

IMPACTOS DA CONTAMINAÇÃO DE DESOXINIVALENOL (DON) NA CULTURA DO TRIGO – UMA REVISÃO

IMPACTS OF THE CONTAMINATION OF DESOXINIVALENOL (DON) IN WHEAT CULTURE - A REVIEW

Bruna De Costa¹; Franciane Siqueira²; Alana Neto Zoch³

¹ Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Curso de Graduação em Química Bacharelado, BR 285, Bairro São José, 99001-970 – Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: 159719@upf.br

² Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Curso de Graduação em Química Bacharelado, BR 285, Bairro São José, 99001-970 – Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: 159724@upf.br

³ Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Área de Química, BR 285, Bairro São José, 99001-970 – Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: alana@upf.br

RESUMO

O trigo é um dos alimentos mais consumidos no mundo e no Brasil, isto porque ele é uma das principais fontes de energia para os humanos e animais. Porém, os grãos de trigo podem ser acometidos por diversas doenças que afetam o seu desenvolvimento, comprometendo assim, a produtividade e a qualidade dos mesmos. Dentre as doenças que afetam os cultivares de trigo, destaca-se as originárias de fungos, os quais podem produzir metabólitos secundários tóxicos, denominados micotoxinas. A principal micotoxina encontrada no trigo é a desoxinivalenol, pertencente ao grupo dos tricotecenos. Apesar dela não ser considerada carcinogênica, deve-se tomar cuidado para que não ocorra a ingestão de produtos à base trigo contaminados, pois, ela pode causar diversos efeitos negativos para o organismo humano e animal. Por isso, a importância dos métodos de detecção dessa micotoxina, que vão desde ensaios imunológicos até cromatográficos, assim como a prevenção ainda no manejo agrícola que é importante. Este trabalho tem como objetivo verificar os principais métodos de análises para a detecção de desoxinivalenol, sempre visando os limites tolerados pelas legislações e as implicações que ela causa na saúde humana e animal. Esse artigo é de cunho bibliográfico, realizado por pesquisas on-line no Portal de Periódicos da CAPES/MEC, tendo como filtro principal as palavras “trigo, grão de trigo, micotoxina, DON, TCTs”, essa busca foi realizada nos idiomas português, inglês e espanhol, em um período de 2010 até 2018.

Palavras-chave: trigo, micotoxina, DON, saúde, detecção

ABSTRACT

Wheat is one of the most consumed foods in the world and in Brazil, because it is one of the main sources of energy for humans and animals. However, wheat grains can be affected by several diseases that affect their development, thus compromising their productivity and quality. Among the diseases that affect wheat cultivars, the fungi originate, which can produce toxic secondary metabolites, called mycotoxins. The main mycotoxin found in wheat is deoxynivalenol, belonging to the trichothecene group. Although not considered to be carcinogenic, care should be taken to ensure that contaminated wheat-based products are not ingested as they may cause a number of negative effects on the human and animal body. Therefore, it gives importance to the methods of detection of this mycotoxin, ranging from immunological to chromatographic tests, as well as the prevention in the agricultural management that is important. This work aims to verify the main methods of analysis for the detection of deoxynivalenol, always aiming at the limits tolerated by the legislation, and the implications that it causes in human and animal health. This article is of bibliographic character, carried out by online researches in the Portal of Periodicals of CAPES / MEC, having as main filter the words "wheat wheat wheat mycotoxin DON TCTs", this search was performed in the Portuguese, English and Spanish languages, from 2010 to 2018.

Keywords: wheat, mycotoxin, DON, health, detection

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, do inglês: *Food and Agriculture Organization*) o trigo (*Triticum spp.*) é o segundo alimento mais consumido no mundo, pois é uma das principais fontes de energia para humanos e animais. No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é o terceiro alimento mais consumido pela população (ABITRIGO, 2017).

Segundo Lau *et al.* (2011), o trigo como outras culturas de interesse econômico, é acometido por diversas doenças que afetam o seu desenvolvimento, comprometendo a produtividade e a qualidade dos grãos. Dentre essas doenças citadas pelos autores, destacam-se as originárias de fungos.

De acordo com Prado (2017), os fungos podem produzir e excretar, em condições naturais, metabólitos secundários tóxicos, denominados micotoxinas. Essas micotoxinas são consideradas contaminantes orgânicos, e se constituem em um dos principais problemas desenvolvidos nas culturas vegetais produzidas no sul do país, principalmente, no cultivo do trigo. Por ser um cereal de inverno, há diversos fatores que influenciam na contaminação do mesmo, em especial, os fatores físico-químicos entre eles a umidade do ambiente, as faixas de temperatura ao longo da safra e, também, os pesticidas agrícolas aplicados na lavoura (ABITRIGO, 2018; TROMBETE; 2016).

Os fungos filamentosos que produzem micotoxinas em inúmeras culturas de cereais ao contaminar alimentos, podem como consequência, causar doenças e até levar a morte do indivíduo. Dentre as micotoxinas, destaca-se a desoxinivalenol, conhecida também como DON (IAMANAKA; OLIVEIRA e TANIWAKI, 2010; MAZIERO e BERSOT, 2010; SOUZA, 2017).

Segundo Iamanaka, Oliveira e Taniwaki (2010), a DON é comum em grãos de trigo, cevada, aveia, centeio, milho e sorgo, sua ocorrência está associada, principalmente, com *Fusarium graminearum*. No trigo, esse fungo fitopatógeno se instala geralmente na espiga, e está diretamente relacionado à umidade na época da floração da espiga, que coincide ainda, com épocas de índice pluviométrico bastante elevado. O principal problema causado pela DON é a toxicose aguda que pode levar à morte se não for diagnosticada com antecedência a presença desta micotoxina no organismo (IAMANAKA; OLIVEIRA e TANIWAKI, 2010; MAZIERO e BERSOT, 2010).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em estudos divulgados no ano de 2018: “A contaminação causada por micotoxinas é denominada de micotoxicose e os órgãos do corpo humano mais afetados são o fígado, os rins, o cérebro, os músculos e o sistema nervoso”. Por isso, são de extrema importância as análises realizadas para detecção de micotoxinas, assim como, cumprir com as especificações que estão descritas nas Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), (EMBRAPA, 2018; SOUZA *et al.* 2017).

As medidas de prevenção e detecção da DON e demais micotoxinas, refletem na preocupação da saúde humana e animal e ainda na economia do país. Com isso, os métodos de prevenção de contaminação por micotoxinas são de grande valor. Uma das medidas de prevenção é o manejo correto das boas práticas dos cultivares, desde a manutenção de máquinas de plantio e colheita, até a aplicação de defensivos agrícolas (ABITRIGO, 2018; EMBRAPA, 2007; EMBRAPA, 2018; IAMANAKA, OLIVEIRA e TANIWAKI, 2010; PRADO, 2017).

Já sobre ampla gama de métodos de detecção, devem-se priorizar as características de quais micotoxinas se quer detectar, no caso da DON, em geral, utilizam-se ensaios imunoenzimáticos e cromatografia, os quais são mais eficientes para determinação da concentração desta micotoxina (SANTOS *et al.*, 2010).

Com isto o principal objetivo deste artigo, foi verificar os principais métodos de análises para detecção da DON, sempre visando os limites tolerados pelas legislações vigentes no país para este assunto, assim como as implicações que a DON causa na saúde humana e animal.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Desoxinivalenol

A desoxinivalenol (DON) é uma micotoxina produzida pelos fungos do gênero *Fusarium* e suas espécies *Fusarium graminearum* e *Fusarium culmorum*. A DON pertence à família dos tricotecenos (TCTs), os quais representam o grupo químico com cerca de 150 metabólitos secundários. Essa família é caracterizada por apresentar em sua estrutura química um esqueleto tetracíclico 12, 13 – epoxitricoteceno (ABITRIGO, 2018; EMBRAPA, 2018; KHANEGHAH *et al.*, 2018; PINTON e OSWALD, 2014).

A DON possui cinco substituintes que há diferem das demais, como representado na Figura 01. Sabe-se que cada micotoxina tem suas características de acordo, principalmente, com sua estrutura química. Segundo Khaneghah *et al.* (2018), a estrutura química dela possui nomenclatura, a qual é: [(3 α , 7 α) – 3, 7, 15-tri-hidroxi-12, 13-epoxitricotec-9-em-8-um], e fórmula molecular C₁₅H₂₀O₆, possuindo assim uma massa molar de 296,3 g mol⁻¹. Por causa das suas características, ela se apresenta como cristais finos e incolores, os quais são insolúveis em solventes orgânicos polares, como por exemplo, em soluções aquosas de clorofórmio, etanol, acetonitrila e metanol, a DON é um composto estável em temperaturas de 170 a 350 °C.

De acordo com Seus (2014), a DON é o TCT mais importante do grupo B, sendo que a partir dele surgem seus derivados acetilados, chamados de 3-ADON e 15-ADON. Ela tem dois ciclos de produção um diurno em temperaturas mais elevadas e outro noturno em temperaturas mais frias, possuindo assim uma faixa ideal de produção a qual é entre 21 e 29 °C, com umidade superior a 20%.

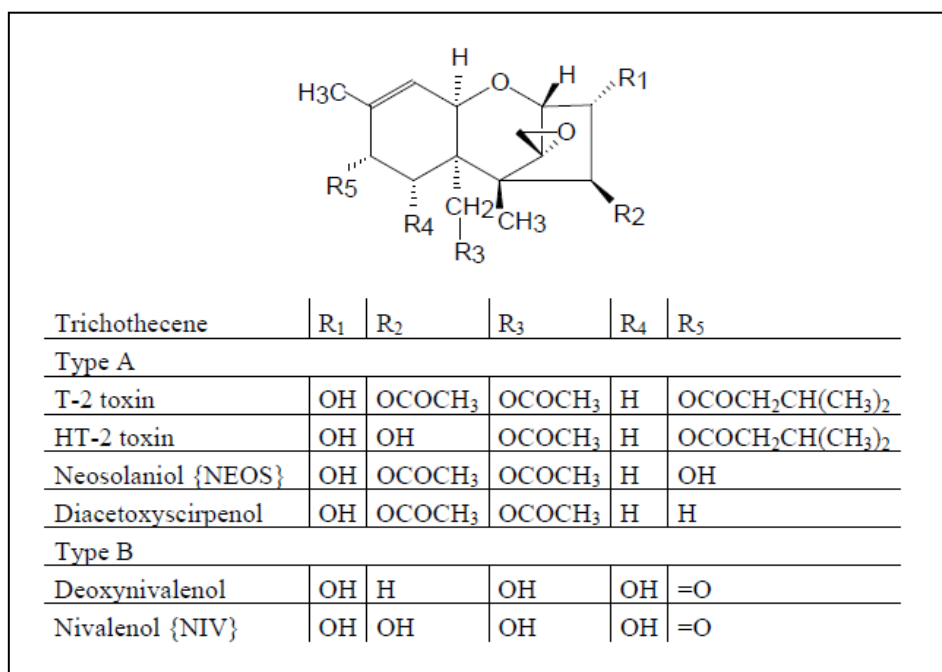


Figura 01 Estrutura química de TCTs
FONTE: Cigic e Prosen, 2009.

Para Pinton e Oswald (2014), a DON é resistente à moagem, processamento e aquecimento, ou seja, todo o processo produtivo para os grãos de trigo se tornarem alimentos, tanto para humanos quanto para animais não desnaturam essa micotoxina.

De acordo com a EMBRAPA (2018), as micotoxinas são quimicamente estáveis, por isto, raramente sofrem degradação durante o armazenamento dos grãos. Essa estabilidade faz com que elas

cheguam mais facilmente aos consumidores, através dos alimentos contaminados, causando danos à saúde pública, e ainda, causando perdas econômicas em decorrência da redução da qualidade desses alimentos produzidos.

2.2 Efeitos da contaminação por DON na saúde humana e animal

De acordo com Pinton e Oswald (2014), grande parte da população mundial tem sido contaminada por essa micotoxina diariamente, causando diversos surtos gastrointestinais. Entretanto, não é só no ser humano que a DON causa problemas de saúde, todo animal que ingere algum alimento à base de trigo ou de outros cereais que estejam contaminados é afetado, ou seja, se este animal é abatido para consumo, consequentemente, a micotoxina será transmitida por ele.

A DON é conhecida também por vomitotoxina ou fator de recusa de alimento, isto se dá devido aos efeitos inibidores da síntese proteica que modula as respostas imunes, causando toxicidade aguda nos indivíduos contaminados, gerando nos organismos humano e animal sintomas que vão desde vômitos, diarreia e anorexia a náuseas. Quando os animais ingerem alimentos contaminados com baixas concentrações de DON, há a ocorrência, por parte deles, de recusa do alimento, por conseguinte, ele irá ter uma perda de massa corporal, alterando assim a eficiência nutricional do animal (EMBRAPA, 2007; KHANEGHAH *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2017; TROMBETE, 2016; WARTH *et al.*, 2013).

De acordo com Warth *et al.* (2013), a ingestão de alimentos contaminados por DON, deixam as células epiteliais intestinais expostas as concentrações dessa micotoxina, ou seja, substâncias tóxicas ficam diretamente em contato com as células do intestino, afetando suas funções.

Para Iamanaka, Oliveira e Taniwaki (2010), os animais domésticos mais afetados por esta micotoxina são os suínos, os quais, geralmente, são intoxicados em doses agudas, causando desordem gastrointestinal, e, por conseguinte, perda de massa corporal e recusa do alimento. Entretanto, esses não são os únicos fatores que afetam a saúde do animal, essa dose aguda ingerida por eles afeta ainda os efeitos reprodutivos, causando abortos ou nascimentos enfraquecidos de seus filhotes, muitas vezes, não havendo a possibilidade de recuperação.

De acordo com Warth *et al.* (2013), foram introduzidos limites máximos tolerados (LMT) para consumo humano em diversos países. Assim, o Comitê Conjunto de Especialistas FAO/OMS sobre Aditivos Alimentares (JECFA, do inglês: *Joint Expert Committee on Food Additives*) determinou que uma ingestão diária tolerável dessa micotoxina para os humanos seria de 1 µg por kg de massa corporal do indivíduo. A Comissão Europeia determinou que os limites toleráveis de DON em cereais e seus derivados são de 0,2 a 1,75 mg kg⁻¹.

Em diversos países, incluindo o Brasil, foram propostos limites máximos para esta micotoxina, como cita, Santos *et al.* (2010),

No Canadá, o limite para desoxinivalenol em ração para gado e ave é de 5000 µg kg⁻¹ e para porcos, novilhas e animais em lactação de 1000 µg kg⁻¹. Na Alemanha, os limites de ZEA e DON em grãos para uso como alimentos e seus produtos são 50 e 500 µg kg⁻¹, respectivamente, exceto para DON em pães e correlatos, onde não devem exceder 350 µg kg⁻¹.

No Brasil, estes limites foram estabelecidos em de 2011 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), pela Resolução n° 07/2011 a qual “dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos”, e tem como objetivo controlar a concentração máxima permitida de DON e demais micotoxinas presente nos alimentos. Entretanto, no ano de 2017 esta Resolução foi alterada entrando em vigor a RDC n° 138/2017, porém esta RDC não altera todas as micotoxinas, mas altera a de interesse neste artigo de revisão, a DON. Essa RDC n° 138/2017, reduz gradativamente as concentrações de DON em alimentos com tempo hábil para as indústrias se adequarem a esta nova Norma, o tempo de redução é de 2017 até 2019 (ABITRIGO, 2018; BRASIL, 2011; BRASIL, 2017).

2.3 Detecção de DON no trigo

Os métodos analíticos são ferramentas úteis e necessárias para a detecção e quantificação de diversos analitos de interesse, neste caso as micotoxinas, especialmente, a DON. Para isto, os métodos mais utilizados e com maior eficiência são os cromatográficos e os imunológicos.

Segundo Levasseur – Garcia (2018), os testes imunológicos são muito utilizados nas triagens, e detectam a maioria das micotoxinas conhecidas. Entre as vantagens que este método proporciona destacam-se o baixo custo e a de fornecerem resultados precisos e reprodutíveis. Entretanto, há algumas desvantagens, eles podem detectar falsos positivos ou falsos negativos, o que leva a necessidade de outros métodos mais eficientes para complementar a análise.

Para Cigic e Prosen (2009), os ensaios imunológicos são baseados na reação entre anticorpos e antígenos detectáveis em reações enzimáticas, estes testes utilizam uma diversidade de detectores os quais são denominados marcadores. O ensaio que usa marcadores radioativos é chamado de radioimunoensaio (RIA); o que usa fluorescência é designado de fluoroimunoensaio (FIA) e o mais conhecido entre eles, o imunoensaio enzimático (ELISA, do inglês: *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) que usa um composto cromogênico ou fluorogênico que reage com uma enzima. O kit ELISA é o mais utilizado entre os já citados ensaios imunológicos, o ensaio é realizado em uma placa com 96 poços, possibilitando assim uma análise simultânea de até 45 amostras em duplicata, o tempo necessário para a realização desta análise é de 0,5 até 2 horas, sendo um ensaio calorimétrico, a cor obtida através do teste é quantificada após por técnicas espectrométricas, entretanto por ser um ensaio rápido e muito utilizado nas triagens, a teste de quantificação é realizado através de medidas mais simples, ou seja, a comparação visual de intensidade da cor da amostra com um padrão analítico validado, fornecendo assim resultados semiquantitativos ou até uma resposta positivo/negativo em determinado nível de concentração ou faixa dela.

Os métodos cromatográficos são muito utilizados tendo suas metodologias otimizadas e validadas para análises de micotoxinas. As técnicas mais empregadas são a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, do inglês: *High Performance Liquid Chromatography*), cromatografia líquida de ultra-performance (UPLC, do inglês: *Ultra-Performance Liquid Chromatography*), cromatografia líquida (LC, do inglês: *Liquid Chromatography*), cromatografia à gás (GC, do inglês: *Gas Chromatography*) e a cromatografia em camada delgada (TLC, do inglês: *Thin Layer Chromatography*). Alguns tipos de detectores usualmente utilizados são o espectrômetro de massas, o detector de fluorescência e o ultravioleta (CIGIC e PROSEN, 2009; LEVASSEUR-GARCIA, 2018).

Levasseur – Garcia (2018) afirma que as vantagens da utilização de métodos cromatográficos são a aptidão em detectar diversos analitos ao mesmo tempo, a alta sensibilidade, a seletividade e a precisão. Entretanto, as desvantagens são o alto custo do equipamento, conseqüentemente, as análises são mais caras, as diversas etapas de preparação das amostras, a análise demandar mais tempo, e alguns desses métodos serem destrutivos, o que significa que a amostra é perdida no final da análise.

Cigic e Prosen (2009) asseguram que, a maioria dos métodos de análise química aplicados para uma determinação precisa, seletiva e sensível de micotoxinas em diversas amostras é ainda a cromatografia, sendo que o mais utilizado é a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), podendo ser utilizado diversos detectores, frequentemente, é utilizada para análises de rotinas e método confirmatório para as análises de triagem como a do kit ELISA e demais técnicas novas que vem sendo utilizadas. Entretanto, para as micotoxinas da família dos TCTs, a cromatografia gasosa (CG) é o método mais utilizado e mais eficiente.

No item a seguir, serão discutidos, os métodos de detecção mais confiáveis e precisos em seus resultados, assim como, são os mais utilizados, entretanto, cabe a cada pesquisador e analista a escolha do melhor método de acordo com sua necessidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada a revisão de literatura sobre o tema do presente artigo, que teve como objetivo, verificar os principais métodos de análises para detecção e quantificação de DON, visando os limites tolerados pelas legislações vigentes no país, assim como as implicações que a DON causa na saúde humana e animal. Essa revisão baseou-se em literaturas indexadas, obtidas em artigos científicos, provenientes do Portal de Periódicos da CAPES/MEC.

A pesquisa ocorreu por meio de busca on-line das produções científicas nacionais e internacionais sobre “micotoxina DON no trigo”, utilizando como palavras chaves: trigo; grão de trigo; micotoxinas; DON e TCTs, em um período compreendido entre 2010 a 2018. A busca no Portal de Periódicos da CAPES foi pelo caminho Buscar Assunto.

Com um total de 140 trabalhos, como organizado no Quadro 01, foram lidos os títulos dos mesmos, na busca de selecionar apenas os que tivessem o objetivo desta revisão.

Quadro 01 – Dados referentes à pesquisa realizada sobre periódicos utilizados no artigo, neste presente item (Resultados e Discussão)

Dados referentes a busca por periódicos, teses e dissertações	
Site de busca:	Portal de periódicos da CAPES
Delimitação de tempo:	2010 à 2018
Idiomas:	Português, Espanhol e Inglês
Palavras chaves:	Trigo, grão de trigo, micotoxinas, DON, TCTs
Dados obtidos	
Combinação das palavras chaves	Número de resultados encontrados
trigo e micotoxinas	69
trigo, micotoxinas e DON	21
micotoxinas e DON	39
DON e TCTs	4
grão de trigo e micotoxinas	7
Total	140

FONTE: Próprio autor

Foram selecionados 21 trabalhos, os quais foram lidos os resumos e, os que tinham objetivos parecidos ou de mesmo interesse, foram novamente selecionados, tendo assim um total de 05 artigos, os quais foram avaliados.

Santos *et al.* (2011), realizaram um estudo da contaminação do trigo por DON nos principais estados brasileiros produtores deste cereal, Paraná e Rio Grande do Sul, neste mesmo estudo avaliaram o risco de ingestão desta micotoxina diariamente pela população da cidade de Londrina no Paraná. O trabalho envolveu ao todo 36 amostras coletadas entre estes dois estados, as quais foram analisadas. A análise de DON procedeu-se de acordo, com o recomendado pelo Instituto Adolfo Lutz.

A análise para a determinação da concentração de DON naquelas amostras foi quantificada pelo equipamento de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), o qual quando calibrado pelos autores teve como resposta, o Limite de Quantificação (LQ) $87,75 \mu\text{g kg}^{-1}$ e o Limite de Detecção (LD) $0,28 \mu\text{g kg}^{-1}$. A partir destes resultados concluíram que, foi detectado DON em 72,2% das amostras coletadas e analisadas e para a estimativa de ingestão de DON pela população foi realizado um questionamento sobre a alimentação de 260 pessoas, de 8 a 76 anos de idade baseados nas respostas dessas pessoas obteve-se um resultado médio de $0,308 \mu\text{g kg}^{-1}$ corporal/dia (SANTOS *et al.*,

2011). Para os autores dessa revisão, foi concluído que os níveis de DON, no trigo produzido nos estados de Paraná e Rio Grande do Sul, apresentam-se abaixo do limite máximo estabelecido pela Comissão Europeia (que foi a utilização deles como parâmetro de legislação) para grãos de trigo não processados.

O estudo realizado por Peruzzo e Pioli (2016) foi avaliar a presença de DON em farinhas de trigo e soja, com detecção pelo teste ELISA. Este estudo, diferentemente dos demais, foi realizado com amostras contaminadas artificialmente em estufas e naturalmente no campo, ao todo foram avaliadas 26 amostras. Os resultados que obtiveram foram que, tanto nos cereais contaminados artificialmente em estufas, quanto os contaminados naturalmente nos campos, ultrapassaram os LMT para consumo humano, e ainda concluíram que o kit ELISA foi eficaz para essas análises.

A análise da contaminação de farinha de trigo, nas cidades de Pato Branco no estado do Paraná e na cidade de Coxilha no Rio Grande do Sul, foi o objetivo do trabalho de Silva *et al.* (2015). O estudo avaliou as concentrações de DON em amostras de farinha de trigo, produzidas pelo trigo nessas duas localidades, a amostragem foi realizada em triplicadas e os níveis de concentração de DON foram medidos por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada com espectrometria de massas (CLAE – EM).

Foram avaliados 18 cultivares, os quais representam 70% da produção de trigo cultivado no Brasil. Segundo os autores, em 97% das amostras foi detectada a presença de DON, variando as concentrações de 200 até 4140 $\mu\text{g kg}^{-1}$, 17% dessas amostras tinham concentrações acima permitida pela legislação brasileira no ano de 2012 (SILVA *et al.*, 2015).

Hee Mok, Youp Shin e Gyum Kim (2013), também realizaram estudos referentes a DON, entretanto este foi direcionado para o efeito deletério causado por essa micotoxina na saúde e produção de suínos. Eles desenvolveram ferramentas que predizem o efeito de diversas micotoxinas, entretanto, destaca-se a DON. Sobre o consumo de ração e mudanças no ganho de massa corporal usando uma abordagem de meta-análise. Eles extraíram 20 experimentos, de um total de observações de 117 para consumo de ração e 113 para mudança no ganho de massa corporal, as diferentes concentrações no ganho de controle e tratamento variaram de 0,5 a 10,5 mg kg^{-1} . Em conclusão, os autores avaliaram que o consumo de ração e a taxa de crescimento (ganho de massa corporal), dos suínos diminuem linearmente com as concentrações de DON na alimentação de tal.

No trabalho publicado por Trombete *et al.* (2013), o propósito foi avaliar os principais problemas desenvolvidos por TCTs e aflatoxinas, entretanto, apenas foram destacados os resultados obtidos em relação ao TCTs devido a se alinharem ao objetivo desse artigo. Portanto, os principais problemas relacionados ao trigo foram a incidência e a determinação dos métodos para detecção de micotoxinas das famílias dos TCTs, como a DON. Eles afirmam que, a melhor maneira de prevenir a proliferação da DON, e demais micotoxinas que são associadas a ela, em lavouras como a da cultura de trigo é o manejo correto, ainda nas boas práticas agrícolas, como no momento do cultivo, colheita e armazenagem dos grãos, pois, embora existam métodos de descontaminação, economicamente, estes ainda não viáveis.

Durante todo o estudo os autores chegaram à conclusão de que, os métodos analíticos mais eficientes e mais utilizados para detecção dessas toxinas são a cromatografia líquida de alta resolução, a cromatografia em camada delgada (CCD) e os kits de detecção rápida baseados em testes imunológicos. Ainda, em sua conclusão eles voltam a afirmar que o meio mais eficiente é a adoção das boas práticas agrícolas para minimizar a contaminação de DON, e outras micotoxinas citadas no trabalho (TROMBETE *et al.*, 2013).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com essa revisão, concluiu-se que a detecção da micotoxina DON é de extrema importância, por razão dos efeitos deletérios que causam nos seres humanos e animais, como o fator de recusa de alimentos, diarreia, vômitos e até náuseas.

Pode-se observar, que todos os métodos empregados pelos diferentes autores no item Resultados e Discussão, teve uma similaridade, proporcionam efetividade para essa análise, ou seja, que desde os ensaios imunológicos até os cromatográficos são competentes para análise de detecção de DON em trigo, cada um com suas vantagens e desvantagens, descritos no Quadro 02.

Quadro 02 – Vantagens e Desvantagens das propostas de detecção citadas pelos autores descritos no item 3 deste artigo.

Autores	Proposta de detecção	Vantagens	Desvantagens
Santos <i>et al.</i> (2011)	- CLAE	- Detecção de vários analitos ao mesmo tempo; - Alta sensibilidade; seletividade e precisão; - Resultados quantitativos	- Alto custo financeiro; - Testes mais demorados.
Peruzzo e Pioli (2016)	- Kit ELISA	- Baixo custo financeiro; - Testes rápidos; - Resultados precisos; - Resultados reproduzíveis.	- Possibilidade falso-negativos; - Alta incidência de resultados falso-positivos; - Variabilidade de resultados; - Resultados semiquantitativos
Silva <i>et al.</i> (2015)	- CLAE - EM	Idem vantagens e desvantagens dos autores Santos <i>et al.</i> (2011)	
Hee Mok, Youp Shin e Gyum Kim (2013)	- Objetivo deste estudo era destacar os efeitos deletérios da DON na saúde e produção de suínos	- Sem vantagens, pois quando o animal tem em seu organismo está micotoxina, causa diversos efeitos negativos para a produção desses animais.	- Recusa de alimentos; - Perda de massa corporal; - Complicações no sistema reprodutivo dos animais, principalmente nas fêmeas; - Perdas econômicas por não poder ser aproveitado o animal para abate; - Custo elevado para a recuperação do animal quando possível.
Trombete <i>et al.</i> (2013)	- Prevenção da proliferação da micotoxina desde o plantio até a armazenagem dos grãos.	- Não precisa da utilização de métodos de descontaminação da DON nos grãos.	- Dificuldade da conscientização dos produtores das boas práticas agrícolas ainda na lavoura.
	- CLAE, CCD e testes imunológicos.	Idem vantagens e desvantagens dos autores Santos <i>et al.</i> (2011).	

FONTE: Próprio autor.

A importância dessas análises se dá, principalmente pela saúde humana, por isso as legislações são importantes para não ocorrerem surtos a partir dessa micotoxina na população humana e animal, pois isso poderia ser um caminho de entrada para outras doenças talvez até fatais.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO TRIGO (ABITRIGO). **Cartilha do agricultor: Micotoxinas no trigo**, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO TRIGO (ABITRIGO). **Cartilha do agricultor: O uso correto dos agrotóxicos na cultura do trigo**, 2017 Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php>>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 de março de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução - RDC nº 138, de 08 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxina DON em alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 de fevereiro de 2017.

CIGIĆ, Irena Kralj; PROSEN, Helena. An Overview of Conventional and Emerging Analytical Methods for the Determination of Mycotoxins. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.62-115, 2 jan. 2009. MDPI AG. <<http://dx.doi.org/10.3390/ijms10010062>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **EMBRAPA Trigo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo>>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal. **Documentos online – ISSN 1677 – 1915**, Fortaleza – CE, Doc, 110, 2007. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo>>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

HEE MOK, Chan; YOUP SHIN, Seung; GYUN KIM, Beob. Aflatoxin, deoxynivalenol, and zearalenone in swine diets: Predictions on growth performance. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 26, n. 4, p. 243-254, 2013.

IAMANAKA, Beatriz Thie; OLIVEIRA, Idjane Santana; TANIWAKI, Marta Hiromi. Micotoxinas em alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 7, p. 138-161, 2013.

KHANEHGAH, Amin Mousavi et al. Deoxynivalenol and its masked forms: Characteristics, incidence, control and fate during wheat and wheat based products processing - A review. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 71, n. 0, p.13-24, jan. 2018. Elsevier BV. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.012>>.

LAU, D. et al. Doenças de trigo no Brasil. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.

LEVASSEUR-GARCIA, Cecile. Updated Overview of Infrared Spectroscopy Methods for Detecting Mycotoxins on Cereals (Corn, Wheat, and Barley). **Toxins**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.38-51, 10 jan. 2018. MDPI AG. <<http://dx.doi.org/10.3390/toxins10010038>>.

MAZIERO, Maike Taís; BERSOT, L. Dos S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 89-99, 2010.

PRADO, Guilherme. Contaminação de alimentos por micotoxinas no Brasil e no mundo. **Gerais: Revista de Saúde Pública do SUS/MG**, v. 2, n. 2, p. 13-26, 2017.

PERUZZO, Alejandra María; PIOLI, Rosanna Nora. Micotoxinas en harinas derivadas de trigo y soja detectadas por prueba de Elisa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 51, n. 5, p.647-653, maio 2016. FapUNIFESP (SciELO). <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000500027>>.

PINTON, Philippe; OSWALD, Isabelle. Effect of Deoxynivalenol and Other Type B Trichothecenes on the Intestine: A Review. **Toxins**, [s.l.], v. 6, n. 5, p.1615-1643, 21 maio 2014. MDPI AG. <<http://dx.doi.org/10.3390/toxins6051615>>.

SANTOS, Joice Sifuentes dos et al. Zearalenona e desoxinivalenol em trigo brasileiro: cenário sobre necessidade de monitoramento analítico. **Biosaúde**, Londrina, v. 12, n. 1/2, p.31-46, 2010.

SANTOS, Joice Sifuentes dos et al. Monitoramento e nível de ingestão de desoxinivalenol por trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.1439-1450, 19 out. 2011. Universidade Estadual de Londrina. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1439>>.

SEUS, Elisa Rosa. **Otimização de método para a determinação de tricotecenos em amostras de trigo**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental. FURG - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande - RS, 2014.

SILVA, Cristiano L et al. Monitoring levels of deoxynivalenol in wheat flour of Brazilian varieties. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, [s.l.], v. 75, n. 1, p.50-56, mar. 2015. SciELO Comision Nacional de Investigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT). <<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392015000100007>>.

SOUZA, Daiane Ribeiro de et al. Efeitos tóxicos dos fungos nos alimentos. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.73-84, 12 jun. 2017. Revinter. <<http://dx.doi.org/10.22280/revintervol10ed2.281>>.

TROMBETE, Felipe Machado. **Micotoxinas em grãos de trigo: ocorrência, efeitos da ozonização e determinação de uma forma modificada do deoxinivalenol**. Tese – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropéia – RJ, 2016.

TROMBETE, Felipe M et al. Aflatoxinas y tricotecenos en trigo y derivados: incidencia de la contaminación y métodos de determinación. **Revista Chilena de Nutrición**, [s.l.], v. 40, n. 2, p.181-188, jun. 2013. SciELO Comision Nacional de Investigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT). <<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182013000200014>>.

WARTH, Benedikt et al. New insights into the human metabolism of the Fusarium mycotoxins deoxynivalenol and zearalenone. **Toxicology Letters**, [s.l.], v. 220, n. 1, p.88-94, jun. 2013. Elsevier BV. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.04.012>>.