

Sistema de armazenamento e incidência dos principais fungos produtores de micotoxinas em grãos**Storage system and incidence of the main fungi that produce mycotoxins in grains**

DOI:10.34117/bjdv6n7-608

Recebimento dos originais: 03/06/2020

Aceitação para publicação: 23/07/2020

Marcicleia Pereira Rocha

Graduada em Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – PA.

Instituição: Universidade Estadual de Goiás -UEG.

Endereço: Av. Pedro Ludovico Teixeira, Quadra B, Lote 05, Bairro Domiciano Sardinha da Costa,

CEP: 75.990-000, Palminópolis, Go - Brasil

E-mail: marcicleia.rocha@yahoo.com.br

José Henrique da Silva Taveira

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras -MG.

Instituição: Universidade Estadual de Goiás – UEG

Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945 – Perímetro Urbano, CEP: 75.920-000, Santa Helena

de Goiás, Go - Brasil

E-mail: jose.taveira@ueg.com.br

Sirley Martins Alves Prado

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás – UEG

Instituição: Universidade Estadual de Goiás -UEG.

Endereço: Av. JK de Oliveira, Quadra B Lote 13, Bairro Domiciano Sardinha da Costa, CEP:

75.990-000, Palminópolis, Go – Brasil

E-mail: sirleymprado@hotmail.com

Maíra Vieira Ataíde

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Rio Verde – FESURV/GO.

Instituição: Universidade Estadual de Goiás -UEG.

Endereço: Rua RC 17. S/N. Quadra 13, lote 14. Residencial Canaã, CEP: 75.909-670, Rio Verde,

Go – Brasil

E-mail: maira_ataide@hotmail.com

RESUMO

O déficit de armazenamento é um grave problema enfrentado no Brasil, o que causou investimentos em tecnologias no campo e em unidades armazenadoras. O objetivo desta revisão literária é identificar a ocorrência de possíveis contaminações por fungos toxigênicos produtores de micotoxinas em grãos armazenados em silos hermeticamente fechados (silo bolsa). O referencial literário trás conceitos sobre os diferentes sistemas de armazenamento de grãos, suas vantagens, desvantagens e principais fungos produtores de micotoxinas. Os grãos são produtos muito suscetível à contaminação por fungos, constantemente facilitada pelas condições de armazenamento. A umidade e temperatura elevadas no interior das unidades de armazenamento, associadas a deficiências no manejo operacional, potencializam esses efeitos. Construiu-se um referencial teórico que contempla o conceito central e o real potencial dos silos hermeticamente fechados, como novo modelo de armazenamento utilizado

pelos produtores, que buscam diminuir os custos e danos, visando à conservação dos grãos. O uso dessa tecnologia traz várias vantagens para o produtor, porém as diferenças climáticas do País e o fato do silo bolsa estar diretamente no campo, sujeito a todo tipo de ataque e condições climáticas adversas, causa dúvidas quanto à eficiência do armazenamento.

Palavras-chave: Contaminação, Produção, Qualidade.

ABSTRACT

The storage deficit is a serious problem faced in Brazil, which caused investments in technologies in the field and in storage units. The objective of this literary review is to identify the occurrence of possible contamination by toxigenic fungi producing mycotoxins in grains stored in hermetically sealed silos (bag silo). The literary reference brings concepts about the different grain storage systems, their advantages, disadvantages and main fungi that produce mycotoxins. Grains are products that are very susceptible to fungal contamination, constantly facilitated by storage conditions. The high humidity and temperature inside the storage units, associated with deficiencies in operational management, potentiate these effects. A theoretical framework was built that contemplates the central concept and real potential of hermetically sealed silos, as a new storage model used by producers, who seek to reduce cost and damage, aiming at the conservation of grains. The use of this technology brings several advantages to the producer, but the climatic differences in the country and the fact that the bag silo is directly in the field, subject all types of attacks and adverse weather conditions, raises doubts the efficiency of storage

Keywords: Contamination, Production, Quality.

1 INTRODUÇÃO

Com suas grandes proporções continentais, com ampla variedade climática e de solos e com as técnicas de cultivo implantadas tornaram o país com uma característica de poder produzir até três safras de grãos utilizando a mesma área, e alcançando elevados níveis de produtividade. Essas características elevaram a safra ao longo dos anos e em 2017/2018 passou de 227,7 para 242,1 milhões de toneladas em 2019, um aumento de 6,4%, é o resultado de novas tecnologias empregadas no setor. A área plantada em 2018/2019 foi de 63,2 milhões de hectares, 2,4% superior à área de 2017/18 (CONAB 2019).

Segundo recomendação da FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2015) a capacidade estática de armazenagem de um país deve ser igual a 1,2 vezes sua produção agrícola anual. Pensando nessa linha, o Brasil apresenta um déficit que gira aproximadamente entorno de 70 milhões de toneladas.

Em termos de capacidade útil armazenável, os silos predominaram alcançando 81,1 milhões de toneladas no primeiro semestre de 2018, correspondendo a 48,0% da capacidade útil total. Em relação ao semestre anterior, os silos apresentaram alta de 3,0% (IBGE 2018).

Algumas técnicas estão sendo testadas para o armazenamento de grãos, como as bolsas de polietileno. Estes silos selam hermeticamente os produtos, impedindo a troca com umidade externa e

gases. A respiração biológica dentro dos sacos cria um ambiente inadequado para o desenvolvimento de insetos e crescimento fúngico (TUBBS et.al., 2016).

Esses silos podem armazenar aproximadamente entre 180 a 190 toneladas de cereais e são fáceis de encher e esvaziar com equipamentos específicos. Esta técnica está no mercado há alguns anos para armazenar grãos úmidos para alimentação animal (silagem de grãos) e posteriormente adaptado para armazenar grãos secos (TAHER et Al., 2014).

A complexidade das práticas pós-colheita e a necessidade de condições ideais de secagem, levaram a perguntas sobre a eficácia dos silos herméticos para controlar a deterioração por fungos e o potencial para acúmulo de micotoxinas. (LANE et al., 2017).

As condições tropicais, quentes e úmidas favorecem o crescimento e o desenvolvimento de fungos micotoxigênicos e coloca o Brasil em alto risco de contaminação por micotoxinas.

As micotoxinas ocorrem em uma extensa classe de alimentos e foram envolvidas em uma série de doenças humanas e animais. (TOSO et al., 2017). Podem ser cancerígenas, mutagênicas, teratogênicas e imunossupressoras. A capacidade de algumas micotoxinas de comprometerem a resposta imune e conseqüentemente, reduzir a resistência a doenças infecciosas e hoje amplamente considerada o efeito mais importante das micotoxinas, principalmente nos países em desenvolvimento. (FREIRE et al., 2007).

Diante do exposto o objetivo deste artigo é identificar a ocorrência de possíveis fungos toxigênicos e contaminação por micotoxinas em grãos armazenados em silos hermeticamente fechados (silo bolsa), destinado à fabricação de ração animal, considerando que tal tecnologia de armazenamento é relativamente nova nas condições climáticas brasileiras.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 UNIDADES ARMAZENADORAS

A armazenagem é uma das operações pelas quais os grãos passam na sua cadeia produtiva, tendo início na escolha da área e da cultivar a ser plantada até chegar ao consumidor final (LORINE et al., 2002).

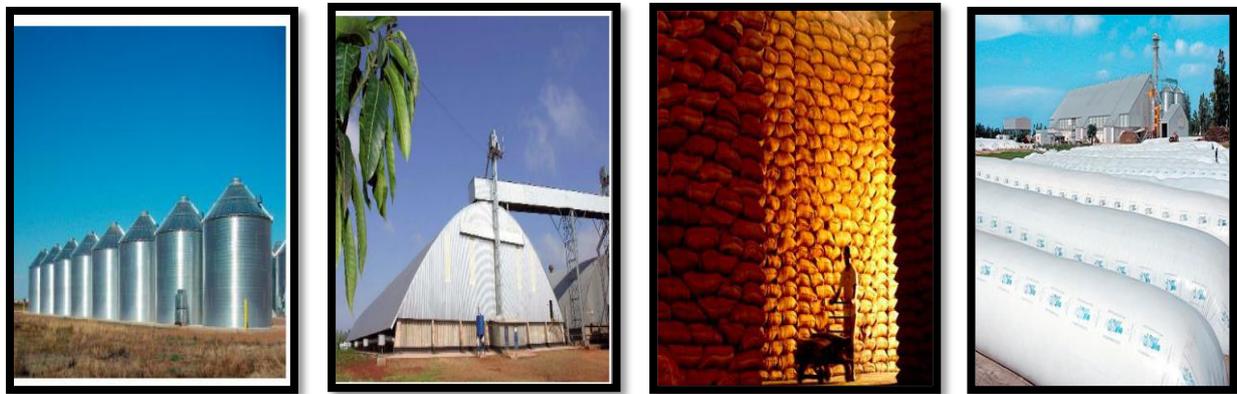
As redes armazenadoras são de extrema importância para o escoamento dos grãos e também para um maior valor de mercado dos produtos, já que permite escolher para quem e quando vender sem ter perda de qualidade (FREDERICO, 2010).

O armazenamento é dividido em dois tipos estruturais: convencional (armazenagem em sacarias em armazéns) e a granel (armazenagem em silos e armazéns graneleiros), (AZEVEDO et al. 2008).

O sistema convencional é o mais diversificado, tendo unidades rústicas, como os paióis, galpões ou celeiros. Já nas unidades de armazenamento a granel são células individualizadas, construídas com chapas metálicas, denominadas “silos”. Elas têm condições de armazenar o produto e preservar a qualidade durante algum tempo (PATURCA 2014).

O sistema hermético, que não se aplica para grandes volumes, predominam os tonéis, as bombonas e outros recipientes, para quantidades pequenas, e “silos plásticos” para aquelas um pouco maiores, enquanto nos emergenciais os modelos mais utilizados são “as piscinas de sacaria”, as unidades infláveis e estruturais, além de outras estruturas adaptadas (PATURCA 2014). A Figura 1 a seguir, traz imagens representativas de formas de armazenagem: silos, armazém a granel, armazém com sacaria e silo hermético.

Figura 1 – Tipos de armazenamento de grãos



Fonte: Argus, 2013. COAMO Agroindustrial Cooperativa, 2013. Editora Gazeta, 2011. iBahia, 2013

2.1.1 Armazenamento a granel - silos metálicos

São estruturas de chapas lisas ou corrugadas, de ferro galvanizado ou alumínio, fabricados em série e implantados sob um piso de concreto. Devido ao material de cobertura ser de metal, deve-se atentar aos problemas que podem ser causados por fenômenos como as intempéries, efeitos de migração de umidade, condensação de vapor d’água, radiação solar sobre o produto armazenado e proximidade às regiões marítimas (PATURCA, 2014).

A incidência dos raios solares no teto e nas paredes das estruturas não é diretamente responsável pelas mudanças de temperatura na massa dos grãos, pois estes apresentam baixa condutibilidade térmica. Entretanto as superfícies refletoras das estruturas externamente podem melhorar as condições térmicas da unidade armazenadora. Silos com paredes isoladas, termicamente podem evitar ou minimizar a migração da umidade. As principais vantagens deste sistema de armazenamento são as fundações mais simples e menor custo, custo por tonelada inferior ao silo de concreto e célula de capacidade média no qual possibilita maior flexibilidade operacional. As

desvantagens são as possíveis infiltrações de umidade, mais suscetibilidade para o desenvolvimento do fungo produtores de micotoxinas, possibilidade de vazamento de gases durante o processo de expurgo, transmissão de calor ambiente para dentro da célula, podendo ocorrer condensação e desenvolvimento de fungos e maior custo de instalação que os graneleiros (BARONI et al.; 2017).

2.1.2 Silos horizontais – armazéns a granel

São conhecidos também como armazéns graneleiros e são unidades desenvolvidas horizontalmente. Neste tipo de silo a temperatura é controlada por meio da aeração, que faz com que determinados fluxos de ar cruzem pelos grãos diminuindo assim a temperatura no interior do silo. Com a temperatura controlada pode-se garantir que não ocorra proliferação de fungos e que o ambiente não seja adequado para insetos. Além do que quanto menor a temperatura, menor será o metabolismo dos grãos, havendo assim uma menor perda de massa durante o período de armazenagem. As principais vantagens deste sistema de armazenamento são os baixos custos por tonelada instalada, rapidez de execução e grande capacidade em pequeno espaço. As desvantagens são a pequena versatilidade na movimentação de grãos, o pequeno número de células, grande possibilidade de infiltração de água o que pode facilitar o desenvolvimento de fungos e a possibilidade de ocorrer dificuldade de aeração (CARNEIRO et al., 2005).

De acordo com PEZZINI et al.; (2005), que identificou, quantificou e avaliou a ocorrência de fungos e verificou a incidência de micotoxinas (aflatoxinas e Zearalenona) em grãos de milho armazenados por um período de cinco meses, sob diferentes condições (com e sem controle de temperatura e aeração). Constatou-se que os maiores crescimentos ocorreram no silo sem controle de temperatura e aeração. A diferença no crescimento dos fungos não foi causada pela umidade, pois a mesma, em ambos os silos, foi inferior a 12 %. A micotoxina detectada no silo A (aflatoxina B1) encontrava-se presente nos grãos no início do armazenamento (0 dia), mantendo-se nos mesmos limites de detecção ao final do período de armazenamento (113 dias).

2.1.3 Armazenamento em volumes (sacarias)

São unidades armazenadoras nos qual os produtos são armazenados em sacaria, convenientemente dispostos em blocos (PATURCA, 2014).

As principais vantagens deste sistema de armazenamento segundo PATURCA (2014) são os baixos custos de instalação e, ocorrendo fermentações em um ou mais sacos de grãos, estes sacos poderão ser retirados, sem haver a necessidade de remoção de todo o empilhamento. As principais desvantagens são o elevado preço da sacaria, por não ser um material permanente, a movimentação altamente dispendiosa, já que requer muita mão-de-obra, requer muito espaço por unidade de peso de

grãos armazenados e a necessidade de desensacar e ensacar novamente o produto quando tiver que passar pelos processos de secagem e outras operações.

2.1.4 Silo hermeticamente fechado – silo bolsa

Para driblar o déficit de armazenamento no Brasil, surgiu como alternativa a utilização dos silos hermeticamente fechados conhecidos também como o silo bolsa, esta prática está se tornando a cada ano mais comum, principalmente em propriedades agrícolas, como alternativa aos métodos tradicionais de armazenamento em fazenda (FARONI et al., 2009).

Os silos bolsa consistem em um túnel de polietileno de alta densidade constituído de três camadas, sendo duas internas e uma exterior branca de dióxido de titânio responsável por conferir mais resistência e reflexão dos raios solares que poderiam causar ressecamento da lona plástica ((BARONI et al.; 2017).

Por ser hermeticamente fechada a massa do grão consome todo o O₂ interno da bolsa, produzindo assim uma atmosfera modificada no interior do silo, criando condições muito diferentes das que ocorrem no armazenamento tradicional. Pela falta de oxigênio, a massa de grãos satura a atmosfera de CO₂ dentro do silo bolsa, inibe a proliferação de insetos e fungos e proporciona um ambiente controlado. Ao diminuir a concentração de oxigênio, o risco de deterioração dos grãos é reduzido e, por isso, a oxidação é menor, uma vez que os fungos são neutralizados. Os insetos, principalmente os carunchos e percevejos, são os primeiros a sofrerem com o excesso de dióxido de carbono e a falta de oxigênio (RUPOLLO, 2006).

De acordo com FARONI et al. (2009), o modo de operação para a armazenagem em Silos Bolsa é mais simples, uma vez colhidos os grãos em umidade em torno de 13% para a soja e 14% para o milho, estes são diretamente acondicionados através de equipamentos apropriados. Cada unidade de silos bolsa possui capacidade para armazenar entre 180 a 190 toneladas de soja ou milho. Os silos bolsas são utilizados apenas para uma armazenagem, podendo após ser destinados a outras finalidades na propriedade ou encaminhados a empresas de reciclagem de materiais.

Um estudo desenvolvido na África avaliou o impacto da abertura de rotina dos sacos de armazenagem para o consumo de milho no crescimento fúngico e de contaminação por aflatoxinas. Milho com conteúdo de umidade (MC) alta o suficiente para apoiar o crescimento fúngico (15%, 16%, 18% e 20%) foram armazenados em sacos hermeticamente fechados, que foram abertos semanalmente e expostos à umidade condições (85% UR) para 30 min durante um período de 8 semanas e 24 semanas. Os monitores indicaram que o oxigênio desarmou nos sacos abertos, mas não atingiu o equilíbrio com as camadas inferiores do grão durante o período de exposição de 30 minutos. As unidades formadoras de colônias fúngicas obtidas a partir da superfície do grão

aumentaram 3 vezes (a 15% MC) para 10.000 vezes (a 20% MC) após 8 semanas. Em 8 e 24 semanas, foi detectada aflatoxina em pelo menos um saco com a umidade de cada grão, sugerindo que a contaminação por aflatoxina se espalhe de uma fonte de grãos colonizados por *A. flavus* para grãos não inoculados. Os resultados indicam que quebrar repetidamente o selo hermético das sacolas herméticas aumentará o crescimento fúngico e o risco de contaminação por aflatoxinas, especialmente no milho armazenado com alto teor de umidade. Este trabalho também demonstrou ainda mais que o milho deve ser devidamente seco antes da armazenagem em sacos hermeticamente fechados (silo bolsa) (TUBBS et al., 2016).

Para VALLONE (2015) as principais vantagens deste sistema de armazenamento são os baixos custos operacionais, com a alta capacidade de trabalho da embutidora, aliado à possibilidade de armazenamento na própria lavoura, os custos operacionais de armazéns e os altos custos de frete no pico da colheita são evitados, possibilita separar a safra por lotes e qualidades diferentes, potencializa a logística durante a colheita, a venda do produto na melhor época para a comercialização, a alternativa de armazenamento economicamente viável e de qualidade para qualquer produtor, protege os grãos armazenados de agentes externos e de pragas, além da hermeticidade conseguida pela tecnologia, o polietileno utilizado é desenvolvido para atuar como uma barreira contra o desenvolvimento e proliferação de pragas e insetos nos grãos armazenados, conserva a qualidade dos grãos, a mercadoria armazenada na bolsa não tem contato com agentes externos e basicamente não existe movimento interno de ar. Com a ausência de oxigênio no interior das bolsas, as características da semente se mantêm inalteradas. As principais desvantagens deste sistema de armazenamento são as necessidades de adquirir as máquinas embutidoras, extratoras e trator (manutenção e treinamento), a vulnerabilidade de predadores que podem furar a superfície plástica, o tempo de armazenagem menor que os outros sistemas de armazenamento, não recomendável armazenar grãos com maior conteúdo de umidade e certa dificuldade para descarregar os grãos armazenados.

2.2 QUALIDADE DOS GRÃOS DURANTE O ARMAZENAMENTO

Durante o armazenamento a qualidade dos grãos deve ser preservada ao máximo, em vista da ocorrência de alterações bioquímicas, químicas, físicas e microbiológicas. A velocidade e a intensidade desses processos dependem da qualidade intrínseca dos grãos, do sistema de armazenagem utilizado e dos fatores ambientais durante a estocagem (ELIAS et al., 2017).

Segundo BROOKER et al., (1992), as principais características que determinam a qualidade dos grãos são: umidade de água baixo e uniforme; percentuais reduzidos de material estranho, de

descoloração, de susceptibilidade à quebra, de danos pelo calor (trincas internas), danos causados por insetos e fungos.

As alterações que ocorrem durante o armazenamento resultam em perdas quantitativas e/ou qualitativas. As perdas quantitativas são as mais facilmente observáveis, refletem o metabolismo dos próprios grãos, de microrganismos, pragas e outros animais associados, resultando na redução do conteúdo da matéria seca dos grãos. Já as qualitativas são devidas, sobretudo às reações químicas enzimáticas e/ou não enzimáticas, à presença de materiais estranhos, impurezas e aos resíduos metabólicos dos organismos associados, resultando em perdas de valor nutricional e comercial, podendo haver formação de substâncias tóxicas nos grãos, se o armazenamento não for adequadamente conduzido (ELIAS et al., 2017).

De acordo com SANTOS et al., (2004), os silos para carga a granel precisam de doação de boas práticas de armazenagem, como, aeração periódica, com acompanhamento de umidade, temperatura, além, de ações preventivas e tratamentos, como o expurgo ou fumigação com uso da fosfina que objetiva controlar insetos-pragas das unidades armazenadoras, após detecção da infestação, evitando perdas em peso e qualidade.

Pesquisa realizada por COSTA et al., (2010) indica que armazenagem de milho em grãos, acondicionados em silos bolsa, com teor de umidade de 14,5%, não altera a classificação deste produto, podendo ser armazenado nestas condições por até 180 dias. Produtos armazenados com teor de umidade maior tendem a ter redução de qualidade.

2.3 AS MICOTOXINAS

Os fungos que invadem sementes e grãos em geral são frequentemente divididos em dois grupos: fungos do campo, que infectam o produto ainda no campo e fungos de armazenamento, que invadem o grão pouco antes e durante o armazenamento. Os fungos do campo requerem um teor de umidade em equilíbrio com uma umidade relativa de 90-100% para crescerem. Os principais gêneros são *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Gibberella*, *Nigrospora*, *Helminthosporium*, *Alternaria* e *Cladosporium* que invadem grãos e sementes durante o amadurecimento e o dano é causado antes da colheita. Estes fungos não se desenvolvem normalmente durante o armazenamento, exceto em milho armazenado com alto teor de umidade (MILLER, 1995 e SINHA et al., 1991).

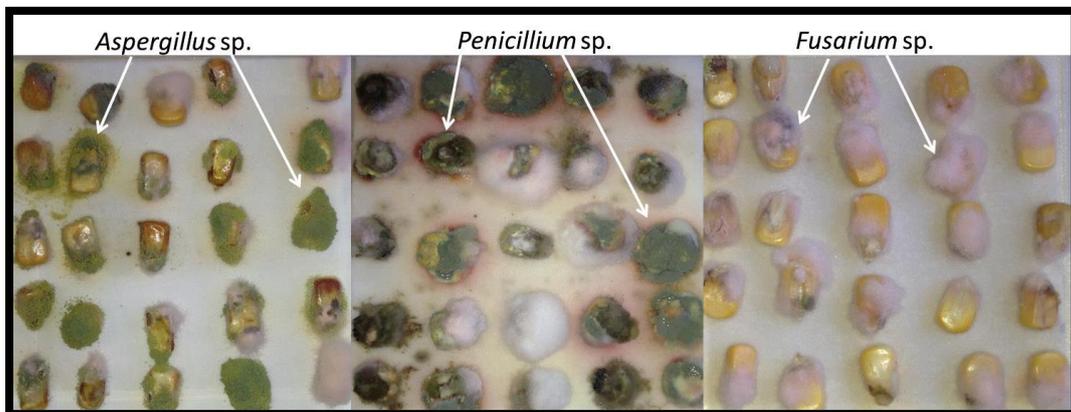
É importante salientar que o tempo decorrido entre a colheita, o armazenamento nas propriedades rurais, a comercialização, o processamento e o transporte dos grãos até a chegada ao destino final, muitas vezes permite que condições adversas favoreçam a contaminação e o desenvolvimento de fungos e produção de micotoxinas, levando a perdas econômicas (DA SILVA et al., 2015).

As micotoxinas (mykes = fungo; toxicun = veneno) são metabólitos secundários de alguns fungos, de baixa massa molecular (~ 700 u), sendo um potencial ameaça à saúde humana e animal quando alimentos contaminados com as mesmas são ingeridos, causando várias doenças e até morte (ANDRADE et al., 2015).

Os fungos de armazenamento como, por exemplo, o *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Mucor*, em condições favoráveis se desenvolvem com rapidez, durante o processo de cultivo, colheita, transporte e armazenamento (SOARES et al., 2017).

Os principais fungos produtores de micotoxinas, conhecidos como micotoxicogênicos, correspondem ao gênero *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* (DA SILVA et al., 2015).

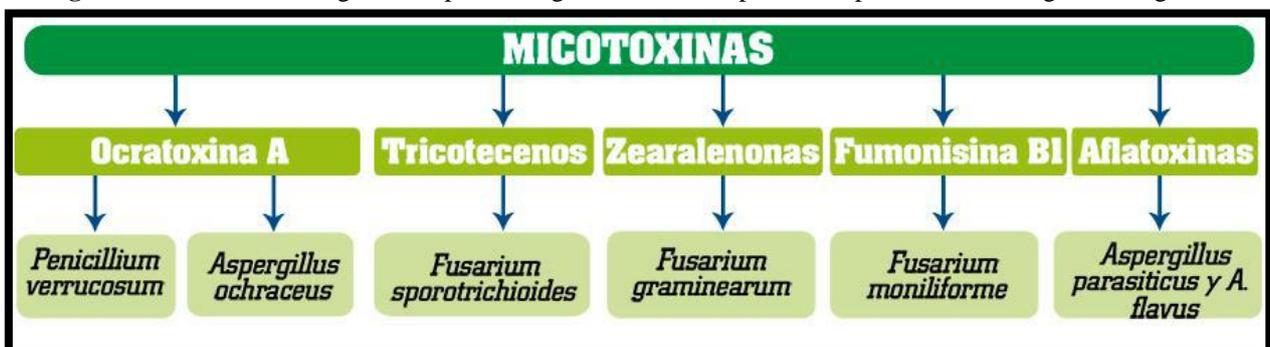
Figura 2 - Grãos de milho infectados com diferentes espécies de fungos causadores de grãos ardidos e mofados.



Fonte: Dagma D. Silva.

Cada um desses gêneros pode gerar tipos diferentes de micotoxinas, da mesma maneira que certo tipo de micotoxina pode ser produzido por diferentes espécies de fungos (ROMAGNOLI et al., 2009).

Figura 3 - Micotoxinas de grande importância global e os correspondentes produtores de fungos toxicogênicos.



Fonte: MILLER, 1994

Devido à sua ampla gama de propriedades físicas e químicas as micotoxinas são compostos químicos estáveis que não podem ser destruídos durante a maioria das operações de processamento de alimentos. Avaliação antecipada desses contaminantes e a identificação das principais espécies de fungos toxicogênicos são importantes, não apenas para avaliação da qualidade dos alimentos, mas também para o desenvolvimento de estratégias de controle para garantir a segurança dos alimentos (SADHASIVAM et al., 2017).

As micotoxinas consideradas de maior risco a saúde humana e animal pela Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (International Agency for Research on Cancer – IARC) são as Aflatoxinas (AFLA), a Ocratoxina A (OTA), a Zearalenona (ZON), o Desoxinivalenol (DON) e as Fumonisinas (FUMO) (PRADO, 2017).

Tabela 1 - Micotoxinas, fungos produtores e ocorrência em milho e em outros alimentos.

Micotoxinas	Fungos produtores	Alimentos
Aflatoxina	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	Milho, amendoim, figo, nozes, oleaginosas, leite e derivados.
Fumonisinas	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>Lucoopersici</i>	Milho, chá – preto.
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>Fusarium esquiseti</i>	Milho, cevada, trigo, sorgo, arroz, centeio.
DON	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Milho, cevada, centeio, aveia, trigo
T2	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Phomopsis</i> , etc.	Milho e outros cereais.
Ocratoxina	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.	Milho, cevada, café, arroz, feijão, vinho, figo, trigo.
Esterigmatocistina	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Bipolaris</i> , <i>Chaetomium</i>	Cereais, café, queijo.
Citrinina	<i>Penicillium citrinum</i>	Milho, cevada, trigo, arroz, aveia

Fonte adaptada: EMBRAPA 2015.

Em animais normalmente são mais sensíveis os sintomas, podem aparecer rapidamente, como é caso de equinos e aves. De acordo com SANTURIO (2000), a incidência de Aflatoxinas em amostras de alimentos analisadas no Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal de Santa Maria, entre 1986 e 2000, e destinados principalmente para alimentação animal, mostrou que 41,9% do milho, 36,9 da ração e 48,8% do amendoim estavam contaminados por Aflatoxinas. Esses três alimentos foram responsáveis por 80% de um total de 15.600 amostras analisadas.

Tabela 2 - Efeitos de algumas micotoxinas na saúde humana e animal.

Animais	Fumosina	Aflatoxinas	Zea	Don	Ocratoxina
Aves	Redução no desenvolvimento, problemas cardíacos, úlcera bucal, imunossupressão, degeneração, síndrome da mortalidade aguda, hepatotoxicidade, aumento do peso dos rins, diarreia.	Hemorragias, anorexia, fraqueza, fibrose, redução na produção e tamanho dos ovos, redução no ganho do peso, descoloração e aumento do fígado e rins, esteatorreia, Bursa e timo diminuídos, má absorção de alimentos.	Não tem apresentados efeitos mais graves em concentrações normais nos alimentos. Perus podem ser mais sensíveis.	Redução na produção de ovos, aparentemente não afeta tanto as demais micotoxinas.	Atraso na maturação sexual de galinhas, redução na produção de ovos.
Bovinos	Para fumonisina B1 existe relato de sinais de lesões no fígado e rins. Bezerros são mais suscetíveis.	Necrose centrilobular fibrose, infecção no miocárdio, síndrome nervosa, infertilidade, redução da gordura do leite, menor consumo de ração, ataxia.	Problemas reprodutivos como infertilidade, queda na produção de leite, hiperestrogenismo	Alto níveis predispoem a mastite e laminite (aguamento).	Pouca toxicidade em doses naturais.
Equinos	Distúrbios nervosos devidos a leucoencefalomalácia nomalias histopatológicas no fígado e nos rins.	Dano ao fígado, anorexia,	Dano ao fígado, anorexia.	Dano ao fígado, anorexia.	Dano ao fígado, anorexia.
Suínos	Edema pulmonar	Edema pulmonar	Edema pulmonar	Edema pulmonar	Edema pulmonar
humanos	Câncer de esôfago, dor abdominal.	Suscetibilidade à hepatite B, Imunossupressão câncer no fígado, síndrome de Reye, hemorragias e morte.	Efeito anabolizante.	Vômitos, náuseas, dermatites, diarreia.	Cancerígeno

Fonte adaptada: EMBRAPA 2015.

2.3.1 As Aflatoxinas

O termo *Aflatoxinas* ficou conhecido na década de 60, devido à mortalidade que ocorreu em Pavões, patos e outros animais domésticos na Inglaterra, que foi atribuído à toxina de *Aspergillus flavus*. São inodoras e incolores e apresentam estabilidade e resistência a temperaturas. As espécies de *A. flavus* podem produzir somente as *Aflatoxinas* B1 e B2, que são metabolizadas pelos mamíferos no fígado por processos oxidativos formando aflatoxinas M1 e M2 respectivamente; metabolitos ativos que podem ser eliminados no leite de seres humanos e animais. A letra "M" que identifica essas aflatoxinas vem da palavra leite em inglês "Milk", referente à rota de eliminação desta toxina. Em condições apropriadas, *A. flavus* que cresce no milho, amendoim, e muitos outros produtos de base

pode produzir aflatoxinas. Compostos identificados pela Agencia Internacional de Pesquisa do Câncer como poderoso carcinógeno humano. (TOSO et al., 2018).

Os fungos pertencentes ao gênero *Aspergillus*, merece destaque, devido à capacidade de adaptação desse gênero a uma variedade de ambientes e tipos de substratos que pode gerar impactos negativos na economia mundial, pois atuam como agentes degradadores de produtos agrícolas, sendo capazes de produzir micotoxinas, além de algumas espécies, destacarem-se como importantes patógenos em plantas (FRAGA et al., 2008; SILVA, 2012).

De acordo com TOSO et al., (2018) os feitos tóxicos relacionados foram descritos em pessoas e animais com inibição da síntese proteica, as síndromes de Reye e Kwashiorkor, especialmente em crianças dos trópicos, imunossupressão, irritação dérmica, interrupções endócrinas, hepatite aguda e outros distúrbios metabólico; o quadro clínico inclui fígado gorduroso e edema cerebral grave.

Ainda de acordo com TOSO et al., (2018) o ataque de insetos, estresse hídrico, danos físicos durante o desenvolvimento e colheita das plantas são fatores predispostos. Esses fatores são favorecidos pelo aumento da umidade e temperatura ambiente, incluindo condições inadequadas de armazenamento. A faixa de temperatura de crescimento para a produção de fungos de aflatoxinas é de 4 ° C a 45 ° C. A produção de aflatoxina é maior entre 11°C e 35°C, com temperatura ideal de 22°C e umidade 80-90% relativo.

2.3.2 A Ocratoxina A (OTA)

A *Ocratoxina A* (OTA) é uma das micotoxinas mais amplamente estudadas por causa dos seus efeitos teratogênicos, embriotóxicos, genotóxicos, imunossupressores, carcinogênicos e nefrotóxicos em animais, tendo sido classificada em 1993 pela Agencia Internacional de Pesquisa sobre Câncer - IARC como um potencial carcinogênico humano. Sendo encontrado em várias matrizes, como cereais (trigo, aveia, arroz, cevada, milho), vinho, feijão, suco de uva, frutas secas, cacau, café (PRADO 2017).

Produzida principalmente por fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium*. Foi detectada pela primeira vez em fungos da espécie *Aspergillus ochraceus*, sendo que outras espécies no mesmo gênero também a produz. Já o principal produtor de OTA nos fungos do gênero *Penicillium* é o *Penicillium verrucosum* (ANDRADE et al., 2015).

Em regiões de clima temperado, a OTA é mais produzida por fungos do gênero *Penicillium*, enquanto que em regiões de climas tropicais e subtropicais, os do gênero *Aspergillus* são mais responsáveis pelo aparecimento de OTA nos alimentos (PRELLE et al., 2013).

A exposição à *Ocratoxina A* (OTA) parece ocorrer principalmente em áreas de cultivo de trigo e cevada em zonas temperadas do hemisfério norte. Embora os grãos de cereais sejam considerados

a principal fonte de OTA na dieta humana, foi insinuada que os produtos suínos também podem ser uma fonte significativa dessa toxina (IAMANAKA et al., 2013).

Os cereais são a maior fonte de contaminação por OTA, sendo que 50% da ingestão humana diária dessa micotoxina são devido ao consumo de derivados de cereais. A segunda maior fonte de contaminação por OTA é o vinho, o qual colabora com a porcentagem de 10-15% do total de OTA ingerido diariamente. Estudos têm mostrado que processo de lavagem de grãos de cevada reduz em somente 2-3% a quantidade total de OTA nos grãos. O processo de moagem tende a redistribuir e concentrar as micotoxinas nos moinhos. Assim, um teor mais alto de OTA foi encontrado em trigo, cevada e outros cereais moídos (ANDRADE 2015).

2.3.3 A Zearalenona

A Zearalenona ocorre principalmente, no milho contaminado por *F. graminearum* e *F. culmorum*. Esta toxina é um análogo do estrógeno e causa o hiperestrogenismo em suínos femininos. A Zearalenona tem sido implicada em vários incidentes nas mudanças da puberdade em crianças (IAMANAKA et al., 2013).

A Zearalenona é uma micotoxina estrogênica amplamente distribuída, ocorrendo principalmente no milho, em baixas concentrações, na América do Norte, Japão e Europa. No entanto, altas concentrações podem ocorrer em países em desenvolvimento, especialmente quando o milho é cultivado sob condições mais temperadas, por exemplo, nas regiões montanhosas. Associadas ao milho, esses organismos invadem a planta no estágio de floração, especialmente durante períodos chuvosos. Se os níveis de umidade permanecem suficientemente altos após a colheita, o fungo cresce e produz toxina. Outros grãos, como trigo, aveia, cevada e gergelim, podem ser infectados, além do milho (PRADO 2017).

A Zearalenona é coproduzida com desoxinivalenol por *F. graminearum* e tem sido implicada, com DON, em surtos de micotoxicoses agudas em humanos. A exposição ao milho contaminado com Zearalenona causou o hiperestrogenismo em animais, especialmente porcos, caracterizados por inchaço e infertilidade vulvar e mamária. Há evidências limitadas em animais experimentais da carcinogenicidade da Zearalenona (ISMAEL et al., 2015).

2.3.4 A Desoxinivalenol

O desoxinivalenol (DON) é provavelmente a micotoxina *Fusarium* de maior ocorrência, contaminando uma variedade de cereais, principalmente milho e trigo, tanto no mundo desenvolvido quanto no em desenvolvimento. Os surtos de síndromes eméticas (e recusa de ração) em bovinos, causadas pela presença de DON nos alimentos, resultaram no nome trivial, vomitoxina, sendo

atribuído a essa micotoxina. A ingestão de DON causou surtos de micotoxicoses humanas agudas na Índia, China e Japão rural. O surto chinês, em 1984-85, foi causado por milho e trigo mofados, os sintomas ocorreram em cinco a trinta minutos e incluíram náusea, vômito, dor abdominal, diarreia, tontura e dor de cabeça (IARC, 1993c; BHAT et al., 1989; LUO, 1988).

2.3.5 As Fumonisinas (FBs)

Desde a descoberta das FBs em 1988, 28 moléculas tem sido descritas. Fumonisina B1 (FB1) é a mais importante do grupo por ser a mais abundante e a mais tóxica entre os isômeros das Fumonisinas. FB1 está associada a leucoencefalomalácia (LEME) em cavalos, edema pulmonar em suínos e hepatocarcinoma em ratos. Em humanos, está associada a câncer esofágico. Com base em evidências toxicológicas, em 1993 a International Agency for Research on Cancer (IARC) classificou a FB1 como provável carcinógeno – Grupo 2B (PRADO 2017).

No sul do Brasil foram relatados níveis de 66 a 7.832 µg/kg de fumonisina FB1 e 110 a 1.201 µg/kg de fumonisina FB2 em milho, entre os anos de 2007 a 2012 (SCUSSEL et al., 2014). Não obstante, a presença de fumonisinas em milho e seus derivados ainda permanece em níveis preocupantes (De Oliveira et al., 2020)

No Brasil, as Fumonisinas são as micotoxinas mais comumente detectadas em amostras de milho. Isto ocorre porque o fungo *Fusarium verticillioides*, um de seus produtores, é o mais frequente em grãos de milho, sendo encontrado em mais 90% das amostras obtidas em diferentes regiões do país. As toxinas ocorrem especialmente quando o milho é cultivado em condições quentes e secas (IAMANAKA et al., 2013).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um quarto da produção agrícola mundial está contaminado com micotoxinas, de acordo com a FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (2015).

Considerando a importância do milho na alimentação animal e humana e que o número de doenças e efeitos danosos à saúde é relativamente alto quando se pensa em toda a cadeia produtiva em que o milho está inserido, é necessário que este assunto seja amplamente discutido e pesquisado para elucidação e redução das micotoxinas, no âmbito nacional.

Essas pesquisas voltadas para a redução da contaminação devem ser focadas em todas as fases de produção do milho, ou seja, desde a compra de sementes geneticamente mais adaptadas, manejo adequado da cultura até a fase de processamento na indústria. Portanto, o conhecimento de quais são os fungos produtores, das condições que favorecem a incidência e prevalência de micotoxinas em toda a cadeia do milho é importante para que se busquem soluções eficazes.

Para isto, é necessário que a armazenagem seja precedida de cuidados durante os processos de colheita, limpeza e secagem dos grãos, além de posterior desinfecção de graneleiros, silos e equipamentos.

Avaliação antecipada desses contaminantes e a identificação das principais espécies de fungos produtores de micotoxinas são importantes, não apenas para avaliação da qualidade dos alimentos, mas também para o desenvolvimento de estratégias de controle para garantir a segurança dos alimentos, haja vista que a toxicidade das micotoxinas em animais e humanos tem como consequência a incidência de doenças diversas, dentre as quais alguns tipos de câncer.

O Centro Internacional para Melhoria de Milho e Trigo (CIMMYT) em 1999 avaliou o silo hermético para controle de pragas de grãos armazenados. Os resultados foram satisfatórios, formando a base para espalhar essa tecnologia para o resto do mundo (LEAÑOS et al., 2007).

Os resultados indicam que quebrar repetidamente o selo hermético das sacolas herméticas aumentará o crescimento fúngico e o risco de contaminação por aflatoxinas, especialmente no milho armazenado com alto teor de umidade. Este trabalho também demonstrou ainda mais que o milho deve ser devidamente seco antes da armazenagem em sacos hermeticamente fechados (silo bolsa) (TUBBS et al., 2016).

Diante do exposto fica evidente a importância da revisão literária nos armazenamentos de grãos frente a nova tecnologia adotada nas fazendas, evitando possíveis danos e melhorando ainda mais a conservação e conseqüentemente melhorando a qualidade dos alimentos para animais e humanos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE M. A.; LANÇAS F.M. Estado-da-arte na análise cromatográfica de Ocratoxina A em amostras de alimentos. **Instituto Internacional de Cromatografia. Scientia Chromatographica**, 2015.

AZEVEDO, L. F., OLIVEIRA, T. P., PORTO, A. G., & SILVA, F. **A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil. Artigo do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, RJ**, 2008.

A SILVA SOARES, C. E.; MARTINS, C. S., MARIA, G. S., & SCUSSEL, V. M. Fungos de armazenagem e micotoxinas em dieta para ovinos (*Ovis aries* L.): estudo de caso. **PUBVET**, 11, 1188-1297, 2017.

BARONI, G. D., BENEDETI, P. H., & SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, 14(4), 55-64. 2017.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W., & Hall, C. W. *Drying and storage of grains and oilseeds*. Springer Science & Business Media, 1992.

CONAB, **Acompanhamento Da Safra Brasileira De Grãos**. V. 6 - Safra 2018/19, n.12 – Décimo segundo levantamento, Setembro de 2019. Disponível em www.conab.gov.br

CARNEIRO, L. M. T. A., BIAGI, J. D., DE FREITAS, J. G., CARNEIRO, M. C., E FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. *Bragantia*, 64(1), 127-137. 2005.

COSTA. A. R.; RITA D. F., L.; ALENCAR. R.; CARVALHO. S.; CRISTINA M.; FERREIRA, G.; Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 200-207, abr-jun, 2010.

DE OLIVEIRA, Dillaine Henig et al. Ocorrência de Fumonisin em milho e derivados, destinados à alimentação humana/Occurrence of fumonisin in corn and derivatives, intended for human consumption. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 31305-31321, 2020.

DA SILVA, D. D., DA COSTA, R. V., COTA, L., LANZA, F., & GUIMARAES, E. Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana. **Embrapa Milho e Sorgo- Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.

ELIAS, M., OLIVEIRA, M. D., & VANIER, N.; Tecnologias de Pré-Armazenamento, Armazenamento e Conservação de Grãos. *Pelotas: UFPel*, 2017.

FARONI, L. R., ALENCAR, E. R., PAES, J. L., COSTA, A. R., & ROMA, R. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, 29(01), 91-100, 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Cereal Supply and Demand Brief**. 03/12/2015. Disponível em: <https://fao.org/worldfoodsituation>

FREDERICO, S.; Desvendando o agronegócio: financiamento agrícola e o papel estratégico do sistema de armazenamento de grãos. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), (27), 2010.

FREIRE, F. D. C. O., VIEIRA, I. G. P., GUEDES, M. I. F., & MENDES, F. N. P. Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 48, 2007.

IARC – International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some naturally occurring substances: Food items and constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins, Volume 56, 1993.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2018. Disponível em <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>

IMAMURA, K. B., TONI, J. C. V., BOCCHÉ, M. A. L., SOUZA, D. A. D., & GIANNONI, J. A. Incidência de aflatoxinas no amendoim (*Arachis hypogaea* L) cru em casca da região da Alta Paulista-SP, durante o período de 2011 a 2012. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 73(2), 178-187, 2014.

IAMANAKA, B. T., OLIVEIRA, I. S., & TANIWAKI, M. H. Micotoxinas em alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, 7, 138-161, 2013.

ISMAIEL, A. A.; PAPENBROCK, Jutta. Mycotoxins: producing fungi and mechanisms of phytotoxicity. **Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 492-537, 2015.

LANE, B., & WOLOSHUK, C. Impact of storage environment on the efficacy of hermetic storage bags. **Journal of stored products research**, 72, 83-89, 2017.

LORINE, I.; MIIKE, L. H. & SCUSSEL, V. M. Armazenagem de Grãos. **Armazéns em Unidades Centrais de Armazenamento. Campinas - São Paulo**. 2002.

MILLER, J.D. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. **J. Stored Prod. Res.**, 31 (1): 1-16, 1995.

PATURCA, E. Y. Caracterização das estruturas de armazenagem de grãos: um estudo de caso no mato grosso. **Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial– ESALQ-LOG. Piracicaba**, 2014.

PEZZINI, V., VALDUGA, E., & CANSIANI, R. L. Incidência de fungos e micotoxinas em grãos de milho armazenados sob diferentes condições. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, 64(1), 91-96. 2005.

PRADO, G.; Contaminação de alimentos por micotoxinas no Brasil e no mundo **Revista de Saúde Pública do SUS/MG VOLUME 2 (N° 2)**, 2017.

PRELLE, A.; SPADARO, D.; DENCA, A.; GARIBALDI, A.; GULLINO, M. L. Comparison of Clean-Up Methods for Ochratoxin A on Wine, Beer, Roasted Coffee and Chili Commercialized in Italy. **Toxins**, v. 5, p. 1827-1844; 2013.

ROMAGNOLI, M. S., & SILVA, P. S. Las Micotoxinas.; Qué sabemos sobre esta problemática. **Revista agro mensaje de la facultad. ISSN, 16698584**, 2009.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, 30(01), 118-125, 2006.

SADHASIVAM, S.; BRITZI, M.; ZAKIN, V.; KOSTYUKOVSKY, M.; TROSTANETSKY, A.; QUINN, E.; SIONOV, E. Rapid detection and identification of mycotoxigenic fungi and mycotoxins in stored wheat grain. **Toxins**, 9(10), 302, 2017.

SANTOS, J. P.; MANTOVANI, E. Armazenagem de milho a granel na fazenda. **Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária. Circular técnica**, 55, 2004.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2000.

SINHA, K.K. & SINHA, A.K. Effect of *Sitophilus oryzae* infestation on *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin contamination in stored wheat. **J. Stored Prod. Res.**, 27 (1): 65- 68, 1991.

TOSO, R. E., ARDOINO, S. M., TORIBIO, M. S., & DIESSER, M. A. Presencia de micotoxinas en alimentos balanceados para ponedoras: relevamiento realizado en General Pico, La Pampa, Argentina. **Ciência Veterinária**, 17(1), 35-45, 2017.

TOSO, R. E., TORIBIO, M. S., DIESSER, M., BORELLO, A. B., & ARDOINO, S. M. Afecciones en animales y humanos por ingesta o exposición a las Aflatoxinas. Medidas preventivas para evitar los efectos tóxicos. **Ciência Veterinária**, 20(1), 51-67, 2018.

TUBBS, T., BARIBUTSA, D., & WOLOSHUK, C. Impact of opening hermetic storage bags on grain quality, fungal growth and aflatoxin accumulation. **Journal of stored products research**, 69, 276-281, 2016.

VALLONE, B. A. Utilização de silo bolsa no armazenamento de milho. Curitiba, 2015. Disponível em: < [http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42272/R%20-%20E%20-%20BRUNO%20ANTON IAZZI%20VALLONE.pdf?sequence=1](http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42272/R%20-%20E%20-%20BRUNO%20ANTON%20IAZZI%20VALLONE.pdf?sequence=1)>. Acesso em 15 de jun. 2020.