

AMANDA LIMA

**QUANTIFICAÇÃO DE FUNGOS E DE GRÃOS AVARIADOS EM MILHO NO
ESTADO DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Trezzi Casa

LAGES, SC

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

DE LIMA, AMANDA

Quantificação de Fungos e de grãos Avariados em
milho no Estado de Santa Catarina / AMANDA DE LIMA.

- Lages , 2017.

70 p.

Orientador: Ricardo Trezzi Casa

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências

Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2017.

1. Zea mays. 2. Qualidade de grãos. 3. Fungos.
I. Trezzi Casa, Ricardo. II. Universidade do Estado
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação. III.
Título.

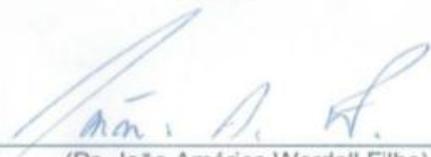
AMANDA LIMA

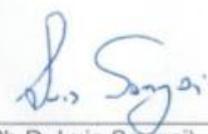
**QUANTIFICAÇÃO DE FUNGOS E DE GRÃOS AVARIADOS EM MILHO NO
ESTADO DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Orientador: 
(Dr. Ricardo Trezzi Casa)
UDESC

Membro: 
(Dr. João Américo Wordell Filho)
EPAGRI

Membro: 
(Ph.D. Luis Sangoi)
UDESC

Lages, 30 de agosto de 2017.

Dedico este trabalho a meu pai Joaquim de Lima e minha mãe Dalva Manoel de Lima (*in memoriam*), pelo amor, carinho e força.

AGRADECIMENTOS

A minha família, principalmente meu pai Joaquim de Lima e minha irmã Katia de Lima, por todo o afeto e incentivo sobretudo nos momentos difíceis.

A minha eterna mãe amada, minha estrela Dona Dalva, que me ensinou sobre valores, virtudes e que permanecerá sempre em minha memória.

Ao meu orientador, Ricardo Trezzi Casa, por ter me acolhido, ter me dado liberdade e suporte para o desenvolvimento deste trabalho, e principalmente pela paciência e altruísmo.

Aos meus amigos de pós-graduação, Aline, Angela, Yasmin, Daniela Tomazelli, Danielle Ortiz, Sibila, Camila, Josiéli, Sabrina e Andrei pelos momentos de descontração e indispensável auxílio no trabalho.

Aos colegas de laboratório, pelas trocas de informações, experimentos planejados em conjunto e parceria para os congressos.

Aos meus grandes amigos de graduação Gabriel, Ben Hur, Mayra, Thais e Ricardo pelo apoio durante os dois anos de mestrado.

Aos membros da banca pela disponibilidade e críticas que agregarão ao trabalho.

As cooperativas Cravil, Copercampos, Cooperplam, Alfa e Coperdia que contribuíram diretamente para a execução deste projeto.

Ao UNIEDU, pela bolsa concedida, essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

LIMA, Amanda. **Quantificação de fungos e de grãos avariados em milho no Estado de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2017.

As podridões de espiga e os grãos avariados causados por patógenos afetam o rendimento e a qualidade do milho. O estado de Santa Catarina é importador do grão por apresentar elevado consumo visando suprir a demanda da agroindústria voltada à elaboração de ração para suínos e aves, priorizando a aquisição de grãos com boa qualidade e evitando assim problemas de micotoxicoses. Considerando a importância da qualidade do grão para comercialização do cereal foi quantificada a incidência de grãos avariados e de fungos em grãos de milho colhidos em diferentes regiões do estado de Santa Catarina, nas safras agrícolas de 2015/16 e 2016/17. Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia na Faculdade de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. A coleta das amostras de grãos foi realizada por assistentes técnicos de algumas cooperativas catarinenses (Cravil, Coperdia, Copercampos, Cooperplam, Alfa). Os grãos foram enviados ao laboratório onde foi identificado o local de procedência com posterior secagem e armazenamento de 1 Kg de cada amostra em sacos de papel. As amostras foram separadas em grupos, considerando altitudes da região de produção (metros acima do nível do mar): i) inferior a 500 m (Vale do Itajaí); ii) entre 501 e 750 m (Oeste); iii) acima de 751m (Planalto Serrano). No primeiro estudo foi realizada quantificação de grãos avariados pela análise visual conforme a Instrução Normativa IN N° 60/2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As amostras de grãos foram quarteadas em 250g onde foram separados e pesados pelas categorias de ardido, fermentado e mofado. Nas duas safras todas as regiões apresentaram grãos avariados, sendo que as categorias com maior incidência foram de fermentados (7%) e mofados (6,6%) na região oeste na safra 2015/16. Para todas as regiões na safra agrícola 2015/16 a incidência média de grãos avariados ultrapassou a tolerância permitida pelas agroindústrias catarinenses de 6%, ficando classificados segundo a IN N° 60/2011 como tipo 2, que tolera até 10%. Na safra 2016/17 obteve-se uma menor incidência média de grãos avariados em relação à safra anterior, sendo que em

todas as regiões a incidência média de grãos avariados não ultrapassou a tolerância permitida pelas agroindústrias catarinenses, ficando classificados como tipo 1. A categoria que apresentou maior incidência foi mofado, na região do planalto serrano com 4%. As mesmas amostras foram utilizadas no segundo estudo para o teste de sanidade, onde 200 grãos de cada amostra foram desinfestados em solução de hipoclorito de sódio (1%) e plaqueados em caixas de acrílico tipo gerbox contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA). As caixas contendo os grãos foram incubadas em câmara de crescimento com temperatura de 25°C +/- 2°C e fotoperíodo de 12 h, durante sete dias. O fungo *Fusarium verticillioides* foi detectado em todas as amostras, com incidência média de 26% e 19% respectivamente para safras 2015/16 e 2016/17. Os fungos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* sp obtiveram maiores incidências na região Oeste, sendo *Aspergillus* na safra 2015/16 com 30% e *Penicillium* na safra 2016/17 com 15,9%. *Fusarium graminearum*, *Stenocarpella* sp., *Bipolaris* sp. e *Nigrospora* sp. também foram detectados nos testes de sanidade, porém não foram constatados em todas as amostras.

Palavras-chave: *Zea mays*. Qualidade de grãos. Fungos.

ABSTRACT

LIMA, Amanda. **Quantification of fungi and damaged corn grains in the Santa Catarina State.** Dissertation (Master in Plant Production) Santa Catarina State University. Postgraduate in Program Plant Production, Lages, 2017.

The ear rot and damaged grains caused by pathogens affect the yield and quality of maize. The Santa Catarina state is an importer of the grain because it presents high consumption in order to supply the agroindustry's demand for the elaboration of rations for pigs and poultry, prioritizing the acquisition of grains of good quality and thus avoiding problems of mycotoxicoses. Considering the importance of grain quality for grain marketing, the incidence of damaged grains and fungi was quantified in maize grains harvested in different regions of the Santa Catarina state, in the crops season of 2015/16 and 2016/17. The studies were conducted in Plant Pathology Laboratory at the Agronomy University of the State of Santa Catarina, Lages, SC. Grain samples were collected by technical assistants from some cooperatives in Santa Catarina (Cravil, Coperdia, Copercampos, Cooperplam, Alfa). The samples were sent to the laboratory where the place of origin was identified with subsequent drying and storage of 1 kg of each sample in paper bags. The samples were separated into groups, considering altitudes of the production region (meters above sea level): i) less than 500 m (Vale do Itajaí); (ii) between 501 and 750 m (Oeste); iii) above 751m (Planalto Serrano). In the first study, the quantification of grains damaged by the visual analysis was performed according to the Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) Normative Instruction No. 60/2011. The grain samples were quartered in 250g where they were separated and weighed by the categories of rot grain, fermented and molded. In the two harvests, all regions presented damaged grains, with the highest incidence being fermented (7%) and moldy (6.6%) in the oeste region, in the 2015/16 crop. For all regions in the 2015/16 crop, the average incidence of damaged grains exceeded the tolerance allowed by the 6% of the Santa Catarina agroindustries, being classified according to Normative Instruction No. 60/2011 as type 2, which tolerates up to 10%. In the 2016/17, there was a lower average incidence of damaged grains in relation to the previous harvest, and in all regions

the average incidence of damaged grains did not exceed the tolerance allowed by the Santa Catarina state, being classified as type 1. In the 2016/17 crop, the category that presented the highest incidence was moldy in the region of the Planalto Serrano with 4%. The same samples were used in the second sanity test, where 200 grains of each sample were disinfested in sodium hypochlorite solution (1%) and plated in gerbox-type acrylic boxes containing potato-dextrose-agar culture medium (BDA). The boxes containing the beans were incubated in a growth chamber with a temperature of 25 ° C +/- 2 ° C and a 12-hour photoperiod for seven days. The fungus *Fusarium verticillioides* was detected in all samples, with an average incidence of 26% and 19% respectively for the 2015/16 and 2016/17 crops. The fungi *Aspergillus* spp. and *Penicillium* sp. had the highest incidence in the oeste region, with *Aspergillus* in the 2015/16 with 30% and *Penicillium* sp. in the 2016/17 with 15.9%. *Fusarium graminearum*, *Stenocarpella* sp., *Bipolaris* sp. and *Nigrospora* sp. were also detected in sanity tests, but were not found in all samples.

Key-words: *Zea mays*, Grain quality, Fungi.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Categorias de grãos avariados conforme critério estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: ardidos (A), Mofados (B) e Fermentados (C).....38
- Figura 2 - Frequência de grãos de milho avariados, ardidos, fermentados e mofados colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.....44
- Figura 3 - Incidência e prevalência média de *Fusarium verticillioides* (A), *Fusarium graminearum* (B), *Aspergillus* sp. (C), *Nigrospora* sp. (D), *Penicillium* sp. (E), *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora* (F), colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.....52
- Figura 4 - Grãos infectados por: *Fusarium verticillioides* (A), *Fusarium graminearum* (B), *Penicillium* sp. (C), *Aspergillus* sp. (D), *Nigrospora* sp. (E), *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora* (F).....56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites máximos de tolerância de grãos avariados expressos em percentual (%).....	28
Tabela 2 - Resumo da análise de variância (ANOVA) indicando a incidência média de grãos avariados na safra agrícola 2015/16 e 2016/17.....	41
Tabela 3 - Incidência média de grãos de milho avariados colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.....	42
Tabela 4 - Incidência média de grãos de milho ardidos, fermentados e mofados colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.....	43
Tabela 5 - Número de amostras de grãos de milho avariados nas categorias de ardidos, fermentados e mofados, colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.....	44
Tabela 6 - Dados climatológicos na época de florescimento e polinização do milho nas regiões em estudo no Estado de Santa Catarina.....	47
Tabela 7 - Incidência principais fungos detectados em grãos de milho provenientes de diferentes regiões do estado de Santa Catarina na safra 2015/16 (105 amostras) e 2016/17 (250 amostras)	49
Tabela 8 - Número de amostras de grãos de milho infectadas pelos fungos <i>Aspergillus</i> sp., <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Penicillium</i> sp., e <i>Stenocarpella</i> sp., colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1	Podridões de espiga e grãos avariados.....	26
2.2	Principais fungos associados aos grãos avariados.....	29
2.2.1	<i>Fusarium verticillioides</i>	29
2.2.2	<i>Fusarium graminearum</i>	31
2.2.3	<i>Stenocarpella macrospora</i> e <i>S. maydis</i>	31
2.2.4	<i>Aspergillus</i> spp.....	33
2.2.5	<i>Penicillium</i> sp	34
2.3	Manejo integrado de podridões de espiga e grãos avariados.....	35
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1	Incidência de grãos avariados	37
3.2	Incidência de fungos patogênicos nos grãos	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Incidência de grãos avariados	41
4.2	Incidência de fungos patogênicos nos grãos	47
5	CONCLUSÕES.....	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7	REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo. Sua importância econômica está relacionada à utilização na alimentação animal a indústria de alta tecnologia.

O uso do grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo. No Brasil 70% a 90% da produção total é destinada ao consumo animal (CRUZ et al., 2011), com expressão nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país em virtude do estabelecimento de grandes agroindústrias.

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho no mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e da China (USDA, 2017). Na safra agrícola de 2016/17 a área cultivada no Brasil foi de aproximadamente 17,4 milhões de hectares, com produção estimada de 97 milhões de toneladas de grãos e produtividade média em torno de 5,5 mil quilos por hectare (CONAB, 2017).

Os principais estados brasileiros produtores de milho em milhões de toneladas são: Mato Grosso (25,1), Paraná (17,1), Mato Grosso do Sul (9,2), Goiás (9,0), Minas Gerais (7,4), Rio Grande do Sul (6,0), São Paulo (4,2), Santa Catarina (3,2), Maranhão (2,0), Bahia (1,9) e Piauí (1,3), seguido dos outros estados que produziram menos de um milhão de toneladas na safra 2016/17 (CONAB, 2017).

O estado de Santa Catarina cultivou na safra 2016/17 uma área de aproximadamente 400 mil hectares de milho, com produção de 3,2 mil toneladas e produtividade de 8,1kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Apesar do rendimento de grãos em Santa Catarina ser superior à média nacional (5.409 kg ha⁻¹), o estado é considerado um dos maiores importadores do cereal, principalmente em função da demanda da agroindústria.

A composição média em base seca do grão de milho é de 72% amido, 9,5% proteínas, 4% lipídeos, 9% fibras, além de minerais (ferro, fósforo, potássio e cálcio) e vitaminas (A e complexo B) (PAES, 2010). O amido é o principal componente do grão de milho (HENRIQUE et al., 2007), o que o torna um substrato perfeito para infecção fúngica (BANKOLE; ADEBANJO, 2003).

No Brasil os grãos de milho são produzidos em duas safras, milho de primeira safra e segunda safra. Em ambas as safras o milho vem predominantemente sendo cultivado em áreas de Plantio Direto o que beneficia a

sobrevivência dos agentes necrotróficos causadores de doenças de espiga e de grãos (REIS et al., 2011). A intensidade de doenças da espiga é fator que afeta a produtividade e qualidade de grãos de milho.

Em Santa Catarina, estado importador de milho, boa parte do cultivo de milho ocorre em área de Plantio Direto e monocultura, como no oeste do estado. Neste sistema de cultivo há predominância de doenças causadas por fungos necrotróficos que sobrevivem nos restos culturais de milho infectados permanentes sobre a superfície do solo. Sob este sistema de cultivo as fases do ciclo biológico, de sobrevivência e de multiplicação do patógeno são favorecidas (REIS et al., 2011).

A qualidade de grãos cereais é definida a partir de características como pureza do grão, cor, quantidade de grãos quebrados, material estranho, grãos danificados, teor de água, peso do hectolítrico, presença de fungos e presença de micotoxinas (ASCHERI; GERMANI, 2004). Os grãos de milho podem ser danificados por fungos em duas condições, ou ambas isto é, em pré-colheita (podridões de espigas com a formação de grãos ardidos) e em pós-colheita durante o beneficiamento, armazenamento (grãos mofados ou embolorados) quando não há realização de desinfestação do local de armazenamento havendo esporos como fonte de inóculo.

A sustentabilidade da agroindústria catarinense, principalmente da cadeia produtiva de suínos e aves, depende da quantidade e qualidade de grãos de milho produzidos no estado. O milho produzido com alto nível tecnológico além de expressar o máximo potencial de rendimento da cultura pode reduzir doenças da espiga e melhorar a qualidade dos grãos destinados à agroindústria.

São escassos levantamentos sistemáticos de ocorrência de grãos avariados e de incidência de fungos que estabeleçam relações com locais e condições de cultivo, embora seja importante ressaltar que existem alguns trabalhos relevantes, porém restritos alguns estados, como exemplo, citam-se os levantamentos de fungos em grãos de milho no estado de Santa Catarina (SALGADO et al., 1980), São Paulo (ORSI et al., 2000; ALMEIDA et al., 2002), Rio Grande do Sul (DILKIN et al., 2000) e Paraná (SCHIABEL, 2004). Em Santa Catarina ainda não existe levantamentos que levem em consideração a diferença entre as regiões produtoras

com o agravante na dificuldade de interpretar a análise conforme critérios estabelecidos pelo MAPA para comercialização.

Existe diferença da Portaria de 1976 para a Portaria de 2011, a Portaria Nº 845 de 8 de novembro de 1976 considerava grão ardido: o grão fermentado (escurecido) em mais de $\frac{1}{4}$ de sua área total, na normativa atual Instrução Normativa Nº 60 de 2011 considera grão ardido: os grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento total, ou seja, o grão ardido da instrução normativa de 1976 é considerado hoje o grão fermentado (grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento parcial do germe ou do endosperma) sendo assim, existe variação entre classificadores de grãos avariados no momento da comercialização do cereal.

No Estado de Santa Catarina existe diferença de produção na qualidade dos grãos por diferentes regiões produtoras relacionando com altitudes: i) inferior a 500 m (Vale do Itajaí); ii) entre 501 e 750 m (Oeste); iii) acima de 751m (Planalto Serrano), levando em consideração os distintos sistemas de cultivo e condições climáticas.

Tendo como base instruções normativas que regem os padrões atuais de classificação do milho o objetivo deste trabalho foi quantificar por meio de análise visual a incidência de grãos avariados (ardidos, fermentados e mofados) e por teste de sanidade detectar espécies de fungos em grãos de milho produzidos em diferentes regiões do estado de Santa Catarina nas safras agrícolas 2015/16 e 2016/17.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PODRIDÕES DE ESPIGA E GRÃOS AVARIADOS

As podridões da espiga (PE) envolvem o ataque direto dos fungos aos grãos que podem exibir sintomas da colonização. Alguns grãos com essa sintomatologia são denominados de grãos ardidos ou avariados. Sob condições de chuvas cumulativas durante as fases de polinização e formação dos grãos pode ocorrer aumento das PE com conseqüente incremento de grãos avariados e fungos associados aos grãos. As espigas infectadas reduzem o rendimento e qualidade de grãos (REIS et al., 2004).

Os fungos patogênicos que causam deterioração de grãos do milho requerem alto conteúdo de umidade do grão (> 18%) para crescer e se reproduzir. Estes fungos normalmente colonizam os grãos em formação, sendo que dificilmente infectam a cariopse após a maturação fisiológica (PINTO, 1995)

Os principais agentes causais das podridões de espiga na Região Sul do Brasil são os fungos *Stenocarpella maydis* (Berk.) Sutton [Sin. *Diplodia maydis* (Kerkeley) Saccardo], *S. macrospora* (Earle) Sutton [Sin. *Diplodia macrospora* Earle in Bull.], *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorfo *Gibberella zeae* Schw.) e *Fusarium verticillioides* [Sin. *Fusarium moniliforme* J. Sheld (teleomorfo *Gibberella moniliformis* Wineland; Sin. *G. fujikuroi* (Saw.) Wr Sawada)] (WORDELL FILHO; CASA, 2011; CASA et al., 2012).

O fungo *F. verticillioides* é a principal espécie de *Fusarium* detectada em grãos no Brasil. Outros fungos pertencentes aos gêneros de *Aspergillus*, *Penicillium* e *Nigrospora* também são detectados causando podridão de espiga, porém em menor prevalência. Nos casos de *Aspergillus* e *Penicillium* a ocorrência está relacionada a injúrias nas espigas, atraso na colheita e excesso de umidade do grão (PINTO, 1995)

Os grãos ardidos são mais leves provocando a redução da produção e também apresentam a qualidade inferior em conseqüência baixo valor nutricional (COSTA et al., 2011). Com isso, há desvalorização do produto no mercado, diminuindo o valor de venda. Em geral, na comercialização de grãos de milho, é

descontado do preço oferecido, um percentual correspondente à incidência de grãos avariados.

A proporção máxima como padrão de qualidade para grãos avariados utilizada pela maioria dos órgãos de comercialização e cooperativas é 6% (PINTO et al., 2007). O percentual de grãos ardidos em um lote também é utilizado para classificar o milho nos tipos 1 (até 1%), 2 (até 3%) e 3 (até 3%) (MAPA, 2011). As cooperativas no estado catarinense consideram amostras com até 6% de grãos avariados sem atribuição de desconto ao produtor.

No Brasil, o milho sob a forma de grãos destinado à comercialização interna é classificado em grupos, classes e tipos, respectivamente de acordo com a sua consistência, coloração e qualidade. Pela classificação oficial as características qualitativas são avaliadas em um lote de milho para sua tipificação: grãos ardidos, fermentados, mofados, germinados, gessados carunchados, chochos ou imaturos, quebrados impurezas e matérias estranhas (BRASIL, 2011).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) adotava como padrão de qualidade para grãos comerciais de milho, a portaria nº 845 de 08/11/1976, a SDR nº 11 de 12/04/1996 (BRASIL, 1996) e SDR nº IN SARC nº 7/2001. Esta portaria foi utilizada para classificação do milho por diversas agroindústrias e trabalhos de pesquisa (TRENTO et al., 2002; RIBEIRO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009). A classificação era realizada ao considerar grão ardido aquele fermentado em mais de um quarto de sua área total.

Em 01/09/2013 entrou em vigência a Instrução Normativa (I.N.) MAPA nº 60/2011 (MAPA, 2013), que estabelece o Regulamento Técnico do Milho, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos identidade e qualidade, amostragem, modo de apresentação e marcação da rotulagem, nos aspectos referentes à classificação do produto, em todo o território nacional e as alterações constantes da Instrução Normativa (IN) MAPA nº 18/2012, revogando-se a Portaria MA nº 845/1976 e a SDR nº IN SARC nº 7/2001.

A IN N° 60/2011 é subdividida em capítulos e artigos contendo as disposições de classificação dos grãos de milho. No artigo 3º, inciso III, do Regulamento Técnico considera-se: III - grãos avariados: os grãos ou pedaços de grãos que se apresentam ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados:

Ardidos: os grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento total, por ação do calor, umidade ou fermentação avançada atingindo a totalidade da massa do grão, sendo também considerados como ardidos, devido à semelhança de aspecto, os grãos totalmente queimados;

Fermentados: os grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento parcial do germe ou do endosperma provocado por processo fermentativo ou calor, sendo também considerados como fermentados, devido à semelhança de aspecto, os grãos que se apresentam parcialmente queimados; grãos que apresentam plúmula roxa, como característica varietal, não são considerados grãos defeituosos;

Mofados: os grãos ou pedaços de grãos que apresentam contaminações fúngicas (mofo ou bolor) visíveis a olho nu, independentemente do tamanho da área atingida, bem como os grãos ou pedaços de grãos que apresentam coloração esverdeada ou azulada no germe, produzida pela presença de fungos.

O milho enquadrado como “fora de tipo” por grãos ardidos, total de avariados ou poderá ser comercializado como se apresenta, desde que identificado como “fora de tipo”, ou poderá ser novamente beneficiado, desdobrado ou recomposto para efeito de enquadramento em tipo.

Será desclassificado e proibida a sua comercialização e a sua entrada no país o milho que apresentar na carga, no lote ou na amostra a ser analisada limites de tolerâncias acima do estabelecido para os defeitos ardidos, total de avariados previstos para “fora de tipo” (Tabela 1).

Tabela 1 - Limites máximos de tolerância de grãos avariados expressos em percentual (%).

Enquadramento	Grãos avariados (%)	
	Ardidos	Total ¹
Tipo 1	1,0	6,0
Tipo 2	2,0	10,0
Tipo 3	3,0	15,0
Fora de Tipo	5,0	20,0

¹Avariados: Soma dos defeitos (mofados, ardidos, fermentados)

Fonte: Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011.

É verificado, subjetivamente, que os termos relacionados aos “grãos ardidos” e “grãos avariados” determinam a classificação do milho e que podem refletir em

dificuldade no momento da classificação e comercialização. Por exemplo, quando é avaliado descolorações em grãos ocasionados pela colonização de fungos na espiga (podridões da espiga) o observador ao ler os conceitos de ardido, fermentado e mofado, pode relacionar como sendo “ardidos”.

A presença de algumas espécies de fungos associadas aos grãos pode levar ao acúmulo de metabólitos secundários tóxicos ao homem e aos animais, denominados de micotoxinas (MUNKVOLD, DESJARDINS, 1997; MUNKVOLD, 2003). Quando consumidas por animais ou pelo homem podem causar doenças denominadas de micotoxicoses. Entretanto, a simples presença do(s) fungo(s) não indica a produção de toxinas, pois as condições nas quais o fungo produz sua micotoxina são muito específicas (TANIWAKI, SILVA, 2001).

Micotoxinas têm sido identificadas em grãos de milho, destacando-se as aflatoxinas, ocratoxinas, tricotecenos, zearalenona, fumonisinas (ZAIN, 2011), produzidas por algumas espécies dos gêneros dos fungos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Algumas espécies do gênero *Fusarium* podem produzir mais de uma micotoxina (SCUSSEL et al., 2011; NDOYE et al., 2012; STUMPF et al., 2013). As micotoxinas produzidas pelo *Fusarium*, podem ser produzidos principalmente no campo, embora possa ocorrer alguma síntese de toxina durante o armazenamento (PEREIRA, 2005). *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp. foram os gêneros de fungos mais comuns encontrados em grãos e alimentos para cereais armazenados (ROSA et al., 2009; LEE et al., 2010).

2.2 PRINCIPAIS PATÓGENOS ASSOCIADOS AOS GRÃOS AVARIADOS

Os fungos que ocorrem em grãos de milho podem ser divididos em dois grupos, de campo ou de armazenamento, definidos principalmente em função da necessidade hídrica para crescimento. Os fungos denominados de campo infectam os grãos no período de pré-colheita. Este grupo é mais exigente em água, requerendo um teor de umidade superior aos 20% para o seu crescimento. É neste grupo que se encontram os gêneros *Fusarium* e *Stenocarpella*. Já os fungos de armazenamento, onde se incluem *Aspergillus* e *Penicillium*, necessitam de um teor mais umidade, ao redor de 16%, para que ocorra o crescimento micelial (FIGUEIRA et al., 2003).

2.2.1 *Fusarium verticillioides*

A espécie *F. verticillioides* é inserida na seção Liseola dentro do gênero *Fusarium*, seção que engloba também *F. proliferatum* e *F. graminearum* (MAGAN; ALDRED, 2007). O gênero *Fusarium* pertence ao filo Ascomycota e é inserido dentro do Sub-filo Pezizomycotina, classe Sordariomycetes (ÍNDIX FUNGORUM, 2016).

Os macroconídios de *F. verticillioides* são hialinos, medindo de 2,4-4,9 x 15-60 µm, curvados nas extremidades, com 3-7 septos; os microconídios são abundantes, medindo 2-3 x 5-12 µm (TARR, 1962; WHITE, 1999).

A podridão causada por *F. verticillioides* predomina em regiões quentes e secas com maior frequência em regiões tropicais e subtropicais (ONO et al., 2006) A temperatura ótima para o crescimento do patógeno está em torno de 30°C em altitudes inferiores a 700 metros. No Brasil pode ser encontrada em lavouras do planalto gaúcho e catarinense e nos campos gerais do Paraná (REIS; CASA, 2000).

O fungo *F. verticillioides* pode infectar as plantas de milho desde a semeadura até em fase de planta adulta. Com o inóculo na semente ou nos restos culturais, onde o micélio penetra no sistema radicular, causa podridão radicular ou cresce endofiticamente de maneira assintomática nos colmos e atinge a espiga e os grãos (LESLIE; SUMMERELL, 2006; NAYAKA et al., 2009). Pelo vento os microconídios do fungo também são dispersos até a espiga, penetrando através de aberturas causadas por injúrias de insetos germinando quando depositados na base bainha foliar. A podridão é confinada à base da espiga por ser mais úmido (REIS; CASA, 2002).

2.2.2 *Fusarium graminearum*

A podridão de giberela é causada pelo fungo *F. graminearum* (forma axeuada ou imperfeita) que pertence a divisão Amastigomycota, classe dos funos mitospóricos, ordem Moniliales e família Tuberculariaceae (ÍNDIX FUNGORUM, 2016) que produz macroconídios hialinos, ligeiramente curvados, com as extremidades afiladas, com três a cinco septos e medindo 4-6 x 30-60 µm

(TARR, 1962). Na forma perfeita ou sexuada o fungo pertence a divisão Amastigomycota, classe dos Ascomycetes, subclasse dos Pirenomycetes, ordem Hypocreales e família Nectriaceae, que produz corpo de frutificação na forma de peritécios de coloração negra azulada, superficiais, contendo oito ascósporos arranjados obliquamente em uma fila. Os ascósporos são hialinos, com três septos, diminuindo de largura no ápice, ligeiramente curvos e medindo 3-5 x 20-30 µm (TARR, 1962). Os peritécios são formados comumente sobre os restos culturais do milho durante praticamente todo o ano (REIS et al., 2004).

A podridão de giberela é detectada com maior frequência em lavouras da Região Sul do Brasil em função da ampla gama de hospedeiros, em especial, cereais de inverno como trigo, triticale, cevada, aveio, centeio e azevem (SEGALIN; REIS, 2010).

A doença é mais severa quando ocorrem chuvas 14 a 21 dias após o florescimento por temperaturas entre 20 a 25 °C e período de molhamento foliar de no mínimo 48 h (Casa et al., 2016)

A infecção ocorre comumente por ascósporos e, menos frequentemente com conídios, depositados nos estigmas. Os ascósporos são produzidos nos peritécios formados nos restos culturais dos inúmeros hospedeiros, sendo transportados pelo vento, a longa distância, até atingir os estigmas, onde germinam e formam o tubo germinativo, pelo qual ganham o interior da espiga. Os grãos expostos na ponta da espiga de alguns híbridos mal empalhados também são colonizados diretamente (REIS; CASA, 2002).

2.2.3 *Stenocarpella macrospora* e *S. maydis*

A podridão de diplodia apresenta dois fungos como agentes causais, pertencentes ordem Diaporthales, classe Sordariomycetes, subfilo Pezizomycotina, filo Ascomycota, e ao gênero e espécies *Stenocarpella maydis* (Berkeley) Sutton [Sin. *Diplodia maydis* (Berkeley) Saccardo; *D. Zeae* (schweinitz) Leveille] e *S. macrospora* (Earle) Sutton [Sin. *D. macrospora* Earle]. (INDEX FUNGORUM, 2017)

No ciclo biológico dessas espécies, a forma anamórfica predomina, ou seja, tem reprodução assexuada e não há fase teleomórfica conhecida (CASA et al., 2006).

O fungo *S. maydis* apresenta picnídios imersos, globosos, com coloração marrom-escuro a preta, diâmetro de 150-300 µm e um ostíolo protuberante papilado. Os conídios são pardo-oliva a pardos, elípticos, bicelulados, retos a ligeiramente curvados, medindo 15-34 x 5-8 µm, comumente com um septo (0-2) (SUTTON; WATERSTON, 1966).

Por outro lado, *S. macrospora* apresenta picnídio e conídios semelhantes aos de *S. maydis*, porém seus esporos são 2-3 vezes maiores, medindo 44-82 x 7,5-11,5 µm e apresentando 1-2 septos (0-3) (SUTTON; WATERSTON, 1966).

É possível determinar o reconhecimento das colônias do gênero *Stenocarpella* após 15 dias de incubação, permanecendo com coloração branca a bege para *S. macrospora* enquanto a *S. maydis* que originalmente era branca torna-se pardo-escuro, com formação de picnídios (CASA, 1997; MARIO; REIS, 2001).

Os resíduos de plantas de milho infectados por *S. maydis*, deixados no solo, e sementes infectadas são as principais fontes de inóculo e de disseminação do patógeno. A infecção da espiga ocorre a partir de conídios disseminados pelo vento, ou seja, os conídios são carregados e depositados nas espigas, preservando o inóculo viável por muito tempo (CASA et al., 2004; REIS; MARIO, 2003).

Na espiga, a podridão se inicia pela base e a infecção pode ocorrer desde a fase de enchimento de grãos, podendo apodrecer completamente. As brácteas internas permanecem aderidas pelo micélio do fungo, onde são produzidos os picnídios. As espigas mais afetadas pelo desenvolvimento do fungo apresentam menor peso em relação às espigas saudáveis devido à redução no tamanho dos grãos. Quando infectadas no estágio de grão leitoso, as espigas podem apodrecer, se forem infectadas mais tarde, a podridão pode ser reduzida. Após a colonização, os grãos adquirem coloração cinza a marrom (BARBOSA, 2010; FANTIN; DUARTE, 2009) e podem ser observados picnídios no sabugo da espiga, na forma de pontos negros.

Essa doença está presente em todas as regiões do Brasil, com predomínio na Região Sul, nas altitudes são mais elevadas. Nessa região, as doenças associadas com a germinação de sementes, podridões da espiga e do colmo, ocorrem devido à presença do fungo *S. maydis* (CASA et al., 2000).

2.2.4 *Aspergillus* spp.

A principal espécie de *Aspergillus* que infecta os grãos de milho é *Aspergillus flavus* Link. O fungo *A. flavus* (Teleomorfo: *Petromyces flavus*) é um fungo saprófita cosmopolita encontrado em diferentes tipos de ambientes (ABBAS et al., 2009; HORN et al., 2009). É uma espécie pertencente ao filo Ascomycota e em função da forma sexuada descoberta, foi inserido dentro do sub-filo Pezizomycotina (HORN et al., 2009; ÍNDEX FUNGORUM, 2016).

O gênero *Aspergillus* é caracterizado por conidióforos eretos, simples, com uma vesícula dilatada, globosa ou clavada na sua extremidade, sobre a vesícula são formadas fiálides primárias e/ou secundárias. Os conídios são hialinos, unicelulares, globosos e coloridos, medindo de 4-7 x 6-8 μm . O *A. flavus* possui cabeça radial verde-amarela com esporos espinhosos (WICKLOW, 1983).

A espécie se caracteriza por colônias na coloração verde oliva, em função de seus conídios fortemente pigmentados, produzidos em cabeças vesiculares cobertas por fiálides, na grande maioria dos isolados (PITT; HOCKING, 2009; IARC, 2012). Morfologicamente, a grande diferença entre o *A. flavus* e o *A. parasiticus* é a ornamentação conidial, que é lisa e com paredes finas em *A. flavus* e extremamente rugosa e com paredes grossas em *A. parasiticus* (IARC, 2012)

Por ser um fungo extremamente difundido, é considerado tanto um patógeno de campo quanto de armazenamento, isto é, a infecção por este fungo pode ocorrer tanto durante o período de pré-colheita quanto em pós-colheita.

Na pré-colheita, a palha serve de fonte de inóculo do micélio. A disseminação ocorre pelo vento que transporta os esporos até a parte aérea da planta (ABBAS et al., 2009; CHULZE, 2010). A infecção natural de *A. flavus*, ainda no campo, ocorre principalmente devido a danos mecânicos na espiga causados por tratamentos culturais e insetos. A infecção pelo patógeno se inicia pela ponta da espiga e, posteriormente ocorre penetração no embrião. O fungo descolore o embrião causando danos ou até mesmo a morte do grão (LUZ, 1995). Os sinais causados por *Aspergillus* spp. são a presença de um mofo pulverulento de cor preta, amarelo-esverdeada ou bronzeada, que cresce sobre e entre os grãos. A podridão por *Aspergillus* spp. é comumente observada em anos secos e quentes e

em plantas estressadas, principalmente aquelas com carência de nutrientes e deficiência hídrica.

Já no período pós-colheita, a infecção está relacionada principalmente com o armazenamento do grão. Quando ocorrem atrasos na secagem ou até mesmo secagem incorreta e armazenamento com teor de umidade acima de 12%, esporos trazidos do campo (e os presentes no armazém.) germinam havendo a disseminação na massa de grãos no interior de silos ou silo-bags de armazenamento (MAGAN; ALDRED., 2007; AHSAN et al., 2010).

A umidade do grão ideal para o desenvolvimento do *A. flavus* é de 18%, porém, desenvolve-se também em umidades inferiores, até 13,1% (OLIVEIRA et al., 2004). A colonização é maior à medida que as espigas tornam-se mais maduras e em híbridos convencionais, nos quais o ataque de insetos é maior (AMAIKE; KELLER, 2011).

2.2.5 *Penicillium* sp.

A podridão por *Penicillium* é causada principalmente pelo fungo *Penicillium oxalicum* Currie & Thom., pertencente ao Filo Ascomycota classe dos Eurotiomycetos, ordem Eurotiales e família Trochocomaceae (ÍNDIX FUNGORUM, 2016).

Penicillium sp. possui hifas septadas e hialinas, conidióforos eretos e ramificados próximo ao ápice. Em cadeias basípetas são produzidos conidiósporos não septados hialinos ou coloridos em massa e unicelulares (MCGEE, 1988). O final do conidióforo apresenta células conidiogênicas agrupadas e ramificadas na forma de fiálides. Os conídios são esféricos e catenulados produzidos em fiálides dispostas em número variável na ramificação terminal do conidióforo. A massa de conídios caracteriza-se pela coloração esverdeada (PITT; HOCKING, 2009).

Além de causar podridão de espiga no campo, o *Penicillium* sp. é um fungo de grãos armazenados e possui um crescimento pulverulento, de coloração verde entre os grãos e sobre os grãos, além do sabugo, sendo mais comum na ponta da espiga. A principal característica de espigas infectadas por *Penicillium* é a coloração verde-azulada entre os grãos e superfície do sabugo. O grão pode ficar

escurecido na região do embrião, sendo este sintoma denominado de “olho azul” do milho (PEREIRA et al., 2005).

Pode ocorrer escurecimento do embrião, comum em grãos armazenados em condições de alta umidade (FANTIN; DUARTE, 2009). A temperatura ótima para a germinação dos esporos fica entre 21 e 25°C. Em condições de armazenamento, o que favorece são a umidade do ar entre 80 a 90% e 15 a 18% de umidade dos grãos (BARBOSA, 2010).

Muitas espécies de *Penicillium* são reconhecidas por produzirem as micotoxinas, sendo a mais importantes encontrada em alimentos são ocratoxina A, (PITT, 2002).

2.3 MANEJO INTEGRADO DE PODRIDÕES DE ESPIGA

Para o controle das podridões de espiga e também de grãos avariados é recomendado a utilização de cultivares resistentes a podridões (MUNHOZ et al., 2015), rotação de cultura (TRENTO, 2002), tratamento de sementes, redução da densidade de plantas (ALVES et al., 2012; BARBOSA, 2010), adubação equilibrada, principalmente com potássio e nitrogênio (SANGOI, 2003).

Outra forma é o controle de doenças foliares do milho por meio da aplicação de fungicidas o que pode contribuir para a redução na incidência de grãos avariados (BRITO et al., 2012), principalmente no controle da mancha-de macrospora, agente causal *Stenocarpella macrospora*. Bampi et al. (2012) encontraram resposta quando utilizaram o controle químico via foliar na cultura do milho, independente da aplicação de fungicidas. Fingstag et al. (2016) visando o controle da podridão da giberella encontraram resultados que demonstraram haver diferença nos momentos de aplicação dos fungicidas, os quais reduziram a severidade da doença e aumentaram o rendimento dos grãos, quando aplicados 48 horas antes da inoculação do patógeno.

A resistência genética é uma das formas mais eficientes no manejo de doenças e sua aplicação não promove custo adicional ao produtor nem causa impactos negativos ao ambiente, porém, não é recomendada sua utilização como única forma de manejo, pois está restrita a alguns patógenos apenas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Costa et al. (2011) observaram elevada variabilidade

quanto a reação dos genótipos de milho à incidência de fungos causadores de grãos ardidos. A resistência genética e as condições ambientais interferem diretamente na ocorrência de grãos ardidos em milho. Existe uma possibilidade de regionalização da recomendação de cultivares em função da resistência destas aos patógenos causadores de grãos ardidos, pois as cultivares apresentam diferentes níveis de resistência quando cultivadas em locais distintos (COSTA et al., 2010).

Outra forma importante de manejo é a escolha da época de colheita, sendo um dos fatores mais importantes na predisposição a podridões de espiga e grãos avariados. A antecipação ou o atraso na colheita vai determinar os níveis de umidade dos grãos e o tempo de permanência dos mesmos no campo. Alakonya et al. (2008), avaliaram a época de colheita do milho no Quênia e observaram que quando os produtores deixavam o milho no campo por longo tempo após a época de maturação fisiológica, ou seja, realizavam a colheita tardia, aumentava a incidência de podridão de espiga.

Para os patógenos de pós-colheita o controle pode ser realizado por meio da secagem adequada dos grãos, armazenamento em condições apropriadas de temperatura, umidade e aeração e realizando a limpeza, utilizando um método que retira grãos que apresentam sintomas (MUNKVOLD e DESJARDINS, 1997). Para minimizar os danos causados por esses patógenos os grãos devem ser secos a, pelo menos, 18% de umidade para posterior armazenagem (SWEETS, WRIGHT, 2008).

Para se obter um manejo eficiente da ocorrência das podridões de espiga e de grãos avariados na cultura do milho, várias medidas devem ser adotadas de forma integrada. A ocorrência de clima favorável juntamente com os sistemas de plantios e cultivos empregados, a utilização indiscriminada de cultivares vulneráveis, a ausência de rotação de culturas, a expansão da área cultivada e o nível tecnológico incorreto contribuíram para a multiplicação e preservação de inóculos de diversos patógenos, deixando a cultura do milho exposta a condições edafoclimáticas favoráveis a incidência de doenças (JULIATTI et al., 2007; JARDINE, LACA-BUENDIA, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados com base em um levantamento da qualidade de grãos de milho no estado de Santa Catarina, nas safras agrícolas de 2015/16 e 2016/17. Sendo conduzidos os estudos no Laboratório de Fitopatologia (LF) do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, CAV-UDESC, Lages, SC.

A amostragem realizada pelas cooperativas foi seguida pelo Manual de Amostragem de Grãos. Utilizando caladores o responsável da unidade coletava amostras ao acaso em diversos pontos da carga. A amostra simples representativa da carga era homogeneizada e quarteada para análise de umidade, impureza e grãos avariados. Dessa amostra simples separava-se 1kg de grãos de milho para amostra de trabalho, as quais foram enviadas ao laboratório por Engenheiros Agrônomos responsáveis pelo departamento técnico das cooperativas catarinenses Alfa, Copercampos, Copérdia, Cooperplan e Cravil.

Na safra agrícola de 2015/16 obteve-se um total de 84 amostras, sendo 24 amostras da Região do Vale do Itajaí com altitude inferior a 500 m, referente aos municípios de Rio do Sul, Petrolândia, Ituporanga, Mafra e Serra do Índio, 20 amostras provenientes da Região Oeste com altitude variando de 500 a 750 m referente aos municípios de Capinzal, Ipuacú, Erval Velho, Concórdia e Joaçaba, e 40 amostras da Região do Planalto Serrano com altitude superior a 750 m, constando os municípios de Campos Novos, Lages, Campo Belo do Sul, Correia Pinto e Ponte Alta.

Na safra agrícola de 2016/17 obteve-se um total de 192 amostras, sendo 60 da Região do Vale do Itajaí referente aos municípios de Petrolândia, Ituporanga, Mafra, Irineópolis e Campo Alegre, 60 da Região Oeste referente aos municípios de Joaçaba, Quilombo, Caxambú, Piratuba, Coronel Freitas, Concórdia e Coronel Martins, e 72 amostras da Região do Planalto Serrano dos municípios de Lages, Campo Belo do Sul, Campos Novos, Correia Pinto, Ponte Alta e Otacílio Costa

No laboratório, os grãos foram identificados em relação ao local da colheita do cereal, dividindo-se em grupos considerando altitudes de produção (inferior a 500 metros ao nível do mar (Vale do Itajaí), entre 500 e 750 m (Oeste) e acima de 750 m (Planalto Serrano)). Os grãos que chegaram úmidos foram secos em estufa

a 60°C por um período de aproximadamente 48 horas para em seguida serem armazenados em sacos de papel e mantidos em uma bancada com temperatura ambiente, dentro do LF por um período de 2 a 3 meses até a finalização das análises.

A qualidade dos grãos foi avaliada num primeiro estudo por meio da quantificação visual da incidência de grãos avariados e num segundo estudo por teste de sanidade dos grãos para identificação de fungos infectantes.

3.1 Incidência de grãos avariados

As amostras de grãos de milho foram quarteadas em 250 g, sendo os grãos submetidos à inspeção visual para separação de categorias.

A incidência dos grãos avariados foi determinada conforme critério estabelecido na Instrução Normativa (I.N.) MAPA nº 60/2011 (MAPA, 2013) com base nas categorias de ardidos, fermentados e mofados.

Em cada amostra foi feita a separação manual dos grãos sintomáticos (ardidos, fermentados e mofados) (Figura 1) dos grãos sadios. Os grãos sintomáticos foram pesados e o peso obtido transformado em incidência de grãos avariados.

Figura 1- Categorias de grãos avariados conforme critério estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: ardidos (A), Mofados (B) e Fermentados (C).



Fonte: Produção da própria autora, 2017

Os grãos ardidos têm definição de grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento total, causado por calor, umidade ou fermentação

avançada. Para os fermentados, consiste em grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento parcial do germe ou endosperma causado por calor ou processo fermentativo. Para os mofados, são grãos ou pedaços de grãos que apresentam contaminação fúngica visível a olho nu ou coloração esverdeada/azulada no germe (MAPA, 2013).

Para a análise de grãos avariados os dados foram transformados pelo procedimento de Box-Cox (1964) na safra de 2015/16 e na safra 2016/17 os dados foram transformados pelo procedimento de $Y = \text{sen} \sqrt{x + 1}$ para satisfazer as pressuposições do modelo estatístico.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos, sendo que cada tratamento obteve diferentes repetições. Após a realização da análise de variância (ANOVA) aplicando Teste F, os resultados de médias foram comparados pelo teste de tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS.

Para análise das categorias (ardidos, fermentados e mofados) foi realizada análise não paramétrica através do teste de Kruskal-wallis substituindo a ANOVA. Isso porque, os dados não apresentaram distribuição normal e nem homogeneidade das variâncias mesmo após várias tentativas de transformação dos dados.

Após a realização do teste Kruskal-wallis, os resultados de médias foram comparados pelo teste de Holm a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS.

3.2 Incidência de fungos patogênicos nos grãos

Os grãos de milho das mesmas amostras foram submetidos ao teste de sanidade para a identificação dos principais fungos. Nesta etapa os grãos não foram diferenciados em assintomáticos e sintomáticos, ou seja, foram desinfestados e analisados aleatoriamente.

Foram analisados 200 grãos de cada amostra, distribuídos em oito repetições de 25 grãos, dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado.

Os grãos de cada amostra foram desinfestados com solução de hipoclorito de sódio (1 %) durante dois minutos, com posterior enxágue, com água destilada e estéril para retirada do excesso do hipoclorito. Após, os grãos foram dispostos

dentro de caixas de acrílico tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) esterilizadas (álcool 70%), contendo meio de cultura BDA+A (Batata-Dextrose-Ágar + antibiótico = 200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina) (FERNANDEZ, 1993). As caixas contendo os grãos foram mantidas em câmara de crescimento, com temperatura de 25 °C +/- 2°C e fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro, durante sete dias.

Foi considerado infectado o grão sobre o qual foi possível identificar a colônia ou estruturas dos fungos sob lupa estereoscópica em aumento de 40 vezes. A confirmação da presença dos fungos foi feita com montagem de lâmina em microscópio ótico, analisando-se as estruturas fúngicas e comparando com as descritas na literatura (SHURTLEFF, 1980; WHITE, 1999).

Os dados foram expressos em incidência para cada fungo detectado, de cada região e safra agrícola. Foi realizada análise não paramétrica através do teste de Kruskal-wallis substituindo a ANOVA. Isso porque, os dados não apresentaram distribuição normal e nem homogeneidade das variâncias mesmo após várias tentativas de transformação dos dados.

Após a realização do teste Kruskal-wallis, os resultados de médias foram comparados pelo teste de Holm a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Incidência de grãos avariados

Na safra agrícola 2015/16 a incidência de grãos avariados nas três regiões estudadas não diferiu entre si ($P>0,05$). No entanto, na safra agrícola 2016/17 houve diferença significativa na incidência de grãos avariados comparando as três regiões ($P<0,05$) (Tabela 2).

Na safra agrícola 2015/16 para grãos avariados não houve diferença significativa entre as regiões na média, apresentando valores de 8,09%, 7,81% e 9,31% para as regiões do Vale do Itajaí, Oeste e Planalto Serrano, respectivamente (Tabela 3). Na safra 2016/17 houve diferença significativa entre as regiões na incidência média de grãos avariados, sendo que a região do Vale do Itajaí apresentou menor incidência com 0,48% em relação às regiões Oeste e Planalto Serrano com 2,26% e 5,97%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância (ANOVA) indicando a incidência média de grãos avariados na safra agrícola 2015/16 e 2016/17.

Fontes de variação	Incidência (%)		
	GL	QM	Pr > F
Região	2	0,29	0,8686
Erro	83	2,06	
C.V. (%)	42,61		

Fontes de variação	Incidência (%)		
	GL	QM	Pr > F
Região	2	3,89	<0,0001
Erro	191	0,21	
C.V. (%)	67,85		

Fonte: Produção da própria autora (2017)

Tabela 3 - Incidência média de grãos de milho avariados colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.

Região	Altitude (m)	Incidência (%)	
		2015/16	2016/17
Vale do Itajaí	< 500	8,09 ns	0,48 a
Oeste	501 a 750	7,81 ns	2,26 b
Planalto Serrano	> 751	9,31 ns	5,97 b
Média		8,41	2,90

*Letras seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* ns – não significativo

Para categoria de grãos ardidos na safra 2015/16 não houve diferença significativa na média entre as regiões de produção apresentando valores de 0,33%, 0,18% e 0,29% nas regiões do Oeste, Planalto Serrano e Vale do Itajaí respectivamente. Já na safra agrícola 2016/17 houve diferença entre as regiões, com a região do Planalto Serrano apresentando uma incidência de média de 0,04% sendo superior as regiões do Oeste e Vale do Itajaí com incidência média de 0% para as duas regiões (Tabela 4).

Na categoria de grãos fermentados houve diferença significativa na incidência média entre as regiões nas duas safras. Sendo que a região que apresentou menor incidência media foi o Vale do Itajaí com 4,27% e 0,35% nas safras 2015/16 e 2016/17 respectivamente. As regiões do Oeste e Planalto Serrano apresentaram as maiores incidências nas duas safras, não diferindo entre si. Sendo os valores de 7,00% e 5,66% para as regiões Oeste e Planalto Serrano respectivamente na safra 2015/16, e na safra 2016/17 valores de 1,75% e 1,39% para as regiões Oeste e Planalto Serrano respectivamente (Tabela 4).

Considerando categoria de grãos mofados também foi possível observar diferença estatística entre as regiões nas duas safras agrícolas. Na safra agrícola de 2015/16 a maior incidência média foi na região Oeste com 6,61%, as regiões do Planalto Serrano e do Vale do Itajaí apresentaram incidência média de 1,40% e 1,97% respectivamente, não diferindo entre si. Na safra agrícola de 2016/17 a região do Planalto Serrano apresentou maior incidência média com 4,00%, diferindo estatisticamente da região do Oeste a qual apresentou 1,82% de

incidência média, diferindo também estatisticamente da região do Vale do Itajaí com 0,37% (Tabela 4).

Tabela 4. Incidência média de grãos de milho ardidos, fermentados e mofados colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.

Região		Incidência (%)		
2015/16	Ardidos	Fermentados	Mofados	
Vale do Itajaí	0,29 ns	4,27 b	1,97 b	
Oeste	0,33 ns	7,00 a	6,61 a	
Planalto Serrano	0,18 ns	5,66 ab	1,40 b	
Média	0,26	5,65	3,33	
2016/17				
Vale do Itajaí	0,00 b	0,35 b	0,37 c	
Oeste	0,00 b	1,75 a	1,82 b	
Planalto Serrano	0,04 a	1,39 a	4,00 a	
Média	0,01	1,17	2,06	

*letras seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Holm ($p \leq 0,05$).

*ns – não significativo

Das 84 amostras avaliadas na safra 2015/16 todas apresentaram grãos avariados (Tabela 5), obtendo uma prevalência de 100% de grãos avariados (Figura 2). Dentre as categorias, nesta safra a mais prevalente foi a de grãos fermentados com 98% apresentando 81 amostras fermentadas (Tabela 5), seguidos de mofados com 67 amostras sintomáticas com prevalência de 84% e ardidos com 72% de prevalência com 57 amostras.

Na safra agrícola de 2016/17 das 192 amostras 148 apresentaram grãos avariados obtendo uma frequência de 82,4% (Figura 2), sendo menor que na safra passada. A região que apresentou maior frequência foi a do Planalto Serrano com 67 amostras apresentando grãos avariados das cento e duas amostras (Tabela 5). Dentre as categorias analisadas as que apresentaram maior frequência foram fermentados com 126 amostras fermentadas demonstrando 70% de prevalência,

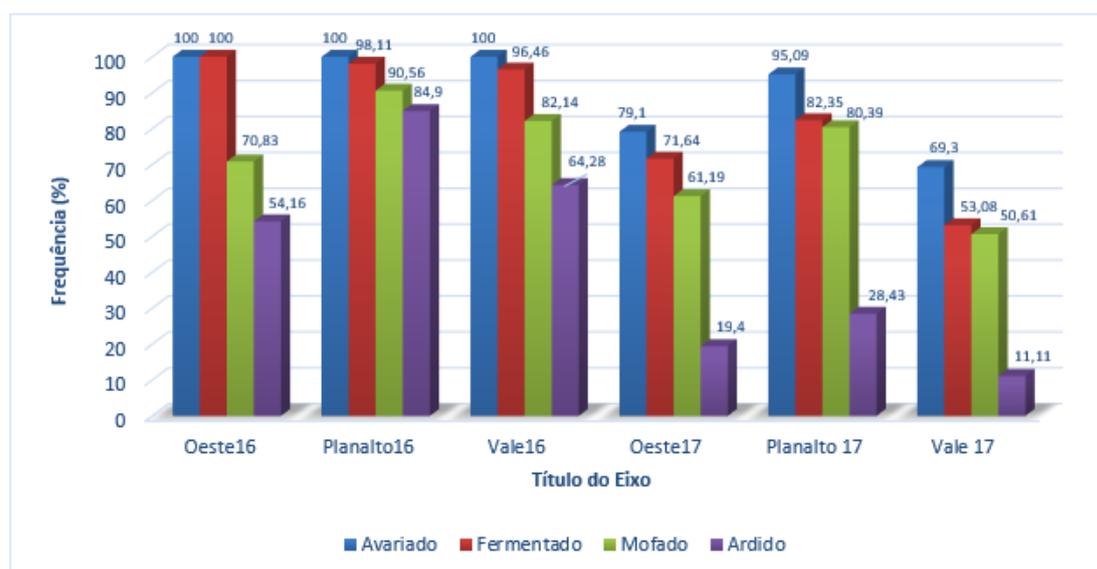
mofados com 116 amostras apresentando 65% de prevalências e ardidos com 37 apresentando a menor prevalência dentre as categorias com 20% (Figura 2).

Tabela 5. Número de amostras de grãos de milho avariados nas categorias de ardidos, fermentados e mofados, colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.

Região	Nº total de amostras	Número de amostras com sintomas			
		Ardidos	Fermentados	Mofados	Avariados
2015/16					
Vale do Itajaí	24	13	23	19	24
Oeste	20	10	19	13	20
Planalto Serrano	40	34	39	35	40
Total	84	57	81	67	84
2016/17					
Vale do Itajaí	60	6	31	30	35
Oeste	60	11	41	34	46
Planalto Serrano	72	20	54	52	67
Total	192	37	126	116	148

Fonte: Produção da própria autora (2017)

Figura 2. Frequência de grãos de milho avariados, ardidos, fermentados e mofados colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.



Fonte: Produção da própria autora (2017)

Embora não tenha sido possível a avaliação estatística entre as duas safras devido a diferença de variáveis entre as duas safras, foi possível observar a diferença na incidência de grãos avariados e ardidos para todas as regiões, sendo maior para a safra agrícola 2015/16. Entre os fatores que podem ter contribuído para esse resultado está a alta precipitação pluviométrica a partir do florescimento até o final do ciclo da cultura (Tabela 6), que correspondeu ao período de outubro a janeiro para região Oeste e Vale do Itajaí, e dezembro a março para a Região do Planalto Serrano. A temperatura máxima durante essa fase se manteve próximo dos 25° C, sendo favorável aos patógenos que causam grãos ardidos.

Para todas as regiões na safra agrícola 2015/16 a incidência média de grãos avariados ultrapassou a tolerância permitida pelas agroindústrias catarinenses de 6%, ficando classificados segundo a Normativa estabelecida pelo MAPA como tipo 2 que tolera até 10%. Essa classificação além de acarretar descontos ao produtor, também influencia no destino da carga, o qual pode ser destinado à fabricação de ração para suínos, aves e gado de leite ou ainda para a exportação.

A alta incidência média de grãos avariados corresponde a alta incidência média de grãos fermentados e mofados para essas regiões, principalmente para a região Oeste do estado, as quais obtiveram as maiores incidências nessas categorias. Este resultado pode estar atrelado ao fato que nesta região além de ter ocorrido alta pluviosidade nessa safra, consiste na região do estado em que se pratica monocultura do milho, o que arreta a uma pressão de inóculo maior em relação as outras regiões. Essa palhada demora para ser mineralizada favorecendo sobrevivência de inóculo dos fungos de uma safra para outra (TRENTO et al., 2002). Em áreas de monocultura e plantio direto, onde o índice de chuvas é elevado desde o período de florescimento até a colheita, o grau de incidência de grãos avariados é elevado (FOUTOURA et al., 2006) prejudicando a qualidade dos grãos produzidos.

Na safra 2016/17 obteve-se uma menor incidência média de grãos avariados em relação à safra anterior, sendo que em todas as regiões a incidência média de grãos avariados não ultrapassou a tolerância permitida pelas

agroindústrias catarinenses, ficando classificados segundo a Normativa estabelecida pelo MAPA como tipo 1. Para as grandes agroindústrias segue-se o padrão 14:6:1 (14 % de umidade, até 6 % de grãos avariados e 1 % de impureza). Até 6 % de grãos avariados na carga o produtor não tem desconto, acima deste valor desconta-se a diferença (Fonte: Informação Pessoal da Alfa de Chapecó-SC).

O fato da menor incidência de grãos avariados em 2016/17 pode ser explicado, pela menor precipitação pluvial ocorrida nesta safra (Tabela 6). Analisando as precipitações pluviais na época de floração, entre outubro a dezembro, registrou-se no ano de 2016 precipitações de 431mm acumulados, distribuídos em 139 mm, 190 mm e 100 mm, respectivamente para outubro, novembro e dezembro na região Oeste, enquanto que em 2015/16 as precipitações no mesmo período foram de 1029 mm (Tabela 6), distribuídas em 319 mm, 258 mm e 351 mm. Assim, em 2016/17 choveu quase 600 mm a menos no período de florescimento e polinização do milho nesta safra. Existem trabalhos que evidenciam que a ocorrência de altas precipitações pluviais, no período final de ciclo da cultura acarreta em um maior desencadeamento de podridões de espiga (SANTOS et al., 2002; FERNANDES; OLIVEIRA, 1997).

A categoria de grãos fermentados obteve maior incidência média na região Oeste para as duas safras, embora na safra 2016/17 sua incidência média tenha ocorrido em menor proporção. Sua maior incidência nessa região pode ser justificada pelo sistema de cultivo predominante na região (monocultivo), sendo que atrelado à alta precipitação e temperaturas em torno de 25° C contribuem para esporulação e infecção de patógenos associados a grãos avariados.

Para a categoria de grãos mofados, sua maior incidência na safra 2016/17 na região do Planalto Serrano, pode ser justificada pelo tempo que o grão fica exposto no campo. De acordo com Pinto (1998), quanto maior o tempo decorrido entre a maturação fisiológica e a colheita, maiores serão os danos causados por fungos, principalmente quando a colheita for precedida de períodos chuvosos. Este fator pode justificar a maior incidência de grãos mofados no Planalto Serrano Catarinense na safra agrícola 2016/17, onde na prática alguns produtores intercalam a colheita entre milho e soja, priorizando a soja, deixando o milho no campo aumentando a janela entre maturação fisiológica e colheita favorecendo a colonização de fungos patogênicos no grão.

Na Safra 2015/16 a região Oeste apresentou maior incidência de grãos mofados, resultado que pode ser justificado por o grão ser colhido com alta umidade, o tempo até a chegada da amostra no laboratório com inoculo vindo do campo apresentou maior incidência desta categoria.

A incidência média de grãos ardidos foi inferior as outras categorias tanto na safra 2015/16 quanto na safra 2016/17, esse resultado pode ser explicado devido a nova classificação estabelecida pelo MAPA. A Portaria N° 845 de 8 de novembro de 1976 considerava grão ardido: o grão fermentado (escurecido) em mais de ¼ de sua área total, na normativa atual Instrução Normativa N° 60 de 2011 considera grão ardido: os grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento total, ou seja, o grão ardido da instrução normativa de 1976 é considerado hoje o grão fermentado (grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento parcial do germe ou do endosperma) aumentando a incidência nesta categoria.

Estes resultados corroboram com os obtidos por (RIBEIRO et al., 2005), que obteve diferentes incidências de grãos ardidos, quando comparadas diferentes safras agrícolas. Esses resultados evidenciaram o efeito do ambiente na incidência de grãos avariados.

Tabela 6 - Dados climatológicos na época de florescimento e polinização do milho nas regiões em estudo no Estado de Santa Catarina

Região		Oeste	Planalto Serrano	Vale do Itajaí
Temperatura (°C)	Normal	20-28 ⁰	15-26 ⁰	20-28 ⁰
	Safra 2015/16	18-28 ⁰	16- 28 ⁰	20-29 ⁰
	Safra 2016/17	20-31 ⁰	17 -30 ⁰	20-29 ⁰
Precipitação acumulada (mm)	Normal	580 ¹	540 ²	411 ¹
	Safra 2015/16	1.029 ¹	803 ²	578 ¹
	Safra 2016/1	431 ¹	482 ²	622 ¹

Fonte: Produção da própria autora (2017)

¹ Precipitação acumulada referente aos meses outubro, novembro, dezembro e janeiro

² Precipitação acumulada referente aos meses novembro, dezembro, janeiro e fevereiro

4.2 Incidência de fungos patogênicos

A identificação dos patógenos revelou uma porcentagem de grãos com incidência fúngica variando de 0% a 30,63%, na safra agrícola 2015/16 (Tabela 6) e 0% a 24% na safra 2016/17 (Tabela 7).

Nas duas safras estudadas houve incidência dos principais fungos patogênicos causadores de podridão de espiga *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum* e *Stenocarpella spp.* Sendo detectados também *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* e *Nigrospora sp.*

Na safra agrícola 2015/16 safra o fungo *Fusarium graminearum* agente causal da podridão da giberela apresentou incidência apenas na região do Planalto Serrano e no Vale do Itajaí, com 0,69% e 0,04% respectivamente, diferindo entre si. Já na safra 2016/17 este fungo apresentou incidência média em todas as regiões, sendo que a região do Planalto Serrano apresentou maior incidência com 3,46% diferindo estatisticamente das outras regiões que demonstraram incidência de 2,13% e 1,88% para região Oeste e Vale do Itajaí respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 7).

Para o fungo *Fusarium verticillioides* agente causal da fusariose tanto na safra 2015/16 quanto na safra 2016/17 apresentou incidência para todas as regiões. Sendo que na safra agrícola de 2015/16 sua maior incidência foi na região do Planalto Serrano com 28,03% diferindo estatisticamente das outras regiões Oeste e Vale do Itajaí que demonstraram 23,8% e 26,69% respectivamente. Na safra agrícola 2016/17 a maior incidência apresentada foi na região do vale do Itajaí com 24,81% diferindo estatisticamente das regiões do Planalto Serrano e Oeste com respectivas incidências medias de 21,02% e 22,29% (Tabela 7).

O fungo *Stenocarpella spp* obteve na safra agrícola 2015/16 incidência maior nas regiões do Oeste e Planalto Serrano com 3,45% e 2,23% respectivamente. Na safra agrícola 2016/17 sua incidência foi menor que a safra anterior apresentando a incidência média de 0,74% 0,27% e 0,38% para as regiões do Oeste, Planalto Serrano e Vale do Itajaí respectivamente.

Na safra agrícola 2015/16 o fungo que obteve maior incidência média foi *Aspergillus sp.* fungo que pode se desenvolver no campo, mesmo sendo considerado um patógeno de armazenamento. Sua maior incidência média foi

detectada na região Oeste com 30,63% diferindo estatisticamente das outras regiões que apresentaram incidência média deste fungo de 3,87% na região do Planalto Serrano e 2,14% na região do Vale do Itajaí (Tabela 7). Na safra 2016/17 sua incidência foi menor, sendo observado 1,39% na região do Planalto Serrano, diferindo estatisticamente das outras regiões do Oeste e Vale do Itajaí com incidências médias de 8,39% e 8,84% respectivamente (Tabela 7).

O fungo *Penicillium* sp. também considerado um fungo de armazenamento, apresentou incidência nas duas safras, sendo que na safra 2015/16 obteve uma proporção menor em relação à safra 2016/17. Na safra 2015/16 as regiões que apresentaram maior incidência média foram Planalto Serrano e Vale do Itajaí com 3,53% e 3,27% respectivamente, diferindo estatisticamente da região do Oeste com 1,38% de incidência média. Na safra 2016/17 ocorreu que a região Oeste apresentou maior incidência média com 15,94%, diferindo estatisticamente das regiões do Planalto Serrano (12,69%) e Vale do Itajaí (11,68%) (Tabela 7).

Outro fungo detectado com incidência proporcional aos outros fungos causadores de grãos ardidos foi o patógeno *Nigrospora* sp. obtendo incidência nas duas safras. Na safra agrícola 2015/16 a região do Planalto Serrano obteve maior incidência média com 5,71% diferindo estatisticamente das outras regiões (Tabela 7). Na safra agrícola 2016/17 a região que obteve maior incidência média desse fungo foi no Vale do Itajaí com 9,09%, diferindo estatisticamente da região do Planalto Serrano que apresentou incidência de 7,33%, diferindo também da região do Oeste do estado com 3,96% de incidência média.

Nas duas safras estudadas foram detectados diversos fungos entre eles: *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp, *Nigrospora* sp, *Bipolaris* sp, *Cladosporium* sp, *Cephalosporium* spp, sendo que os que tiveram maior prevalência foram *F. verticillioides*, *Aspergillus* spp, e *Penicillium* sp.

Tabela 7. Incidência principais fungos detectados em grãos de milho provenientes de diferentes regiões do estado de Santa Catarina na safra 2015/16 (105 amostras) e 2016/17 (250 amostras).

Região	Incidência (%)					
	<i>Asp</i>	<i>F.g.</i>	<i>F.v.</i>	<i>Nig</i>	<i>Pen</i>	<i>Sten</i>
2015/16						
Vale	2,14 c	0,04 b	26,69 b	0,56 b	3,27 a	1,17 b
Oeste	30,63 a	0,00 b	23,80 b	1,33 b	1,38 b	3,45 a
Planalto	3,87 b	0,69 a	28,03 a	5,71 a	3,53 a	2,23 a
2016/17						
Vale	8,84 a	1,88 b	24,81 a	9,09 a	11,68 b	0,38 b
Oeste	8,39 a	2,13 b	22,29 b	3,96 c	15,94a	0,74 a
Planalto	1,39 b	3,46 a	21,02 b	7,33 b	12,69 b	0,27 b

*letras seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Holm ($p \leq 0,05$).

Das 84 amostras avaliadas na safra 2015/16 o fungo *Fusarium verticillioides* apresentou 65 amostras infectadas (Tabela 8), demonstrando frequência de 83% para a região Oeste e Planalto Serrano e 78% no Vale do Itajaí (Figura 3A). Na safra 2016/17 a frequência desse patógeno foi de 100% para região Oeste e Vale do Itajaí, sendo o patógeno com maior frequência nas duas safras.

O fungo *Nigrospora* sp apresentou baixa incidência média em todas as regiões. Mesmo assim, foi possível observar sua maior prevalência na safra 2016/17 em relação à safra 2015/16 (Figura 3), principalmente na região do Vale do Itajaí, sendo que das 60 amostras analisadas desta região 53 apresentaram infecção por *Nigrospora* sp (Tabela 8) com uma frequência de 88,8% (Figura3)

Os outros fungos agentes causais de Podridões de espiga como *F. graminearum*, *S. maydis* e *S. macrospora* apresentaram prevalência inferiores em relação aos outros patógenos. *F. graminearum* obteve uma prevalência proporcionalmente maior na safra 2016/17 que na safra 2015/16 em todas as regiões, principalmente na região do Planalto Serrano com 76% e 7% na safra 2015/16 (Figura 3).

Para *S. maydis* e *S. macrospora* sua maior prevalência foi na safra 2015/16 para as do Vale do Itajaí (50%) e Planalto Serrano (49%) mesmo apresentando incidências médias baixas (Figura 3).

O fungo *Aspergillus* spp além de apresentar uma elevada incidência média na safra 2015/16 na região Oeste do estado, também apresentou uma alta frequência igualando *F. verticillioides* com 83% (Figura 3) sendo que das 20 amostras avaliadas desta região 16 apresentaram infecção por *Aspergillus* spp. (Tabela 8). Na safra 2016/17 sua incidência média foi menor nessa região em proporção a safra passada, porém permanecendo uma alta prevalência com 76% (Figura 3).

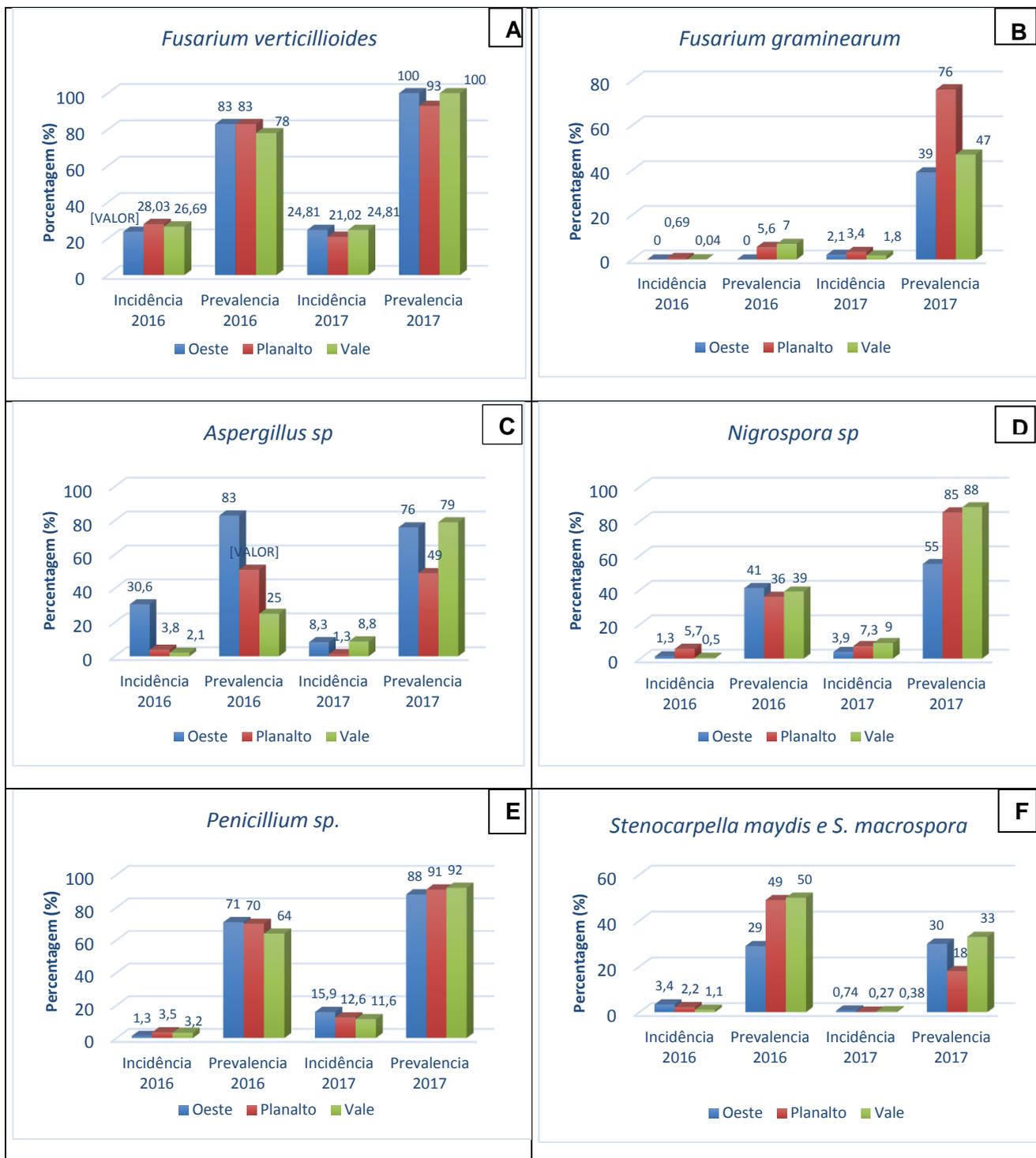
O fungo comumente de armazenamento *Penicillium* sp obteve uma maior frequência na safra agrícola 2016/17 em todas as regiões com 92%, 91% e 88% para as regiões do Vale do Itajaí, Planalto Serrano e Oeste respectivamente (Figura 3). Sendo que na safra anterior sua prevalência não ultrapassou 70%.

Tabela 8. Número de amostras de grãos de milho infectadas pelos fungos *Aspergillus* sp, *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Nigrospora*, *Penicillium* sp, e *Stenocarpella* spp., colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.

Região	Nº total de amostras	Número de amostras infectadas					
		<i>Asp</i>	<i>F.g</i>	<i>F.v</i>	<i>Nig</i>	<i>Pen</i>	<i>Sten</i>
2015/16							
Vale do Itajaí	24	3	1	18	7	14	12
Oeste	20	16	0	16	6	20	6
Planalto Serrano	40	14	2	31	1	13	10
Total	84	33	3	65	14	47	28
2016/17							
Vale do Itajaí	43	43	22	60	53	55	20
Oeste	44	44	22	60	33	52	17
Planalto Serrano	37	37	54	67	61	65	13
Total	124	124	98	187	147	172	50

Fonte: Produção da própria autora (2017)

Figura 3. Incidência e prevalência média de *Fusarium verticillioides* (A), *Fusarium graminearum* (B), *Aspergillus* sp (C), *Nigrospora* sp (D), *Penicillium* sp (E), *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora* (F), colhidos em regiões catarinenses nas safras 2015/16 e 2016/17.



Fonte: Produção da própria autora (2017)

No presente estudo, a predominância da espécie *Fusarium verticillioides* nas amostras está de acordo com levantamentos prévios em grãos e sementes de milho de várias regiões do Brasil. Por exemplo, (ONO et al; 2000) analisaram 150 amostras, colhidas entre os anos de 1995 e 1996 em três regiões do estado do Paraná (Centro-sul, Centro-oeste e Norte) e observaram que *F. verticillioides* foi a espécie com maior prevalência, detectada em 74% das amostras da região Centro-sul, 86% no Centro-oeste e 100% do Norte do Paraná.

Em outro levantamento, (GOULART; FIALHO, 1999) analisaram 313 amostras de milho colhidas entre os anos de 1993 a 1997 e oriundas de experimentos e lavouras da região de Dourados, estado do Mato Grosso do Sul. Os autores também relataram prevalência de *F. verticillioides* em 100% das amostras, com incidência média de 56,7%. Ottoni, (2008) analisou 100 amostras de milho de diferentes regiões do Brasil, da safra e safrinha dos anos de 2006 e 2007, e constatou 100% de prevalência de *F. verticillioides*, com incidência média de 52% na safra e 62% na safrinha de 2006 e 45% e 83% para safra e safrinha em 2007, respectivamente. Buiate et al. (2008), na região do Centro-Oeste do Brasil, também confirmou a alta frequência de *Fusarium* em grãos de milho, por meio da análise de amostras de grãos de híbridos de milho em quatro municípios do Triângulo Mineiro em experimentos conduzidos entre março de 2005 e fevereiro de 2007. Foram avaliados 96 híbridos no primeiro ano e 84 no segundo pelo método do papel filtro. A espécie observada com maior frequência foi *F. verticillioides*, em todos os locais.

A alta incidência de *F. verticillioides* pode ser explicada com base nas características do fungo, que apresenta elevada taxa de esporulação, dispersão (MENDES et al., 2011) e várias vias de infecção que em condições de umidade e temperatura mais elevadas (BENTO et al., 2012) intensificam a incidência do patógeno.

Para o fungo *F. graminearum* os resultados coincidem com outros trabalhos de levantamento de fungos em grãos e sementes de milho. Trento et al. (2002) avaliaram a incidência de fungos em grãos de milho de dois sistemas de cultivo (rotação de culturas e monocultura) no Rio Grande do Sul. Estes autores verificaram uma baixa incidência de *F. graminearum* em relação a *F. verticillioides* em ambos os sistemas, o que foi atribuído ao baixo índice de precipitação pluvial

ocorrido no período de estudo. Neste estudo mesmo com alto pluviosidade a incidência média permaneceu baixa em todas as regiões (Tabela 6).

As condições de maior umidade, temperaturas amenas e chuvas frequentes após a polinização podem favorecer a ocorrência de *F. graminearum* (Wordell, CASA; 2012), nesse trabalho as amostras da safra agrícola 2016/17 na região do Planalto Serrano apresentaram uma maior prevalência em relação as outras regiões a qual possui maior altitude e clima mais ameno.

Nas duas safras agrícolas o gênero *Stenocarpella* foi detectado com menor incidência em comparação aos outros patógenos. No campo, essa baixa incidência pode ser consequência das condições não favoráveis ao seu desenvolvimento e a utilização de fungicidas (CARVALHO et al., 2004). Dos patógenos causadores de podridões de espiga, *Stenocarpella* é o único fungo que pode ser controlado na folha, por ser o agente causal da mancha da macrospora. As misturas de triazóis + estrobilurinas controlam em média 75% a severidade da doença, enquanto que os produtos isolados como as estrobilurinas reduzem 62%, os benzimidazóis 55% e os triazóis 38% na ação curativa (BAMPI et al., 2012).

A literatura nacional menciona o milho como sendo o único hospedeiro de *Stenocarpella* (Reis et al; 2004), sendo assim há menor número de hospedeiros em relação aos outros patógenos. Porém, mesmo com baixa incidência, a região que obteve maior incidência média foi o Oeste catarinense, devido ao sistema utilizado de plantio direto junto com a monocultura do milho (único hospedeiro) nessa região. O posicionamento da palha sobre o solo torna sua decomposição mais lenta, o que aumenta o período de sobrevivência dos patógenos necrotróficos durante a fase saprofítica (CASA et al; 2006).

A presença de espécies de fungos do gênero *Aspergillus* nos grãos oriundos da lavoura é considerada uma fonte de inóculo para o milho a ser armazenado. Na safra agrícola 2015/16 o fungo apresentou máxima incidência média na região Oeste do Estado, região que apresentou máxima precipitação acumulada no período de florescimento até colheita (Tabela 6). Essa alta precipitação pluviométrica, com o atraso na colheita e espigas mau empalhadas podem ter colaborados para a infecção do patógeno ainda no campo.

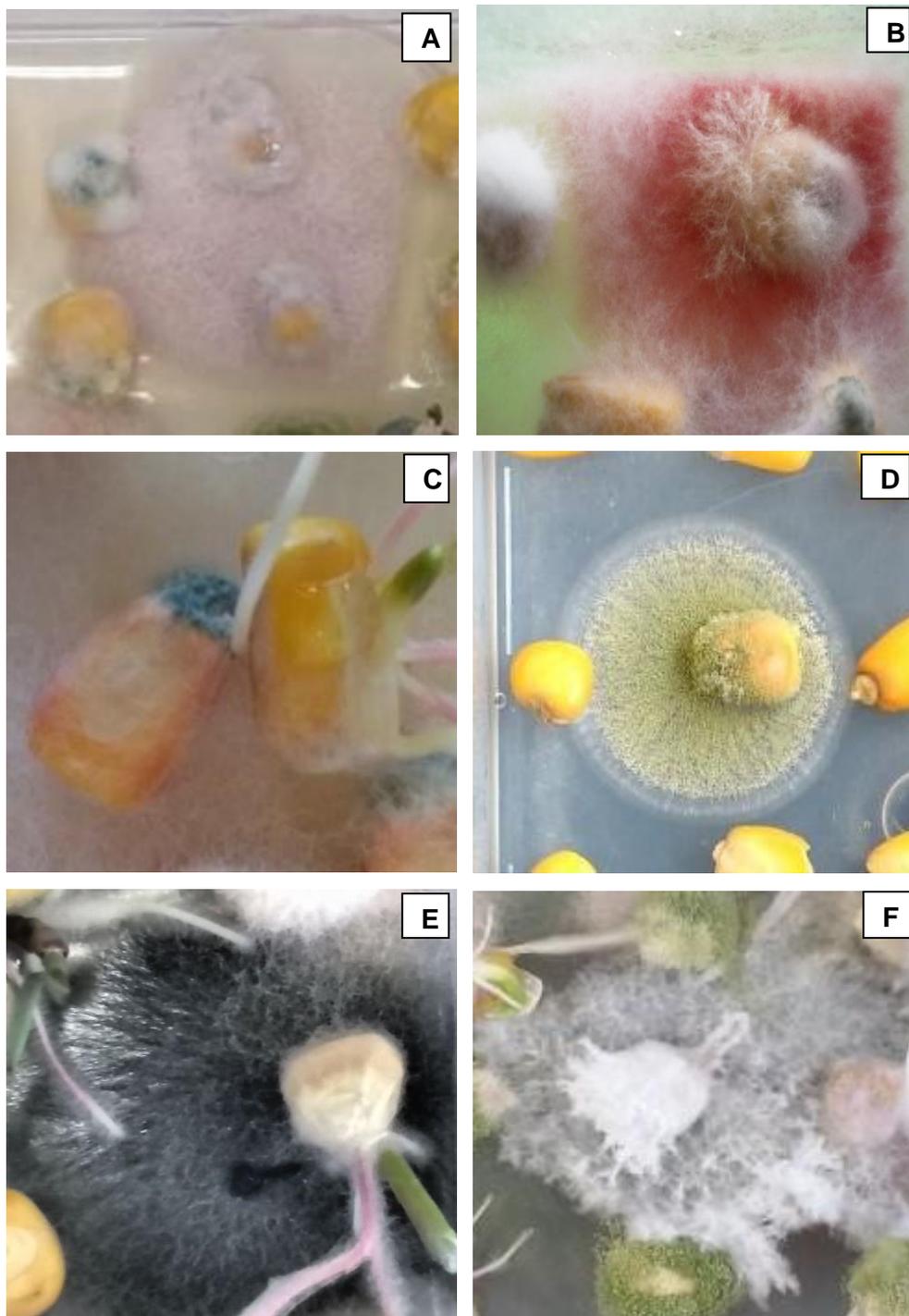
A alta incidência de *Aspergillus* spp. na safra 2015/16 corroboram com relatos de representantes técnicos de algumas cooperativas da região Oeste do

estado, os quais afirmaram nessa safra ter uma maior incidência de aflatoxinas no milho destinado ao arracoamento de suínos e aves.

Outro fungo que apresentou alta incidência foi *Penicillium* sp., presente em quantidade significativa em todas as três regiões, com maior incidência na região Oeste principalmente na safra agrícola 2016/17. O gênero *Penicillium* sp. é de importância secundária, geralmente contaminando os grãos no armazenamento, não afetando, portanto, a produtividade líquida. Porém, a alta incidência média sugere que este fungo tenha contaminado as amostras no campo, mesmo que esta safra tenha apresentado precipitação acumulada relativamente menor comparada a safra anterior.

A elevada incidência encontrada neste trabalho para os fungos *Penicillium* e *Aspergillus* possivelmente deve-se ao fato de algumas amostras de grãos serem provenientes de cargas com alta umidade e ainda o grão ser acometido por danos mecânicos durante a colheita, favorecendo a contaminação por fungos desses gêneros (BARROZO et al., 2011).

Figura 4 – Grãos infectados por: *Fusarium verticillioides* (A), *Fusarium graminearum* (B), *Penicillium* sp (C), *Aspergillus* sp (D), *Nigrospora* sp (E), *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora* (F)



Fonte: Produção da própria autora (2017)

5 CONCLUSÃO

Na safra agrícola 2015/16 não houve diferença entre as regiões para a incidência média de grãos avariados, sendo grãos fermentados a categoria de maior incidência.

Para todas as regiões na safra agrícola 2015/16 a incidência média de grãos avariados ultrapassou a tolerância permitida pelas agroindústrias catarinenses de 6%, ficando classificados segundo a Normativa estabelecida pelo MAPA como tipo 2. Na safra 2016/17 obteve-se uma menor incidência média de grãos avariados em relação à safra anterior ficando classificada como tipo 1.

O fungo que obteve maior prevalência foi *Fusarium verticillioides* nas três regiões, e nas duas safras estudadas.

O fungo *Aspergillus* spp. e *Penicillium* sp obtiveram maiores incidências na região Oeste, sendo *Aspergillus* spp na safra 2015/16 e *Penicillium* sp na safra 2016/17.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No levantamento realizado foi possível observar a diferença na incidência de grãos avariados entre as duas safras, independente das regiões. Na safra onde ocorreu maior precipitação acumulada durante o período do florescimento até a colheita, foi obtido maior incidência de grãos avariados. Sugestiona-se estudos que se consiga o mesmo número de amostras para todas as regiões, dos mesmos municípios, sendo os mesmos sistemas de cultivos para uma avaliação mais criteriosa.

Dentre as categorias estabelecidas pelo MAPA, obteve-se maior prevalência e incidência média para grãos fermentados em todas as regiões, a maior incidência desta categoria está relacionada com a atual Normativa IN N° 60 estabelecida pelo MAPA, sendo mais criteriosa em relação ao percentual de grãos avariados e grãos ardidos limitantes.

O fungo *Fusarium verticillioides* continua sendo o fungo de maior prevalência e incidência média, sendo assim, devido as suas várias vias de infecção sugestiona-se estudos que abranjam tratamento de sementes eficazes para erradicar o fungo, estudos com híbridos que possam ter resistência a podridão de espiga para esse patógeno.

Devido à alta incidência e prevalência dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, se sugerem estudos em relação a condições de ambiente como precipitação e temperatura favorável para esporulação e infecção desses fungos no campo.

7 REFERÊNCIAS

ABBAS, H.K.; WILKINSON, J.R.; ZABLOTOWICZ, R.M.; ACCINELLI, C. ABEL, C.A.; BRUNS, H.A.; WEAVER, M.A. Ecology of *Aspergillus flavus*, regulation of aflatoxin production, and management strategies to reduce aflatoxin contamination of corn. **Toxin Reviews**, London, v.28, p.142– 153, 2009

ALAKONYA, A.E.; MONDA, E.O.; AJANGA, S. Effect of Delayed Harvesting on Maize Ear Rot in Western Kenya. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v.4, n.3, p.372-380, 2008. Disponível em: <[http://www.idosi.org/aejaes/jaes4\(3\)/16.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes4(3)/16.pdf)>. Acesso em: 02 junho 2017.

ALMEIDA, A. P. CORRÊA, B.; MALLOZZI, M.A.B.; SAWAZAKI, E.; SOARES, L.M.V. Mycoflora and fumonisin contamination in Brazilian corn from sowing to harvest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 3877-3882, 2002.

ALVES, E.N.T.D.; VERDOLIN, A.L.G.; COSTA, R.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D., SILVA, O.A. Alternativas de controle para redução de grãos ardidos na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, p. 2012.

AMAIKE, S.; KELLER, N.P. *Aspergillus flavus*. **Annual Review of Phytopathology, Palo Alto**, v. 49, p. 107-133, Sept. 2011.

ASCHERI, J.L.R.; GERMANI, R. Protocolo de qualidade do milho: **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, Rio de Janeiro, v.59, p.23, 2004

BAMPI, D.; CASA, R.T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; BOLZAN, J.M.; PILETTI, G. Desempenho de fungicidas no controle da mancha-da-macrospora na cultura do milho. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.4; p.319-322, 2012.

BANKOLE, S.A.; ADEBANJO, A. Mycotoxins in food in West Africa: current situation and possibilities of controlling it. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island v.2, p.254-263, 2003.

BARBOSA, C.A. **Manual da Cultura do Milho**. Viçosa: AgroJuris, 199p., 2010

BARROS, F. C.; JULIATTI, F. C. Levantamento de fungos em amostras recebidas no laboratório de micologia e proteção de plantas da Universidade Federal de Uberlândia no período 2001-2008. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, p.77-86, 2012.

BARROZO, L.M.; GOMES, D.P.; SILVA, R.P.; ROSA, M.S.; SALUN, J.D.; SILVA, B.M.S. Qualidade física e sanitária de sementes de *Zea mays* L. colhidas por colhedoras radiais. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v.2, p.239-246, 2011.

BENTO, L.F.; CANEPPELE, M.A.B.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; KOBAYASTI, L.; CANEPPELE, C.; ANDRADE, P.J. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.71, p.44-49, 2012

Box, G. E., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series B (Methodological), 211-252.

BRASIL- Leis e decretos. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011, **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção I, p.3, 2011.

BUIATE, E. A. S. et al. Reação de híbridos de milho e levantamento dos principais fungos associados ao complexo de patógenos causadores de “grão ardido” em Minas Gerais. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 2, n. 1, 2008.

BRITO, A. H.; PEREIRA, J. L. de A. R.; VON PINHO, R. G.; BALESTRE, M. Controle químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.1, p. 49-59, 2012.

CARVALHO, M.C.; MACHADO, J.C.; VON PINHO, R.E.V.; POZZA, E.A.; PRADO, P.E.R. Relação do tamanho das sementes de milho e doses de fungicida no

controle de *Stenocarpella maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, p.389-393, 2004.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; ZAMBOLIM, L. Dispersão vertical e horizontal de conídios de *Stenocarpella macrospora* e *Stenocarpella maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, p.141-147, 2004.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; ZAMBOLIM, L. Doenças do milho causadas por fungos do Gênero *Stenocarpella*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, p.427-439, 2006.

CASA, R.T.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v.33, p.353-357, 2007.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; KUHNNEN JR, P.R.; BOLZAN, J.M. Controle de doenças do milho em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.112, p.15-21, 2009.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; KUHNEM, P.R.; HOFFMANN, L.L. **Doenças do milho: guia de campo para identificação e controle**. Lages, p.82, 2016.

CHULZE, S.N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 27, p. 651–657, 2010.

COSTA, R. S. et al. Relação entre características morfológicas da cariopse e fusariose em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 27-33, 2003.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento**. Ago. 2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

COSTA R. V. da; COTA, L. V.; CRUZ, J. C.; SILVA, D. D.; QUEIROZ, V. A. V. de; GUIMARÃES, L. J. M.; MENDES, S. M. Recomendações para a redução da incidência de grãos ardidos em milho. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 38**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 22p., dez 2011.

COSTA R. V. da; COTA, L. V.; ROCHA, L. M. P da; NOLASCO, A. A. R.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, P. Recomendação de Cultivares de Milho para a Resistência a grãos ardidos. **Circular Técnica 154**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 8p., set. 2010a.

DILKIN, P.; MALLMANN, C.A.; SANTURIO, J.M.; HICKMANN, J.L. Classificação macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de aflatoxinas em híbridos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.137-141, 2000.

DILKIN, P.; MALLMANN, C. A.; ALMEIDA, C. A. A. Production of fumonisins by strains of *Fusarium moniliforme* according to temperature, moisture and growth period. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.33, n. 2, p.111-118, 2002.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção do milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, Campinas, 2004. 360 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Disponível em: <<http://fao.org/newsroom/en/news/2008/1000820/index.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P. **Manejo de doenças na cultura do milho safrinha**. Campinas: Instituto Agrônomo, 99p., 2009.

FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. de. Principais doenças na cultura do milho. Embrapa-CNPMS. **Circular Técnica, 26**. Sete Lagoas, 1997.

FINGSTAG, M.D.; CASA, R.T.; BEVILAQUA, D.; KUHNE, P.R.; VALENTE, J.B.; DESCHAMPS, S. Aplicação de fungicida no espigamento do milho visando controle da podridão de espiga de giberela. **Embrapa milho e sorgo**. 2016

FIGUEIRA, E. L. Z. et al. Milho: riscos associados a contaminação por *Fusarium verticillioides* e fumonisina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 359- 378, 2003.

FOUTOURA, D. DA.; STANGARLIN, J.R.; TRAUTMANN, R.R.; SCHIEMER, R.; SCHWANTES, D.O.; ANDREOTTI, M. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho safrinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.28, n.4, p.545-551, 2006.

GOULART, A. C. P., FIALHO, W. F. B. Incidência e controle de *Fusarium moniliforme* em sementes de milho. **Informativo ABRATES**, Londrina, n. 9, p. 110, 1999.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; SAMPAIO, A.A.M. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e característica de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.1, p.183-190, 2007

HORN, B.W.; DORNER, J.W. Effect of nontoxigenic *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* on aflatoxin contamination of wounded peanut seeds inoculated with agricultural soil containing natural fungal populations. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 19, p. 249-262, 2009.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER/WORLD HEALTH ORGANIZATION (IARC). **Improving Public Health Through Mycotoxin Control**. Geneva, Switzerland, 2012

ÍNDIX FUNGORUM - Landcare Research e RBG. Kew: **Mycology**, 2016. Disponível em: Acesso em 05.07.2017.

JARDINE, D.F.; LACA-BUENDIA, J.P. Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho. **FAZU em Revista**, Uberaba, v.6, p.11-52, 2009.

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F; SOUZA, P. P de; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, Apr./June de 2007.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: Ceres, 2005.

LEE, K.; KIM, B.H.; LEE, C. Occurrence of *Fusarium* mycotoxin beauvericin in animal feeds in Korea. **Animal Feed Science and Technology**, v.157, n.3-4, p.190-194, 2010.

LESLIE, J.F.; SUMMERELL, B.A. **The Fusarium Laboratory manual**. Ames: Blackwell, 2006. 388p.

LUZ, W. C. Diagnose e controle das doenças da espiga de milho no Brasil. **Circular técnica 5**, Embrapa Trigo (CNPT), Passo Fundo, 28p., 1995.

MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 119, p. 131-139, 2007

McGEE, D. C. **Maize diseases: a reference source for seed technologists**. Saint Paul: The American Phytopatological, 150p., 1988.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil projeções do agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. Brasília, 2012.

MARIO, J.L.; REIS, E.M. Método simples para diferenciar *Diplodia macrospora* de *D. maydis* em Testes de patologia de sementes de milho. **Fitopatologia Brasileira**. p. 670- 672,2001.

MENDES, M.C.; VON PINHO, R.G.; MACHADO, J.C.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FALQUETE, J.C.F. Qualidade sanitária de grãos de milho com e sem inoculação a campo dos fungos causadores de podridões de espiga. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.5, p.931-939, 2011.

Munhoz, A.T.; Carvalho, R.V.; Querales, P.J.; Gonçalves, F.P.; Camargo, L.E.A. Relação entre resistência de linhagens tropicais de milho à podridão de espiga e ao acúmulo de fumonisinas provocados por *Fusarium verticillioides*. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.2, p.144-148, 2015.

MUNKVOLD, G.P. Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. **Plant Pathology**, v. 109, p. 705-713, 2003.

MUNKVOLD G.P.; DESJARDINS A.E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence? **Plant Disease**, v.81, p.556–564, 1997.

NAYAKA, S.C.; SHANKAR, A.C.; REDDY, M.S.; NIRANJANA, S.R.; PRAKASH, H.S.; SHETTY, H.S.; MORTENSEN, C.N. Control of *Fusarium verticillioides*, cause of ear rot of maize, by *Pseudomonas fluorescens*. **Pest Management Science**, London, v. 65, p. 769–775, 2009.

NERBASS, F. R; CASA, R. T.; ANGELO, H. R. Sanidade de sementes de milho comercializadas na safra agrícola de 2006/07 em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 7, n. 1, p. 30-36, 2008

NDOYE, M., ZHANG, J-B., WANG, J-H., GONG, A-D., LI, H-P., QU, B., LI, S-J. & LIOU, Y-C. Nivalenol and 15-acetyldeoxynivalenol chemotypes of *Fusarium graminearum* clade species are prevalent on maize throughout China. **Journal of Phytopathology** 160: 519-524, 2012.

OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. de A.; FERREIRA, A. da S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVÃO e MIRANDA. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, p. 227-267, 2004

OLIVEIRA, F.S.; CASA, R. T.; GHELLER, A. Grãos ardidos em híbridos de milho produzidos em Santa Catarina. **VII Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão**. Xanxerê, SC. 2009.

ONO, E. Y. S. et al. Effect of climatic conditions on natural mycoflora and fumonisins in freshly harvested corn of the State of Paraná, Brazil. **Mycopathologia**, New York, v. 147, p. 139–148, 2000

ONO, E. Y. S. et al. Fumonisins in Corn: Correlation with *Fusarium* sp. count, damaged kernels, protein and lipid content. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, p. 63-71, 2006

ORSI, R. B. et al. Mycoflora and occurrence of fumonisins in freshly harvested and stored hybrid maize. **Journal Stored Products Research**, Amsterdam, v. 36, p. 75–87, 2000.

OTTONI, R. J. **Análise da incidência de *Fusarium* spp. toxigênico e de níveis de fumonisinas em grãos ardidos de milho híbrido**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Circular Técnica**, n. 75, p. 1-6, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2017

PEREIRA, O. A. P. et al. Doenças do milho (*Zea mays*). In: **MANUAL de fitopatologia**. Piracicaba: cap. 55, p. 477-488, 2005

PINTO, N. F. J. A. Controle de patógenos em grãos de milho armazenados. **Summa Phytopathologica**, v.22, n.1, p.77-78, 1996.

PINTO, N. F. J. de A. Patologia de Sementes de Milho. **Circular Técnica 29**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 44p., 1998.

PINTO, N. F. J. de A. Grãos ardidos em milho. **Circular Técnica 66**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 6p., 2005.

PINTO, N. F. J. de A. Reação de cultivares com relação à produção de grãos ardidos em milho. **Comunicado Técnico 144**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 4p., dez. 2007.

PITT, J. I. A laboratory guide to common *Penicillium* species. Australia: **Food Science Australia a Joint Venture of CSIRO and AFISC**, 2002. 197 p.

PITT, J.I.; HOCKING, A.D. **Fungi and food spoilage**. 2nd ed. Lodon: Blackie Academic and Professional, 2009. 540p.

REID, L.M.; HAMILTON, R.I.; MATHER, D.E. Screening maize for resistance to *Gibberella* ear rot. Agric. **Agri-Food Can.** Tech. Bull. Publ. 196, 1996.

REID, L.M., NICOL, R.W., OUELLET, T., SAVARD, M., MILLER, J.D., YOUNG, J.C., ATEWART, D.W.; SCHAAFSMA, A.W. Interaction of *Fusarium graminearum* and *F. moniliforme* in maize ears: Disease Progress, Fungal Biomass, and Mycotoxin Accumulation. **Phytopathology**, v.89, p.1028-1037, 1999.

REIS, E.M.; CASA, R.T. Controle de doenças fúngicas na cultura do milho em plantio direto. In: Borges, G. & Borges, L.D. (Eds.) Seminário sobre tecnologia de

produção e comercialização do milho **Resumo de Palestras**, Passo Fundo, RS. p. 62-71, 2000.

REIS, E.M., CASA, R.T. Manejo de doenças em milho safrinha. **In: COODETEC/Bayer CropScience. Novas tecnologias: safrinha milho.** p. 21-47. 2002.

REIS, E.M.; MÁRIO, J.L. Quantificação do inóculo de *Diplodia macrospora* e de *D. maydis* em restos culturais, no ar, e sua relação com a infecção em grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, p.143-147. 2003.

REIS, E.M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças de milho.** 2.ed. Lages: Garaphel, 141 p., 2004.

REIS, E.M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

RIBEIRO, N. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; MOREIRA, E. N.; WILLE, L. A. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.5, p.1003-1009, 2005.

ROSA, C. A. R.; KELLER, K. M.; KELLER, L. A. M., et al. Mycological survey and ochratoxin: A natural contamination of swine feedstuffs in Rio de Janeiro State, Brazil. **Toxicon**, v.53, p.283- 288, 2009.

SALGADO, I.M., CARVALHO, P.C.T. Fungos toxigênicos associados a cereais. Levantamento da micoflora associada a milho, trigo e arroz. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 11, p. 60-63, 1980

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168, 2000.

SANGOI et al. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1021-1029, nov-dez, 2003.

SANTOS, P.G.; JULIATTI, F.C.; BUIATTI, A.L.; HAMAWAKI, O.T. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.597-602, 2002.

SEGALIN, M.; REIS, E.M. Semi-selective medium for *Fusarium graminearum* detection in seed sample. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.36, n.4, p.338-341, 2010.

SCUSSEL, V.M., BEBER, M. & TONON, K.M. Efeitos da infecção por *Fusarium/Gibberella* na qualidade e segurança de grãos, farinhas e produtos derivados. In: **Seminário sobre Giberela em Cereais de Inverno**. Passo Fundo: Berthier, p. 131-164, 2011.

STUMPF, R.; SANTOS, J.; GOMES, L.B.; SILVA, C.N.; TESSMANN, D.J.; FERREIRA, F.D.; MACHINSKI JUNIOR, M.; DEL PONTE, E.M. *Fusarium* species and fumonisins associated with maize kernels produced in Rio Grande do Sul State for the 2008/09 and 2009/10 growing seasons. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 44, p. 89-95, 2013.

SUTTON B.C.; WATERSTON, J.M. *Diplodia macrospora*. London: C.M.I. 1966a. Não Paginado. (C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria, 83).

SUTTON B.C.; WATERSTON, J.M. *Diplodia maydis*. London: C.M.I. 1966b. Não Paginado. (C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria, 84).

SWEETS, L. E.; WRIGHT, S. **Integrates Pest Management: Corn disease**. University of Missouri, p.23, 2008.

TANIWAKI, M. H.; SILVA, N. **Fungos em Alimentos**: ocorrência e detecção. Campinas: Nucleo de Microbiologia ITAL, 2001. 82p.

TARR, S.A.J. **Diseases of sorghum, sudan grass and broom corn**. The Common Wealth Mycological Institute. Kew, Surrey. 380 p. 1962.

TRENTO, S.M., IRGANG, H.H.; REIS, E.M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.27, p.609-613, 2002.

USDA, United States Department of Agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Disponível em: <www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>. Acesso em 3 jul de 2017.

WICKLOW, D. T. Taxonomic Features and Ecological Significance of Sclerotia. In: DIENER, U. L.; ASQUITH, R. L.; DICKENS, J. W. (Org.). **Aflatoxin and Aspergillus flavus in corn**. p.6-12 Alabama, 1983.

WHITE, D.G. Compendium of corn diseases. Third Edition. **The American Phytopathological Society**. APS press. 1999. 78p.

WORDELL FILHO, J.; CASA, R.T. **Doenças na cultura do milho**. A cultura do milho em Santa Catarina, Florianópolis: Epagri, 480p. 2010

ZAIN, M.E. Impact of mycotoxins on humans and animals. **Jornal of Saudi Chemical Society**, Oxford, v. 15, p. 129-144, 2011.