

Contaminação

Qualidade do milho é classificada por padrões oficiais, de acordo com o uso

Eduardo Micotti da Gloria e Maria Antonia Calori Domingues *



RODRIGO ALMEIDA

Norma para classificação do milho é obrigatória em transações comerciais envolvendo entidades públicas e importação

O milho no Brasil é utilizado, basicamente, para processamento industrial, via moagem úmida e seca, e para manufatura de ração animal. Os diferentes processamentos aplicados aos grãos de milho resultam em produtos finais diferenciados, que necessitam, para um bom processo industrial e obtenção de produtos finais de qualidade, de matéria-prima com atributos de qualidade também diferenciados. Sendo assim, a definição de

qualidade de milho é subjetiva e depende do uso dado ao milho. Contudo, existe uma classificação do milho em tipos que seguem padrões oficiais estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (Mapa), por meio da Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011a).

A aplicação desta norma para classificação do milho é obrigatória em transações comerciais envolvendo entidades

públicas e importação. Nas transações entre produtores, armazenadores e consumidores, a utilização da norma é optativa e a inclusão de outros defeitos ou limites pode ser realizada. Segundo a norma oficial, o milho deve ser classificado entre três diferentes tipos ou fora de tipo, de acordo com o nível dos defeitos presentes em uma amostra de trabalho de 250 gramas, proveniente de uma amostra maior retirada do lote de grãos, a ser

classificado de acordo com critérios de amostragem também estabelecidos na norma. Os defeitos avaliados devem ser os grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados, mofados, quebrados, carunchados e com matérias estranhas e impurezas – conforme apresentado na Tabela 1.

O enquadramento de um lote de milho dentre os tipos definidos pelo padrão oficial não é, contudo, indicativo da qualidade maior ou menor para a utilização específica do grão. Os defeitos aludidos na classificação podem, sim, influenciar na qualidade da matéria-prima de um processo. Entretanto, os níveis para que isso ocorra podem e, muitas vezes, são diferentes dos estabelecidos na classificação oficial. Cada segmento industrial que utiliza o milho como matéria-prima necessita estabelecer padrões próprios, contemplando (ou não) os defeitos e os limites da classificação oficial, com base em suas necessidades.

Atualmente, os segmentos de processadores de milho já têm, no Brasil, alguma informação sobre os efeitos da presença de defeitos de qualidade, contemplados na norma oficial sobre seus processos e produtos. Por exemplo, o setor de ração animal, com base nos níveis de presença de defeitos em lotes de milho que servirão como matéria-prima para confecção de rações, faz uso de equações matemáticas para estimar o detrimento de energia metabolizável que ocorrerá

na dieta preparada com o produto e pode adequar as quantidades de ingredientes a um balanço energético da dieta. Contudo, os diversos tipos de defeitos têm definições e características diferenciadas, podendo influenciar os processos e produtos de modos, também, diferenciados. Assim, torna-se interessante conhecer as definições, bem como alguns dos efeitos causados:

Grãos ardidos – São grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento na totalidade de sua área, como resultado da ação do calor, umidade ou fermentação. Grãos com modificações na cor têm como principal causa o ataque de fungos, que afetam primeiramente a região do germe e, depois, podem causar danos também no endosperma. O aparecimento de grãos atacados por fungos pode decorrer de infecção e colonização ocorrida no campo e/ou na armazenagem. A cor marrom escura, característica de grãos atacados, é provavelmente resultado de produtos da reação de Maillard, formados pela reação entre açúcares redutores, presentes nas células do germe, e aminoácidos ou amônia liberada pela ação de enzimas proteolíticas fúngicas. Entretanto, outros fatores podem provocar o aparecimento de grãos com coloração modificada, como a secagem com emprego de altas temperaturas e o aquecimento espontâneo por alta atividade microbiana. O próprio Ministério da Agricultura, Pecuária

e Abastecimento (Mapa) recomenda que os grãos queimados em secadores devem ser classificados como ardidos. A presença de grãos ardidos é indesejável para as diversas utilizações que o milho possa ter. No processamento por moagem úmida, pode acarretar o aparecimento de pontos pretos, a diminuição da viscosidade do amido e o aumento de acidez do gérmen. Na moagem seca, provoca também o aparecimento de pontos pretos, rancidez e aparecimento de odor nos produtos finais. Para a manufatura de ração, pode alterar as propriedades nutricionais da matéria-prima, diminuindo, por exemplo, a energia metabolizável. Contudo, a maior preocupação com a presença de grãos ardidos está relacionada, seja qual for o destino dado ao milho, à maior possibilidade de presença das micotoxinas (Gloria et al., 2004), toxinas produzidas por algumas espécies de fungos, que podem ter se desenvolvido no grão que, agora, se apresenta com aspecto ardido.

Grãos mofados – São grãos ou pedaços destes que apresentam crescimento de bolor visível a olho nu, independentemente da área do grão tomada, bem como apresentam coloração esverdeada ou azulada no gérmen, resultante da presença de fungos (Figura 1). O aparecimento deste defeito decorre da disponibilidade de água suficiente para o desenvolvimento de fungos, durante a pré e/ou pós-colheita. Nota-se que um grão ou pedaço deste em que houve crescimento



FREEMAGES / MARZIA

TABELA 1 | LIMITES MÁXIMOS DE TOLERÂNCIA DE DEFEITOS EM MILHO, EXPRESSOS EM PERCENTUAIS (%)

Enquadramento	Grãos avariados ¹ Ardidos	Total	Grãos quebrados	Matérias estranhas e impurezas	Carunchados
Tipo 1	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
Fora do tipo	5,00	20,00	Maior que 5,00	Maior que 2,00	8,00

¹ Grãos avariados envolvem grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e moçados.

Fonte: Brasil, 2011a.

FIGURA 1 | GRÃOS DE MILHO NORMAIS E MOFADOS



EDUARDO MICOTTI DA GLORIA

visível de bolor pode, após o manuseio, perder esta característica, pois o micélio fúngico terá sido removido. Neste caso, o grão, dependendo da alteração que o crescimento fúngico provocou, pode ser classificado como ardido ou fermentado.

Grãos brotados ou germinados

– São grãos ou pedaços destes que apresentam início visível de germinação, originado durante a pré ou pós-colheita do milho. Na pré-colheita, o aparecimento da germinação está relacionado às condições climáticas, aos nutrientes e ao genótipo do milho. Na pós-colheita, deve-se, basicamente, a práticas de transporte e armazenagem inadequadas, que propiciam umidade favorável para que o grão inicie o processo germinativo, predispondo o grão a maior infecção fúngica, diminuição da viscosidade do amido obtido via moagem úmida, diminuição da energia metabolizável da matéria-prima para ração e dificuldades no processamento industrial.

Grãos chochos ou imaturos – São os desprovidos de massa interna, enrijecidos e que se apresentam enrugados, devido a desenvolvimento fisiológico incompleto. Grãos pequenos e de endosperma córneo (ponta de espiga) não devem ser considerados chochos e imaturos, mas, sim, grãos normais. Os grãos chochos podem provocar problemas como: durante o armazenamento, dificultam a circulação do ar de aeração na moagem úmida, por se comportarem de modo diferente dos grãos normais; na etapa de maceração, durante o processo

de moagem a seco, apresentam dureza diferente da normal; como matéria-prima, apresentam menor nível de energia metabolizável.

Grãos quebrados – São pedaços de grãos que passam pela peneira de crivos circulares de 5,00 mm de diâmetro e que ficam retidos na peneira de crivos circulares de 3,0 mm de diâmetro. Este defeito tem origem na susceptibilidade genética do milho a quebras e em fatores diversos, tais como: na pré-colheita (ataques de pragas e animais); na colheita (má regulagem da colheitadeira ou umidade incorreta); na pós-colheita (secagem com temperaturas excessivas, que provocam o aparecimento de grãos trincados; regulagem e tipo de equipamentos usados na movimentação dos grãos durante secagem e armazenamento; manuseio excessivo dos grãos). Grãos quebrados, assim como chochos e imaturos, dificultam a circulação do ar no armazenamento. São mais susceptíveis a infestação por fungos, por apresentarem endosperma e gérmen mais expostos. Comportam-se de modo diferente dos grãos normais durante a etapa de maceração, na moagem úmida, e resultam em produtos de menor granulometria, na moagem a seco, reduzindo a produção de partículas de maior tamanho, desejáveis para produtos que servem como matéria-prima para a indústria de cereais matinais.

Grãos carunchados – São grãos ou pedaços destes que foram atacados por insetos-praga durante o processo de armazenamento. A infestação de pragas

de armazenamento pode provocar as seguintes consequências: alteração das características nutricionais do milho a ser utilizado na ração animal; consumo do amido presente no endosperma; menor rendimento da moagem úmida; maior exposição dos grãos ao ataque fúngico; grãos mais friáveis, originando mais grãos quebrados durante o manuseio e com menor valor para a moagem seca.

CONTAMINAÇÃO COM MICOTOXINAS

As micotoxinas são compostos de pequeno peso molecular, produzidos pelo metabolismo secundário de alguns fungos filamentosos (bolor). Podem ocorrer em diversos produtos agrícolas, incluindo os cereais, as leguminosas, as frutas, as especiarias e os condimentos – portanto, em produtos processados e coprodutos. Apenas uma parte dos fungos pode produzi-las, sendo as mais conhecidas produzidas pelos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Algumas espécies de *Fusarium* são patógenos conhecidos para os produtos agrícolas, podendo produzir micotoxinas ainda no campo. Espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* podem, também, ser patógenos de plantas ou estar presentes apenas nas áreas de produção, sendo mais comuns, normalmente, nas etapas de secagem e armazenamento. Deste modo, muitos alimentos destinados ao consumo humano e animal podem estar contaminados por alguma micotoxina ainda no campo (pré-colheita) ou na se-

cagem ou armazenamento (pós-colheita), bastando haver condições favoráveis à infecção fúngica.

Existem mais de 400 micotoxinas identificadas. No entanto, as principais micotoxinas estudadas em cereais, em função de sua ocorrência e efeitos tóxicos, são as aflatoxinas, fumonisinas, tricotecenos (principalmente desoxinivalenol ou DON, toxina T-2 e HT-2), ocratoxina A e zearalenona. Estas substâncias já foram detectadas em diversos tipos de alimentos, como milho, amendoim, sementes de algodão, arroz, trigo, feijão, frutas secas, soja, leite, queijo, cervejas, rações, vinho, entre outros (Cast, 2003).

As aflatoxinas são substâncias comprovadamente carcinogênicas, teratogênicas e hepatotóxicas; as fumonisinas são neurotóxicas, envolvidas com a leucoencefalomalácia equina e, possivelmente, com câncer esofágico no homem; a zearalenona apresenta ação estrogênica; a ocratoxina A é uma substância nefrotóxica e alguns tricotecenos estão envolvidos com inibição da síntese proteica, vômitos, hemorragias gastrointestinais. Além disso, estas micotoxinas afetam, de alguma maneira, o sistema imunológico dos organismos. Em função das características toxicológicas das micotoxinas, vários países possuem legislações próprias, que determinam limites para os produtos a serem comercializados internamente.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por meio da RDC n.7 (2011), estabeleceu os limites máximos tolerados (LMT) para aflatoxinas, ocratoxina A, zearalenona, desoxinivalenol, fumonisinas e patulina, em vários alimentos destinados ao consumo humano. Os LMT para milho estão apresentados na Tabela 2, na qual estão apresentados, também, os limites estabelecidos pela Comunidade Europeia. A ocorrência de micotoxinas em milho, no Brasil, foi relatada em diversos trabalhos, indicando baixa incidência de aflatoxinas e alta incidência de fumonisinas (FBI),

em concentrações elevadas. As ocorrências de zearalenona, DON, nivalenol, toxina T-2 e ocratoxina A também têm sido detectadas em milho.

Novas micotoxinas estão sendo observadas no milho, por meio do uso de técnicas cromatográficas, que empregam a espectrometria de massas, aumentando a seletividade de detecção, em uma mesma análise. Avaliando-se os resultados das ocorrências, fica evidente a co-ocorrência de micotoxinas em milho; fato importante, pois representa risco para a saúde humana e animal, em função das interações que possam ocorrer (efeito sinérgico ou aditivo) na ação das mesmas nos organismos. O crescimento fúngico e a contaminação com micotoxinas são consequências da interação entre fungos, substrato (hospedeiro) e o ambiente. Uma combinação adequada desses fatores determina a infecção e colonização do substrato, bem como o tipo e quantidade de micotoxina produzida. Por essa razão, a concentração das micotoxinas nos produtos pode variar ampla e significativamente de ano para ano.

Por se tratar de contaminação natural, nem sempre é possível evitar as infecções fúngicas. No entanto,

para minimizar a ocorrência de micotoxinas, é necessário entender como as condições ambientais influenciam no crescimento fúngico e na produção das toxinas. Observa-se que, na etapa de pré-colheita, a infecção por *Aspergillus flavus* é favorecida por: altas temperaturas no solo e do ar, estresse hídrico, superpopulação de plantas, plantio de genótipos não recomendados ou fora da época correta, danos causados por insetos (especialmente, a lagarta-do-cartucho). Já as infecções por *Fusarium* são favorecidas por: condições úmidas e temperaturas amenas durante o espigamento, estresse hídrico seguido de alta umidade, danos causados por insetos. Quando essas condições ocorrem, pode-se inferir que algum grau de contaminação com alguma micotoxina irá ocorrer. Estudos têm mostrado a correlação entre incidência de danos por insetos nos grãos ou espigas de milho e ocorrência de micotoxinas, destacando-se as toxinas de *Fusarium* – como fumonisinas, desoxinivalenol e zearalenona.

O conhecimento das características culturais e o acompanhamento das condições ambientais durante todo ciclo destas culturas vem sendo estudado



FREEIMAGES / MARJIA

TABELA 2 | LIMITES MÁXIMOS TOLERADOS DE MICOTOXINAS EM GRÃOS DE MILHO PARA CONSUMO HUMANO; BRASIL¹ E COMUNIDADE EUROPEIA²

Micotoxinas	Limite Máximo Tolerado (LMT) – µg/kg ou ppb	
	Brasil ¹	Comun. Europeia ²
Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2)	20	10
Desoxinivalenol	3.000*	1.750
Fumonisinias (B1+B2)	5.000*	2.000
Ocratoxina A	20*	5
Zearalenona	400*	200
Toxina T2 + HT2	Não existe	200

* LMT entrará em vigor a partir de 2017.

Fontes: ¹ Brasil, 2011b. ² Commission of European Communities, 2006.

como ferramenta para adoção de técnicas que permitam prever os riscos de contaminação. A colheita do milho deve ser feita com planejamento, para que ocorra apenas quando os grãos apresentam maturação completa. Atrasos na colheita podem expor as plantas a temperaturas elevadas, excesso de chuvas e ataques de pragas. Além disso, a ocorrência de danos mecânicos, nesta etapa, favorece a infecção fúngica, que poderá continuar nas etapas subsequentes, causando aumento significativo no teor de micotoxinas nos grãos de milho.

A contaminação com micotoxinas pode ocorrer, também, durante as operações de secagem, quando realizadas de forma lenta ou ineficiente. Deve-se minimizar o tempo entre a colheita e a secagem dos grãos. O objetivo da secagem é reduzir a umidade dos grãos a um nível no qual não ocorra crescimento de fungos, produtores ou não de micotoxinas. Os estudos indicam que a secagem deve ser realizada até que os grãos atinjam valor de atividade de água (A_w) menor ou igual a 0,70, correspondente a, aproximadamente, 14% de umidade no milho. Problemas de logística, como os que ocorrem nas cargas de grãos que ficam aguardando em caminhões durante vários dias até a descarga, favorecem a contaminação com micotoxinas. O ideal é que sejam removidas as impurezas e grãos quebrados antes da secagem e armazenamento, para facilitar a movimentação do ar.

No armazenamento, condições que não favoreçam o crescimento dos fungos devem ser mantidas: o teor elevado de umidade, o calor excessivo, a presença de danos mecânicos nos grãos e de insetos, roedores e aves favorecem a infecção fúngica, podendo acarretar contaminação com micotoxinas. Condições apropriadas de armazenamento incluem estruturas armazenadoras secas, limpas, bem ventiladas e que proporcionem proteção contra chuvas ou infiltração de água pelo piso e paredes.

Devem contar com monitoramento constante da UR% e temperatura e com estrutura para correção de eventuais alterações nestes parâmetros, por meio da aeração dos grãos.

Sabe-se que a contaminação por micotoxinas em um lote de milho ocorre de maneira não uniforme: apenas parte dos grãos pode estar contaminada. Desse modo, a etapa de retirada de amostras representativas deve ser sempre realizada com a coleta de pequenas porções dos grãos de diferentes pontos e profundidades do lote. Diversos trabalhos abordam planos amostrais para determinação de micotoxinas em milho, destacando que o tamanho da amostra a ser coletada varia de 4,5 a 10 kg para representar lotes de até 50 toneladas e que, após a retirada da amostra representativa, é necessário triturá-la e homogeneizá-la adequadamente para, só então, retirar a subamostra a ser analisada. A presença de micotoxinas em cereais, em geral, é um grande desafio para a segurança alimentar. O gerenciamento de contaminação envolve a prevenção, o controle e o monitoramento, em todas as etapas de produção, com adoção de boas práticas agrícolas e de fabricação, para se garantir como resultado final alimentos seguros aos consumidores. 

* **Eduardo Micotti da Gloria** é engenheiro agrônomo, mestre e doutor (emgloria@usp.br) e **Maria Antonia Calori Domingues** é engenheira agrônoma, mestre e doutora (maedomin@usp.br); ambos atuam na área de qualidade de grãos/micotoxinas do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da USP/ESALQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 dez. 2011a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 7, de 2011. Regulamento Técnico sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 18 fev. 2011b. Seção 1, n. 46, p. 66-67 (e suas atualizações).
- COMMISSION OF EUROPEAN COMMUNITIES.



FREEMAGES / MARUJA

Commission regulation (EC) nº 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L364, p. 5-24, 2006 (e atualizações/recomendações).

COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Mycotoxins: risks in plant, animal, and human systems. *Task force report*, Ames, Iowa, n. 139, jan. 2003.

GLORIA, E. M.; CIACCO, F. C.; LOPES FILHO, J. F.; ERICSSON, C.; ZOCCHI, S. S. Distribution of aflatoxin contamination in maize samples. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, SP, v. 24, n. 1, jan.-mar. 2004.