ANAIS

IMPORTÂNCIA E EVOLUÇÃO DO MARCO REGULATÓRIO DAS AFLATOXINAS NA CADEIA PRODUTIVA DO AMENDOIM BRASILEIRO

IVO DANIEL BASSANI
danielbassanyy@hotmail.com
FURG

VANCLEI ZANIN
vancleizanin@gmail.com
FURG

ALEX LEONARDI
alleo123@gmail.com
FURG

FERNANDA ARNHOLD PAGNUSSATT
nandapagnu@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG

CARLA ELIETE IOCHIMS DOS SANTOS
carlaiochims@yahoo.com.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

RESUMO: Devido à relevância econômica da produção do amendoim no Brasil, a presença de fungos e a contaminação do alimento pela aflatoxina é considerada uma grande ameaça para esta cadeia produtiva. Embora existam regulamentações sobre a exposição de contaminantes em alimentos, os meios de controle não são suficientes, havendo relatos de várias inconformidades na cadeia produtiva do amendoim. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi analisar a evolução do marco regulatório nacional – comparando-o com o dos principais países produtores e importadores – sobre os limites máximos permitidos e os potenciais problemas da contaminação do amendoim pela aflatoxina. Para tanto, foi adotada uma abordagem qualitativa utilizando uma revisão bibliográfica. Constatou-se que há poucos estudos referente a avaliação da exposição da aflatoxina na população brasileira e em relação a presença da aflatoxina no amendoim. É notório que a legislação brasileira é menos rigorosa que a de países pertencentes à União Europeia, os quais consideram um limite máximo tolerável de 4 µg kg-1 de aflatoxina total, enquanto que o Brasil permite até 20 µg kg-1. Nessa perspectiva, então, é necessário maior aprofundamento nos estudos e pesquisas sobre a presença de aflatoxina nos alimentos, bem como reavaliações periódicas dos limites de tolerância de exposição permitidos, visto que conforme a classificação da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), as aflatoxinas são classificadas no grupo 1, uma vez que o agente é considerado carcinogênico para os seres humanos. Ademais, a possibilidade da presença de espécies fúngicas toxigênicas, como o Aspergillus flavus, na cadeia produtiva demonstra a importância e a necessidade de um bom armazenamento da matéria-prima, respeitando as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os limites máximos estabelecidos para umidade no amendoim.

PALAVRAS CHAVE: Leguminosa, Segurança de alimentos, Contaminantes, Metabólicos Secundários.

ABSTRACT: Due to the economic relevance of peanut production in Brazil, the presence of fungi and food contamination by aflatoxin is considered a major threat to this production chain. Although there are regulations on the exposure of contaminants in food, the means of control are not sufficient, with reports of several nonconformities in the peanut production chain. Therefore, the objective of this work was to analyze the evolution of the national regulatory framework – comparing it with that of the main producing and importing countries – on the maximum permitted limits and the potential problems of peanut contamination by aflatoxin. Therefore, a qualitative approach was adopted using a literature review. It was found that there are few studies regarding the assessment of aflatoxin exposure in the Brazilian population and in relation to the presence of aflatoxin in peanuts. It is clear that Brazilian legislation is less strict than that of countries belonging to the European Union,

which consider a maximum tolerable limit of 4 µg kg-1 of total aflatoxin, while Brazil allows up to 20 µg kg-1. From this perspective, then, further studies and research on the presence of aflatoxin in foods are necessary, as well as periodic reassessments of the permitted exposure tolerance limits, since according to the classification of the International Agency for Research on Cancer (IARC), the aflatoxins are classified in group 1 as the agent is considered carcinogenic to humans. Furthermore, the possibility of the presence of toxigenic fungal species, such as Aspergillus flavus, in the production chain demonstrates the importance and need for good storage of the raw material, respecting Good Manufacturing Practices (GMP) and the maximum limits established for humidity in peanut.

KEY WORDS: Legumes, Food safety, Contaminants, Secondary metabolites.

ANAIS

1. INTRODUÇÃO

O Brasil foi o 13º maior produtor mundial de amendoim com casca no ano de 2020, correspondendo a aproximadamente 640 mil toneladas do produto. Além disso, foi o sétimo maior exportador mundial com 352 mil toneladas e importou apenas 6 mil toneladas (USDA, 2020). Em relação a receita das vendas, contabilizou 318,8 milhões de dólares nesse mesmo ano (FAOSTAT, 2020).

No Continente Americano, o Brasil é o 3º maior produtor, atrás dos EUA e da Argentina, correspondendo a aproximadamente 14% da produção regional. Internamente, o estado de São Paulo se destaca como responsável por aproximadamente 90% da produção nacional (Ferreira e Santos, 2021). Entre os principais destinos das exportações brasileiras, em 2020, tem-se à Rússia, correspondendo a 36% de matéria-prima exportada, Argélia com 16% e Holanda com 10% (Ferreira e Santos, 2021). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística (IBGE), em 2020, o valor bruto da produção nacional foi de 1,6 bilhão de reais. A área plantada foi correspondente a 178.857 hectares e a área colhida de 178.777 hectares. Por fim, o rendimento médio de produção foi de 3.642 kg/ha (Al-Jaal *et al.*, 2019; Ferreira e Santos, 2021; IBGE, 2020). Ainda, conforme dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), correspondente ao ano de 2020, o número total de trabalhadores, com a respectiva carteira de trabalho assinada, na atividade de fabricação de produtos à base de amendoim foi de 25.378 (RAIS, 2020). Em relação a produção agrícola, conforme os resultados do IBGE referente ao Censoagro[i] de 2017, o número de estabelecimentos agrícolas que produziam amendoim em casca foi de 59.207 (IBGE, 2017).

Dada essa relevância econômica e social da produção de amendoim no Brasil, a presença de fungos e, em especial, a contaminação por aflatoxinas em alimento que tem como ingrediente o amendoim – o que inviabiliza o seu consumo – é um potencial risco e, por isso, representa uma grande preocupação para a cadeia produtiva dessa leguminosa (Martins *et al.*, 2017).

As aflatoxinas são metabólicos secundários produzidos principalmente por duas espécies de fungos: *Aspergillus flavus e Aspergillus parasiticus.* São tóxicas, mutagênicas e cancerígenas (carcinogênico de classe I)[ii] para seres humanos e animais. Seu desenvolvimento está associado a fatores externos e internos durante o armazenamento, como a temperatura e a umidade do ambiente, o pH e a atividade de água. Durante o plantio, colheita e pós-colheita, as condições climáticas e a fonte de carbono e nitrogênio do solo também estão relacionadas (Liu *et al.*, 2017; Wu, Stacy e Kensler, 2013).

Nesse sentido, a contaminação de alimentos e matérias-primas agroalimentares por fungos produtores de micotoxinas representa um problema recorrente de segurança alimentar em todo o mundo, podendo gerar grandes perdas econômicas, baixos rendimentos e problemas de saúde pública. (Bhat e Reddy, 2017).

Apesar disso, observa-se que países em desenvolvimento aplicam, muitas vezes, legislações inadequadas quanto ao limite de micotoxinas nos alimentos, fazendo com que ocorra negligência no oferecimento de alimentos seguros ao consumidor (Chang, Sreedharan e Schneider, 2013; Gao *et al.*, 2021). Alguns autores apontam que legislações mais rígidas

quanto aos limites toleráveis de exposição de aflatoxinas no amendoim geram investimentos robustos de controle pelas indústrias (Agyekum e Jolly, 2017; Sabes e Alves, 2008). Por um lado, a segurança do produto seria maior com o aumento dos limites permitidos, porém esse limite mais restritivo pode levar a elevação de preços e custos para os consumidores e produtores, respectivamente (Agyekum e Jolly, 2017). Entretanto, objetivando a garantia de qualidade dos produtos, é necessário que seja dada maior atenção a esse assunto pelas autoridades e que políticas públicas de incentivo ao monitoramento sejam realizadas (Klingelhöfer *et al.*, 2018; Sanou *et al.*, 2021).

No Brasil, mesmo que existam regulamentações sobre a exposição de contaminantes em alimentos, os meios de controle pelas autoridades não são suficientes, há relatos de várias inconformidades ao se analisar a cadeia produtiva do amendoim (Aguilar da SILVA *et al.*, 2013; Martins *et al.*, 2017; Queiroz, 2009). Dentre os motivos que explicam essas inconformidades estão: a falta de rastreabilidade, número insuficiente de servidores responsáveis pela fiscalização, empresas que não adotam as boas práticas de fabricação e manipulação de alimentos, dentre outros fatores (Aguilar da SILVA *et al.*, 2013; Figueiredo e Miranda, 2011).

Nessa perspectiva, observa-se a quase inexistência de trabalhos sobre aflatoxinas no mercado de amendoim brasileiro. Assim sendo, o presente trabalho teve por objetivo contribuir neste aspecto através de um estudo sobre a evolução do marco regulatório nacional – comparando-o com o dos principais países produtores e importadores – sobre os limites máximos permitidos e os potenciais problemas da contaminação do amendoim pelas aflatoxinas. Ademais, buscou-se identificar os potenciais riscos à segurança da cadeia produtiva do amendoim quanto à utilização de amendoins contaminados por estas micotoxinas e seus meios de controle.

2. MÉTODO

A metodologia adotada consistiu em uma abordagem qualitativa com natureza exploratória, utilizando uma revisão bibliográfica. A partir da pesquisa qualitativa, foi possível conhecer experiências e interações empíricas em relação à realidade prática e as particularidades dos casos estudados. Ainda assim, a pesquisa bibliográfica, ou estudo de caso, é útil para explicar uma situação e ampliar o conhecimento sobre um determinado tema (Patton, 2002). Como procedimentos técnicos, foi realizado um levantamento bibliográfico da literatura dos últimos 20 anos, para obter maior familiaridade com o problema, bem como dados de organismos internacionais em relação a produção, exportação e importação da leguminosa no ano de 2020 (Gerhardt, 2009).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Segurança da cadeia do amendoim

Diferentes variedades de culturas agrícolas no mundo podem conter as micotoxinas, significando uma grande ameaça à saúde humana por ser carcinogênico. A contaminação pode ocorrer em qualquer etapa do cultivo, ou seja, durante a colheita ou armazenamento. Na

indústria, as etapas do recebimento e do armazenamento da matéria-prima são os pontos críticos a serem controlados, pois no recebimento deve-se quantificar as aflatoxinas e a umidade, e na estocagem é necessário manter a temperatura e a umidade em condições controladas, pois altas temperaturas e alto percentual de umidade favorecem o desenvolvimento micotoxicológico (Chang, Sreedharan e Schneider, 2013; Martins *et al.*, 2017; Schrenk *et al.*, 2020; Zawislak *et al.*, 2012).

Além de tudo, esse problema é mais comum em países em desenvolvimento, nos quais o controle de qualidade é ineficiente, o clima é quente, as tecnologias de produção são inadequadas e as condições de armazenamento são péssimas, propiciando o desenvolvimento de fungos e a formação de toxinas (Al-Jaal *et al.*, 2019). O estudo desenvolvido por Martins e co-autores (2017) confirma a existência e a possibilidade de contaminação do amendoim por aflatoxinas em qualquer etapa da cadeia produtiva. Os autores analisaram a principal atividade de água em cada etapa da produção, isolaram as cepas dos fungos *Aspergillus flavus e Aspergillus parasiticus* e determinaram a frequência de ocorrência dos tipos de aflatoxinas desenvolvidos por cada fungo. Por fim, através de amostras coletadas em cada etapa da cadeia produtiva, quantificaram as aflatoxinas totais (AFT) encontrando quatro amostras acima do limite máximo tolerável (LMT) no Brasil, 20 $\mu g\ kg^{-1}$ (BRASIL, 2021b): duas na etapa de secagem (95,46 $\mu g\ kg^{-1}$ e 49,26 $\mu g\ kg^{-1}$) e duas na etapa de triagem (100,91 $\mu g\ kg^{-1}$ e 24,16 $\mu g\ kg^{-1}$). Contudo, nas demais etapas também foram identificadas a presença de aflatoxinas, porém dentro dos limites permitidos (Martins *et al.*, 2017). Cabe ressaltar que esse estudo foi o único realizado no Brasil para verificar a ocorrência desse contaminante em todas as etapas da cadeia produtiva, com uma região de amostragem contemplando fazendas e indústrias do estado de São Paulo durante o período de 2013 a 2014. Num total, 119 amostras foram analisadas. Outros estudos de quantificação de aflatoxinas foram realizados, porém contemplaram produtos prontos para o consumo, pasta de amendoim, ou grãos comercializados em regiões específicas (Aguilar da SILVA *et al.*, 2013).

Em vários países de baixa renda, as micotoxinas afetam os alimentos básicos, como o amendoim, milho, nozes, entre outros vegetais, fazendo com que a população fique constantemente exposta a níveis elevados e não controlados pelos órgãos governamentais (Bumbangi *et al.*, 2016; Chala *et al.*, 2013). Pois, são nessas regiões que as práticas agrícolas, legislações e regulamentos para prevenção da exposição humana às micotoxinas são poucas desenvolvidas. Em países desenvolvidos ocorre o exposto, uma vez que a legislação e a fiscalização são mais rigorosas (Schrenk *et al.*, 2020). Em que pese os incidentes ocasionais, como surtos e intoxicação aguda, os meios de controle das micotoxinas não foram priorizadas no contexto da saúde pública em países pobres (Wild e Gong, 2009).

Nesse âmbito, conforme (Gao *et al.*, 2021; Kholif *et al.*, 2021; Wagacha e Muthomi, 2008) as preocupações com a segurança de alimentos e a saúde, especialmente em relação à contaminação por fungos e micotoxinas no amendoim, são um grande tópico de discussão. De conhecimento dos benefícios para a saúde e o grande consumo do amendoim no mundo, é imprescindível que os consumidores possam desfrutar de um amendoim seguro e de qualidade (Chang, Sreedharan e Schneider, 2013).

Dessa forma, os programas de boas práticas associados com a cadeia produtiva do amendoim devem ser elaborados para prevenir a contaminação pelas aflatoxinas, micotoxina

produzida principalmente por espécies dos fungos *Aspergillus flavus e Aspergillus parasiticus*, quando submetidos a condições de estresse e que são classificadas como um carcinogênico de classe I pela Organização Mundial de Saúde (Chang, Sreedharan e Schneider, 2013; Chen *et al.*, 2014; Gao *et al.*, 2021).

3.2 Legislação

O primeiro marco legal sobre a aflatoxina em alimentos no Brasil foi em 1976 com a elaboração da Resolução nº 34 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde, a qual fixou limites máximos permitidos para as aflatoxinas do tipo B1 e G1 em 30 µg kg^{-1} (CNNPA, 1976). A partir da criação da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em 1999, através da Resolução nº 274/02, esses limites foram alterados para o somatório total das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 até 20 µg kg^{-1}, estando de acordo com os países do Mercosul (Shundo *et al.*, 2010; BRASIL, 2002).

No contexto da evolução temporal dos regulamentos de controle de limite de tolerância das micotoxinas nos alimentos, a ANVISA adotou a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 07 de 17 de fevereiro de 2011 como padrão da exposição das micotoxinas em diversos alimentos, mantendo para o amendoim com casca, descascado, cru ou tostado o limite de 20 µg kg^{-1} para o somatório das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 (BRASIL, 2011).

Recentemente, de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 487/21, que revogou a Resolução nº 07/11, e a Instrução Normativa nº 88/21, ambas de 26 de março de 2021, os limites de tolerância de contaminantes de alimentos foram atualizados, contudo, o valor máximo permitido para aflatoxinas totais no amendoim foi mantido em 20 µg kg^{-1}. Além disso, a atual Resolução dispõe dos princípios gerais para o estabelecimento e os métodos de análise para fins de verificação da conformidade das Boas Práticas de Fabricação (BPF) (BRASIL, 2021a; b).

Além das resoluções de controle de contaminantes de alimentos citadas nos parágrafos acima, a autarquia federal também publicou a RDC nº 172 de 04 de julho de 2003, que traz o regulamento técnico de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e seus derivados e a lista de verificação das BPF a serem adotas pelas indústrias processadoras de amendoim. Essa mesma resolução estabeleceu que o limite máximo de umidade para o amendoim cru descascado, no recebimento, deve ser menor ou igual a 8%, já o limite de umidade do amendoim cru com casca deve ser menor ou igual a 11% (BRASIL, 2003). O quadro 1 demonstra resumidamente a evolução da legislação brasileira sobre micotoxinas em alimentos, principalmente as aflatoxinas, ao longo dos anos.

QUADRO 1: Evolução da legislação nacional sobre micotoxinas em alimentos e BPF no beneficiamento do amendoim

Resolução	Diretriz
Resolução CNNPA nº 34 de 1976	A Comissão Nacional de Normas e Padrões para alimentos resolve fixar para alimentos, a tolerância de 30 µg kg^{-1} para Aflatoxinas, calculada pela soma dos conteúdos de Aflatoxina B1 e G1.
Resolução – RDC nº 274 de 15 de outubro de 2002	Revogou parcialmente a Resolução nº 34 e aprovou o regulamento técnico sobre limites máximos de aflatoxinas admitidos no leite, no amendoim e no milho.
Resolução – RDC nº 172 de 04 de julho de 2003	Dispõem sobre o Regulamento Técnico de Boas práticas de fabricação para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e derivados e a lista de verificação das Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos industrializadores de Amendoins processados e derivados.
Resolução – RDC nº 07 de 18 de fevereiro de 2011	Dispões sobre a aprovação do regulamento técnico sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos, e revogou a Resolução CNNPA nº 34, de 1976 e a RDC nº 274 de 2002
Resolução – RDC nº 487 de 26 de março de 2021 e Instrução normativa – IN nº 88 de 26 de março de 2021	Dispõem sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimento

Fonte: (BRASIL, 2003, 2011, 2021a; CNNPA, 1976)

Portanto, o Brasil, por ser um dos maiores produtores e exportadores mundiais do amendoim, tem tentado manter uma atualização periódica de suas resoluções e legislações a respeito dos contaminantes em alimentos. Contudo, ao se comparar com os limites máximos permitidos em outros países, como os estabelecidos no regulamento da União Europeia que limita a exposição em 2 µg kg^{-1} para aflatoxina do tipo B1 e de 4 µg kg^{-1} para o somatório de aflatoxinas em amendoins, verifica-se que o Brasil adota valores superiores para o limite máximo dessa micotoxina (Commission Regulation, 2010; Regulation, 2006).

3.3 Aflatoxina no amendoim

Um dos grandes problemas de segurança alimentar em todo mundo é a contaminação por aflatoxinas no amendoim. Os fungos toxicogênicos e que pertencem às espécies *Aspergillus flavus e Aspergillus parasicticus* se desenvolvem em regiões com clima quente e úmido e podem contaminar os alimentos durante a colheita da matéria-prima ou no armazenamento (Chauhan *et al.*, 2010; Schrenk *et al.*, 2020).

As espécies fúngicas toxicogênicas podem produzir no amendoim as aflatoxinas do tipo B1, B2, G1 e G2. Contudo, a maior preocupação dos órgãos reguladores é com a

aflatoxina do tipo B1, pois ela é encontrada com mais frequência nos alimentos e também é a mais tóxica dentre os quatro tipos. A aflatoxina B1 é um agravante considerável para o surgimento de câncer de fígado, podendo causar carcinoma hepatocelular em humanos e em espécies animais. Conforme dados mais recentes da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), as aflatoxinas são classificadas no Grupo 1, sendo um agente carcinogênico para humanos. A última atualização da lista dos agentes nocivos é de 22 de julho de 2021 e as aflatoxinas dos tipos B1, B2, G1 e G2 possuem essa classificação desde o ano de 2012, porém, a aflatoxina do tipo M1 foi classificada no ano de 1993 no grupo 2B[iii], sendo um agente possivelmente cancerígeno e comumente encontrado em leite (IARC, 2021). Nesse cenário, portanto, evidencia-se a importância e a necessidade de aprofundamento de pesquisas e estudos em relação à aflatoxina do tipo B1 e a constante reavaliação dos limites de tolerância estabelecidos pelos órgãos de controle (Chauhan *et al.*, 2010; IARC, 2021; Schrenk *et al.*, 2020; Wu, Stacy e Kensler, 2013).

Desde o descobrimento das aflatoxinas no final dos anos 1960, muitos países elaboraram regulamentos para proteger o consumidor dos efeitos prejudiciais das micotoxinas que podem contaminar os alimentos, bem como defender os interesses econômicos de produtores e comerciantes. Nesse mesmo período, através dos critérios científicos, os primeiros limites para aflatoxinas surgiram. No final do ano de 2003, aproximadamente 100 países já haviam desenvolvido limites específicos para micotoxinas em alimentos, e esse número continua a crescer (FAO, 2004).

Nessa circunstância, o estudo realizado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO) demonstra os fatores que afetam o desenvolvimento dos regulamentos e legislações sobre os limites de micotoxinas nos alimentos (FAO, 2004). Esses fatores incluem dados de natureza científica e também socioeconômicos, cita-se como exemplo: a disponibilidade de dados toxicológicos de contaminação na população, disponibilidade de dados sobre a ocorrência de micotoxinas nos produtos alimentícios, conhecimento da distribuição das concentrações de micotoxinas dentro de um lote, disponibilidade de métodos analíticos de análise, legislações em países que possuem contratos comerciais de longo prazo e a necessidade de abastecimento alimentar suficiente para os cidadãos. Portanto, todos esses fatores podem influenciar o país a adotar critérios mais rigorosos ou mais flexíveis no estabelecimento de limites toleráveis de aflatoxinas em alimentos. Como exemplo desses fatores que afetam os limites máximos toleráveis da exposição nos alimentos, cita-se o estudo realizado por Agyekum e Jolly (2017) que buscou apresentar a relação existente de um regulamento mais rígido quanto a exposição da aflatoxinas no amendoim com o preço de compra e exportação da matéria-prima pelas partes interessadas, chegando à conclusão que padrões mais rigorosos de aflatoxinas impostos ao comércio de amendoim na Europa prejudicam cada lado do mercado, visto que exportadores perdem receita, enquanto os consumidores em países importadores enfrentam preço de varejo mais altos.

Devido à alta toxicidade das aflatoxinas, diversos países determinaram limites de tolerância para a exposição deste contaminante em alimentos. Baseado no estudo de Ismail *et al.*, (2018) e no estudo publicado pela FAO (2004), o quadro 2 traz alguns dados sobre os

limites máximos toleráveis em diferentes países e demonstra que a depender do tipo de aflatoxina, e do cenário econômico do país, os valores são bem diferentes.

QUADRO 2: Limites máximos toleráveis para aflatoxinas totais (AFT) e aflatoxina B_1 em amendoim.

País/Código	**AFT (µg kg^{-1})**	**B_1 (µg kg^{-1})**
Índia	30	
Argentina	20	
Brasil	20	
Estados Unidos	20	
México	20	
Indonésia	20	
Nigéria	20	
Países do Mercosul	20	
Quênia	20	
Uruguai	20	5
Venezuela	20	
Austrália	15	
Canada	15	
Codex Alimentarius	15	
Irã	15	5
Israel	15	5
Hong Kong	15	15
Nova Zelândia	15	
Peru	15	
Taiwan	15	
África do Sul	10	5
Colômbia	10	
Egito	10	5
Moçambique	10	
Tanzânia	10	5
Turquia	10	5
Vietnã	10	
Chile	5	
Cuba	5	5
Zimbábue	5	
Suíça	4	2
Reino Unido	4	2
União Europeia	4	2
China		20

Japão		10
Marrocos		1
Rússia		5
Ucrânia		5

Fonte: (Codex Alimentarius, 2019; FAO, 2004; Ismail *et al.*, 2018)

Portanto, de acordo com os dados apresentados no Quadro 2, evidencia-se uma divergência dos limites entre as nações. Nesse sentido, o limite que ocorre com mais frequência para AFT é o de 4 µg kg^{-1} (27 países da União Europeia adotam esse limite), posteriormente o de 20 µg kg^{-1} e de 15 µg kg^{-1} são mais comuns, contemplando dez e oito países respectivamente. Por fim, sete países possuem o limite de até 10 µg kg^{-1} e três 5 µg kg^{-1}. Importa mencionar que o valor estabelecido pelo Código Internacional de Normas de Alimentos (Codex Alimentarius) é de 15 µg kg^{-1} (Codex Alimentarius, 2019). Ademais, em razão da maior toxicidade da aflatoxina do tipo B1, alguns países definiram limites específicos para este tipo, além do limite para AFT. Inclusive, cinco países contêm apenas limite máximo para B1, visto que no somatório das aflatoxinas totais em alimentos, a quantidade com maior percentual é a B1 (Chang, Sreedharan e Schneider, 2013; Figueiredo e Miranda, 2011; Marroquín-Cardona *et al.*, 2014; Martins *et al.*, 2017).

Nessa situação, os países estabelecem seus limites baseando-se em critérios científicos: disponibilidade de dados toxicológicos, nível de ocorrência de aflatoxinas nos alimentos, métodos analíticos e socioeconômicos: contratos e interesses comerciais, fatores econômicos e de segurança alimentar (FAO, 2004; Schrenk *et al.*, 2020).

Um ponto de vista relevante na regulamentação mundial de aflatoxinas é o fato de que os limites máximos não são baseados apenas em critérios toxicológicos para a prevenção dos riscos à saúde humana, mas também na probabilidade técnica[iv]. Caso os limites fossem orientados exclusivamente na ordem toxicológica, esses valores seriam muito menores, pois os riscos à saúde não podem ser negligenciados de acordo com os fatores de segurança aplicados. (Ismail *et al.*, 2018; Marroquín-Cardona *et al.*, 2014; Wagacha e Muthomi, 2008).

Buscou-se comparar os limites máximos tolerados de aflatoxinas no amendoim com os dados de importância dos países na produção e importação, conforme o quadro 3. Nesse contexto, observou-se que os quatro maiores produtores de amendoim com casca no ano de 2020 foram China, Índia, Nigéria e Estados Unidos (USDA, 2020), destes, tem-se que os níveis de AFT são iguais na Nigéria e Estados Unidos, correspondendo a 20 µg kg^{-1}, a Índia tem um limite de 30 µg kg^{-1}, maior que os demais, e a China possui limite de 20 µg kg^{-1} apenas para a aflatoxina do tipo B_1. Logo, notou-se que os principais produtores apresentam nível similar ao Brasil, 13º maior produtor mundial, cujo limite para a AFT também é de 20 µg kg^{-1}, ficando de acordo com o limite máximo estabelecido pelo Mercosul, mas em desacordo com o limite recomendado pelo *Codex Alimentarius*[v] (15 µg kg^{-1}).

Já os 10 maiores importadores de amendoim no ano de 2020 foram China, União Europeia, Indonésia, Reino Unido, México, Rússia, Canadá, Vietnã, Japão e Filipinas, o que corresponde a um total de 3,8 milhões de toneladas de amendoim importado, representando aproximadamente 88% do total. Dentro desse conjunto, os países pertencentes à União Europeia possuem um limite bem inferior ao Brasil, a saber: 2 µg kg^{-1} para B_1 e 4 µg kg^{-1} para

ANAIS

AFT. Nota-se que além dos pertencentes ao grande bloco da União Europeia, o Japão com 10 µg kg^{-1} do tipo B1, o Canadá com 15 µg kg^{-1} da AFT, a Rússia 5 µg kg^{-1} da B1, o Vietnã com 10 µg kg^{-1} de AFT e o Reino Unido com 4 µg kg^{-1} de AFT e 2 µg kg^{-1} de B1, estão entre os dez maiores importadores mundiais, com limites inferiores ao marco legal brasileiro, inclusive com limites específicos para o tipo B1, a micotoxina mais tóxica em alimentos (Wild e Gong, 2009). Cabe ressaltar que, a quantidade de amendoim importado por esses 10 países totalizou 1,7 milhão de toneladas, em 2020, valor bem acima da produção brasileira de 640 mil toneladas no mesmo ano (USDA, 2020). Além disto, evidencia-se um grande consumo doméstico e baixa importação dos Estados Unidos, Nigéria, Sudão e Índia, países que figuram entre os cinco maiores produtores mundiais. De outra parte, países como a Indonésia e a China estão, concomitantemente, entre os dez maiores produtores e importadores do amendoim (USDA, 2020), indicando que estes podem também serem mercados potenciais ao produto brasileiro, já que o nível de AFT destes mercados é o mesmo que do Brasil (20 µg kg^{-1}).

QUADRO 3: Dados da produção e importação do amendoim em 2020 – Top 20

Ranking	País	Produção (x1000)	País	Importação (x1000)
1º	China	17.993	China	1371
2º	Índia	6.700	União Europeia	822
3º	Nigéria	4.450	Indonésia	400
4º	Estados Unidos	2.793	Reino Unido	228
5º	Sudão	2.400	México	220
6º	Senegal	1.797	Rússia	213
7º	Birmânia	1.562	Canada	175
8º	Argentina	1.270	Vietnã	170
9º	Tanzânia	1.100	Japão	106
10º	Indonésia	970	Filipinas	100
11º	Chade	900	Tailândia	88
12º	Guiné	900	Malásia	72
13º	Brasil	640	África do Sul	64
14º	Camarões	600	Estados Unidos	55
15º	Níger	550	Austrália	53
16º	Congo	450	Coréia do Sul	46
17º	Gana	450	Guatemala	14
18º	Mali	425	Turquia	14
19º	Vietnã	413	Singapura	13
20º	Burkina Faso	400	Noruega	12

Fonte: (USDA, 2020)

Nesse cenário, conhecer e adequar a regulamentação dos principais países importadores é um fator relevante a ser analisado pelo Brasil. E, embora seja o 13º colocado na produção, o país aparece na 7ª posição no ranking de exportação (o quadro 4, em anexo, demonstra os dados de exportação e consumo doméstico). Sendo assim, na questão econômica, o Brasil deve analisar se é recomendável adotar níveis que atendam as principais nações importadoras, visto que, por um lado, o mercado de exportação brasileiro ganhará mais espaço e a receita aumentará. Além disso, com limites menores, o amendoim brasileiro será menos tóxico quanto aos níveis permitidos para aflatoxinas, o que melhoraria a qualidade e a segurança dos seus produtos. Por outro lado, há um custo de uma legislação mais rígida, que pode ter impacto significativo para o pequeno produtor (redução da produção comercializável) e ao consumidor final (produto potencialmente mais caro). Por fim, visto que o Brasil exporta 55% do total do amendoim produzido, e o grande mercado importador é composto por países com limites de tolerância mais rígidos que a legislação brasileira, uma atualização dos limites nacionais (mesmo que da produção direcionada ao mercado externo) poderia permitir uma expansão das exportações das vendas desse alimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho propôs apresentar um cenário sobre o problema das aflatoxinas em relação à segurança de alimentos. Foi realizada uma comparação da legislação brasileira com a de outros países no sentido de visualizar as divergências dos valores de limites máximos permitidos quanto à exposição de micotoxinas. Ademais, um marco temporal do surgimento do regulamento brasileiro quanto aos contaminantes em alimentos e o risco a saúde pública também foi explorado.

Constataram-se poucos estudos sobre a presença de aflatoxinas do amendoim e da avaliação da exposição desse contaminante na população. Ainda, é visível que a legislação brasileira é menos rigorosa que a de outros países, principalmente aos pertencentes à União Europeia, que consideram um LMT (limite máximo tolerável) de 4 $\mu g\ kg^{-1}$ de AFT, enquanto que o Brasil permite até 20 $\mu g\ kg^{-1}$. Embora o governo brasileiro tenha redigido uma nova resolução para os limites máximos de contaminantes em alimentos, no caso de aflatoxinas, os valores de normas anteriores se mantiveram inalterados.

Nessa conjuntura, é necessário um maior aprofundamento nos estudos e pesquisas sobre a presença de aflatoxinas em alimentos, bem como constantes reavaliações periódicas dos limites de tolerância permitidos, visto que conforme a classificação da IARC, as aflatoxinas dos tipos B1, B2, G1 e G2 pertencem ao grupo 1 e podem ser carcinogênicas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR DA SILVA, R. *et al.* Detecção E Quantificação De Aflatoxinas Em Amostras De Grãos De Amendoim E Derivados Comercializados Na Região De Marília – Sp. **J. Food Nutr**, v. 24, n. 1, p. 61–64, 2013.

AGYEKUM, M.; JOLLY, C. M. Peanut trade and aflatoxin standards in Europe: Economic effects on trading countries. **Journal of Policy Modeling**, v. 39, n. 1, p. 114–128, 2017.

AL-JAAL, B. A. *et al.* Aflatoxin, fumonisin, ochratoxin, zearalenone and deoxynivalenol biomarkers in human biological fluids: A systematic literature review, 2001–2018. **Food and Chemical Toxicology**, v. 129, n. April, p. 211–228, 2019.

ANAIS

BHAT, R.; REDDY, K. R. N. Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: Updates from last decade. **Food Chemistry**, v. 215, p. 425–437, 2017.
BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de diretoria colegiada - RDC n. 172, de 04 de julho de 2003. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/alimentos. Acessado em: 29 ago. 2021. 2003.
BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC n. 07, de 18 de fevereiro de 2011. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/alimentos. Acessado em: 29 ago. 2021. v. 2011, p. 8, 2011.
BRASIL. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitária. Resolução da diretoria colegiada - RDC n. 487, de 26 de Março de 2021. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/alimentos. Acessado em: 29 ago. 2021. 2021a.
BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n. 274, de 15 de outubro de 2002. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0274_15_10_2002.html>. Acesso em: 29 ago. 2021.
BRASIL. Instrução Normativa n. 88 de 26 de março de 2021. Estabelece os limites máximos toleratos (LMT) de contaminantes em alimentos. Brasília, 31 mar. 2021. Edição 61 Seção 1, p.1-19. p. 1–19, 2021b.
BUMBANGI, N. F. *et al.* Occurrence and factors associated with aflatoxin contamination of raw peanuts from Lusaka district's markets, Zambia. **Food Control**, v. 68, p. 291–296, 2016.
CHALA, A. *et al.* Natural occurrence of aflatoxins in groundnut (Arachis hypogaea L.) from eastern Ethiopia. **Food Control**, v. 30, n. 2, p. 602–605, 2013.
CHANG, A. S.; SREEDHARAN, A.; SCHNEIDER, K. R. Peanut and peanut products: A food safety perspective. **Food Control**, v. 32, n. 1, p. 296–303, 2013.
CHAUHAN, Y. S. *et al.* Application of a model to assess aflatoxin risk in peanuts. **Journal of Agricultural Science**, v. 148, n. 3, p. 341–351, 2010.
CHEN, R. *et al.* Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. **Food Chemistry**, v. 146, p. 284–288, 2014.
CNNPA. Brasil. Ministério da Saúde. Divisão de Organização Sanitária. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA). Resolução CNNPA nº 34. Fixa para os alimentos, tolerâncias de 30ppb (trinta partes por bilhão) para as Aflatoxinas, calculada pela. 1976.
CODEX ALIMENTARIUS. Norma Geral para Contaminantes e Toxinas em Alimentos e Rações. CXS 193-1995. Organização para Agricultura e Alimentação, Roma, Itália. v. 126, n. 1, p. 1–16, 2019.
COMMISSION REGULATION. Commission Regulation (EC) No 165/2010 of 26 February 2010, amending Regulation (EC) No 1881/2006setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. **Official Journal of the European Union.**, v. 50, n. 2009, p. 8–12, 2010.
FAO. **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Regulamentações mundiais para micotoxinas em alimentos e rações em 2003**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y5499e/y5499e00.htm>. Acesso em: 1 set. 2021.
FAOSTAT. **Top 20 Country, Export quantity of Groundnuts, shelled 2020**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports>. Acesso em: 10 fev. 2022.
FERREIRA, D.; SANTOS, L. Relatório Técnico : Desafios e Oportunidades na Cadeia do Ficha Catalográfica. 2021.
FIGUEIREDO, A. V. DE A.; MIRANDA, M. S. Análise de risco aplicada aos alimentos no Brasil: Perspectivas e desafios. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 16, n. 4, p. 2251–2262, 2011.
GAO, J. *et al.* Aflatoxin rapid detection based on hyperspectral with 1D-convolution neural network in the pixel level. **Food Chemistry**, v. 360, n. December 2020, p. 129968, 2021.
GERHARDT, T. E. D. T. S. **Métodos de pesquisa.** 2 edição ed. Porto Alegre: [s.n.].
IARC. International Agency for Research on Cancer: List of classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, IARC Monographs Volumes 1–129a Cancer. p. 1–12, 2021.
IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censoagro 2017.** Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76420>. Acesso em: 18 fev. 2022.
IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.**

ANAIS

Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1000 e https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 18 fev. 2022.
ISMAIL, A. *et al.* Aflatoxin in foodstuffs: Occurrence and recent advances in decontamination. **Food Research International**, v. 113, n. October 2017, p. 74–85, 2018.
KHOLIF, O. T. *et al.* Size-exclusion chromatography selective cleanup of aflatoxins in oilseeds followed by HPLC determination to assess the potential health risk. **Toxicon**, v. 200, n. July, p. 110–117, 2021.
KLINGELHÖFER, D. *et al.* Aflatoxin – Publication analysis of a global health threat. **Food Control**, v. 89, p. 280–290, 2018.
LIU, X. *et al.* Effect of water activity and temperature on the growth of Aspergillus flavus, the expression of aflatoxin biosynthetic genes and aflatoxin production in shelled peanuts. **Food Control**, v. 82, p. 325–332, 2017.
MARROQUÍN-CARDONA, A. G. *et al.* Mycotoxins in a changing global environment - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 69, p. 220–230, 2014.
MARTINS, L. M. *et al.* The biodiversity of Aspergillus section Flavi and aflatoxins in the Brazilian peanut production chain. **Food Research International**, v. 94, p. 101–107, 2017.
PATTON, M. Q. **Qualitative research and evaluation methods. Sage, Thousand Oask.**, 2002.
QUEIROZ, R. Gestão Da Qualidade Na Cadeia Produtiva Do Amendoim. **Organizações Rurais Agroindustriais**, v. 11, n. 2, 2009.
RAIS. **Relação Anual de Informações Sociais 2020.** Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/scripts10/dardoweb.cgi>. Acesso em: 18 fev. 2022.
REGULATION, C. Regulamento (CE) n. 1881/2006 da Comissão de 19 de Dezembro de 2006 que fixa os valores máximos de certos contaminantes presentes em géneros alimentícios. **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 2006, n. 8, p. L 364/5-L 364/24, 2006.
SABES, J. J. S.; ALVES, A. F. O Agronegócio do Amendoim: Estudo e Comparação dos Padrões Sazonais de Comportamento dos Preços no Período de Janeiro de 1996 a Dezembro de 2005. n. December, p. 8–9, 2008.
SANOU, A. *et al.* Introducing an aflatoxin-safe labeling program in complex food supply chains: Evidence from a choice experiment in Nigeria. **Food Policy**, v. 102, n. March, p. 102070, 2021.
SCHRENK, D. *et al.* Risk assessment of aflatoxins in food. **EFSA Journal**, v. 18, n. 3, 2020.
SHUNDO, L. *et al.* Aflatoxinas em amendoim: melhoria da qualidade e programas de controle. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 4, p. 567–570, 2010.
USDA. **United States Department of Agriculture: Foreign Agricultural Service.** Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 17 fev. 2022.
WAGACHA, J. M.; MUTHOMI, J. W. Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies. **International Journal of Food Microbiology**, v. 124, n. 1, p. 1–12, 2008.
WILD, C. P.; GONG, Y. Y. Mycotoxins and human disease: A largely ignored global health issue. **Carcinogenesis**, v. 31, n. 1, p. 71–82, 2009.
WU, F.; STACY, S. L.; KENSLER, T. W. Global risk assessment of aflatoxins in maize and peanuts: Are regulatory standards adequately protective? **Toxicological Sciences**, v. 135, n. 1, p. 251–259, 2013.
ZAWISLAK, P. A. *et al.* Innovation capability: From technology development to transaction capability. **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 7, n. 2, p. 14–25, 2012.

ANEXOS

QUADRO 4: Dados da exportação e consumo doméstico do amendoim em 2020

Ranking	País	Exportação (x1000)	País	Consumo Doméstico (x1000)
1º	Argentina	930	China	18.909
2º	Índia	894	Índia	5.649
3º	Estados Unidos	643	Nigéria	4.513

ANAIS

4º	Senegal	500	Sudão	2.390
5º	China	455	Estados Unidos	2.273
6º	Sudão	360	Indonésia	1.420
7º	Brasil	352	Birmânia	1.382
8º	Birmânia	175	Senegal	1.200
9º	Nicarágua	100	Tanzânia	1.095
10º	União Europeia	48	Chade	910
11º	Egito	44	Guiné	900
12º	Turquia	28	União Europeia	788
13º	África do Sul	25	Camarões	600
14º	México	24	Vietnã	590
15º	Gâmbia	16	Níger	555
16º	Vietnã	15	Gana	460
17º	Rússia	11	Congo	450
18º	Tanzânia	10	Mali	425
19º	Tailândia	10	Burkina Faso	395
20º	Reino Unido	9	Malawi	358
21º	Uganda	8	Argentina	348
22º	Indonésia	6	Brasil	316
23º	Mali	6	Uganda	292
24º	Austrália	4	México	289
25º	Costa do Marfim	4	Reino Unido	219
26º	Malásia	3	Costa do Marfim	212
27º	Malawi	2	Rússia	200
28º	Cingapura	2	Benin	175
29º	Zimbábue	2	Canada	173
30º	Gana	1	Egito	165

Fonte: (USDA, 2020)

---

[i] Censoagro: Investigação estatística e territorial sobre a produção agropecuária no país (IBGE, 2017)
[ii] Carcinogênico de classe I: quando há evidências suficientes que a substância ou agente cujo é carcinogênico para o homem (IARC, 2021).
[iii] Grupo 2B: Agente é possivelmente cancerígeno para seres humanos (IARC, 2021)
[iv] Probabilidade Técnica: É a viabilidade de quantificar a micotoxina de acordo com as técnicas conhecidas para análise (Ismail *et al.*, 2018).
[v] *Codex Alimentarius* é um conjunto de normas alimentares aplicadas internacionalmente e apresentadas de forma uniforme (Codex Alimentarius, 2019).