

# Estrutura regulatória para a aflatoxina no amendoim brasileiro<sup>1</sup>

Ivo Daniel Bassani<sup>2</sup>

Vancelei Zanin<sup>3</sup>

Alex Leonardi<sup>4</sup>

Fernanda Arnhold Pagnussatt<sup>5</sup>

Carla Eliete Iochims dos Santos<sup>6</sup>

**Resumo** – Por causa da relevância econômica da produção do amendoim no Brasil, a presença de fungos e a contaminação do alimento por aflatoxinas são consideradas uma ameaça para essa cadeia produtiva. Embora existam regulamentações sobre a presença de contaminantes em alimentos, os meios de controle não são suficientes, pois há relatos de várias inconformidades. O objetivo deste trabalho foi analisar a evolução da legislação nacional, comparando-a com as dos principais países produtores e importadores quanto aos limites máximos permitidos para micotoxinas, além de identificar os potenciais problemas da contaminação micotoxicológica do amendoim. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, usando uma revisão bibliográfica. Constatou-se que há poucos estudos sobre a presença de aflatoxinas no amendoim ou sobre a avaliação dos efeitos da exposição a essas micotoxinas. É notório que a legislação brasileira é menos rigorosa do que a de países da União Europeia, que consideram o limite máximo tolerável de  $4 \mu\text{g kg}^{-1}$  de aflatoxinas totais, enquanto o Brasil permite até  $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Nessa perspectiva, é necessário um maior aprofundamento dos estudos sobre a presença de aflatoxinas em alimentos, bem como reavaliações periódicas dos limites permitidos. Conforme a classificação da agência internacional de pesquisa em câncer (International Agency for Research on Cancer – IARC), as aflatoxinas pertencem ao grupo 1 e são consideradas carcinogênicas. Além disso, a possibilidade da presença de espécies fúngicas toxigênicas, como o *Aspergillus flavus*, na cadeia produtiva, mostra a importância de um bom armazenamento da matéria-prima, que respeite as boas práticas de fabricação (BPF) e os limites máximos estabelecidos para os teores de umidade no amendoim.

**Palavras-chave:** contaminantes, leguminosa, metabólicos secundários, segurança de alimentos.

## Regulatory framework for aflatoxin in Brazilian peanuts

**Abstract** – Due to the economic relevance of peanut production in Brazil, the presence of fungi and food contamination by aflatoxin are considered a threat to this production chain. Although there are regulations on the exposure of contaminants in food, the means of control are not sufficient, as there are reports of several nonconformities. Therefore, the objective of this work was to analyze the evolution of the national legislation, comparing it with that of the main producing and importing

<sup>1</sup> Original recebido em 15/3/2022 e aprovado em 6/11/2022.

<sup>2</sup> Mestrando em Sistemas e Processos Agroindustriais. E-mail: danielbassany@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutor em Economia Aplicada. E-mail: vanceleizanin@gmail.com

<sup>4</sup> Doutor em Agronegócios. E-mail: alleo123@gmail.com

<sup>5</sup> Doutora em Engenharia e Ciência dos Alimentos. E-mail: nandapagnu@gmail.com

<sup>6</sup> Doutora em Física. E-mail: carlaiochims@yahoo.com.br

countries for the maximum permitted limits and the potential problems of peanut contamination by aflatoxins. Therefore, we adopted a qualitative approach using a literature review. Few studies were found regarding the presence of aflatoxin in peanuts, or on the evaluation of exposure effects of these mycotoxins on the population. Brazilian legislation is less strict than that of countries integrating the European Union, which considers a maximum tolerable limit of 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  of total aflatoxin, while Brazil allows of up to 20  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . In this perspective, then, further studies on the presence of aflatoxin in foods are necessary, as well as periodical reassessments of the permitted limits. According to the classification of the International Agency for Research on Cancer (IARC), the aflatoxins belong to group 1 and are considered carcinogenic. In addition, the possibility of the presence of toxigenic fungal species, such as *Aspergillus flavus*, in the production chain, evidences the importance of good raw material storage that respect good manufacturing practices (GMP) and the maximum limits established for peanut moisture.

**Keywords:** contaminants, legumes, secondary metabolites, food safety.

## Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea*) é originário da América do Sul e uma das principais leguminosas cultivadas no mundo, com impacto econômico na receita dos países produtores (Shane, 1994; Biai et al., 2021; Çiftçi & Suna, 2022). O Brasil está entre os maiores produtores de amendoim, 13<sup>o</sup> lugar, sendo um dos principais do continente americano. Contudo, a produção interna é concentrada no Estado de São Paulo, que responde por 90% da produção nacional. Nas demais regiões, a produção é destinada para o beneficiamento em indústrias de alimentos para a elaboração de produtos derivados do amendoim (FAO, 2020; Santos et al., 2021; Estados Unidos, 2022).

Na cadeia produtiva do amendoim, é necessário atentar para as condições de armazenamento, transporte e beneficiamento, pois a falta de controle de parâmetros como temperatura e umidade, além da não observação das boas condições higiênico-sanitárias, pode tornar o ambiente propício à contaminação de alimentos por micotoxinas, como as aflatoxinas (Martins et al., 2017; Schrenk et al., 2020).

As aflatoxinas são metabólitos secundários produzidos principalmente por duas espécies de fungos, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, que são tóxicas, mutagênicas e can-

cerígenas (carcinogênico de classe I)<sup>7</sup> para seres humanos e animais. Seu desenvolvimento está associado a fatores externos e internos durante o armazenamento da leguminosa, 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 com a ocorrência de micotoxinas (Wu et al., 2013; Liu et al., 2017).

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 & Reddy, 2017).

Apesar disso, observa-se que países em desenvolvimento aplicam, muitas vezes, legislações inadequadas quanto ao limite de micotoxinas nos alimentos, o que favorece a negligência no oferecimento de alimentos seguros ao consumidor (Chang et al., 2013; Gao et al., 2021). Alguns autores apontam que legislações mais rígidas quanto aos limites toleráveis da presença de aflatoxinas no amendoim geram investimentos robustos de controle pelas indústrias (Sabes & Alves, 2008; Agyekum & Jolly, 2017). Por um lado, a segurança do produto seria maior com a redução dos limites permitidos, mas um limite

<sup>7</sup> Carcinogênico de classe I: quando há evidências suficientes que a substância ou agente é carcinogênico para o homem (IARC, 2021).

mais restritivo pode levar à elevação de preços e custos para os consumidores e produtores, respectivamente (Agyekum & Jolly, 2017). Assim, é necessário que as autoridades deem mais atenção ao assunto e que políticas públicas de incentivo ao monitoramento sejam implementadas (Klingelhöfer et al., 2018; Sanou et al., 2021).

No Brasil, mesmo que existam regulamentações sobre a presença de contaminantes em alimentos, os meios de controle oficiais não são suficientes, pois há relatos de várias inconformidades na cadeia produtiva do amendoim (Scalco et al., 2008; Silva et al., 2013; Martins et al., 2017). Entre os motivos que explicam essas inconformidades estão a falta de rastreabilidade, o número insuficiente de servidores responsáveis pela fiscalização, empresas que não adotam as boas práticas de fabricação e a manipulação de alimentos (Figueiredo & Miranda, 2011; Silva et al., 2013).

Nessa perspectiva, observa-se a quase inexistência de trabalhos sobre aflatoxinas no mercado de amendoim brasileiro. Assim, este trabalho busca contribuir com um estudo sobre a evolução do marco regulatório nacional – comparando-o com o dos principais países produtores e importadores – em relação aos limites máximos permitidos e os potenciais problemas da contaminação do amendoim pelas aflatoxinas. Além disso, buscou-se identificar os potenciais riscos à segurança da cadeia produtiva quanto ao uso de amendoins contaminados por essas micotoxinas e seus meios de controle.

## Metodologia

A técnica de pesquisa adotada aqui foi a qualitativa com natureza exploratória, que, para Patton (2002), permite conhecer experiências e interações empíricas sobre a realidade e as especificidades dos casos estudados. As etapas da cadeia produtiva foram identificadas com base no conhecimento teórico e prático, através de consultas à literatura. Além disso, baseando-se na legislação brasileira, no ordenamento jurídico de outros países e nos dados de organismos

internacionais, como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), nos dados atualizados do Conselho Americano do Amendoim (APC) e em artigos científicos de relevância internacional sobre a temática, fez-se uma comparação entre os principais países produtores e importadores de amendoim em relação aos limites máximos de exposição às aflatoxinas.

## Referencial teórico

### Características do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogea* L.) é uma leguminosa nativa da América do Sul e foi cultivada nos demais continentes a partir do Descobrimento das Américas, em 1492 (Jones et al., 2015; Biai et al., 2021; Çiftçi & Suna, 2022). De fato, o cultivo da espécie silvestre do *Arachis hypogea* L. pelos povos originários do Brasil, Bolívia e Peru passa a ter um registro com o Descobrimento. Contudo, à medida que as técnicas agrícolas e o conhecimento dos agricultores avançavam, mudanças significativas na seleção e diferenciação das plantações ocorreram para se chegar ao padrão produtivo atual (Jones et al., 2015).

A leguminosa, composta por casca, grão e pele, é um alimento de alto valor energético, rico em gordura, fonte de proteína e carboidrato, com grande importância nutricional nas dietas alimentares de vários países (Jager et al., 2013; Mohd Rozalli et al., 2015; Norlia et al., 2019). Contém em sua composição polifenóis benéficos, como os ácidos 4-hidroxibenzoico, clorogênico e p-cumárico, o resveratrol, a quercetina e o kaempferol (Çiftçi & Suna, 2022).

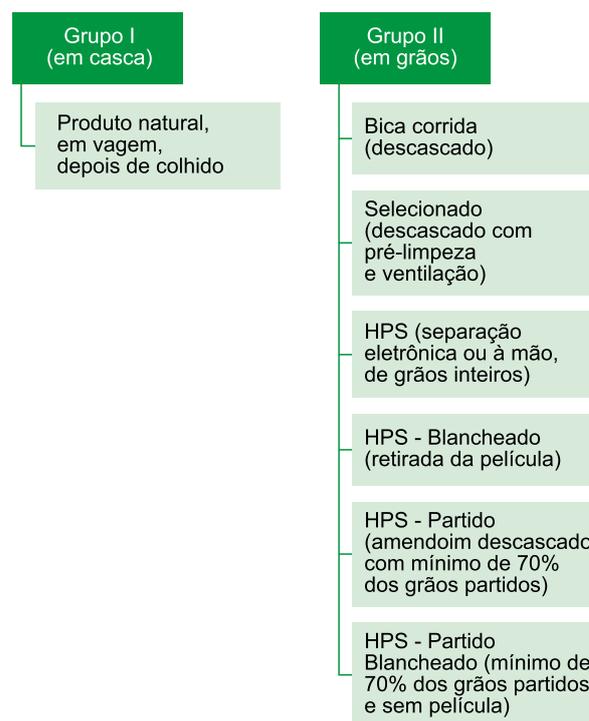
O amendoim é um alimento altamente nutritivo, com aproximadamente 25% de proteína, 48% de gordura, 21% de carboidrato e outros micronutrientes, como fibras alimentares, cálcio, magnésio, fósforo, zinco, cobre e tiamina. É uma excelente fonte de energia, com 564 kcal/100g,

e possui compostos bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides e fitoesteróis (Mohd Rozalli et al., 2015). Além disso, possui vitamina E, resveratrol e niacina, compostos essenciais na prevenção de doenças neurológicas (Bilal et al., 2020; Menis Candela et al., 2020).

No Brasil, o órgão responsável pela classificação e definição dos padrões de identidade e qualidade do amendoim é o Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (Mapa), através da Instrução Normativa nº 32, de 24 de agosto de 2016 (Brasil, 2016). O amendoim está classificado em grupos, subgrupos, classes, subclasses e tipos. De acordo com a forma de apresentação, há dois grupos: Grupo I – em casca – produto em vagem natural, depois de colhido; e Grupo II – em grãos – produto sem sua vagem natural, removida por processo tecnológico adequado. O amendoim em grãos (Grupo II) se subdivide, de acordo com o processo de beneficiamento, em subgrupos: i) Bica Corrida – amendoim submetido ao processo de descascamento; ii) Selecionado ou Moreirado – produto descascado com pré-limpeza, ventilação e densimetria, com separação por peneiras ou não; iii) Selecionado Eletronicamente ou Catado a Mão (HPS) – grãos inteiros obtidos do processo de seleção eletrônica, manual ou ambas; iv) HPS Blanchado – grãos inteiros que, depois de descascados e selecionados, passam por processo de blanchamento<sup>8</sup> e posterior seleção eletrônica; v) HPS Partido – amendoim descascado com no mínimo 70% de grãos partidos; e vi) HPS Partido Blanchado – amendoim descascado com no mínimo 70% de grãos partidos sem película (Brasil, 2016). A Figura 1 mostra, de maneira simplificada, essa classificação.

Quanto aos requisitos técnicos de controle higiênico-sanitário, a Instrução Normativa nº 03, de 28 de janeiro de 2009, do Mapa, estabelece que todo lote de amendoim classificado deve ser submetido à análise de aflatoxinas e que o sistema de rastreabilidade do amendoim e dos subprodutos contemple informações específicas

<sup>8</sup> Processo termomecânico de remoção de película do amendoim (Brasil, 2016).



**Figura 1.** Classificação do amendoim conforme o Mapa.

de cada etapa da cadeia produtiva e de cada lote, com os seguintes dados: nome empresarial do estabelecimento, endereço completo, telefone, fax ou endereço eletrônico, nº de lote ou código de remessa, planilha com preenchimento dos requisitos das boas práticas de fabricação com assinatura do responsável técnico e número do certificado de segurança higiênico-sanitário (CSH) ou resultado das análises dos teores de aflatoxinas (Brasil, 2009).

### Cadeia produtiva do amendoim

A combinação de etapas de processos físicos, econômicos e de conhecimentos técnicos entre intermediários envolvidos com determinado produto, ou mercadoria, e seus procedimentos de agregação de valor é chamada de cadeia produtiva (Goulart et al., 2017). As etapas de beneficiamento do grão de amendoim envolvem a preparação do solo e das sementes antes

do plantio, a colheita, o armazenamento, o transporte e o processamento. O processamento contempla outros estágios: depois da colheita, o grão com casca é submetido à secagem, com o posterior descascamento (debulha) e a seleção, de acordo com o tamanho. Por fim, ocorre a retirada de película, e o grão já está pronto para o consumo ou beneficiamento (Sabes & Alves, 2008; Martins et al., 2017).

A secagem pode ser feita naturalmente ou em ambiente controlado, com umidade e temperatura definidas (Brasil, 2013; Goulart et al., 2017; Martins et al., 2017). O processo vai depender do tipo da tecnologia, pois fatores como o porte da empresa e condições de investimento, entre outros fatores econômicos e tecnológicos, podem possibilitar uma secagem mais eficiente (Cervini et al., 2022). O descascamento ocorre pelo atrito mecânico. De acordo com o tamanho do grão obtido na debulha, ocorre a seleção em grão inteiro ou partido. A última etapa consiste na retirada da película por processo termomecânico, no qual o grão é aquecido e depois resfriado (Brasil, 2009, 2016; Martins et al., 2017; Cervini et al., 2022).

### **Mercado do amendoim: produção, importação e exportação**

O Brasil foi o 13º maior produtor mundial de amendoim com casca em 2020, com aproximadamente 640 mil toneladas do produto. Além disso, foi o sétimo maior exportador mundial, com 352 mil toneladas, e importou apenas 6 mil toneladas (Estados Unidos, 2022). Em relação à receita das vendas, o País contabilizou 318,8 milhões de dólares no mesmo ano (FAO, 2020).

No continente americano, o Brasil é o 3º maior produtor, atrás dos EUA e da Argentina, com aproximadamente 14% da produção regional. O Estado de São Paulo se destaca como responsável por aproximadamente 90% da produção nacional (Santos et al., 2021). Entre os principais destinos das exportações bra-

sileiras, em 2020, estão Rússia, com 36% de matéria-prima exportada, Argélia com 16%, e Holanda, 10% (Santos et al., 2021). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020 o valor bruto da produção nacional foi de R\$ 1,6 bilhão. A área plantada foi de 178.857 hectares e a área colhida, de 178.777 hectares. Por fim, o rendimento médio da produção foi de 3.642 kg/ha (Al-Jaal et al., 2019; IBGE, 2020; Santos et al., 2021). Conforme dados de 2020 da Relação Anual de Informações Sociais (Rais) (Brasil, 2020), o número de trabalhadores com carteira assinada na atividade de fabricação de produtos à base de amendoim foi de 25.378. Conforme o Censoagro<sup>9</sup> de 2017, o número de estabelecimentos agrícolas que produziam amendoim em casca era de 59.207 (IBGE, 2017).

Diante da relevância econômica e social dessa leguminosa para o País, a presença de fungos e, em especial, a contaminação por aflatoxinas em alimentos que contêm amendoim – o que inviabiliza o seu consumo – representam grande preocupação para sua cadeia produtiva (Martins et al., 2017).

Nesse sentido, buscou-se comparar o limite máximo tolerado de aflatoxinas (AFT) no amendoim, estabelecido pela legislação brasileira, com os limites máximos das principais nações produtoras e importadoras dessa matéria-prima (Tabela 1). Dos quatro maiores produtores de amendoim com casca em 2020 – China, Índia, Nigéria e EUA (Estados Unidos, 2022) –, os níveis de AFT são iguais na Nigéria e EUA (20 µg kg<sup>-1</sup>), na Índia o limite é de 30 µg kg<sup>-1</sup>, maior que os demais, e a China possui limite de 20 µg kg<sup>-1</sup> apenas para a aflatoxina do tipo B<sub>1</sub>. Logo, os principais produtores, responsáveis por 76% da produção mundial em 2020, adotam o nível tolerável de aflatoxinas similar ao do Brasil, também de 20 µg kg<sup>-1</sup>, de acordo com o limite máximo estabelecido pelo Mercosul. Cabe ressaltar, porém, que esse nível prevalente nos mercados acima citados está em desacordo com o limite reco-

<sup>9</sup> Censoagro: investigação estatística e territorial sobre a produção agropecuária no país (IBGE, 2017).

**Tabela 1.** Produção e importação de amendoim em 2020.

Ranking	País	Produção (t mil)	País	Importação (t mil)
1º	China	17.993	China	1.371
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	Canadá	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: Estados Unidos (2022).

mendado pelo Codex Alimentarius<sup>10</sup>, que é de 15  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (FAO, 2004; Ismail et al., 2018; Codex Alimentarius, 2019; APC, 2020).

Já os dez maiores importadores de amendoim em 2020 foram China, União Europeia, Indonésia, Reino Unido, México, Rússia, Canadá, Vietnã, Japão e Filipinas, o que corresponde a 3,8 milhões de toneladas de amendoim importado, aproximadamente 88% do total. Dentro desse conjunto, os países pertencentes à UE possuem um limite máximo tolerável (LMT) bem inferior ao do Brasil: 2  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para B<sub>1</sub> e 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para AFT. Além disso, Japão, com 10  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para B<sub>1</sub>; Canadá, 15  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para AFT; Rússia, 5  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para B<sub>1</sub>; Vietnã, 10  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para AFT; e Reino Unido,

4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para AFT e 2  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para B<sub>1</sub>, também possuem limites inferiores ao nosso, inclusive com limites específicos para B<sub>1</sub>, a micotoxina mais tóxica em alimentos (FAO, 2004; Wild & Gong, 2010; APC, 2020). Cabe ressaltar que a quantidade de amendoim importado pelos países com LMT inferior ao brasileiro totalizou 1,7 milhão de toneladas em 2020, valor bem acima da produção brasileira, de 640 mil toneladas no mesmo ano (Estados Unidos, 2022). Além disso, evidenciam-se grande consumo doméstico e baixa importação nos EUA, Nigéria, Sudão e Índia, países que figuram entre os cinco maiores produtores mundiais. Já a Indonésia e a China estão, concomitantemente, entre os dez

<sup>10</sup> Codex Alimentarius é um conjunto de normas alimentares aplicadas internacionalmente e apresentadas de forma uniforme (Codex Alimentarius, 2019).

maiores produtores e importadores de amendoim (Estados Unidos, 2022), o que indica que eles podem ser também mercados potenciais para o nosso produto, pois o nível de AFT deles é o mesmo do Brasil ( $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ ).

A Tabela 2 mostra a relevância do Brasil como um dos principais exportadores mundiais de amendoim. Somos o 13º colocado em produção, mas o País ocupa a 7ª posição no ranking das exportações (Estados Unidos, 2022).

Nesse cenário, conhecer a regulamentação dos principais países importadores e fazer adequações é um fator relevante a ser analisado pelo Brasil. Na questão econômica, apesar de o Mapa ter elaborado um protocolo (Brasil, 2017) para atender aos limites estabelecidos pela UE, que estabelece tipos de amendoim de acordo com a quantidade de aflatoxinas, o Brasil deve analisar

se é recomendável adotar níveis que atendam às principais nações importadoras, já que, por um lado, o mercado de exportação brasileiro ganhará mais espaço e receita, pois o Brasil exporta 55% do amendoim produzido, e o grande mercado importador é composto por países com limites de tolerância mais rígidos do que a legislação brasileira (Estados Unidos, 2022). Portanto, uma atualização dos limites nacionais (mesmo que da produção direcionada ao mercado externo) permitiria a expansão das exportações – Além disso, com limites menores, o amendoim brasileiro será menos tóxico quanto aos níveis permitidos para aflatoxinas. Por outro lado, há o custo de uma legislação mais rígida, que pode ter impacto significativo para o pequeno produtor (redução da produção comercializável) e o consumidor final (produto potencialmente mais caro).

**Tabela 2.** Exportação e consumo doméstico de amendoim em 2020.

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

Fonte: Estados Unidos (2022).

## Fungos toxigênicos e micotoxinas

As espécies de fungo *Aspergillus* capazes de produzir aflatoxinas incluem *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. pseudotamarii*, *A. bombycis*, *A. ochraceoroseus* e *A. australis* (Moss, 2002; IARC, 2012; Schrenk et al., 2020). *A. flavus* e *A. parasiticus* são responsáveis pela maior produção de aflatoxinas encontradas em alimentos no mundo. Das demais, apenas a *A. australis*, que é difundida no hemisfério sul e é comum em solos de amendoim australiano, pode ser uma fonte importante de aflatoxinas (IARC, 2012). Contudo, outras espécies aflatoxigênicas menos comuns são: *A. toxicarius*, *A. parvisclerotigenus*, *A. arachidicola*, *A. minisclerotigenes*, *A. rambelii*, *A. pseudonomius*, *A. pseudocaelatus*, *A. togoensis*, *A. mottae*, *A. sergii*, *A. transmontanensis*, *A. novoparasiticus*, *Emericella astellata* e *Emericella venezuelensis*. (Katsurayama & Taniwaki, 2017; Schrenk et al., 2020).

Mesmo que esteja identificado um pequeno número de espécies de fungos produtores de aflatoxinas, estas são amplamente encontradas nos trópicos e subtropicais e estão associadas a uma série de alimentos consumidos em todas as partes do mundo (Moss, 2002). *A. parasiticus* produz aflatoxinas dos tipos B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>, enquanto *A. flavus* produz principalmente aflatoxinas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>. *A. flavus* se desenvolve nas folhas e flores das plantas, enquanto *A. parasiticus* é mais adaptada ao ambiente do solo (Cullen & Newberne, 1994; Schrenk et al., 2020).

Existem vários tipos de aflatoxinas, mas apenas as aflatoxinas B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), B<sub>2</sub> (AFB<sub>2</sub>), G<sub>1</sub> (AFG<sub>1</sub>) e G<sub>2</sub> (AFG<sub>2</sub>) ocorrem naturalmente (Moss, 2002; Schrenk et al., 2020; Kabak, 2021).

Os fungos toxigênicos, das espécies *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, se desenvolvem em regiões com clima quente e úmido, sendo possível contaminar os alimentos durante a colheita ou o armazenamento (Chauhan et al., 2010; Schrenk et al., 2020). Os motivos relacionados à sua produção abrangem genótipo e fisiologia, além de fatores extrín-

secos, como umidade e temperatura, e fatores intrínsecos, como atividade de água e pH. É possível identificar a presença da micotoxina pelo teste de fluorescência, pois, quimicamente, as aflatoxinas são moléculas de di-hidrofuranos e fluorescem sob luz ultravioleta (Pitt et al., 2013; Katsurayama & Taniwaki, 2017).

## Aflatoxinas

As aflatoxinas formam cristais incolores a amarelo-pálidos que são intensamente fluorescentes em luz ultravioleta (UV). Sua identificação ocorre na percepção da coloração azul para as aflatoxinas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> e na cor verde para G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>. Elas são instáveis à luz UV na presença de oxigênio, pH extremo (intervalo < 3 ou > 10) e na presença de agentes oxidantes. Também são insolúveis em solventes não polares e solúveis em solventes orgânicos moderadamente polares, como clorofórmio e metanol, e sua solubilidade em água é de 10 mg L<sup>-1</sup> a 20 mg L<sup>-1</sup> (IARC, 2012; Schrenk et al., 2020). As aflatoxinas são produzidas quando as temperaturas estão entre 24 °C e 35 °C e o teor de umidade for superior a 7% em locais sem ventilação e a 10% em ambientes ventilados (Wilson & Payne, 1994; Williams et al., 2004; Sun et al., 2011).

As espécies fúngicas toxigênicas podem produzir no amendoim as aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>. Contudo, a maior preocupação dos órgãos reguladores é com a aflatoxina B<sub>1</sub>, pois ela é encontrada com mais frequência nos alimentos e é a mais tóxica delas. A aflatoxina B<sub>1</sub> é um agravante considerável para o surgimento de câncer de fígado, podendo causar carcinoma hepatocelular em humanos e em animais. Conforme dados da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), as aflatoxinas são pertencentes ao 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 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> possuem essa classificação desde 2012. (IARC, 2021). Nesse cenário, portanto, evidenciam-se a necessidade de aprofundamento de pesquisas em relação à aflatoxina B<sub>1</sub> e a constante reavaliação dos limites de tolerância esta-

belecidos pelos órgãos de controle (Chauhan et al., 2010; Wu et al., 2013; Schrenk et al., 2020; IARC, 2021).

### Legislação sobre aflatoxinas

O primeiro marco legal sobre a aflatoxina em alimentos no Brasil data de 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 B<sub>1</sub> e G<sub>1</sub> em 30 µg kg<sup>-1</sup> (Brasil, 1977). Com a criação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 1999, através da Resolução nº 274/02 os limites foram alterados para o somatório total das aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> até 20 µg kg<sup>-1</sup>, em conformidade com os países do Mercosul (Anvisa, 2002; Shundo et al., 2010).

No contexto dos regulamentos de controle da tolerância das micotoxinas nos alimentos, a Anvisa adotou a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 07, de 18 de fevereiro de 2011, como padrão da presença de micotoxinas em diversos alimentos, mantendo para o amendoim com casca, descascado, cru ou tostado o limite de 20 µg kg<sup>-1</sup> para o somatório das aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> (Anvisa, 2011). Além disso, buscando padronizar a qualidade do amendoim exportado para a UE, o Mapa editou, em fevereiro de 2017, o protocolo de controle das aflatoxinas em amendoins, através da Câmara Setorial Paulista do Amendoim, buscando atender aos requisitos referentes aos limites máximos toleráveis dos países integrantes desse bloco econômico (Brasil, 2017).

Recentemente, de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 487/21 da Anvisa, 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, mas o valor máximo permitido para as aflatoxinas totais no amendoim foi mantido em 20 µg kg<sup>-1</sup> (Anvisa, 2011, 2021a, 2021b). Além disso, a atual resolução (Anvisa, 2021b) dispõe dos princípios gerais para o esta-

belecimento e os métodos de análise para fins de verificação da conformidade das Boas Práticas de Fabricação (BPF). Contudo, no Diário Oficial da União (DOU) de 6 de julho de 2022, a Anvisa publicou a RDC nº 722/22, que revoga a Resolução nº 487/21 e a Instrução Normativa nº 88/21. A nova RDC dispõe sobre os LMT de contaminantes em alimentos e apresenta os princípios gerais para sua implementação. A principal novidade é a incorporação no ordenamento jurídico nacional das resoluções do Mercosul nº 103, 25, 12 e 18. Além disso, estabelece em seu Art. 4º que as quantidades de contaminantes em alimentos devem ser as menores possíveis. Igualmente, no Art. 5º, determina a forma com que os LMT são estabelecidos (Anvisa, 2022a, 2022b). Embora a publicação desses dispositivos legais seja recente, o LMT para o teor de aflatoxinas no amendoim continua o mesmo (Anvisa, 2022a).

Além das resoluções de controle de contaminantes de alimentos citadas acima, a autarquia federal também publicou a RDC nº 172, de 4 de julho de 2003 (Anvisa, 2003), que traz o regulamento técnico de BPF para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e seus derivados e a lista de verificação das BPF a serem adotadas 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%, enquanto o limite de umidade do amendoim cru com casca deve ser menor ou igual a 11%. A Tabela 3 mostra, resumidamente, a evolução da legislação brasileira sobre micotoxinas em alimentos, principalmente as aflatoxinas.

De fato, o Brasil, um dos maiores produtores e exportadores mundiais de amendoim, tem tentado manter uma atualização periódica de suas resoluções e legislações sobre contaminantes em alimentos. Contudo, comparado com outros países – como a UE, que limita o teor em 2 µg kg<sup>-1</sup> para a aflatoxina B<sub>1</sub> e em 4 µg kg<sup>-1</sup> para o somatório de aflatoxinas em amendoins –, o Brasil adota valores superiores para o limite máximo dessa micotoxina (Comissão das Comunidades Europeias, 2006; European Commission, 2010).

**Tabela 3.** Evolução da legislação nacional sobre micotoxinas em alimentos e BPF no beneficiamento do amendoim.

Resolução	Diretriz
CNNPA nº 34, de 1976	Fixa, para alimentos, a tolerância de 30 µg.kg <sup>-1</sup> para as aflatoxinas, calculada pela soma dos conteúdos de aflatoxinas B <sub>1</sub> e G <sub>1</sub>
RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002	Revoga parcialmente a CNNPA nº 34 e aprova o regulamento técnico sobre limites máximos de aflatoxinas admitidos no leite, no amendoim e no milho
RDC nº 172, de 4 de julho de 2003	Dispõe sobre o regulamento técnico de BPF para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e derivados e a lista de verificação das BPF para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e derivados
RDC nº 07, de 18 de fevereiro de 2011	Dispõe sobre a aprovação do regulamento técnico sobre LMT para micotoxinas em alimentos e revoga a CNNPA nº 34 e a RDC nº 274
RDC nº 487, de 26 de março de 2021, e IN nº 88, de 26 de março de 2021	Dispõe sobre os 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 LMT de contaminantes em alimentos
RDC nº 722, de 1º de julho de 2022, e IN nº 160, de 1º de julho de 2022	Revoga a RDC nº 487 e a IN nº 88 e dispõe sobre os 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 LMT de contaminantes em alimentos

Fonte: Brasil (1977), Anvisa (2002, 2003, 2011, 2021a, 2021b, 2022a, 2022b).

### Limites de aflatoxinas no amendoim

Desde a identificação das aflatoxinas, no fim da década de 1960, por ocasião da ocorrência de surtos de doenças e mortes em perus alimentados com rações que continham farelo de amendoim contaminado (Williams et al., 2004; Probst et al., 2007; Sun et al., 2011), muitos países elaboraram regulamentos para proteger o consumidor dos efeitos prejudiciais das micotoxinas, bem como defender os interesses econômicos de produtores e comerciantes. Naquela época, com base em critérios científicos, surgiram os primeiros limites para as aflatoxinas. No fim de 2003, aproximadamente 100 países já haviam desenvolvido limites específicos para micotoxinas em alimentos, e esse número continua a crescer (FAO, 2004).

Estudo da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO), em 2004, mostra 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: a disponibilidade de dados toxicológicos de contaminação na população, a disponibilidade de dados sobre a ocorrência de micotoxinas nos produtos alimentícios, o conhecimento da distribuição das concentrações de micotoxinas em um lote, a disponibilidade de métodos analíticos de análise, as legislações em países que possuem contratos comerciais de longo prazo e a necessidade de abastecimento alimentar suficiente para os cidadãos, são exemplos. Portanto, todos esses fatores podem influenciar um país a adotar critérios mais rigorosos ou mais flexíveis no estabelecimento de limites toleráveis de aflatoxinas em alimentos. Por exemplo, Agyekum & Jolly (2017) buscaram apresentar a relação entre um regulamento mais rígido quanto à presença das aflatoxinas no amendoim e o preço de compra e exportação da matéria-prima pelas partes interessadas. Concluíram que padrões mais

rigorosos impostos ao comércio de amendoim na Europa prejudicam cada lado do mercado, já que exportadores perdem receita, e os consumidores em países importadores enfrentam preços de varejo mais altos.

Por causa da alta toxicidade das aflatoxinas, diversos países determinaram limites de tolerância para esse contaminante em alimentos. A Tabela 4 mostra alguns dados sobre os limites máximos toleráveis em diferentes países.

Portanto, há divergência de limites entre as nações, sendo o limite que ocorre com mais frequência o de 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Índia e Sri Lanka adotam o maior valor, 30  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . É importante mencionar que o valor estabelecido pelo Código Internacional de Normas de Alimentos (Codex Alimentarius) é de 15  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (Codex Alimentarius, 2019). Contudo, na 13ª reunião da Comissão do Codex Alimentarius, em julho de 2019, em Genebra, foi discutida a proposta de alteração do limite do somatório das aflatoxinas totais no amendoim para o máximo de 10  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (WHO, 2019). Além disso, em razão da maior toxicidade da aflatoxina B<sub>1</sub>, alguns países definiram limites específicos para ela. A Rússia é o único

país dessa relação que contém limite máximo apenas para aflatoxina B<sub>1</sub>, já que é a mais prevalente e também a mais potencialmente tóxica dessas toxinas (Williams et al., 2004; Figueiredo & Miranda, 2011; Chang et al., 2013; Marroquín-Cardona et al., 2014; Martins et al., 2017).

O limite de 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , identificado como o de maior frequência (Tabela 4), levou o Mapa a aprovar o Protocolo De Controle de Aflatoxinas em Amendoim Destinado para a UE, que foi apresentado pela Câmara Setorial Paulista do Amendoim e estabeleceu os requisitos para exportar o amendoim brasileiro para aquele bloco (Brasil, 2017). O documento classifica o amendoim em Tipo A e Tipo B. Para o Tipo A, o limite aceitável da presença de aflatoxinas totais é de 2  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ; para o Tipo B, acima de 2  $\mu\text{g kg}^{-1}$  e até 20  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Além dos limites, o protocolo estabelece procedimentos de BPF e de controle de temperatura e umidade durante o armazenamento (Brasil, 2017). Contudo, conforme o resultado de diversos estudos (Shundo et al., 2010; Chang et al., 2013; Martins et al., 2017; Fang et al., 2022), evidencia-se que a contaminação pelas aflatoxinas ocorre em todas as etapas

**Tabela 4.** Limites máximos toleráveis (LMT) para aflatoxinas totais (AFT) e aflatoxina B<sub>1</sub> em amendoim.

Aflatoxina	LMT ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	País
AFT	30	Índia, Siri Lanka
	20	Argentina, Brasil, Estados Unidos, México, Indonésia, Nigéria, Países do Mercosul, Paraguai, Quênia, Tailândia, Uruguai e Venezuela
	15	Austrália, Bolívia, Canadá, Coreia do Sul, El Salvador, Filipinas, Irã, Israel, Hong Kong, Nicarágua, Nova Zelândia, Panamá, Peru e Zimbábue
	10	África do Sul, Colômbia, Egito, Malásia, Moçambique, Tanzânia, Turquia, Vietnã, Chile e Japão
	5	Cuba, Singapura
	4	Taiwan, Suíça, Reino Unido, União Europeia, Marrocos e Ucrânia
B <sub>1</sub>	20	China
	15	Indonésia e Hong Kong
	10	Coreia do Sul, Japão
	5	Argentina, Uruguai, Irã, Israel, África do Sul, Egito, Tanzânia, Turquia, Cuba, Singapura e Rússia
	2	Taiwan, Suíça, Reino Unido, União Europeia, Marrocos e Ucrânia

Fonte: FAO (2004), Ismail et al. (2018), Codex Alimentarius (2019) e APC (2020).

da cadeia produtiva e que os procedimentos de amostragem não garantem que o produto esteja isento da contaminação. Portanto, as técnicas de amostragem devem ser aprimoradas para buscar um resultado de análise fidedigno quanto à contaminação de determinado lote de amendoim para exportação ou para ser utilizado pelas indústrias de alimentos no Brasil.

Nessa situação, portanto, os países estabelecem seus limites com base em critérios científicos, como a disponibilidade de dados toxicológicos, o nível de ocorrência das aflatoxinas nos alimentos e os resultados de estudos de monitoramento do nível de contaminação em determinada população. Métodos analíticos e socioeconômicos também influenciam, como contratos, acordos e interesses comerciais e fatores econômicos e de segurança alimentar (FAO, 2004; Jager et al., 2013; Norlia et al., 2019; 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 viabilidade de quantificar a micotoxina de acordo com as técnicas conhecidas para análise. Caso os limites fossem orientados exclusivamente conforme a ordem toxicológica, os valores seriam muito menores, pois os riscos à saúde não podem ser negligenciados de acordo com os fatores de segurança aplicados (Nakai et al., 2008; Wagacha & Muthomi, 2008; Atayde et al., 2012; Marroquín-Cardona et al., 2014; Ismail et al., 2018; Norlia et al., 2019).

### **Estudos sobre a presença de aflatoxinas na cadeia do amendoim**

Conforme relatado, diferentes culturas agrícolas podem conter as micotoxinas, grande ameaça à saúde humana, pois são carcinogênicas. A contaminação pode ocorrer em qualquer etapa do cultivo, colheita ou armazenamento. Na indústria, as etapas de recebimento e armazenamento da matéria-prima são os pontos

críticos; 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 temperatura e umidade favorecem a formação de micotoxinas (Zawislak et al., 2012; Chang et al., 2013; Martins et al., 2017; Schrenk et al., 2020).

Ressalta-se que esse problema é mais comum em países em desenvolvimento, onde o controle de qualidade é ineficiente, as tecnologias de produção são ultrapassadas, e as condições de armazenamento são péssimas (Al-Jaal et al., 2019; Yuan et al., 2022). Martins et al. (2017) confirmam a existência 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 pelas duas espécies. Por fim, com base em amostras coletadas em cada etapa da cadeia produtiva, quantificaram as aflatoxinas totais (AFT) e encontraram quatro amostras acima do LMT do Brasil (Anvisa, 2021a): duas amostras na etapa de secagem ( $95,46 \mu\text{g kg}^{-1}$  e  $49,26 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) e duas na de triagem ( $100,91 \mu\text{g kg}^{-1}$  e  $24,16 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Nas demais etapas, também foram identificadas a presença de aflatoxinas, mas dentro dos limites permitidos (Martins et al., 2017). Cabe ressaltar que esse estudo foi o único realizado no Brasil que verificou a ocorrência desse contaminante em todas as etapas da cadeia produtiva. A região de amostragem contemplou fazendas e indústrias do Estado de São Paulo em 2013 e 2014. No total, 119 amostras foram analisadas e aproximadamente 3,4% estavam acima do LMT. Portanto, o estudo mostrou que todas as etapas da cadeia produtiva do amendoim estão sujeitas à contaminação pelas aflatoxinas.

Outros estudos de quantificação de aflatoxinas foram feitos, mas contemplaram produtos prontos para o consumo, como pasta de amendoim ou grãos comercializados (Silva et al., 2013). Hoeltz et al. (2012) identificaram altos níveis de contaminação por aflatoxina B<sub>1</sub> em

produtos de amendoim comercializadas no Rio Grande do Sul. Foram analisadas 101 amostras, 58 de amendoim pronto para o consumo e 43 de produtos à base de amendoim, em cinco cidades: Porto Alegre, Santa Cruz do Sul, Santa Maria, São Leopoldo e Ijuí, todas obtidas no comércio local. Os resultados mostraram que 14% das amostras exibiam valores acima dos permitidos pela legislação nacional, de  $24 \mu\text{g kg}^{-1}$  a  $87,5 \mu\text{g kg}^{-1}$  nas amostras de amendoim e de  $22 \mu\text{g kg}^{-1}$  a  $84,6 \mu\text{g kg}^{-1}$  nas amostras de produtos à base de amendoim, o que evidencia grave risco para a saúde (Hoeltz et al., 2012). Dessa forma, o alimento pronto derivado do amendoim também é suscetível à contaminação. Além das etapas da cadeia produtiva do amendoim, o produto pronto para beneficiamento ou consumo deve possuir controle higiênico-sanitário para mitigar e prevenir contaminações.

Embora a maioria dos estudos desenvolvidos no Brasil estejam focados na quantificação dos níveis de aflatoxinas nos alimentos, destaca-se o trabalho de Jager et al. (2013), que verificou os níveis de consumo das aflatoxinas em determinada população, pela determinação das aflatoxinas em amendoim, milho, feijão e leite. As 240 amostras foram coletadas nas residências dos 34 voluntários, que também responderam a um questionário de frequência alimentar. Conforme os resultados, 35% das amostras de produtos derivados do amendoim confirmaram a presença de aflatoxinas, de  $0,05 \mu\text{g kg}^{-1}$  a  $36,7 \mu\text{g kg}^{-1}$ , sendo os produtos de amendoim o tipo de alimento com a maior contribuição para a ingestão de aflatoxinas, com ingestão média provável diária (IPD) de  $1,56 \text{ ng kg}^{-1}$  de peso corporal. Portanto, mesmo que os níveis obtidos sejam baixos, os dados de consumo desses alimentos indicam risco de exposição à micotoxina (Jager et al., 2013).

Em vários países de baixa renda, as micotoxinas afetam os alimentos básicos, como amendoim, milho e nozes, entre outros vegetais.

Isso faz com que a população fique constantemente exposta a níveis elevados e não controlados pelos órgãos governamentais (Chala et al., 2013; Bumbangi et al., 2016), pois nessas regiões as práticas agrícolas, as legislações e os regulamentos para prevenção da exposição humana às micotoxinas são menos desenvolvidos. Em países desenvolvidos ocorre o oposto, já que a legislação e a fiscalização são mais rigorosas (Schrenk et al., 2020). Apesar de incidentes ocasionais, como surtos e intoxicação aguda, os meios de controle das micotoxinas não foram priorizados no contexto da saúde pública em países pobres (Wild & Gong, 2010). O estudo de revisão de Azziz-Baumgartner et al. (2005) exemplifica a situação acima citada. Os autores analisaram os fatores de um surto de aflatoxicose<sup>11</sup> no leste do Quênia que resultou em 317 casos e 125 mortes. Os casos apresentavam quadros de insuficiência hepática, mas todos os testes foram negativos para os vírus causadores da enfermidade. Dessa forma, com base nos surtos de aflatoxicose pela ingestão de milhos contaminados anteriormente relatados pelo Ministério da Saúde do Quênia, levantou-se a hipótese de que o surto estaria relacionado ao consumo de milho contaminado. As autoridades de saúde pública coletaram amostras de milho da área afetada e encontraram concentrações elevadíssimas da aflatoxina B<sub>1</sub>, aproximadamente  $4.400 \mu\text{g kg}^{-1}$ , 220 vezes maior do que o limite de  $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ , o que comprovou a origem do surto (Azziz-Baumgartner et al., 2005).

Apesar disso, observa-se que países em desenvolvimento aplicam, muitas vezes, legislações inadequadas quanto ao limite de micotoxinas nos alimentos, o que faz com que ocorra negligência no oferecimento de alimentos seguros ao consumidor (Chang et al., 2013; Gao et al., 2021). Alguns autores apontam que legislações mais rígidas quanto aos limites toleráveis do teor de aflatoxinas no amendoim geram investimentos robustos de controle para as indústrias (Sabes & Alves, 2008; Agyekum & Jolly, 2017). Por um

<sup>11</sup> Intoxicação resultante da ingestão de aflatoxinas. Duas formas são conhecidas: intoxicação aguda grave com dano no fígado e subsequente doença ou morte; e a exposição crônica subsintomática (Williams et al., 2004).

lado, a segurança do produto seria maior com o aumento dos limites permitidos, mas limites mais restritivos podem provocar a alta de preços para os consumidores e de custos para os produtores (Agyekum & Jolly, 2017). É preciso que haja mais atenção das autoridades quanto ao assunto e que políticas públicas de incentivo ao monitoramento sejam implementadas (Klingelhöfer et al., 2018; Sanou et al., 2021).

Nesse âmbito, 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 (Wagacha & Muthomi, 2008; Gao et al., 2021; Kholif et al., 2021). Considerando-se o grande consumo do amendoim no mundo e seus benefícios, é imprescindível que os consumidores desfrutem de um produto seguro e de qualidade (Chang et al., 2013).

Dessa forma, os programas de boas práticas associados com a cadeia produtiva do amendoim devem ser elaborados para prevenir a contaminação pelas aflatoxinas, pois quando os fungos são submetidos a condições de estresse ocasionadas, na maioria dos casos por condições de armazenamentos inadequadas, os metabólicos secundários se desenvolvem (Chang et al., 2013; Chen et al., 2014; Gao et al., 2021).

## Considerações finais

Esse trabalho mostrou um panorama sobre o problema das aflatoxinas em relação à segurança de alimentos. Fez-se uma comparação da legislação brasileira com a de outros países no sentido de visualizar as divergências dos valores de limites máximos permitidos quanto à presença de micotoxinas. Além disso, um marco temporal do surgimento do regulamento brasileiro quanto aos contaminantes em alimentos e o risco à saúde pública também foram explorados.

Constatou-se que existem poucos estudos sobre a presença de aflatoxinas no amendoim e sobre a avaliação dos seus efeitos na população. A legislação brasileira é menos rigorosa

que a de muitos países, principalmente os da União Europeia, cujo limite máximo tolerável (LMT) é de  $4 \mu\text{g kg}^{-1}$  de AFT. O Brasil permite até  $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ , valor equivalente ao de outros grandes produtores (e consumidores), como China, Índia e EUA.

Embora o governo brasileiro tenha redigido uma nova resolução para os limites máximos de contaminantes em alimentos, no caso de aflatoxinas os valores se mantiveram inalterados.

Nessa conjuntura, é necessário o aprofundamento de estudos e pesquisas sobre a presença de aflatoxinas em alimentos, bem como reavaliações periódicas dos limites de tolerância permitidos, já que, conforme a classificação da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), as aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> pertencem ao grupo 1 e podem ser carcinogênicas. Cumpre ressaltar que esse tipo de informação é fundamental para a tomada de decisões com o intuito de desenvolver a produção interna e a potencial conquista de mercados para a cadeia produtiva do amendoim brasileiro.

## Referências

- AGYEKUM, M.; JOLLY, C.M. Peanut trade and aflatoxin standards in Europe: economic effects on trading countries. **Journal of Policy Modeling**, v.39, p.114-128, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2016.08.004>.
- AL-JAAL, B.A.; JAGANJAC, M.; BARCARU, A.; HORVATOVICH, P.; LATIFF, A. Aflatoxin, fumonisin, ochratoxin, zearalenone and deoxynivalenol biomarkers in human biological fluids: a systematic literature review, 2001-2018. **Food and Chemical Toxicology**, v.129, p.211-228, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.047>.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 88, de 26 de março de 2021. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**, 31 mar. 2021a. Seção1, p.225-234.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 160, de 1 de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**, 6 jul. 2022a. Seção1, p.227-235. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?da>

ta=06/07/2022&jornal=515&pagina=227&totalArquivos=280>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002.** [Aprova o “Regulamento Técnico Sobre Limites Máximos de Aflatoxinas Admissíveis no Leite, no Amendoim, no Milho”]. 2002. Disponível em: <[https://bvmsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0274\\_15\\_10\\_2002.html](https://bvmsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0274_15_10_2002.html)>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 172, de 4 de julho de 2003.** Dispõe 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. 2003. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=07/07/2003&jornal=1&pagina=45&totalArquivos=96>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011.** Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Republicação. 2011. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=09/03/2011&jornal=1&pagina=66&totalArquivos=160>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 487, de 26 de março de 2021.** Dispõe 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. 2021b. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=31/03/2021&jornal=515&pagina=225&totalArquivos=246>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 722, de 1 de julho de 2022.** Dispõe 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. **Diário Oficial da União**, 6 jul. 2022b. Seção1, p.202-203. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-722-de-1-de-julho-de-2022-413365215>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

APC. American Peanut Council. **Aflatoxin Limits in Peanuts and Peanut Products (as of April 15, 2020).** 2020. Disponível em: <<https://www.peanutsusa.com/phocadownload/WebDocsGeneral/Copy%20of%20Aflatoxin%20-%20Global%20contaminants%20limits%204%202020.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

ATAYDE, D.D.; REIS, T.A.; GODOY, I.J.; ZORZETE, P.; REIS, G.M.; CORRÊA, B. Mycobiota and aflatoxins in a peanut variety grown in different regions in the state of

São Paulo, Brazil. **Crop Protection**, v.33, p.7-12, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.11.013>.

AZZIZ-BAUMGARTNER, E.; LINDBLADE, K.; GIESEKER, K.; ROGERS, H.S.; STEPHANIE KIESZAK, S.; NJAPAU, H.; SCHLEICHER, R.; MCCOY, L.F.; MISORE, A.; DECOCK, K.; RUBIN, C.; SLUTSKER, L.; AFLATOXIN INVESTIGATIVE GROUP. Case-control study of an acute aflatoxicosis outbreak, Kenya, 2004. **Environmental Health Perspectives**, v.113, p.1779-1783, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.8384>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.161>.

BIAI, A.; COSTA, C.T. de A.; LUZ, L.N. da; MARQUES, V.B.; PEREIRA, A.C da S. Avaliação das características agrônômicas e produtivas de acessos de amendoim sob adubação orgânica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.14, e8732, 2021. Supl.1. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8732>.

BILAL, M.; XIAOBO, Z.; ARSLAN, M.; TAHIR, H.E.; AZAM, M.; JUNJUN, Z.; BASHEER, S.; ABDULLAH. Rapid determination of the chemical compositions of peanut seed (*Arachis hypogaea*.) using portable near-infrared spectroscopy. **Vibrational Spectroscopy**, v.110, art.103138, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103138>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3, de 28 de janeiro de 2009. [Estabelece os critérios e procedimentos para o controle higiênico-sanitário do amendoim e seus subprodutos na cadeia produtiva]. **Diário Oficial da União**, 29 jan. 2009. Seção1, p.27-32. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=29/01/2009&jornal=1&pagina=27&totalArquivos=128>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 32, de 24 de agosto de 2016. [Estabelece o Regulamento Técnico do Amendoim em Casca e em Grãos destinados a alimentação humana]. **Diário Oficial da União**, 25 ago. 2016. Seção1, p.13-18.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de coleta de amostras do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em produtos de origem vegetal.** Brasília, 2013. 51p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Protocolo de controle de Aflatoxinas em amendoim destinado para União Europeia.** Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução CNNPA

nº 34, de 1976. [Fixa para os alimentos, tolerâncias de 30ppb (trinta partes por bilhão) para as Aflatoxinas, calculada pela soma dos conteúdos das aflatoxinas B<sub>1</sub> e G<sub>1</sub>]. **Diário Oficial da União**, 19 de janeiro de 1977. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. 2020. Disponível em: <<https://bi.mte.gov.br/scripts10/dardoweb.cgi>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

BUMBANGI, N.F.; MUMA, J.B.; CHOONGO, K.; MUKANGA, M.; VELU, M.R.; VELDMAN, F.; HATLOY, A.; MAPATANO, M.A. Occurrence and factors associated with aflatoxin contamination of raw peanuts from Lusaka district's markets, Zambia. **Food Control**, v.68, p.291-296, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.004>.

CERVINI, C.; VERHEECKE-VAESSEN, C.; HE, T.; MOHAMMED, A.; MAGAN, N.; MEDINA, A. Improvements within the peanut production chain to minimize aflatoxins contamination: an Ethiopian case study. **Food Control**, v.136, art.108622, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108622>.

CHALA, A.; MOHAMMED, A.; AYALEW, A.; SKINNES, H. Natural occurrence of aflatoxins in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) from eastern Ethiopia. **Food Control**, v.30, p.602-605, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.08.023>.

CHANG, A.S.; SREEDHARAN, A.; SCHNEIDER, K.R. Peanut and peanut products: a food safety perspective. **Food Control**, v.32, p.296-303, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.007>.

CHAUHAN, Y.S.; WRIGHT, G.C.; RACHAPUTI, R.C.N.; HOLZWORTH, D.; BROOME, A.; KROSCHE, S.; ROBERTSON, M.J. Application of a model to assess aflatoxin risk in peanuts. **Journal of Agricultural Science**, v.148, p.341-351, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185961000002X>.

CHEN, R.; MA, F.; LI, P.-W.; ZHANG, W.; DING, X.X.; ZHANG, Q.; LI, M.; WANG, Y.R.; XU, B.-C. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. **Food Chemistry**, v.146, p.284-288, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.059>.

ÇİFTÇİ, S.; SUNA, G. Functional components of peanuts (*Arachis Hypogaea* L.) and health benefits: a review. **Future Foods**, v.5, art.100140, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100140>.

CODEx ALIMENTARIUS. **General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed**: CXS 193-1995. [Roma]: FAO, 2019.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. Regulamento (CE) nº 1881/2006 da Comissão de 19 de Dezembro de 2006, que fixa os valores máximos de

certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios. **Jornal Oficial da União Europeia**, L364, 20 dez. 2006, p.5-24.

CULLEN, J.M.; NEWBERNE, P.M. Acute hepatotoxicity of aflatoxins. In: EATON, D.L.; GROOPMAN, J.D. (Ed.). **The toxicology of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance**. San Diego: Academic Press, 1994. p.3-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-228255-3.50006-4>.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. Commission Regulation (EC) nº 165/2010 of 26 February 2010, amending Regulation (EC) nº 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. **Official Journal of the European Union**, L50, 27 feb. 2010, p.8-12.

FANG, L.; ZHAO, B.; ZHANG, R.; WU, P.; ZHAO, D.; CHEN, J.; PAN, X.; WANG, J.; WU, X.; ZHANG, H.; QI, X.; ZHOU, J.; ZHOU, B. Occurrence and exposure assessment of aflatoxins in Zhejiang province, China. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.92, art.103847, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103847>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: Top 20 Country, Export quantity of Groundnuts, shelled 2020. 2020. Disponível em: <[https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity\\_exports](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports)>. Acesso em: 10 fev. 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Worldwide Regulations for mycotoxins in food and feed 2003**. Rome, 2004. (FAO. Food and Nutrition Paper, 81). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/y5499e/y5499e00.htm>>. Acesso em: 1 set. 2021.

FIGUEIREDO, A.V. de A.; MIRANDA, M.S. Análise de risco aplicada aos alimentos no Brasil: perspectivas e desafios. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.16, p.2251-2262, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000400024>.

GAO, J.; ZHAO, L.; LI, J.; DENG, L.; NI, J.; HAN, Z. Aflatoxin rapid detection based on hyperspectral with 1D-convolution neural network in the pixel level. **Food Chemistry**, v.360, art.129968, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129968>.

GOULART, D.; ALMEIDA, R.P. de; RESENDE, K.C.; COSTA, F.A.M. da; BEZERRA, J.R.C. O desafio da estruturação da cadeia produtiva do amendoim no semiárido do Nordeste. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.19, p.47-59, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21714/2238-68902017v19n1p047>.

- HOELTZ, M.; EINLOFT, T.C.; OLDONI, V.P.; DOTTORI, H.A.; NOLL, I.B. The occurrence of aflatoxin B<sub>1</sub> contamination in peanuts and peanut products marketed in southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.55, p.313-317, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000200019>.
- IARC. International Agency for Research on Cancer. **Chemical agents and related occupations**: volume 100 F: a review of human carcinogens. Lyon, 2012. 599p. (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, v.100F).
- IARC. International Agency for Research on Cancer. **List of classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, IARC Monographs Volumes 1–129**. Lyon, 2021. 12p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76420](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**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- ISMAIL, A.; GONÇALVES, B.L.; NEEFF, D.V. de; PONZILACQUA, B.; COPPA, C.F.C.C.; HINTZSCHE, H.; SAJJID, M.; CRUZ, A.G.; CORASSIN, C.H.; OLIVEIRA, C.A.F. Aflatoxin in foodstuffs: occurrence and recent advances in decontamination. **Food Research International**, v.113, p.74-85, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.067>.
- JAGER, A.V.; TEDESCO, M.P.; SOUTO, P.C.M.C.; OLIVEIRA, C.A.F. Assessment of aflatoxin intake in São Paulo, Brazil. **Food Control**, v.33, p.87-92, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.016>.
- JONES, J.B.; BARKLEY, N.A.; SIMPSON, C.E.; MATTES, R.D. Peanuts. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P.M.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Encyclopedia of Food and Health**. Amsterdam: Elsevier, 2015. p.277-282. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00528-6>.
- KABAK, B. Aflatoxins in foodstuffs: occurrence and risk assessment in Turkey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.96, art.103734, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103734>.
- KATSURAYAMA, A.M.; TANIWAKI, M.H. Fungos e aflatoxinas no arroz: ocorrência e significado na saúde do consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, e2017006, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0617>.
- KHOLIF, O.T.; SEBAEI, A.S.; EISSA, F.I.; ELHAMALAWY, O.H. Size-exclusion chromatography selective cleanup of aflatoxins in oilseeds followed by HPLC determination to assess the potential health risk. **Toxicon**, v.200, p.110-117, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.07.009>.
- KLINGELHÖFER, D.; ZHU, Y.; BRAUN, M.; BENDELS, M.H.K.; BRÜGGMANN, D.; GRONEBERG, D.A. Aflatoxin: publication analysis of a global health threat. **Food Control**, v.89, p.280-290, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.017>.
- LIU, X.; GUAN, X.; XING, F.; LV, C.; DAI, X.; LIU, Y. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.07.012>.
- MARROQUÍN-CARDONA, A.G.; JOHNSON, N.M.; PHILLIPS, T.D.; HAYES, A.W. Mycotoxins in a changing global environment: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v.69, p.220-230, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.04.025>.
- MARTINS, L.M.; SANT'ANA, A.S.; FUNGARO, M.H.P.; SILVA, J.J.; NASCIMENTO, M. da S. do; FRISVAD, J.C.; TANIWAKI, M.H. The biodiversity of *Aspergillus* section *Flavi* and aflatoxins in the Brazilian peanut production chain. **Food Research International**, v.94, p.101-107, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.006>.
- MENIS CANDELA, F.; GIORDANO, W.F.; QUIROGA, P.L.; ESCOBAR, F.M.; MAÑAS, F.; ROMA, D.A.; LARRAURI, M.; COMINI, L.R.; SORIA, E.S.; SABINI, M.C. Evaluation of cellular safety and the chemical composition of the peanut (*Arachis hypogaea* L.) ethanolic extracts. **Heliyon**, v.6, e05119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05119>.
- MOHD ROZALLI, N.H.; CHIN, N.L.; YUSOF, Y.A. Grinding characteristics of Asian originated peanuts (*Arachis hypogaea* L.) and specific energy consumption during ultra-high speed grinding for natural peanut butter production. **Journal of Food Engineering**, v.152, p.1-7, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.027>.
- MOSS, M.O. Risk assessment for aflatoxins in foodstuffs. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.50, p.137-142, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00078-1).
- NAKAI, V.K.; ROCHA, V. de O.; GONÇALES, E.; FONSECA, H.; ORTEGA, E.M.M.; CORRÊA, B. Distribution of fungi and aflatoxins in a stored peanut variety. **Food Chemistry**, v.106, p.285-290, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.087>.
- NORLIA, M.; JINAP, S.; NOR-KHAIZURA M.A.R.; RADU, S.; SAMSUDIN, N.I.P.; AZRI, F.A. *Aspergillus* section *flavi* and aflatoxins: occurrence, detection, and identification

in raw peanuts and peanut-based products along the supply chain. **Frontiers in Microbiology**, v.10, p.1-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02602>.

PATTON, M.Q. **Qualitative research & evaluation methods**. 3<sup>rd</sup> ed. Thousand Oaks: Sage, 2002.

PITT, J.I.; TANIWAKI, M.H.; COLE, M.B. Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of Food Safety Objectives. **Food Control**, v.32, p.205-215, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.023>.

PROBST, C.; NJAPAU, H.; COTTY, P.J. Outbreak of an acute aflatoxicosis in Kenya in 2004: identification of the causal agent. **Applied and Environmental Microbiology**, v.73, p.2762-2764, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02370-06>.

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. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. [Anais]. Brasília: Sober; Rio Branco: UFAC, 2008.

SANOU, A.; LIVERPOOL-TASIE, L.S.O.; CAPUTO, V.; KERR, J. Introducing an aflatoxin-safe labeling program in complex food supply chains: evidence from a choice experiment in Nigeria. **Food Policy**, v.102, art.102070, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102070>.

SANTOS, D.F.L.; RANGEL, H. de S.; MONTEIRO, L.O.; PENARIOL, M.L.S.; MONTORO, S.B. **Relatório técnico: desafios e oportunidades na cadeia do amendoim**. Jaboticabal: Geafin, 2021.

SCALCO, A.R.; MACHADO, J.G. de C.F.; QUEIROZ, T.R. Diagnóstico da gestão da qualidade na cadeia produtiva do amendoim: estudo de casos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. [Anais]. Brasília: Sober; Rio Branco: UFAC, 2008.

SCHRENK, D.; BIGAMI, M.; BODIN, L.; CHIPMAN, J.K.; DEL MAZO, J.; GRASL-KRAUPP, B.; HOGSTRAND, C.; HOOGENBOOM, L.R.; LEBLANC, J.-C.; NEBBIA, C.S.; NIELSEN, E.; NTZANI, E.; PETERSEN, A.; SAND, S.; SCHWERDTLE, T.; VLEMINCKX, C.; MARKO, D.; OSWALD, I.P.; PIERSMA, A.; ROUTLEDGE, M.; SCHLATTER, J.; BAERT, K.; GERGLOVA, P.; WALLACE, H. Risk assessment of aflatoxins in food. **EFSA Journal**, v.18, art.6040, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040>.

SHANE, S.M. Economic Issues Associated with Aflatoxins. In: EATON, D.L.; GROOPMAN, J.D. (Ed.). **The toxicology**

**of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance**. San Diego: Academic Press, 1994. p.513-527. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-228255-3.50028-3>.

SHUNDO, L.; NAVAS, S.A.; RUVIERI, V.; ALABURDA, J.; LAMARDO, L.C.A.; SABINO, M. Aflatoxinas em amendoim: melhoria da qualidade e programas de controle. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.69, p.567-570, 2010.

SILVA, R.A. da; YAMAMOTO, I.T.; FERREIRA, L.O.; MARQUES, L.R.M. Detecção e quantificação de aflatoxinas em amostras de grãos de amendoim e derivados comercializados na região de Marília – SP, 2002-2009. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.24, p.61-64, 2013.

SUN, G.; WANG, S.; HU, X.; SU, J.; ZHANG, Y.; XIE, Y.; ZHANG, H.; TANG, L.; WANG, J.-S. Co-contamination of aflatoxin B<sub>1</sub> and fumonisin B<sub>1</sub> in food and human dietary exposure in three areas of China. **Food Additives and Contaminants: Part A**, v.28, p.461-470, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.544678>.

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, p.1-12, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.01.008>.

WHO. World Health Organization. Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on Contaminants in Food. **Report of the 13rd Session of the Codex Committee on Contaminants in Foods**. Yogyakarta, 2019. 42<sup>nd</sup> Session Geneva, Switzerland 8 - 12 July 2019.

WILD, C.P.; GONG, Y.Y. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. **Carcinogenesis**, v.31, p.71-82, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264>.

WILLIAMS, J.H.; PHILLIPS, T.D.; JOLLY, P.E.; STILES, J.K.; JOLLY, C.M.; AGGARWAL, D. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.80, p.1106-1122, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1106>.

WILSON, D.M.; PAYNE, G.A. Factors affecting *Aspergillus flavus* group infection and aflatoxin contamination of crops. In: EATON, D.L.; GROOPMAN, J.D. (Ed.). **The toxicology of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance**. San Diego: Academic Press, 1994. p.309-325. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-228255-3.50019-2>.

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, p.251-259, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/toxsci/kft132>.

YUAN, D.; JIANG, J.; GONG, Z.; NIE, C.; SUN, Y. Moldy peanuts identification based on hyperspectral images and Point-centered convolutional neural network combined with embedded feature selection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.197, art.106963, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106963>.

ZAWISLAK, P.A.; ALVES, A.C.; TELLO-GAMARRA, J.; BARBIEUX, D.; REICHERT, F.M. Innovation capability: from technology development to transaction capability. **Journal of Technology Management and Innovation**, v.7, p.14-25, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000200002>.

---