

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE RESIDÊNCIA EM ÁREA PROFISSIONAL DA
SAÚDE
MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA**

**PREVALÊNCIA DE DESOXINIVALENOL EM
TRIGO NAS SAFRAS 2013/2014 E 2014/2015 NO RIO
GRANDE DO SUL.**

MONOGRAFIA DO PROGRAMA DE RESIDÊNCIA

Raquel Durand Coelho

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

PREVALÊNCIA DE DESOXINIVALENOL EM TRIGO NAS
SAFRAS 2013/2014 E 2014/2015 NO RIO GRANDE DO SUL

por

Raquel Durand Coelho

Monografia apresentada ao Programa de Residência em Área Profissional da Saúde- Medicina Veterinária/ Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Especialista em Medicina Veterinária Preventiva.**

Orientador: Carlos Augusto Mallmann

Santa Maria, RS, Brasil.
2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIA DA SAÚDE
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE RESIDÊNCIA EM ÁREA PROFISSIONAL DA
SAÚDE
MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia do
Programa de Residência

**PREVALÊNCIA DE DESOXINIVALENOL EM TRIGO
NAS SAFRAS 2013/2014 E 2014/2015 NO RIO GRANDE DO
SUL**

Elaborada por
Raquel Durand Coelho

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Medicina Veterinária Preventiva

COMISSÃO EXAMINADORA:

Carlos Augusto Mallmann, Dr.
(Presidente/Orientador)

Vanessa Gass da Silveira, Msc.(UFSM)

Diego Franco Sturza, Msc. (Instituto SAMITEC)

Santa Maria, março de 2015.

RESUMO

Monografia do Programa de Residência Médica
Programa de Residência em Área Profissional da Saúde
Medicina Veterinária Preventiva
Universidade Federal de Santa Maria

PREVALÊNCIA DE DESOXINIVALENOL EM TRIGO NAS SAFRAS 2013/2014 E 2014/2015 NO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: RAQUEL DURAND COELHO
ORIENTADOR: CARLOS AUGUSTO MALLMANN
Data e Local de defesa: Santa Maria, 01 de Abril de 2015.

Devido às propriedades nutricionais, o trigo (*Triticum aestivum L.*) é um dos cereais mais consumidos no mundo e está presente tanto na alimentação humana quanto animal. A região Sul do Brasil, devido a sua condição climática de temperaturas mais amenas, responde por 94,6% da produção nacional de trigo. Entre as doenças que acometem o trigo, destaca-se a fusariose que, além de provocar enfermidades na plantação, podem desenvolver, através de seu metabolismo secundário, substâncias tóxicas denominadas micotoxinas. O desoxinivalenol (DON) é uma micotoxina da classe dos tricotecenos, produzida principalmente por *Fusarium graminearum* e está entre as mais comumente encontradas em cereais de grãos pequenos, incluindo o trigo. Tanto mundialmente quanto no Brasil, observa-se um aumento na preocupação com as micotoxinas, incluindo o DON. Dessa forma, conhecer a extensão dessa contaminação poderá fornecer subsídios para os diversos segmentos envolvidos com a produção, utilização e importação de trigo, bem como fiscalização e pesquisa, sempre visando garantir ao consumidor final um produto seguro e de qualidade.

Palavras-chave: micotoxinas, fusariose, DON.

ABSTRACT

Monografia do Programa de Residência Médica
Programa de Residência em Área Profissional da Saúde
Medicina Veterinária Preventiva
Universidade Federal de Santa Maria

DEOXYNIVALENOL PREVALENCE IN WHEAT CROPS IN 2013/2014 AND 2014/2015 IN RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: RAQUEL DURAND COELHO
ADVISOR: CARLOS AUGUSTO MALLMANN
Santa Maria April, 01, 2015.

Due nutritional properties, wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most consumed grains in the world and is present in both human and animal nutrition. The Brazilian southern region has the climatic condition of milder temperatures, accounts for 94.6% of the national production of wheat. Among the diseases that can affect wheat, there is the Fusarium wilt, which besides causing diseases in the plantation may develop, through its secondary metabolism, toxic substances called mycotoxins. The deoxynivalenol (DON) is a mycotoxin of the trichothecenes class, mainly produced by *Fusarium graminearum* and is among the most commonly found in small grain cereals, including wheat. Both globally and in Brazil there has been an increase in concern for mycotoxins, including DON. Therefore, knowing the extent of contamination can provide support for the various segments involved in the production, use and wheat imports and surveillance and research, always to ensure the final consumer a quality product.

Keywords: mycotoxin. *Fusarium*, DON.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Sinais característicos da giberela em trigo	17
FIGURA 2- Grãos de trigo infectados por giberela	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1. Trigo.....	9
2.2. Importância econômica.....	12
2.3. Micotoxinas.....	15
2.3.1. Desoxinivalenol (DON).....	16
2.3.2. Legislação para DON.....	19
2.3.3. Metodologia analítica.....	20
3. MANUSCRITO – Prevalência de Desoxinivalenol em trigo nas safras 2013/2014 e 2014/2015 no Rio Grande do Sul.....	22
Resumo.....	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Materiais e Métodos.....	26
Resultados e Discussões.....	27
Conclusão.....	30
Referências.....	30
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Devido às propriedades nutricionais, o trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais consumidos no mundo e está presente tanto na alimentação humana quanto animal (VIEIRA, 2006). O Brasil não apresenta autossuficiência na produção deste cereal, produzindo menos da metade do que é consumido, estando, assim, sujeito às flutuações do mercado (EMBRAPA, 2013).

A região Sul, devido a sua condição climática de temperaturas mais amenas, responde por 94,6% da produção nacional de trigo. No entanto, em função das características do sistema de cultivo, o rendimento médio de grãos nessa região não é a mais alta do país (EMBRAPA, 2013). Além disso, a qualidade dos produtos resultantes do processamento do trigo está relacionada diretamente com os grãos a serem beneficiados. Dessa forma, os cuidados desde a cultura, a colheita e a armazenagem deste cereal são de extrema importância (VIEIRA, 2006).

Na lavoura, o trigo pode ser contaminado por agentes causadores de diversas doenças em função das condições climáticas, do tipo do solo e da susceptibilidade da cultura. Uma das doenças mais conhecidas, e que comumente ataca este cereal, é a Fusariose, desencadeada pela infecção de fungos do gênero *Fusarium*. Além de provocar enfermidades na plantação, esses fungos podem desenvolver, através de seu metabolismo secundário, substâncias tóxicas denominadas micotoxinas (CALORIDOMINGUES et al., 2007).

As micotoxinas são compostos tóxicos que ocorrem naturalmente e são produzidos por uma variedade de espécies fúngicas desenvolvidas em produtos agrícolas. Esse desenvolvimento pode ocorrer tanto durante seu crescimento no campo, quanto no armazenamento de cereais, bem como em alimentos processados e rações animais (SCUSSEL, 2002). Causam importantes impactos econômicos, devido à redução na produtividade vegetal e animal, e também toxicológicos, com manifestações clínicas em humanos e animais (EMBRAPA, 2007).

Mais de 500 micotoxinas produzidas por, aproximadamente, uma centena de fungos são conhecidas. As principais podem ser divididas em três grupos: as aflatoxinas, as ocratoxinas e as fusariotoxinas, sendo as últimas representadas pelos tricotecenos, zearalenona e as fumonisinas. (MALLMANN & DILKIN, 2007). O

desoxinivalenol (DON) é uma micotoxina da classe dos tricotecenos, produzida principalmente por *Fusarium graminearum* e está entre as mais comumente encontradas em cereais de grãos pequenos (BANDO et al., 2007; FREIRE et al., 2007). É também conhecido como vomitoxina, em virtude de desencadear crises de vômitos, sobretudo quando consumido por suínos. Possui grande importância toxicológica e é produzido sob condições de baixas temperaturas e alta umidade, tendo grande incidência em cereais de inverno, como trigo e seus subprodutos de consumo humano (MALLMANN et al., 2003). A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera o DON como uma neurotoxina de caráter teratogênico e com características imunossupressoras. Assim como os tricotecenos, em geral, têm sido associadas à intoxicação crônica e fatal dos seres humanos e animais através do consumo de alimentos contaminados (ROTTER et al., 1996).

Tanto mundialmente quanto no Brasil observa-se um aumento na preocupação com as micotoxinas, incluindo o DON. Dessa forma, conhecer a extensão dessa contaminação poderá fornecer subsídios para os diversos segmentos envolvidos com a produção, utilização e importação de trigo, bem como fiscalização e pesquisa, sempre visando garantir ao consumidor final a possibilidade de ter produtos de melhor qualidade (CALORI-DOMINGUES et al., 2007).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Trigo

Da família das gramíneas, do gênero *Triticum*, o trigo conta com, aproximadamente, 24 espécies, dentre as quais, as mais cultivadas são o *T. aestivum* e o *T. durum*. Em regiões de clima temperado, é considerado o cereal mais importante na alimentação humana. Globalmente, é a segunda maior cultura de cereais, ficando o milho em primeiro e o arroz em terceiro lugar. (ALDRED; MAGAN, 2004).

Possui uma importância significativa na alimentação da humanidade. Desde séculos antes de Cristo o homem já dominava a tecnologia de produção deste cereal,

particularmente nas regiões do Egito. Posteriormente, o produto avançou para outras regiões do mundo, inclusive para as Américas (BRUM et al., 2004).

A triticultura no Brasil foi uma das primeiras práticas agrícolas introduzidas pelos colonizadores europeus no Novo Mundo. A história do cultivo teve início em 1534, antecipando-se aos norte-americanos, argentinos e uruguaios, sendo o Brasil o primeiro país das Américas a exportar trigo, graças às lavouras cultivadas em São Paulo, Rio Grande do Sul e outras regiões, antes do aparecimento da ferrugem, causada por um fungo do gênero *Puccinia* (CAFÉ, 2003).

Historicamente, foram feitas tentativas de produção do cereal em estados do Sudeste e Nordeste do Brasil entre os anos de 1500 e 1950, mas que não apresentaram os mesmos resultados em termos de rendimento. Já a região Sul apresentou as melhores condições para o desenvolvimento do cereal em relação às outras regiões brasileiras, sendo o Rio Grande do Sul pioneiro na produção de trigo em escalas comercial e industrial (BRUM & RECK, 2005).

Entretanto, devido às condições do solo e clima, o cereal apresentou melhores resultados na Argentina, fato que transformou o país em um dos principais produtores e exportadores de trigo já no século XIX. Somente a partir da segunda metade do século XX, com a modernização da agricultura no sul do Brasil, calcada em fortes financiamentos subsidiados pelo Estado, o trigo voltou a ganhar importância em solo brasileiro. Contudo, o Brasil jamais conseguiu a autossuficiência com o cereal, precisando importá-lo de países como a Argentina. (BRUM et al., 2004).

Por serem amplamente consumidos, estes grãos precisam de especial atenção quando se trata da sua qualidade sanitária. Como a contaminação de cereais por micotoxinas, que representa um risco significativo à saúde dos consumidores, este assunto tem recebido cada vez mais atenção das autoridades de segurança alimentar e dos legisladores em todo o mundo (ALDRED & MAGAN, 2004).

Da produção total de trigo, 65% são consumidos por humanos, principalmente na forma de farinha branca (72-80% de extração) usada na produção de pães, massas alimentícias, bolos, biscoitos ou como ingrediente na elaboração de inúmeros produtos alimentares. Cerca de 20% são usados para alimentação animal e os 15% restantes, como semente e em usos industriais. Uma pequena, mas significativa proporção é perdida durante o manuseio e o processamento pós-colheita (EMBRAPA, 2006).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO – *Food and Agriculture Organization*), o trigo é o segundo alimento mais

consumido no mundo. Sendo uma das principais fontes de calorias para a humanidade, contendo substâncias como carboidratos, proteínas, gordura, fibra, cálcio, ferro e ácido fólico (CAFÉ, 2003).

Com beneficiamento deste cereal são obtidas basicamente três partes: o endosperma, a casca e o germe, sendo que a parte do trigo utilizada na alimentação humana é o endosperma do fruto que se transforma em farinha pela operação da moagem. Enquanto o endosperma submetido à pressão quebra-se em partículas cada vez menores, a casca e o embrião fragmentam-se menos, e podem ser separados por peneiras, para constituírem o farelo de trigo, empregado em rações para animais domésticos, especialmente bovinos, aves e suínos (WESENDONCK et al., 2013).

Para a alimentação humana, o principal produto adquirido do beneficiamento do trigo é a farinha, sendo definida como o produto obtido pela moagem, exclusivamente do grão (CAFÉ, 2003). Dessa forma, é considerado o cereal mais nobre dentre todos os cereais, em consequência da sua extraordinária capacidade em dar origem a vários derivados que ocupam uma posição importante da cadeia alimentar como massas alimentícias, massas de panificação, biscoitos e vários outros produtos, inclusive para consumo animal (FANGUEIRO, 2009).

O processamento de uma tonelada do grão de trigo para a obtenção da farinha resulta em 770 kg de farinha e 230 kg de farelo (WESENDONCK et al., 2013). O farelo é o subproduto que consiste, principalmente, no tegumento envoltório do grão e, dessa forma, o trigo é disponível nas formas de farelinho e farelo (GOES et al., 2013). Basicamente, os subprodutos do processamento do trigo são direcionados à alimentação animal (EMBRAPA, 2003).

Na nutrição animal, o trigo vem sendo utilizado como fonte principal de energia nas dietas de aves de vários países, especialmente na Europa. No Brasil, até recentemente, não era utilizado em rações para animais em decorrência do alto custo de produção e da disponibilidade de outros ingredientes alternativos. Normalmente, o grão integral só é destinado a essa finalidade quando possui classificação inferior. Mas em decorrência do alto preço do milho, principalmente em épocas de entressafra, o trigo passou a ser uma opção em potencial como alternativa na alimentação animal (GOES et al., 2013).

O farelo de trigo é um dos alimentos mais populares para gado leiteiro, sendo fornecido com grãos e com alimentos mais ricos em proteína. Ademais apresenta boa qualidade nutricional e grande potencial de utilização nas dietas para monogástricos e

ruminantes. Quando utilizado em rações peletizadas, proporciona capacidade aglutinante, melhorando a qualidade do pellet (GOES et al., 2013).

Em suma, o consumo humano direto representa maior percentagem da utilização total do trigo, principalmente nos países em desenvolvimento. O crescimento da população e da renda, bem como a urbanização contínua, estão entre os principais fatores de aumento constante do consumo de alimentos a base de trigo em países em desenvolvimento (FAO, 2004).

Por outro lado, para a fabricação de alimentos para consumo animal, de acordo com as projeções, a tendência é aumentar, uma vez que está havendo uma resistência na utilização de milho na ração animal para evitar o uso de grãos geneticamente modificados. Dessa forma, os principais mercados estão encorajados a utilizar o trigo como substituto do milho no arraçãoamento animal (FAO, 2004).

2.2 Importância econômica

Considerado essencial na alimentação humana, o trigo vem merecendo ao longo dos anos, uma atenção especial por parte dos governantes. O cereal é matéria-prima utilizada em larga escala na elaboração de diversos produtos alimentícios, bebidas, colas e também, ração animal (COLLE, 1998). Além de ser a principal fonte da alimentação humana, é a maior *commodity* comercializada no mercado internacional (FARIA, 2009).

A produção de trigo representa cerca de 30% do cultivo mundial de cereais e seu cultivo é tão disseminado pelo mundo, que em qualquer mês do ano é colhido em algum lugar do planeta. Dos tipos de trigo cultivados, o trigo comum, por sua importância, representa mais de 90% da produção mundial (EMBRAPA, 2006).

O mercado tritícola no Brasil teve como marco importante o ano de 1967, quando foi publicado o Decreto Lei 210 - em vigor até novembro de 1990 - cujo ideal foi regulamentar toda a política de produção, comercialização e industrialização do trigo no país (COLLE, 1998). Esse decreto estabeleceu que o Estado Brasileiro tivesse o monopólio da comercialização do trigo, na qual o Banco do Brasil era o único comprador de toda a safra e revenderia a produção aos moinhos a preços abaixo da compra (BRUM & RECK, 2005). Nesse período, não havia importação de trigo, o que era realizado somente quando faltasse o produto nacional. Essa medida, além de custar

caro para os cofres públicos, foi um grande estímulo à produção nacional no que dizia respeito à quantidade, mas não à qualidade do trigo. Afinal, a venda estava garantida. Para os moinhos, no entanto, a qualidade superior do grão importado era fundamental para a qualidade de fabricação de produtos a base de farinhas, além de ração animal (CAFÉ, 2003).

A partir de 1990, a comercialização de trigo passou a ser livre e as cooperativas passaram a comercializá-lo diretamente no mercado. Entretanto, a competição era acirrada e as cooperativas brasileiras enfrentavam uma forte concorrência do trigo externo, principalmente do produto oriundo da Argentina. Além disso, havia problemas com a qualidade do produto nacional, devido ao clima muito instável, e à própria exigência dos moinhos em relação ao produto desejado (BRUM & MULLER, 2008).

De acordo com a EMBRAPA TRIGO (1998), quando se avalia a triticultura brasileira, normalmente percebem-se apenas os revezes que esta cultura vem sofrendo. Em 1987, colheram-se 6 milhões de toneladas (safra recorde e único ano de autossuficiência do cereal), porém, 10 anos depois, a colheita caiu para 2,2 milhões de toneladas. Mesmo que a produção tritícola seja basicamente voltada para o consumo humano, em decorrência das frequentes ocorrências de chuvas no período da colheita têm mostrado alta incidência de grãos germinados, fazendo com que este seja classificado como “abaixo do padrão” para a indústria de panificação. Assim, é descartado ou utilizado para alimentação animal (EMBRAPA, 2006).

O preço do trigo, por ser uma *commodity*, varia conforme os choques de oferta e demanda do mercado mundial, além de outras variáveis que compõe os preços agrícolas nas bolsas nacionais e internacionais. O grão está inserido como um dos produtos de maior importação na balança do agronegócio brasileiro, hoje cerca de 70% do trigo consumido é importado, principalmente da Argentina, sendo produzido cerca de 4 milhões de toneladas e consumido cerca de 10,5 milhões em 2007 (FARIA, 2009).

A produção do trigo, nas últimas três décadas, manteve-se em um patamar de 2 a 3 milhões de toneladas/ano, exceto no período do Plano Cruzado (1986 a 1988), quando atingiu 6 milhões de toneladas. A produção está, basicamente, concentrada no Sul, sendo que o Paraná é o maior produtor, com 53% do total, seguido do Rio Grande do Sul, com 36%, de Santa Catarina, com 3%, e do Mato Grosso do Sul, com 4% (CAFÉ, 2003).

Na atual divulgação, o resultado da pesquisa de safra de trigo apresenta uma redução de 1,5 milhão de toneladas, fazendo com que a produção do Rio Grande do Sul

recue de 3,1 para 1,5 milhão de toneladas, com perda de 52% da produção. Além da expressiva quebra de cultivo, cerca de 1 milhão de toneladas constitui matéria-prima de baixa qualidade para uso como ração animal, restando em valores próximos de 500 mil toneladas para uso industrial no estado (CONAB, 2015).

Dessa forma, com a produção nacional reduzida para 5903,9 mil toneladas, a necessidade de importações deverá elevar-se para 6,65 milhões de toneladas, inicialmente prevista em 5,5 milhões de toneladas, com isso evidencia-se um acréscimo de 20%, devido à perda de quantidade e qualidade da produção tritícola na Região Sul. A estimativa de exportação também foi reavaliada e elevada de 600 mil, para 800 mil toneladas, favorecida pela demanda na Ásia por trigo de qualidade inferior e alimentação animal (CONAB, 2015).

Em relação à exportação gaúcha, de acordo com o relatório da assessoria econômica do sistema FARSUL, o trigo gaúcho foi um dos produtos que alavancaram as exportações em relação a janeiro de 2014, com crescimento de 1958,70%. No entanto, esse produto é de baixa qualidade, devido aos problemas climáticos da última safra. Os tricultores, sem encontrar mercado no Brasil, vendem-no a preços baixos para mercados internacionais dispostos a absorver a produção (FARSUL, 2015).

Em decorrência dessa necessidade de importação, na atualidade, a Argentina é o país que fornece maior quantidade de trigo importado, Cerca de 96% das importações brasileiras foram originadas da Argentina, com menores custos, taxa de juros e pagamentos mais facilitados, e em consequência a melhores condições climáticas do país, com melhor qualidade nutricional, tornando um grande competidor ao trigo nacional (FARIA, 2009).

Para mudar os dados de importação, a cadeia produtiva do trigo no Brasil deve estruturar-se e articular-se a partir do consumidor, no sentido de aumentar a competitividade em todos os seus elos. Com a exigência por determinadas matérias-primas, de características específicas, a pesquisa passa a ter papel fundamental na oferta de materiais genéticos ao setor primário. É necessário um mecanismo que garanta ao produtor uma remuneração adequada ao produto, induzindo-o a utilizar tecnologias que resultarão no aumento da produtividade e da qualidade e, com isso, na redução dos custos de produção (BRUM & MULLER, 2008),

2.3 Micotoxinas

A palavra micotoxina vem do grego onde “mykes” que é fungo e do latim “toxican” que significa toxinas. O termo é usado para designar um grupo de compostos produzidos por algumas espécies fúngicas durante seu crescimento e podem causar doenças ou mortes quando ingeridas pelo homem ou animais. Trata-se de contaminantes naturais de difícil controle em alimentos. Estima-se que cerca de 25% de todos os produtos agrícolas do mundo estejam contaminados por tais substâncias (BENETT & KLICH, 2003).

As primeiras evidências da ocorrência de micotoxicoses estão relatadas no Antigo Testamento, por ocasião das dez pragas do Egito. Há evidências da presença de micotoxinas na peste que dizimou os rebanhos e induziu tumores e úlceras nos animais do povo egípcio. E trata-se de intoxicações resultantes da ingestão de alimentos contaminados com micotoxinas. (MALLMANN & DILKIN, 2007).

Já na idade média (entre os séculos XI e XVI), em diversos países da Europa, aconteceu o episódio conhecido por “Fogo de Santo Antônio”, no qual uma enfermidade se caracterizou por surtos de gangrena na população que consumia cereais contaminados por esclerotos (esporão de centeio) do fungo *Claviceps purpúrea* (MALLMANN & DILKIN, 2007).

Outro fato histórico envolvendo micotoxinas, a partir da qual começaram a receber maior importância científica, ocorreu em 1960, quando um surto de mortes inexplicáveis de aves, especialmente perús, foi investigado no Reino Unido. O surto ficou conhecido mundialmente como *turkey x disease* (perús x doenças) e chegou-se a conclusão de que o problema estava na ração, a qual havia sido produzida com amendoim contaminado importado da África e do Brasil (FIB, 2009).

São metabólitos secundários, aparentemente sem qualquer função no metabolismo normal dos fungos. São produzidas, ainda que não exclusivamente, à medida que o fungo atinge a maturidade (BETINA, 1984; EMBRAPA, 2007). E por estarem presentes em quase todos os lugares, os fungos produtores de micotoxinas são capazes de germinar, crescer e produzir toxinas em uma grande variedade de produtos agrícolas (FIB, 2009). Em recente pesquisa, foi detectado que 97,5% das amostras de grãos oriundos de diferentes localidades do mundo continham duas ou mais micotoxinas (WEAVER, 2014).

A produção de micotoxinas depende do crescimento fúngico, portanto pode ocorrer em qualquer época do crescimento, colheita, ou estocagem do alimento. Contudo, o crescimento do fungo e a presença de toxinas não são sinônimos, porque nem todos os fungos produzem toxinas. Por outro lado as micotoxinas podem permanecer no alimento mesmo após a destruição dos fungos que as produziram. Os gêneros dos fungos mais comumente associados com toxinas que ocorrem, naturalmente, são *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* (IAMANAKA et al., 2010).

Dentre os fatores envolvidos na produção de micotoxinas existem os relacionados a própria fisiologia e bioquímica dos fungos toxigênicos e os fatores extrínsecos (ambientais), tais como: umidade, composição química do alimento (substrato), temperatura, pH, interação microbiana, entre outros (IAMANAKA et al., 2010).

Em uma pesquisa realizada pelo International Agency for Research on Cancer, cinco toxinas fúngicas foram consideradas de maior risco à saúde humana e animal: aflatoxinas, ocratoxinas, fumonisinas, zearalenona e desoxinivalenol. Sendo que a última é classificado no Grupo 3, isto é, não carcinogênico para humanos (IARC, 1993).

2.3.1 Desoxinivalenol (DON)

O DON é uma micotoxina pertencente ao grupo B dos tricotecenos, produzida principalmente por *F. graminearum* em cereais como trigo e milho. A estrutura dessa micotoxina foi caracterizada em 1972, quase que simultaneamente no Japão e nos EUA na época ficou conhecida como toxina vermelha (*red toxin*) (TUTELYAN, 2004).

Os tricotecenos são classificados em 4 grupos (A, B, C e D) e considerados micotoxinas típicas do campo. Eles ocorrem em diversos cereais e subprodutos, sobretudo quando cultivados no inverno, cujas condições de temperaturas amenas e alta umidade favorecem o desenvolvimento dos fungos produtores dessas micotoxinas. Induzem lesões ulcerativas no trato gastrointestinal e dermatites, além da recusa da ingestão de alimentos, o que tem importância para o diagnóstico clínico (MALLMANN & DILKIN, 2007).

Dentro do grupo dos tricotecenos encontram-se outras micotoxinas tais como a diacetoxiscirpenol (DAS), toxina T-2 nivalenol, que foram as primeiras substâncias a

ser estudadas em decorrência de serem fortemente tóxicas e provocarem quadros graves de toxicidade aguda. Entretanto, na atualidade, a micotoxina mais relevante desse grupo é o DON, já que se encontra naturalmente em elevadas concentrações e/ou como contaminante de uma grande variedade de substratos em todo o mundo (CASTILLO et al., 2007).

Quanto à sua natureza química, o DON, é um composto orgânico polar que contém um grupo 12,13-epoxi, três funções OH (C-3, 7, 15) e um grupo ceto instaurado nas posições alfa e beta (C-9, 10). Trata-se de uma micotoxina estável em temperaturas elevadas, sendo solúvel em água e solventes polares, tais como metanol, acetronitrila e ácido acético (UENO, 1983; BELLUCO et al., 2008).

Possui atividade citotóxica, fitotóxica e antifúngica e tem sido detectado principalmente como contaminante de trigo, cevada, aveia, centeio e milho, que somam cerca de 2/3 da produção mundial de cereais. Com menos frequência encontram-se contaminando arroz, sorgo e triticale (CASTILLO et al., 2007).

A cultura do trigo é afetada por diversas doenças, dentre as quais se destaca a fusariose, também conhecida como giberela, causada principalmente pelo fungo *Fusarium graminearum* (Figura 1). A doença é manifestada durante o cultivo e depende, basicamente, das condições meteorológicas, das práticas culturais e da susceptibilidade dos cultivares para ser desencadeada (CALORI-DOMINGUES et al., 2007).



Figura 1. Sinais característicos da giberela em trigo

Fonte: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/FusariumPort.aspx>

No Brasil, a giberela alcançou status de principal doença nas regiões tritícolas, principalmente na região Sul do Brasil. A sua natureza esporádica está associada à dependência climática, sendo os surtos mais severos observados em anos com maior frequência de chuvas, durante a fase de florescimento e enchimento de grãos (PONTE et al., 2004).

No ano de 2014, a triticultura gaúcha sofreu consequências de um inverno de pouco frio (temperaturas na faixa de 20 a 25 °C) e com bastante umidade (chuvas frequentes) contribuindo para o aparecimento de doenças importantes para o cultivo do grão, como a giberela, resultando grãos com crescimento fúngico de coloração branca ou avermelhada (Figura 2) (FARSUL, 2015).



Figura 2. Grãos de trigo infectados por giberela.

Fonte: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/FusariumPort.aspx>

CALORI-DOMINGUES et al., (2007) ressaltam que, além dos danos diretos causados pela doença no grão, eles podem ser tóxicos para o homem e animais devido à presença de DON. Além disso, tem amplamente detectada como contaminante de cereais, como o trigo, em diferentes países, como Canadá, Estados Unidos, Japão além de países dos continentes Europeu, Africano e Sul-Americano, que também relataram a ocorrência de DON na produção de cereais (TUTELYAN, 2004). Existe uma relação direta entre a incidência de fusariose e a contaminação de trigo com DON, que tem sido implicada em incidentes de micotoxicoses em seres humanos e animais (CREPPY, 2002).

Em animais, a presença dessa micotoxina causa recusa de alimento e vômitos, principalmente em suínos (em decorrência disso, o DON também é conhecido como “vomitoxina”). Já em humanos, foram relatados, na Ásia, diversos surtos de doenças agudas, com sintomas de náuseas, vômitos, vertigens, problemas gastrointestinais e diarreia. Esses problemas foram correlacionados ao consumo de grãos contaminados por *Fusarium* e, mais recentemente, com a presença de DON (CREPPY, 2002).

2.3.2 Legislação para DON

A preocupação com alimentos contaminados por micotoxinas é considerada um problema global, e se caracteriza como um risco que afeta diretamente a segurança dos alimentos. Preocupados, vários países criaram legislações estabelecendo limites considerados seguros para diversos produtos que estão predispostos a contaminação (MASSON & CECATTO, 2012).

Para exportação, as empresas exportadoras seguem as legislações dos países de destino dos seus produtos. Entretanto, somente alguns países possuem regulamentação em relação ao nível aceitável de DON, que geralmente podem variar entre 500 a 2000 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para alimentos destinados ao consumo humano (COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2003; CALORI-DOMINGUES et al., 2007)

No continente Sul-Americano, a legislação cobre, especialmente, as seguintes micotoxinas, em alimentos e em algumas rações: aflatoxina B₁, aflatoxinas B₁ e G₁, aflatoxinas totais (B₁+B₂+G₁+G₂), fumonisina B₁, desoxinivalenol, ocratoxina A, patulina e zearalenona. O Uruguai possui a mais detalhada legislação da América Latina, com limites para os alcalóides ergóticos em rações, o que é inédito em qualquer legislação no mundo (EMBRAPA, 2007).

A resolução número 7, de 18 de fevereiro de 2011 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT's) de em alimentos prontos para oferta ao consumidor e em matérias primas (BRASIL, 2011). Para DON os LMT's em grãos de trigo e subprodutos estabelecidos em 2012 são de 2.000 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para farelo e 1750 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para farinha. Prevêem-se para o ano de 2016 LMT inferiores para produtos de trigo, bem como estabelecimento do LMT para grãos.

No entanto, no final de 2013, a ANVISA, prorrogou, por meio da RDC n° 59 de 2013, para 2017 o prazo para adequação dos LMT de 2014 e 2016, o qual será $1.000 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para farelo de trigo, trigo integral, trigo para quibe, e farinha de trigo integral e $750 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal e produtos de panificação (BRASIL 2013).

No continente europeu, 39 países, representando 99% da população europeia, apresentam legislações para a regulação de micotoxinas em alimentos e rações. Comparada a outras regiões do mundo, a Europa dispõe da mais completa e detalhada legislação sobre micotoxinas em alimentos (EMBRAPA, 2007).

A comunidade Europeia, a partir do regulamento n° 1881 de 2006 estabeleceu os LMT para DON em trigo grãos para posterior processamento de $1.250 \mu\text{g.kg}^{-1}$; para farinha e farelos de cereais de $750 \mu\text{g.kg}^{-1}$; e para pães massas, biscoitos e cereais matinais $500 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (EUROPEAN COMMUNITIES, 2006).

A presença de micotoxinas nos alimentos representa um grave problema de segurança sanitária. Os alimentos suscetíveis a estarem contaminados têm de ser objeto de controles regulares (MARQUES, 2007). Dessa forma, conhecer a extensão dessa contaminação poderá fornecer subsídios para os diversos segmentos envolvidos com a produção, utilização e importação de trigo, bem como fiscalização e pesquisa, sempre visando garantir ao consumidor final a possibilidade de ter produtos de melhor qualidade (CALORI-DOMINGUES et al., 2007).

2.3.3 Metodologia analítica

Para atingir níveis de segurança exigidos por órgãos regulamentadores, dados confiáveis devem estar disponíveis para o monitoramento e a avaliação dos riscos aos quais a população está exposta, em relação à presença de resíduos e contaminantes em alimentos de origem animal. Em outras palavras, técnicas analíticas sofisticadas, com alta sensibilidade e especificidade devem estar disponíveis.

Segundo MALLMANN & DILKIN (2007), as técnicas mais utilizadas são análises por kits de ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*), Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Já a utilização de métodos diagnósticos por espectrometria de massas (CG/MS, LC/MS e

LC/MS/MS) é recente. Entretanto, já se tem certeza que essas são as metodologias mais eficientes e que substituirão as demais em um futuro mais próximo.

A CLAE apresenta alta eficiência, porém o custo restringe a implantação na rotina laboratorial. Métodos imunoquímicos (ELISA e cromatografia por imunoafinidade) constituem uma alternativa promissora para detecção de toxinas, acoplando a especificidade biológica à confiabilidade dos procedimentos químicos. Todavia, a dependência atual da importação de reagentes imunológicos eleva o custo de aplicação no controle de qualidade em alimentos, devendo-se estimular a produção de reagentes, onde a qualidade de anticorpos específicos é fator decisivo nos ensaios (FUJI et al., 2004).

As técnicas de cromatografia líquida (LC – *Liquid Chromatography*) estão sendo expandidas nos laboratórios de controle, devido à possibilidade de automação (eluição, injeção, lavagem da coluna, detecção), uso e manipulação de dados, além do tempo relativamente curto de análise. Recentes desenvolvimentos em novos sistemas e colunas que permitem alta velocidade e o tempo de análise reduzido, já estão sendo comercializados e contribuirão com sua expansão. A CLAE acoplada a espectrometria de massas (LC-MS/MS), apresenta metodologia analítica para identificação não ambígua, quantificação e a confirmação de resíduos de medicamentos (BECKER et al., 2004; REIG & TOLDRA, 2008).

1 **Prevalência de Desoxinivalenol em trigo nas safras 2013/2014 e 2014/2015 no Rio**
2 **Grande do Sul.**

3 **Deoxynivalenol prevalence in wheat harvests in 2013/2014 and 2014/2015 in Rio Grande**
4 **do Sul.**

5 **Raquel Durand Coelho¹ Carlos Augusto Mallmann^{2*}**

6 **RESUMO**

7 A fusariose é uma doença importante, que ocorre frequentemente em trigo, causada
8 principalmente pelo fungo *Fusarium graminearum*. Além dos danos diretos à triticultura, os
9 grãos infectados podem estar contaminados por micotoxinas, que são substâncias tóxicas
10 produzidas por fungos e, dentre elas, destaca-se o desoxinivalenol (DON). Para este trabalho,
11 foram analisadas 480 amostras de trigo procedentes de diferentes localidades do Rio Grande
12 do Sul referentes às safras de 2013/2014 (35 amostras) e 2014/2015 (445 amostras). A
13 extração de DON foi realizada de acordo com método oficial n° 986.17 da AOA com algumas
14 modificações e a detecção foi feita por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE, LC –
15 *Liquid Chromatography*) acoplada a espectrometria de massas (*MS - Mass Spectrometry*) (LC-
16 MS/MS). Os resultados indicaram que, na safra 2013/2014 54% apresentaram níveis de
17 contaminação positivos, já no período 2014/2015 a porcentagem elevou-se para 97% quanto a
18 presença de DON. Os níveis médios de contaminação das amostras foram de 322 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ na
19 safra anterior, e para a safra em vigor a média de foi de 2333 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$. Dessa forma, é
20 importante a realização de levantamentos sobre a contaminação com DON do trigo, uma vez
21 que se trata de uma matéria prima amplamente empregada na indústria alimentícia.

22 **Palavras-chave:** micotoxinas, fusarioses, DON.

23

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

^{2*}Departamento de Medicina Veterinária Preventiva. Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC).
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Autor para correspondência:

1 **ABSTRACT**

2 The Fusarium is an important disease which frequently occurs in wheat, caused mainly by the
3 fungus *Fusarium graminearum*. In addition to direct damage to wheat cultivation, the infected
4 kernels may be contaminated with mycotoxins, which are toxic substances produced by fungi,
5 among which stands out deoxynivalenol (DON). For this study, we analyzed 480 samples of
6 wheat from different Rio Grande do Sul localities relating to crops 2013/2014 (35 samples)
7 and 2014/2015 (445 samples). The DON extract was carried out according to the official
8 method of paragraph 986.17, and AOA with some modifications made to detecçãofoi by high
9 performance liquid chromatography (HPLC, LC - Liquid Chromatography) coupled with
10 mass spectrometry (MS - MassSpectrometry) (LC-MS / MS). The results indicated that in the
11 2013/2014 harvest 54% had positive levels of contamination, since the period 2014/2015 the
12 percentage increased to 97% for the presence of DON. The average levels of contamination of
13 samples were 322 microg.kg-1 in the previous season, and .to the crop into force the average
14 was 2333 microg.kg-1. Thus, it is important to conduct surveys on the DON contamination in
15 wheat, since it is a raw material widely used in the food industry.

16 **Key-words:** mycotoxin, Fusarium, DON.

17

18 **INTRODUÇÃO**

19

20 O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum* com tradição milenar de cultivo e consumo
21 humano pelo seu valor nutricional como alimento (GOES et al., 2013). Sua ingestão pode ser
22 realizada na forma *in natura* como trigo integral, ou através do principal produto de sua
23 moagem, a farinha de trigo, que é amplamente empregada na indústria alimentícia, para a
24 produção de pães, massas alimentícias; bem como seus subprodutos, farelo, farelinho e

1 gérmen de trigo, que podem ser utilizados tanto para o consumo humano, como para a
2 produção de ração animal (BELLUCO, 2014).

3 A produção de trigo representa cerca de 30% do cultivo mundial de cereais e é tão
4 disseminado pelo mundo que em qualquer mês do ano é colhido em alguma parte do planeta
5 (EMBRAPA, 2006). No Brasil, a produção tritícola está, basicamente, concentrada no Sul,
6 sendo que o Paraná é o maior produtor, com 53% do total, seguido do Rio Grande do Sul,
7 (36%), de Santa Catarina (3%), e do Mato Grosso do Sul (4%) (CAFÉ, 2003).

8 A cultura do trigo pode ser afetada por diversas doenças, dentre as quais se destaca a
9 fusariose, também conhecida como giberela, causada principalmente pelo fungo *Fusarium*
10 *graminearum*. Trata-se de uma doença manifestada durante o cultivo e depende basicamente
11 das condições meteorológicas, das práticas culturais e da susceptibilidade dos cultivares para
12 ser desencadeada (CALORI-DOMINGUES et al., 2007).

13 Por serem amplamente consumidos, estes grãos precisam de especial atenção quando
14 se trata da sua qualidade sanitária, como a contaminação de cereais por micotoxinas que
15 representa um risco significativo à saúde dos consumidores. Sendo assim, este assunto tem
16 recebido cada vez mais atenção das autoridades de segurança alimentar e dos legisladores em
17 todo o mundo (ALDRED & MAGAN, 2004).

18 A palavra micotoxina vem do grego onde “mykes” que é fungo e do latin “toxican”
19 que significa toxinas. O termo é usado para designar um grupo de compostos produzidos por
20 algumas espécies fúngicas durante seu crescimento e podem causar doenças ou morte quando
21 ingeridas pelo homem ou animais (BENETT & KLICH, 2003). As principais podem ser
22 divididas em três grupos: as aflatoxinas, as ocratoxinas e as fusariotoxinas que possuem como
23 principais representantes os tricotecenos, zearalenona e as fumonisinas (MALLMANN &
24 DILKIN, 2007).

1 Além dos danos diretos causados pela fusariose no grão, estes podem se tornar tóxicos
2 devido a presença de uma substância chamada desoxinivalenol (DON) (CALORI-
3 DOMINGUES et al., 2007). Trata-se de uma micotoxina pertencente ao grupo dos
4 tricotecenos, que ocorrem em diversos cereais e subprodutos, como o trigo (cultura de
5 inverno), podendo induzir lesões ulcerativas no trato gastrointestinal e dermatites, além da
6 recusa da ingestão de alimentos (MALLMANN & DILKIN, 2007).

7 Estudos conduzidos no Brasil têm comprovado que muitos alimentos, rações e
8 ingredientes apresentam níveis de contaminação por micotoxinas muitas vezes superior ao
9 permitido pela legislação brasileira, bem como pela internacional (EMBRAPA, 2007).
10 Preocupados, vários países criaram legislações estabelecendo limites considerados seguros
11 para diversos produtos que estão predispostos à contaminação (MASSON & CECATTO,
12 2012).

13 Existem diversas metodologias para quantificar micotoxinas, dentre as quais as mais
14 utilizadas são kits de ELISA (*Enzyme Linked Immunono Sorbent Assay*), Cromatografia em
15 Camada Delgada (CCD) e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). A utilização de
16 métodos diagnósticos por espectrometria de massas é relativamente recente, contudo, já se
17 tem certeza de que essas são as metodologias mais eficientes e que substituirão as demais
18 num futuro próximo, devido a sua alta sensibilidade (MALLMANN & DILKIN, 2007).

19 Considerando que a ocorrência de infecção fúngica serve como sinal de alerta para
20 contaminação por micotoxinas, o conhecimento de que as últimas safras brasileiras de trigo
21 foram acometidas por altos índices de fusariose torna-se um fato preocupante. Nesse contexto,
22 observando o aumento na preocupação com a contaminação de alimentos, incluindo o DON,
23 o objetivo desse trabalho foi conhecer a extensão da contaminação do trigo no estado do Rio

1 Grande do Sul no período das safras 2013/2014 e 2014/2015. Assim, pretende-se contribuir
2 com a produção de uma matéria-prima de qualidade ao consumidor final.

3

4 **MATERIAL E MÉTODOS**

5 **Amostras**

6 Foram obtidas no período de outubro de 2013 a setembro de 2014 (safra 2013/2014)
7 35 amostras e no período de outubro de 2014 a março de 2015 (safra 2014/2015) 445
8 amostras de trigo provenientes de todo o estado do Rio Grande do Sul. As análises foram
9 realizadas no Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal
10 Santa Maria (UFSM).

11

12 **Padrões e solventes**

13 Os padrões de DON e $^{13}\text{C}^{20}$ -Don (padrão interno) foram adquiridos da Sigma (Sigma-
14 Aldrich). Acetonitrila e metanol foram fornecidos pela J.T. Baker (Deventer, The
15 Netherlands). Todos os solventes foram de grau HPLC. A água ultrapura utilizada foi obtida a
16 partir de um aparelho de Milli-Q.

17

18 **Preparo da amostra**

19 A extração da toxina foi realizada de acordo com método oficial nº 986.17 da AOAC
20 com algumas modificações. Três gramas da amostra previamente moída foram extraídas em
21 agitadores tipo vortex com 24 mL da mistura de solventes contendo acetonitrila:água (84:16,
22 v/v). Os extratos das amostras foram diluídos em uma mistura de fase aquosa (água: acetato

1 de amônio), fase orgânica (água: acetato de amônio: metanol) (50:50; v/v). Posteriormente
2 uma alíquota de 5µL foi injetada em sistema de cromatografia líquida acoplada à
3 espectrômetro de massas em série.

4

5 **Determinação de DON**

6 A determinação de DON foi realizada através da separação por cromatografia líquida
7 de alta eficiência e detecção por espectrometria de massas em série (LC-MS/MS). O isótopo
8 $^{13}\text{C}^{20}$ -Don foi utilizado como padrão interno. Para quantificação da micotoxinas foi preparada
9 uma curva de calibração com sete pontos. Utilizou-se método validado para o preparo das
10 amostras, extração e diluição. Para os dados obtidos, assumiu-se que a curva analítica
11 apresentou comportamento linear ($r^2 > 0,9$).

12

13 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

14 No período da safra de 2013/2014 foram recebidas um total de 216 amostras de trigo
15 provenientes de todas as regiões do Brasil, sendo que destas, 35 era procedentes do estado do
16 Rio Grande do Sul (RS). Já no período de safra 2014/2015, em decorrência da baixa
17 qualidade visual do produto colhido, o número de amostras analisadas passou para 705, das
18 quais 445 eram gaúchas.

19 Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), na safra
20 2014/2015 do RS a área semeada com trigo era de 1.140 mil hectares, o que representou um
21 aumento de 9,8% em relação à safra anterior (2013/2014). Porém, durante o desenvolvimento
22 da cultura, vários fatores adversos influenciaram para que o resultado final fosse frustrante
23 para a maioria dos produtores – geadas, chuvas torrenciais, enxurradas, falta de luminosidade,
24 calor excessivo, ataque de doenças em geral, granizo e acamamento. Sendo que o resultado

1 dessas adversidades foi a baixa produtividade de grãos com qualidade inferior aos padrões de
2 comercialização (FARSUL, 2015).

3 Em relação à positividade para DON, na safra 2013/2014 19 amostras (54%)
4 apresentaram níveis de contaminação positivos, já no período 2014/2015 a porcentagem
5 elevou-se para 97%, ou seja, das 445 amostras analisadas, apenas 15 não apresentaram
6 positividade para a micotoxina.

7 Pode-se perceber diferença também na média de contaminação. Na temporada
8 2013/2014 a média foi de 322 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ (apresentando um pico de 1060 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$) (Gráfico 1).
9 Para a safra 2014/2015 houve um pico de 3406 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ e a média de contaminação foi de
10 2333 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ (Gráfico 2):

11 Em um estudo proposto por CALORI-DOMINGUES et al. (2007), no qual se buscou
12 a ocorrência de DON em trigos nacional e importado utilizados no Brasil, foi demonstrado
13 que 94% do trigo nacional e 88% do trigo importado apresentaram contaminação com níveis
14 médios 332 e 90 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$, respectivamente. Além disso, das amostras de trigo nacional
15 analisadas, 4% níveis de contaminação maiores do que 1250 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$, limite máximo tolerável
16 (LMT) de acordo com a legislação da Comunidade Européia, porém, ainda permitido no
17 Brasil.

18 De acordo com a Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul (FARSUL), em
19 decorrência da legislação, referente às micotoxinas, imposta no Brasil desde 2011, se o limite
20 permitido (1750 – 2000 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$) é ultrapassado, o trigo não é indicado nem ao consumo de
21 animais. A mesma entidade ainda estima que das 1,7 milhões de toneladas produzidas na
22 última safra no Rio Grande do Sul. 1 milhão foi afetada e que 700 mil toneladas já haviam
23 sido negociadas até 09/12/2014 a preços baixos para mercados internacionais dispostos a
24 absorver a produção (BATCHELD, 2015).

1 Sem encontrar mercado no Brasil, os tricultores, a fim de escoar a produção estocada,
2 a alternativa foi a exportação do grão para países da África e da Ásia, sendo que não havia o
3 costume de exportação para os continentes em questão (FARSUL, 2015). De acordo com a
4 EMBRAPA (2007), dos países africanos que possuem alguma legislação, apenas as
5 aflatoxinas são contempladas. Já em relação à Ásia/Oceania, apenas 26 países possuem
6 legislação para micotoxinas.

7 A legislação no Brasil vem sofrendo uma série de modificações. Atualmente, os
8 LMT's variam de 1750 a 2000 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$, entretanto, para janeiro de 2016 os LMT's irão variar
9 de 750 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ para farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de
10 panificação; e 1000 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ para trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral,
11 farelo de trigo (BRASIL, 2011).

12 Em consequência dessa futura modificação na legislação, foi analisado também a
13 percentagem de contaminação superior a 1000 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$. Nas quais 7 amostras na safra de
14 2013/2014 apresentaram níveis superiores e na safra atual, 378 amostras depararam-se com os
15 níveis acima do que o permitido na legislação a partir de 2016.

16 Uma avaliação completa da ocorrência de micotoxinas em determinado produto
17 somente pode ser estabelecida após a realização de levantamentos em diferentes anos/safras
18 de produção. Dessa forma, é importante a realização de estudos para avaliar a qualidade do
19 trigo utilizado no Brasil no que se refere à contaminação com DON, identificando tal
20 contaminação pela origem das amostras. No que diz respeito ao trigo nacional, é importante a
21 identificação de quais as sub regiões entre regiões produtoras de trigo que podem apresentar
22 maior frequência de contaminação com DON (CALORI-DOMINGUES et al., 2007).

23

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

CONCLUSÃO

Pode-se perceber que houve um aumento significativo em relação a positividade das amostras, visto que na safra 2013/2014 54% das amostras foram positivas e em 2014/2015 esse número elevou-se para 97% de positividade. Além de que houve um aumento significativo no número de amostras enviadas para análise de DON.

Ficou evidenciado que esse aumento foi em decorrência da baixa qualidade visual do trigo colhido na última safra, evidenciando, assim, a alta taxa de contaminação pela micotoxina em questão. Além disso, as notícias corroboradas na mídia contribuíram para a preocupação de produtores, cooperativas e cerealistas.

Assim, reforça-se a importância do monitoramento do trigo produzido no Brasil quanto à contaminação por DON, uma vez que se trata de uma matéria prima amplamente empregada na indústria alimentícia, além de um commodity largamente utilizado no agronegócio mundial.

REFERÊNCIAS

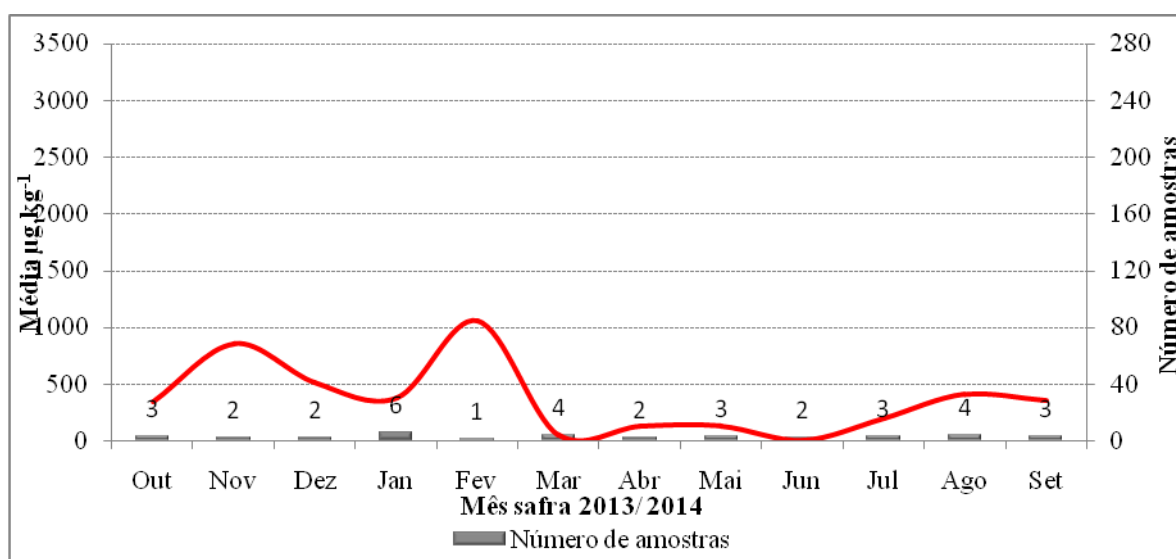
- ALDRED, D.; MAGAN, N. **Prevention strategies for trichotecenes**. Toxicology letters. V.153, p. 165-171, 2004.
- BATCHOLD, F. **Gaúchos Exportam Trigo Contaminado**. Folha de São Paulo. 23/12/15. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/12/1566263-gauchos-exportam-trigo-contaminado.shtml> Acesso: 05/03/15.
- BELLUCO, B. **Distribuição de Desoxinivalenol nas frações de trigo obtidas no processo de moagem**. Dissertação apresentada para a obtenção do Título Mestre em Ciências Agrárias.

- 1 Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Escola superior de
2 Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.
- 3 BENNET, J.W.; KLICH, M. **Mycotoxins.Clinical of Microbiology**. Review 16: 497–516.
4 2003.
- 5 BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 07, de 18 de fevereiro
6 de 2011.
- 7 CAFÉ, S. L. **Cadeia produtiva do trigo**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 18, p. 193-220,
8 set. 2003.
- 9 CALORI-DOMINGUES, M. A. et al., **Ocorrência de Desoxinivalenol em trigo utilizado**
10 **no Brasil**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(1): 181-185, jan.-mar. 2007.
- 11 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Semanal –Trigo período 02**
12 **-06/03/2015**. Brasil, 2015. Disponível em:
13 [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_10_15_12_35_trigo_-](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_10_15_12_35_trigo_-_semana_-_02_a_06.pdf)
14 [semana - 02 a 06.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_10_15_12_35_trigo_-_semana_-_02_a_06.pdf) Acesso em: 11/03/2015.
- 15 EMBRAPA. **Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal**.
16 Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza, 2007.
- 17 EMBRAPA. Trigo: **Germinação e posterior extrusão para obtenção de farinha integral**
18 **extrusada de trigo germinado**. Embrapa Trigo. Documentos online. n.74. Passo Fundo,
19 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do74_1.htm Acesso em
20 [24/02/15](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do74_1.htm).
- 21 FARSUL. Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul **Relatório sobre as Exportações e**
22 **Importações do Agronegócio Gaúcho** – Janeiro, 2015.
- 23 GOES, R. H. T. B. et al..**Alimentos e Alimentação Animal**. UFGD. Grande Dourados, 2013.

1 [MALLMAN, C.A. & DILKIN, P. Micotoxinas e Micotoxicoses em Suínos. – Santa Maria:](#)
2 [Ed. Do Autor, 2007. 240p.: il.](#)

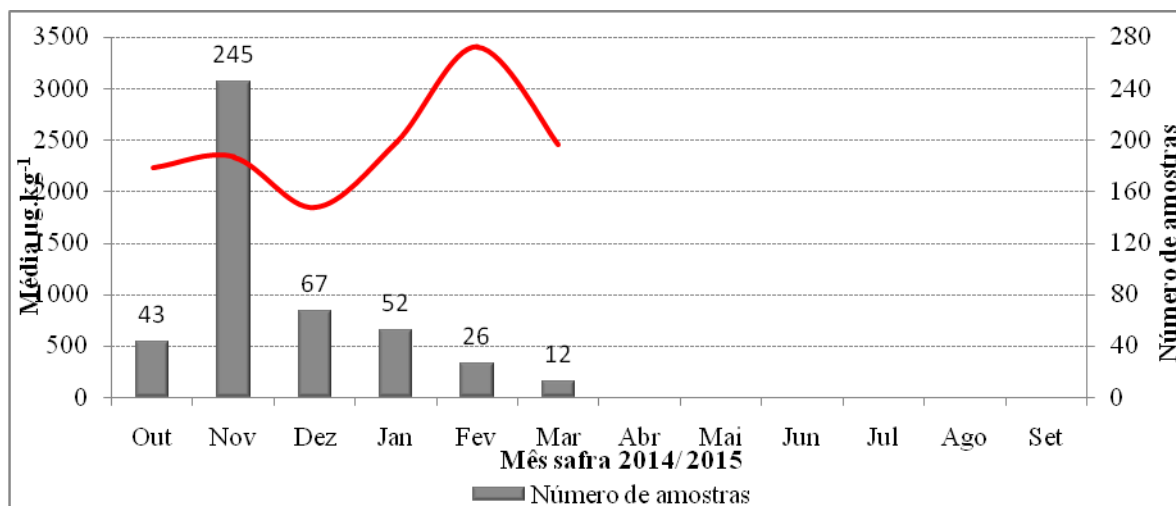
3 MASSON, A.P.& CECATTO. L. **Avaliação do processo de limpeza e polimento dos grãos**
4 **de trigo para eliminação de micotoxinas desoxinivalenol.** Atualidades tecnológicas para
5 competitividade industrial. Senai. Florianópolis, v.5.n.1, p.172-187, 2012.

6



7

8 Figura 1 – Média de contaminação mensal de amostras de trigo e derivados positivas para
9 desoxinivalenol ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) e número de amostras mensais recebidas no Laboratório de Análises
10 Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) no período de
11 safra 2013/2014.



1
 2 Figura 2 – Média de contaminação mensal de amostras de trigo e derivados positivas para
 3 desoxinivalenol($\mu\text{g.kg}^{-1}$) e número de amostras mensalmente recebidas no Laboratório de Análises
 4 Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) no período de
 5 safra 2014/2015.

4. REFERÊNCIAS

- ALDRED, D.; MAGAN, N. **Prevention strategies for trichotecenes.** Toxicology letters. v.153, p. 165-171, 2004.
- BANDO, E. et al. **Biomarcadores para avaliação da exposição humana às micotoxinas.** J. Bras. Patol. Med. Lab., v.43, p. 175-180, 2007.
- BATCHOLD, F. **Gaúchos Exportam Trigo Contaminado.** Folha de São Paulo. 23/12/15. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/12/1566263-gauchos-exportam-trigo-contaminado.shtml> Acesso: 05/03/15
- BENNET, J.W.; KLICH, M. **Mycotoxins.** Clinical of Microbiology. Review 16: 497–516. 2003.
- BECKER, M.; ZITTLAU, E.; PETZ, M. **Residue analysis of 15 penicillins and cephalosporins in bovine muscle, kidney and milk by liquid chromatography–tandem mass spectrometry.** Analytica Chimica Acta, Amsterdam, v.540, p.19-32, 2004.
- BETINA, V. **Mycotoxins: production, isolation, separation, and purification.** Amsterdam: Elsevier, 528 p. 1984.
- BRASIL, **Resolução ANVISA RDC nº59 de 26 de dezembro, 2013.** Prorrogação dos prazos dos Limites máximos tolerados para micotoxinas. Brasil, 2013.
- BRASIL, **Resolução ANVISA RDC Nº7 de 8 de fevereiro de 2011.** Limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas. Brasil, 2011.
- BRUM, A. L. et al. **As Políticas Brasileiras de Fomento à Cultura do Trigo uma revisão histórica.** Desenvolvimento em questão. Editora Unijuí. Ano. nº 3. jan./jun. 2004.
- BRUM, A. L.; RECK, C. R. **A economia do trigo no Rio Grande do sul: breve histórico do cereal na economia do estado.** Análise, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 29-44, jan./jul. 2005.
- BRUM, A.P; MULLER, P. K. **O comércio Internacional e a cadeia produtiva do trigo no Brasil.** DECon/Unijui. Ijuí, 2008.
- CAFÉ, S. L. **Cadeia produtiva do trigo.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 18, p. 193-220, set. 2003.
- CALORI-DOMINGUES, M. A. et al. **Ocorrência de Desoxinivalenol em trigo utilizado no Brasil.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(1): 181-185, jan.-mar. 2007.
- CASTILLO, J. M. S. Del. **Micotoxinasen alimentos.** Ed. Díaz de Santos. Espanha, 2007.

COLLE, C. A. **A cadeia produtiva do trigo no Brasil**: contribuição para a geração de emprego e renda. Dissertação para a obtenção de Título de Mestre em Economia Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS. 1998.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura Semanal –**Trigo período 02 - 06/03/2015**. Brasil, 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_10_15_12_35_trigo_-_semana_-_02_a_06.pdf Acesso em: 11/03/2015.

COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Mycotoxins**: Risk in plant, animal, and human systems. 109p. Ames, 2003.

CREPPY, E. E. **Update of survey, regulation and toxic effects osmycotoxins in Europe**. Toxicol. Lett. v.127, p. 19-28, 2002.

EMBRAPA – **Annual wheat newsletter. Wheat in Brazil** – 2012 crop year. Brazilian agricultural research corporation — Embrapa Rodovia BR285, km 294, Caixa Postal 451, Passo Fundo, RS, Brazil. 2013.

EMBRAPA. **Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal**. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza, 2007.

EMBRAPA. Trigo: **Germinação e posterior extrusão para obtenção de farinha integral extrusada de trigo germinado**. Embrapa Trigo. Documentos online. n.74. Passo Fundo, 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do74_1.htm Acesso em 24/02/15.

EMBRAPA. **Sistemas de Produção de Frangos de Corte** – Nutrição e Alimentação. Embrapa suínos e aves. Versão eletrônica. Janeiro, 2003.

EMBRAPA - **Estratégias para viabilizar uma triticultura mais competitiva no Brasil**. Embrapa Trigo.Circular, 1998

EUROPEAN COMMUNITIES. **Commission Regulation (EC) n°1881/2006 OF 19 December 2006** setting maximum levels for certain contaminants in foofstuffs. OfficialJournaloftheEuropeanCommunities, Brussels, 2006.

FANGUEIRO, L. F., **Logística do Trigo no Brasil – Da origem do trigo até o consumidor final**. Monografia apresentada ao Curso de Gestão de Varejo – Obtenção do Título de Pós-Graduação em Gestão de Varejp. Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2009.

FAO – **Manual sobre La aplicacióndel sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) em La prevención y control de las micotoxinas**. Estudio, 2004 FAOAlimentación y Nutricion. v.73. Disponível em: WWW.fao.com Acesso em: 18/01/15.

FARIA, J. M. **Análise das correlações entre preços do trigo: recebido pelo produtor e pago pelo consumidor**. Anais – 47º Congresso Sober – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 2009.

FARSUL. Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul. **Relatório sobre as exportações e importações do agronegócio gaúcho** – Janeiro, 2015.

FIB. **Micotoxinas**. Food Ingredients Brasil. n.7. 2009. Versão online. Disponível em: www.revista-fi.com. Acesso em: 18/01/15.

FUJII, S. et al. **Metodologia analítica imunológica com ênfase na detecção de micotoxinas – Micotoxinas no sistema agroalimentar**. Alim. Nutr., Araraquara, v. 15, n. 3, p. 273-284, 2004

FREIRE, F. et al. **Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal**. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 110, p. 48, Outubro, 2007.

GOES, R. H. T. B. et al. **Alimentos e Alimentação Animal**. UFGD. Grande Dourados, 2013.

IAMANAKA, B. T. et al. **Micotoxinas em alimentos**. Anais da academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vol. 7, p.138-161, 2010.

INTERNATIONAL AGENCY ON RESEARCH IN CANCER (IARC). **Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins** In: Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Monograph 56. Lyon. 1993.

MALMANN, C.A.M. et al. **Avaliação da contaminação por desoxinivalenol em trigo utilizado na alimentação humana**. In Congresso Brasileiro de Farmácia 1. São Paulo: Resumos. Disponível em: <http://www.lamic.ufsm.br/papers/2a.pdf>, 2003 Acesso em xxxx 2003.

MALLMAN, C.A.; DILKIN, P. **Micotoxinas e Micotoxicoses em Suínos**. – Santa Maria: Ed. Do Autor, 2007. 240p.: il.

MASSON, A.P.; CECATTO. L. **Avaliação do processo de limpeza e polimento dos grãos de trigo para eliminação de micotoxinas desoxinivalenol**. Atualidades tecnológicas para competitividade industrial. Senai. Florianópolis, v.5.n.1, p.172-187, 2012.

PONTE, E. M. Del. et al. **Giberela do trigo** – Aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. Fisiopatologia Brasileira. v.29, n.6, p.587-605, Nov./de. 2004.

POURETEDAL, Z.; MESHKANI, A. **Comparing determination of deoxynivalenol in cereals by HPLC using two different clean-up methods**. Research Journal of Biological Sciences, Faisalabad, v.3, n.9, p. 968-972,. 2008.

REIG, M.; TOLDRA, F. **Veterinary drug residues in meat: Concerns and rapid methods for detection**. Meat Science. Barking, v. 78, p.60-67, 2008.

ROTTER, B. A. et al. **Toxicology of deoxynivalenol**. J. Toxicol. Env. Health, v. 48, p. 1–34, 1996.

SCUSSEL, V. M. **Fungos e micotoxinas associados a grãos armazenados**. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). Armazenagem de grãos. Campinas: Instituto BioGeneziz. Seção 9, p. 674-804, 2002.

TUTELYAN, V. A. **Deoxynivalenol in cereals in Russia.** Toxycology Letters. v.153. p.173-170, 2004.

UENO, Y. **Trichothecenes: Chemical, biological and toxicologicans aspects.** Amsterdam. Elsevier Science, 313p. 1983.

VIEIRA, S. M. **Química dos cereais.** reed. Fortaleza: SENAI – CE/CERTREM, 2006.

WEAVER, A. **Mycotoxins: What does it really cost?** All about Feed. Internationl Magazine on animal nutrition, processing and feed management. 2014.

WESENDONCK, W. R. et al. **Valor nutricional e energia metabolizável de subprodutos do trigo utilizados para alimentação de suínos em crescimento.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.48, n.2, p.203-210, fev 2013. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/107147/000938225.pdf?sequence=1>
Acesso em 24/02/15.