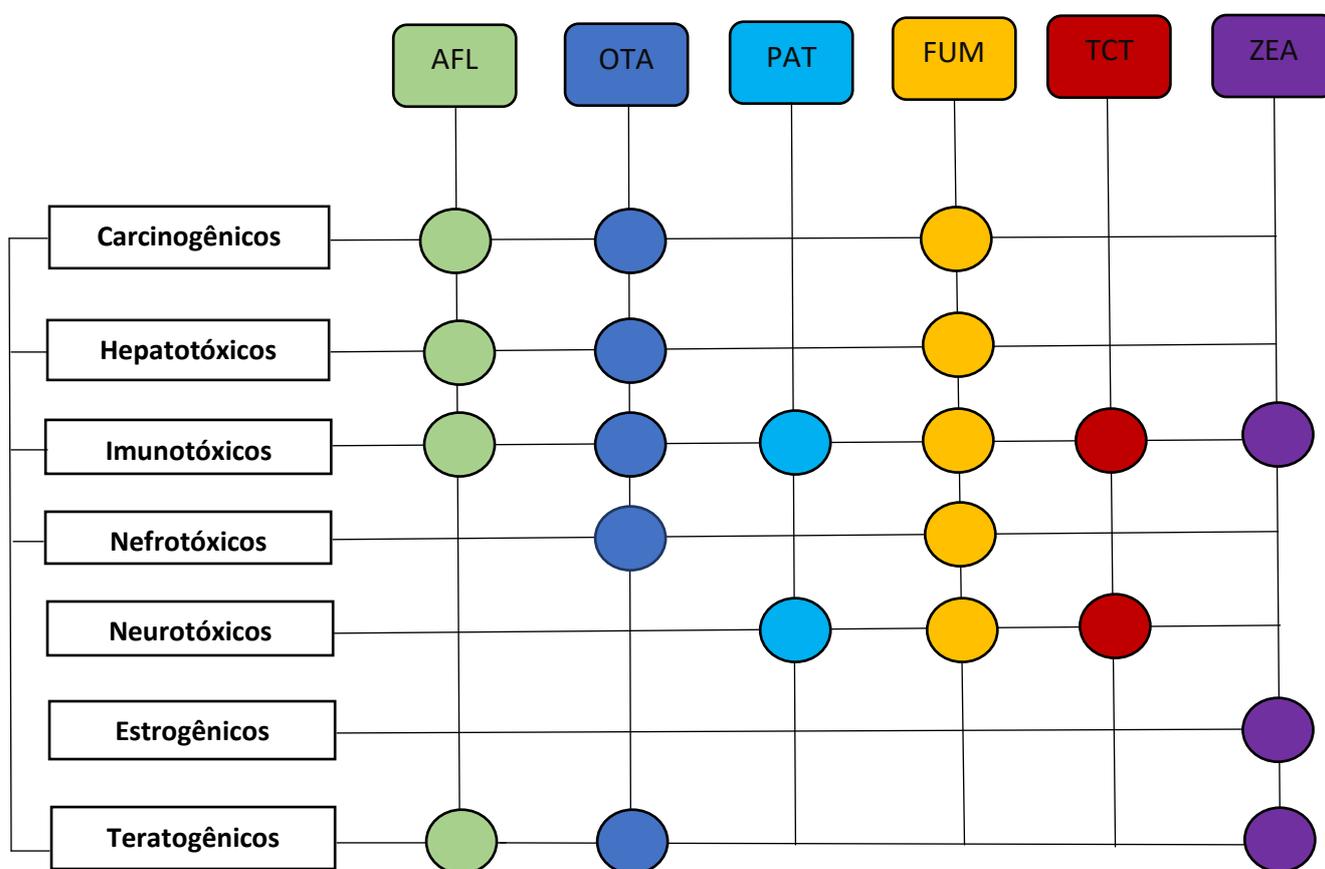
Os efeitos de algumas micotoxinas de origem alimentar podem ser agudos com sintomas de doença grave que aparecem rapidamente após o consumo de produtos alimentares contaminados com micotoxinas. Por outro lado, algumas micotoxinas que ocorrem em alimentos têm sido associadas a efeitos de longo prazo na saúde, incluindo a indução de câncer e deficiência imunológica (WHO, 2022).

A micotoxicose crônica causa maior impacto na saúde humana. As micotoxinas podem induzir diversos efeitos tóxicos graves, visto que algumas micotoxinas são carcinogênicas, mutagênicas, teratogênicas, estrogênicas, hemorrágicas, imunotóxicas, nefrotóxicas, hepatotóxicas, dermatotóxicas e

neurotóxicas. Frequentemente, a micotoxicose não é reconhecida pelos profissionais médicos (LIEW, MOHD-REDZWAN, 2018).

As principais micotoxinas conhecidas atualmente são: aflatoxina (AFL), ocratoxina A (OTA), patulina (PAT), fumonisina (FUM), tricotecenos (TCT) e zearalenona (ZEA) (LIEW, MOHD-REDZWAN, 2018). A figura 1 mostra os efeitos descritos para as principais micotoxinas isoladas de fungos.

Figura 1. Efeitos tóxicos causados pelas principais micotoxinas isoladas.



Aflatoxina (AFL), Ocratoxina (OTA), Patulina (PAT), Fumagina (FUM), Tricotecenos (TCT), Zearalenona (ZEA)

Fonte: CINAR, ONBAŞI, 2019

A Agência Internacional para Pesquisa em Câncer (*International Agency for Research on Cancer – IARC*) criou um programa que analisa a evidência da carcinogênese de diversos agentes biológicos, químicos e físicos utilizando estudos epidemiológicos e dados de efeitos biológicos, através de experiências que avaliam os efeitos toxicológicos, cinéticos, metabólicos que ocasionam

alterações no DNA e que com isso iniciem processo de carcinogênese. (PEREIRA, 2011). Risco de carcinogenicidade para humanos segundo classificação IARC:

- grupo 1: o agente ou mistura é carcinogênico para o homem;
- grupo 2: o grau de evidência de carcinogenicidade em humanos não existe, mas, sim, em animais. Está subdividido em dois subgrupos:
 - 2A: o agente é provavelmente cancerígeno para humanos;
 - 2B: o agente é possivelmente cancerígeno para humanos;
- grupo 3: o agente não é classificável como carcinogênico para humanos;
- grupo 4: o agente é provavelmente não carcinógeno para humanos.

Algumas micotoxinas foram incluídas nos grupos 1 (Essa categoria é usada quando há evidência suficiente de carcinogenicidade nos humanos), 2B (possivelmente cancerígeno para humanos) e 3 (Essa categoria é usada mais comumente para agentes para os quais a evidência de carcinogenicidade é inadequada para humanos e inadequada ou limitada em experimentos animais) da IARC de acordo com o processo de carcinogênese gerado conforme tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das Micotoxinas de acordo com a Agência Internacional para Pesquisa em Câncer (*International Agency for Research on Cancer – IARC*) .

CLASSIFICAÇÃO	MICOTOXINAS
CARCINÓGENO DO GRUPO 1	Aflatoxinas
CARCINÓGENO DO GRUPO 2B	Fumonisina Ocratoxina
CARCINÓGENO DO GRUPO 3	Tricoteceno Zearalenona Patulina

Fonte: PEREIRA. SANTOS, 2011

Embora mais de 300 micotoxinas tenham sido identificadas, cerca de 12 demonstraram ocorrer naturalmente em alimentos e rações em níveis e frequência significativos como uma preocupação de segurança alimentar (LIEW, MOHD-REDZWAN, 2018).

Estima-se que 25% das culturas do mundo, como nozes, cereais e arroz, estão contaminadas por mofo e crescimento de fungos, conforme Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação e pela Organização Mundial da Saúde (LIEW, MOHD-REDZWAN, 2018).

A exposição à micotoxinas não se limita apenas a micotoxinas puras, mas também a micotoxinas mascaradas que se formam quando as plantas se protegem conjugando micotoxinas a biopolímeros. Além disso, algumas pessoas são mais suscetíveis a contrair micotoxicose do que outras, e isso se deve à variabilidade farmacogenética em que mutações genéticas específicas, como os genes do citocromo p450 (CYP 450), podem aumentar ou diminuir a atividade metabólica (citotoxicidade) das micotoxinas (LIEW, MOHD-REDZWAN, 2018).

1.2. PRINCIPAIS TIPOS DE MICOTOXINAS E SEUS EFEITOS

As aflatoxinas são micotoxinas que podem ser encontradas em frutas secas e cereais em condições de umidade e temperatura elevadas. Elas constituem um risco a saúde humana, devido aos seus efeitos tóxicos imediatos, imunossupressores, mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (RICHARD, 2007). As aflatoxinas tem recebido grande atenção em comparação com as demais micotoxinas, devido aos efeitos carcinogênicos que podem provocar em animais e o efeito agudo tóxico em seres humanos (PEREIRA *et al.*, 2002).

As aflatoxinas estão entre as micotoxinas mais tóxicas e são produzidas por certos fungos (*Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*) que crescem no solo, vegetação em decomposição, feno e grãos. As culturas frequentemente afetadas por *Aspergillus spp.* incluem cereais (milho, sorgo, trigo e arroz), oleaginosas (sementes de soja, amendoim, girassol e algodão), especiarias

(pimenta malagueta, pimenta preta, coentro, açafrão e gengibre) e frutos de casca rija (pistácio, amêndoa, noz, coco e Castanha do Brasil). As micotoxinas também podem ser encontradas no leite de animais que são alimentados com ração contaminada, na forma de aflatoxina M1. Grandes doses de aflatoxinas podem levar a intoxicação aguda (aflatoxicose) e podem ser fatais, geralmente por danos ao fígado. As aflatoxinas também demonstraram ser genotóxicas, o que significa que podem danificar o DNA e causar câncer em espécies animais. Há também evidências de que eles podem causar câncer de fígado em humanos (WHO, 2022).

Em 1974, houve um surto de hepatite por aflatoxina na Índia, resultando em cerca de 106 mortes. Em 2004, no Quênia o maior surto já registrado, onde 317 pessoas adoeceram e 125 pessoas morreram por causa do consumo de milho mofado que foi colhido precocemente e armazenado em condições inadequadas de colheita. Em 2013, países da Europa, incluindo Romênia, Sérvia e Croácia, relataram que o leite nacional estava contaminado com aflatoxina (CINAR, ONBAŞI, 2019).

A ocratoxina (A) foi descoberta em 1965 como um metabólito de *Aspergillus ochraceus* durante estudos que objetivavam descobrir novas moléculas de micotoxinas (VAN DER MERWE et al., 1965). Ela apresenta estrutura química semelhante à das aflatoxinas, sendo representada por uma isocumarina substituída, ligada a um grupo L- fenilalanina. Um dado importante é que nem todas as cepas isoladas de *Aspergillus ochraceus* são capazes de produzir ocratoxina (A). (HEENAN et al., 1998; TERENCE et al., 1996).

A ocratoxina A é produzida por várias espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* e é uma micotoxina comum contaminante de alimentos. Foi detectada pela primeira vez em 1970, no sangue humano no sudeste da Europa. A contaminação de produtos alimentares ocorre em todo o mundo, principalmente em cereais e produtos à base de cereais como os grãos de café, frutos secos da videira, vinho e suco de uva, especiarias e o alcaçuz que é uma planta medicinal utilizada para tratar vários problemas de saúde, especialmente problemas de estômago, inflamação e doenças respiratórias). (ECYCLE,2022)

A ocratoxina A é formada durante o armazenamento das colheitas e é conhecida por causar uma série de efeitos tóxicos em espécies animais. O efeito mais sensível e notável é o dano renal, mas a toxina também pode ter efeitos no desenvolvimento fetal e no sistema imunológico. Ao contrário da evidência clara de toxicidade renal e câncer renal devido à exposição à ocratoxina A em animais, essa associação em humanos não é clara, no entanto, efeitos nos rins foram demonstrados (WHO, 2022). (CINAR, ONBAŞI, 2019).

A patulina é uma micotoxina produzida por uma variedade de fungos, particularmente *Aspergillus*, *Penicillium* e *Byssochlamys*. Dentre as espécies produtoras de patulina o *Penicillium expansum* é o mais importante, visto que é um contaminante comum de maçãs e outras frutas. O fungo se desenvolve em partes de frutas danificadas mecanicamente ou por pragas, onde se observa o apodrecimento, além disso, a patulina pode ser detectada também em frutas visivelmente sadias (JACKSON et al., 2003).

A patulina é frequentemente encontrada em maçãs podres e produtos de maçã, bem como em várias frutas mofadas, grãos e outros alimentos. As principais fontes alimentares humanas de patulina são maçãs e suco de maçã feito de frutas afetadas. Os sintomas agudos em animais incluem danos no fígado, baço e rins e toxicidade para o sistema imunológico. Para humanos, náuseas, distúrbios gastrointestinais e vômitos foram relatados. A patulina é considerada genotóxica, no entanto, um potencial carcinogênico ainda não foi demonstrado (WHO, 2022).

A respeito da Fumonisina é uma micotoxina produzida pelas cepas de *Fusarium moliniforme*, encontrada principalmente em milho. Essa micotoxina pode ser fatal para alguns animais, como os equinos, nos quais causa a leucoencefalomalacia, que se caracteriza pela formação de cavitações na substância branca do cérebro, acompanhada de amolecimento da mesma, resultando em morte. O efeito das fumonisinas em humanos não estão bem esclarecidos, no entanto, evidências sugerem a ocorrência de câncer de esôfago (PITT, 2000)

Os fungos *Fusarium* são comuns ao solo e produzem uma gama de diferentes toxinas, incluindo tricotecenos como desoxinivalenol (DON), nivalenol (NIV) e toxinas T-2 e HT-2, além de zearalenona (ZEN) e fumonisinas. A formação de bolores e toxinas ocorre em uma variedade de diferentes culturas de cereais. Diferentes toxinas produzidas pelo fungo *Fusarium* estão associadas a certos tipos de cereais. Por exemplo, tanto DON quanto ZEN são frequentemente associados com trigo, toxinas T-2 e HT-2 com aveia e fumonisinas com milho (milho). Os tricotecenos podem ser extremamente tóxicos para os seres humanos, causando irritação rápida na pele ou na mucosa intestinal e levando à diarreia. Os efeitos crônicos relatados em animais incluem a supressão do sistema imunológico. ZEN demonstrou ter efeitos hormonais e estrogênicos e pode causar infertilidade em altos níveis de ingestão, particularmente em suínos. As fumonisinas têm sido relacionadas ao câncer de esôfago em humanos e à toxicidade hepática e renal em animais (WHO, 2022).

1.3. LEGISLAÇÃO

Existem muitos países que possuem legislação para regulamentar os níveis de micotoxinas em alimentos para tentar garantir a saúde humana e animal contra os efeitos nocivos dessas toxinas. Por outro lado, também deve-se considerar os aspectos político e econômico em razão dos interesses comerciais e o impacto na oferta dos alimentos. (VAN EGMOND e DEKKER, 1995; VERARDI e FROIDMONT-GORTZ, 1995; VAN EGMOND e JONKER, 2004).

Por outro lado, até 2007 na maioria dos países africanos não existia legislação para micotoxinas, já nos países africanos que possuem alguma legislação apenas as aflatoxinas são contempladas. Dentre os países daquele continente, o Marrocos possui a legislação mais avançada. (FREIRE, 2007, p. 30).

No Brasil, as aflatoxinas são as únicas micotoxinas cujos limites máximos em alimentos são previstos na legislação. Em 2002, foi publicado no

Diário Oficial da União na resolução RDC nº 274 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que estabelece os limites máximos de aflatoxinas admissíveis no leite fluído, no leite em pó, no amendoim, na pasta de amendoim, no milho em grão, na farinha ou sêmola de milho para consumo humano, bem como os planos de amostragem e métodos de análise correspondentes (BRASIL, 2002).

1.4. MICOTOXINAS NO BRASIL

Uma pesquisa de Gonçalves et al. avaliou a presença de micotoxinas em amostras de amendoim coletadas em diferentes etapas da produção; 32% das amostras apresentaram contaminação por aflatoxina B1 e B2, com concentrações variando entre 3,79 a 125,07 ppb e 0,07 a 2,3 ppb, respectivamente (GONÇALEZ *et al.*, 2008).

Em 2002, a Vigilância Sanitária no Paraná coletou 38 amostras de doces de amendoim para determinação de aflatoxinas B1, B2, G1 (G1 - Essa categoria é usada quando há evidência suficiente de carcinogenicidade nos humanos) e G2 (G2 - Essa categoria inclui agentes para os quais a intensidade de evidência de carcinogenicidade em humanos é quase suficiente, assim como aqueles para os quais não há dados em humanos, mas há uma evidência em experimentos animais) 73,68% das amostras de doces de amendoim estavam contaminadas com aflatoxinas numa faixa de 25,95 a 350,02 mg/kg para soma de aflatoxinas B1 e G1; e 15,79% ultrapassaram o limite de 20 mg/kg para a soma de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 estabelecido pela Resolução nº 274 / ANVISA (Einzendeher et al., 2005). A ocorrência de aflatoxinas é maior no amendoim devido à afinidade do *Aspergillus flavus* por este alimento e, principalmente, quando as condições de umidade e temperatura são favoráveis ao seu crescimento (DINIZ, 2002).

1.5. IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS E DE MICOTOXINAS

Existem diversas maneiras para a detecção de micotoxinas, com suas vantagens e desvantagens. O método oficial de detecção de micotoxinas descrito em “Association of Official Analytical Chemists” (AOAC) para análise quantitativa de micotoxinas é a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Cromatografia em Camada Delgada (CCD) foi a primeira técnica cromatográfica para análise de micotoxinas até a década de 90 era recomendada por órgãos oficiais para avaliação da ocorrência de corantes sintéticos, carotenoides, açúcares, aminoácidos, grupos de metais e micotoxinas em alimentos. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) é um tipo de cromatografia líquida que emprega pequenas colunas, recheadas de materiais especialmente preparados e uma fase móvel que é eluída sobre altas pressões e também a Cromatografia Líquida com Detector de Massa (LC-MS) é a união entre técnica de separação (LC) e uma de detecção (MS/MS) (XAVIER, 2007).

Dentre os métodos que utilizam imunoenaios para detecção de micotoxinas, somente as técnicas de Radioimunoensaio (RIA) e o Teste Imunoenzimático de Quantificação de Anticorpos (ELISA) tem sido adotados para esta finalidade.

Os métodos mais empregados para quantificação de micotoxinas são: cromatográficos, Elisa (*Enzyme linked immunosorbent assay*) e NIR (*Near Infrared spectroscopy*).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer um levantamento bibliográfico sobre as principais micotoxinas encontradas em alimentos seus efeitos tóxicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Escolher as bases de dados a serem utilizadas

- Fazer a busca de artigos referentes ao tópico abordado nas bases de dados selecionadas.
- Analisar os artigos selecionados
- Escrever o trabalho de conclusão de curso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica que é um método que serve para sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão.

Para levantamento dos artigos foi realizada uma busca online na Biblioteca SciELO, Virtual de Saúde (BVS), google academico e Pubmed, usando os seguintes descritores: micotoxinas e contaminação e os seus respectivos termos em inglês. Os critérios de inclusão foram textos em inglês ou português, disponíveis na íntegra, publicações de 1992 a 2022. O critério de exclusão foram artigos que não respondem ao objetivo geral.

Para a seleção dos estudos foi utilizada a questão norteadora e os critérios de seleção adotados nesta revisão. Os estudos elegíveis foram selecionados a partir da leitura criteriosa do título e resumo, e ainda de artigos na íntegra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos dados podemos considerar que as micotoxinas são metabólitos secundários tóxicos produzidos por certos fungos filamentosos (mofos) e que ocorrem naturalmente de forma inevitáveis.

Eles podem entrar em nossa cadeia alimentar diretamente a partir de componentes alimentares à base de plantas contaminadas com micotoxinas ou por contaminação indireta do crescimento de fungos toxigênicos nos alimentos. As micotoxinas podem se acumular no milho em maturação, cereais, soja, sorgo, amendoim e outras culturas de alimentos e rações no campo e em grãos durante o transporte. O consumo de alimentos ou rações contaminados com

micotoxinas pode causar toxicidade aguda ou crônica em humanos e animais. Além das preocupações com os efeitos adversos do consumo direto de alimentos e rações contaminados com micotoxinas, há também preocupação de saúde pública com a ingestão potencial de produtos alimentícios derivados de animais, como carne, leite ou ovos, contendo resíduos ou metabólitos de micotoxinas (ALSHANNAQ & Yu, 2017).

Entre os estudos analisados podemos destacar que as micotoxinas são encontradas em qualquer parte do mundo.

Twarużek et al., (2021), fizeram um estudo na Polônia para avaliar os níveis de contaminação por micotoxinas de matérias-primas e produtos para animais nos anos de 2015-2020, num total de 3.980 amostras (642 amostras de milho, 2.027 amostras de ração, 990 amostras de grãos pequenos, 142 amostras de silagem de milho e 179 amostras de silagem de dieta total (TMR). O desoxinivalenol e a zearalenona foram os contaminantes mais comuns nas amostras de milho (97,3% e 98,4%, respectivamente) e nas amostras de ração (99,7% e 100% das amostras, respectivamente). Eles também estavam presentes em todas as amostras de silagem de milho e silagem de dieta total (TMR). Os maiores níveis de concentração de desoxinivalenol e zearalenona foram 16.889 µg/kg na amostra de trigo e 1.420 µg/kg na amostra de milho. Além disso, em 51 amostras, o nível de micotoxinas (principalmente níveis de desoxinivalenol e zearalenona) estava acima dos níveis recomendados pela União Europeia.

Rodríguez-Blanco et al., (2020) na Espanha no total, 112 amostras (58%) de silagem de dieta total estavam contaminadas com pelo menos uma micotoxina e 38 amostras (20%) apresentaram mais de uma micotoxina. As fumonisinas (FBs) foram as micotoxinas mais encontradas (34% das amostras positivas). DON foi detectado em 17% das amostras e ZEN foi detectado em 16% das amostras. Entre os metabólitos analisados, apenas desoxinivalenol-3-glicosídeo (DON-3-Glc) e 15-acetildesoxinivalenol (15-ADON) foram detectados. Os níveis de todas as micotoxinas *Fusarium* estudadas estiveram sempre abaixo dos valores recomendados pela Comissão Europeia para rações.

No Brasil um estudo realizado por Toledo et al., (2017) no Paraná para analisar a ocorrência de micotoxinas em amostras de silos coletadas em 54 propriedades, localizadas na Microrregião Geográfica Apucarana, no Norte do Paraná. As amostras foram analisadas quanto a pH, análises bromatológicas e análises micotoxicológicas (aflatoxina – AFLA; zearalenona – ZEA; Vomotoxina – DON; e fumonisina – FB)

A tabela 2 apresenta um resumo dos principais estudos encontrados e as respectivas toxinas.

Tabela 2. Principais estudos encontrados e toxinas

Toxinas encontradas no Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Aflatoxina
TOLEDO, 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Zearalenona • Vomotoxina • Fumonisina
Toxinas encontradas na Holanda	<ul style="list-style-type: none"> • Desoxinivalenol
TWARUŽEK et al., 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Zearalenona
Toxinas encontradas na Espanha	<ul style="list-style-type: none"> • Fumonisinas
RODRÍGUEZ-BLANCO et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Desoxinivalenol • Zearalenona

FONTE: RODRIGUES, Hygor Ferreira, 2022.

As incidências das micotoxinas foram de 85,1% para DON, 74,4% para ZEA, 48,9% e para AFLA. As silagens de milho avaliadas apresentaram composição bromatológica dentro dos padrões recomendados para este volumoso. A micotoxina DON foi a de maior incidência. Apenas 2,1% das silagens apresentaram teores de Aflatoxinas acima dos limites permitidos na legislação brasileira. As silagens apresentaram-se despadronizadas com relação ao tamanho de partículas. Silagens com elevada compactação tiveram menor pH, e menores quantidades de Aflatoxinas (TOLEDO, 2017).

O crescimento fúngico pode ser controlado pela secagem dos produtos a níveis seguros de umidade (atividade de água e teor de água): substâncias químicas que inibem o desenvolvimento fúngico. Vários ácidos orgânicos, tais como ácido sórbico, ácido benzóico, ácido propiônico, ácido acético e ácido fórmico têm sido utilizados como preservativos/ emprego da radiação gama/ Melhoramentos genéticos também têm sido desenvolvidos

5. CONCLUSÃO

Esta revisão concisa tentou reunir os principais trabalhos para destacar os principais achados das micotoxinas em alimentos. Os alimentos pesquisados nestes estudos foi a silagem de dieta total. Os principais tipos de micotoxinas encontradas foram: Aflatoxina, fumonisina, desoxinivalenol, vomotoxina e zearalenona. Essas substâncias tóxicas são conhecidas por serem cancerígenas, neurotóxicas, nefrotóxicas, dermatotóxicas ou imunossupressoras, portanto, tornam-se necessários mais trabalhos para conhecer melhor em quais alimentos estas toxinas podem estar presentes e assim melhorar a fiscalização dos alimentos e evitar intoxicações.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), aproximadamente 25% dos alimentos produzidos no mundo estão contaminados com micotoxinas, gerando perdas anuais de um bilhão de dólares. Os impactos econômicos podem resultar em perdas entre 50% e 100% do valor comercial dos grãos, na redução da eficiência produtiva em animais, além de custos com monitoramento e controle para evitar a mistura de lotes contaminados com grãos sadios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALSHANNAQ, A; YU, J. H. Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. **Int J Environ Res Public Health.**, v. 14, n. (6), p:632., 2017.

BITTENCOURT, D.; DIAS, J. A.; ALVARES, V. S. Micotoxinas em amêndoas da castanheira-do-brasil. In: **Embrapa Amapá-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Tropical Plant Pathology, Brasília, DF, v. 37, 2012.

Brasil. Resolução RDC no 274, **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, Diário Oficial da União, 16/10/2002.

CINAR, A. ONBAŞI, E. Mycotoxins: The Hidden Danger in Foods. In: Sabuncuoğlu, S. editor. **Mycotoxins an Food Safety**. London: IntechOpen; 2019.

DINIZ, S.P.S.S. **Micotoxinas**. Livraria e Editora Rural. 181p. 2002.

ECYCLE. As micotoxinas são substâncias químicas tóxicas produzidas por fungos durante o processo de decomposição dos alimentos. 2022. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/micotoxinas/>

FREIRE, Francisco das Chagas Oliveira et al. Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal. **Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, v. 48, 2007.

GONÇALEZ, E.; NOGUEIRA, J.H.C.; FONSECA, H.; FELICIO, J.D.; PINO, F.A.; CORRÊA, B. **Mycobiota and mycotoxins in Brazilian peanut kernels from sowing to harvest**. Int. J. Food Microbiol. v.123, p.184-190, 2008.

HEENAN, C. N.; SHAW, K. J.; PITT, J. I. **Ochratoxin A production by Aspergillus carbonarius and A. niger isolates and detection using coconut cream agar**. Journal of Food Mycology, v.1, p. 67-72, 1998.

JACKSON, L. S.; BEACHAM-BOWDEN, T.; KELLER, S. E.; ADHIKARI, C.; TAYLOR, K. T.; CHIRTEL, S. J.; MERKER, R. I. **Apple quality, storage, and washing treatments affect patulin levels in apple cider**. Journal of Food Protection, Des Moines, v.66, n.4, p.618-624, 2003.

LIEW, W. P, SABRAN, M. Mycotoxin: Its Impact on Gut Health and Microbiota. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 8, n. 1, 2018;

MARQUARDT, R. R.; FROHLICH, A. A. A review of recent advances in understanding ochratoxicosis. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3.968-3.988, 1992.

MAZIERO, Maíke Taís; BERSOT, L. Dos S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista brasileira de produtos agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 89-99, 2010.

MONTANHINI, M.; DOS SANTOS BERSOT, Luciano; BERSOT, S. Micotoxinas em alimentos produzidos no brasil. **Micotoxinas em alimentos produzidos no brasil**, 2010.

Pereira, M.L.G.; Carvalho, E.P.; Prado, G. **Crescimento e produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus***. B. Ceppa. v.20, n.1, p.141-156, 2002

PEREIRA, Kelly Cristina; DOS SANTOS, Carlos Fernando. Micotoxinas e seu potencial carcinogênico. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 4, 2011.

Pitt, J.I. **Toxigenic fungi and mycotoxins**. British Med. Bul. v.56, n.1, p. 184-192, 2000.

Richard, J. L. **Some major mycotoxins and their mycotoxicoses - an overview**. Int. J. Food Microbiol. v.119, p.3–10, 2007.

RODRÍGUEZ-BLANCO, M.; MARÍN, S.; SANCHIS, V.; RAMOS, A. J. Fusarium mycotoxins in total mixed rations for dairy cows. **Mycotoxin Res.**, v. 36, n. 3, p:277-86, 2020.

SANTOS, I. D.; PIZZUTTI, I. R.; DIAS, J. V.; FONTANA, M. E. Z.; SOUZA, D. M.; CARDOSO, C. D. Mycotoxins in wheat flour: occurrence and co-occurrence

assessment in samples from Southern Brazil. **Food Addit Contam Part B Surveill.**, v. 14, n. 2, p:151-161, 2021.

TEREN, J.; VARGA, J.; HAMARI, Z.; RINYU, E.; KEVEI, F. **Immunochemical detection of ochratoxin A in black Aspergillus strains.** *Mycopathologia*, v. 134, p. 171-186, 1996.

TOLEDO, E. A. **Quantificação de micotoxinas e análise bromatológica de silagens de milho na microrregião geográfica de Apucarana, no norte do Paraná.** 2017. 75 folhas. Dissertação de Mestrado Acadêmico Saúde e Produção de Ruminantes (Mestrado Acadêmico em Saúde e Produção de Ruminantes) – Universidade Norte do Paraná, Arapongas, 2017.

TWARUŹEK, M.; SKRZYDLEWSKI, P.; KOSICKI, R.; GRAJEWSKI, J. **Mycotoxins survey in feed materials and feedingstuffs in years 2015-2020.** *Toxicon.*, v. 30, n. 1, p. 27-39, 2021. Oct 30;202:27-39. doi: 10.1016/j.toxicon.2021.09.005. Epub 2021 Sep 23. PMID: 34562492.

VAN DER MERWE, K. J.; STEYNE, P. S.; FOURIE, L. F.; SCOTT, D. B.; THERON, J. J. **Ochratoxin A, a toxic metabolite produced by Aspergillus ochraceus Wilh.** *Nature*, v. 205, p. 1112-1113, 1965

VAN EGMOND, H. P., DEKKER, W. H. Worldwide regulations for mycotoxins in 1994. **Natural Toxins**, v. 3, p. 332-336, 1995.

VAN EGMOND, H. P.; JONKER, M. A. Worldwide regulations on aflatoxins- the situation in 2002. **Journal of Toxicology: Toxin Reviews.** v. 23, n. 2/3, p. 273-293, 2004.

VERARDI, G.; FROIDMONT-CÖRTZ, I. Overview of community legislation in the field of official control of mycotoxins in feedingstuffs. **Natural Toxins**, v. 3, p. 248-256, 1995.

WHO. Mycotoxins. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>.

XAVIER, J. J. M. **Desenvolvimento de métodos para multi-toxinas por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrômetro de massa / massa**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.