

BRUNO TABARELLI SCHEIDT

**DETERMINAÇÃO DO MOMENTO DE INFECÇÃO DE *Fusarium graminearum* EM
PANÍCULAS E QUANTIFICAÇÃO DE FUNGOS INFECTANDO SEMENTES DE
ARROZ IRRIGADO PRODUZIDAS NO ALTO VALE DO ITAJAÍ, SC**

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

Scheidt, Bruno Tabarelli

Determinação do momento de infecção de *Fusarium
graminearum* em panículas e quantificação de fungos
infectando sementes de arroz irrigado produzidas no
alto vale do Iajá, SC / Bruno Tabarelli Scheidt. -
Lages, 2017.

59 p.

Orientador: Ricardo Trezzi Casa

Inclui bibliografia

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2017.

1. *Oryza sativa*. 2. *Gibberella zeae*. 3. Infecção. 4.
Sanidade de sementes. I. Trezzi Casa, Ricardo. II.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação. III. Título

BRUNO TABARELLI SCHEIDT

**DETERMINAÇÃO DO MOMENTO DE INFECÇÃO DE *Fusarium graminearum* EM
PANÍCULAS E QUANTIFICAÇÃO DE FUNGOS INFECTANDO SEMENTES DE
ARROZ IRRIGADO PRODUZIDAS NO ALTO VALE DO ITAJAÍ, SC**

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: _____

Professor Dr. Ricardo Trezzi Casa

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).

Membro: _____

Professora Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).



Membro: _____

Pesquisador Dr. Luiz Carlos Bordin

Instituto Federal Catarinense (IFC - Camboriú).

Lages, SC, 28 de Julho de 2017

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

À minha vó (Terezinha Pinho Tabarelli), pelo amor e pelo apoio em minha carreira acadêmica.

À Milena Kemper, pelo amor, amizade, apoio e compreensão em todos esses momentos.

Ao meu amigo e orientador Ricardo Trezzi Casa, por todo o conhecimento repassado e pela amizade.

A toda equipe do Laboratório de Fitopatologia pela amizade e ajuda durante esses anos.

À Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa.

A cooperativa CRAVIL, pelo envio das amostras de arroz irrigado e pela parceria.

Aos amigos, familiares e a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e competência.

Henry Ford

RESUMO

SCHEIDT, Bruno T. **Determinação do momento de infecção de *Fusarium graminearum* em panículas e quantificação de fungos infectando sementes de arroz irrigado produzidas no alto vale do Itajaí, SC.** 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2017.

As sementes de arroz irrigado são frequentemente colonizadas por patógenos, responsáveis por danos no rendimento e qualidade dos grãos. O primeiro estudo teve como objetivo identificar e quantificar fungos infectando sementes de cultivares de arroz irrigado produzidas na Região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, Brasil. O trabalho foi realizado no Laboratório de Fitopatologia da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, na safra 2015/16. Foram analisados 139 lotes de sementes de arroz de seis cultivares. As sementes de cada amostra foram desinfestadas em hipoclorito de sódio (1%) e submetidas ao teste de sanidade em meio de BDA+A (Batata-Dextrose-Ágar + antibiótico). Em cada lote foram analisadas 200 sementes, em um delineamento experimental completamente casualizado com quatro repetições. As sementes foram incubadas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e regime de luz de 12 horas. Foram consideradas infectadas as sementes na qual foi possível identificar a colônia e/ou estruturas dos fungos. As incidências médias dos principais fungos detectados foram: *Microdochium oryzae* (63,6%), *Alternaria padwickii* (5,5%), *Bipolaris oryzae* (5,1%), *Curvularia* sp. (4,9%), *Nigrospora oryzae* (1,4%), *Penicillium* spp. (1,2%), *Aspergillus flavus* (1,1%), *Sordaria* sp. (0,5%), *Alternaria* sp. (0,4%), *Cercospora janseana* (0,3%) e *Fusarium graminearum* (0,1%), sendo que *M. oryzae* prevaleceu em 100% das amostras analisadas. O segundo estudo teve como objetivo esclarecer o sítio de infecção de *Fusarium graminearum* em panícula de arroz. Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, na Universidade do Estado de Santa Catarina, CAV/UDESC, Lages, SC, nos anos de 2015/16 e 2016/17, com o híbrido de arroz INOV CL, testando três momentos de inoculação do fungo na planta: i) emborrachamento completo (R2); ii) espigamento pleno (R3); iii) florescimento (R3). Foram inoculados dois isolados do fungo: Fg15ADON (*F. graminearum* - Desoxinivalenol) e FmNiv (*F. meridionale* - Nivalenol). A concentração de inóculo utilizada foi de 2×10^5 macroconídios/mL⁻¹. O método de

inoculação nas plantas foi por aspersão. Após a inoculação foi quantificada a área percentual da panícula infectada aos 7, 14, 21 e 28 dias. Não houve diferença significativa entre os dois isolados do fungo na severidade da doença. O fungo infectou a planta nos três momentos de inoculação. O estágio de florescimento apresentou maior severidade de doença, diferindo significativamente dos demais tratamentos, sendo o estágio de emborrachamento completo com menor severidade. Após a colheita das panículas constatou-se deficiência na formação e enchimento do grão e diferença significativa na porcentagem de grãos manchados. No tratamento testemunha não foram detectados grãos manchados, por outro lado, grãos oriundos de panículas inoculadas com o fungo nos três estádios de desenvolvimento apresentaram incidências crescentes, com valores similares ao detectado com a severidade na panícula. Houve maior recuperação de *F. graminearum* em grãos manchados e em grãos não manchados, com os dois isolados do fungo, também quando a inoculação foi realizada no florescimento das plantas de arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Sanidade de sementes. Infecção. *Gibberella zeae*.

ABSTRACT

SCHEIDT, Bruno T. **Determination of the moment of infection of *Fusarium graminearum* in panicles and quantification of fungi infecting seeds of irrigated rice produced in the Alto Vale do Itajaí, SC.** 2017. 58 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production). Santa Catarina State University. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2017.

The seeds of irrigated rice are frequently colonized by pathogens, responsible for yield damages and grain quality. The first study aimed to identify and quantify fungi infecting seeds of irrigated rice cultivars produced in the Alto Vale do Itajaí Region, Santa Catarina (SC) State, Brazil. The work was carried out at the Plant Pathology Laboratory of the Santa Catarina State University, Lages, SC, in the 2015/16 crop season. A total of 139 rice seed lots of six cultivars were analyzed. The seeds of each sample were disinfested in sodium hypochlorite (1%) and submitted to the sanity test in BDA + A (Potato-Dextrose-Agar + antibiotic) medium. In each lot 200 seeds were analyzed in a completely randomized experimental design with four replicates. The seeds were incubated at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and light regime of 12 hours. The seeds in which it was possible to identify the colony and / or fungi structures were considered infected. The average incidence of the main fungi detected was: *Microdochium oryzae* (63.6%), *Alternaria padwickii* (5.5%), *Bipolaris oryzae* (5.1%), *Curvularia* sp. (4.9%), *Nigrospora oryzae* (1.4%), *Penicillium* spp. (1.2%), *Aspergillus flavus* (1.1%), *Sordaria* sp. (0.5%), *Alternaria* sp. (0.4%), *Cercospora janseana* (0.3%) and *Fusarium graminearum* (0.1%), and *M. oryzae* prevailed in 100% of the samples analyzed. The second study had as objective to clarify the infection site of *Fusarium graminearum* in rice panicle. Two experiments were conducted in a greenhouse at the Santa Catarina State University in the years 2015/16 and 2016/17, with the INOV CL rice hybrid, testing three times of the fungus inoculation in the plant: i) full boot (R2); ii) headed (R3); iii) flowering (R4). Two isolates of the fungus Fg15-ADON (*F. graminearum* - Desoxinivalenol) and FmNiv (*F. meridionale* - Nivalenol) were inoculated. The concentration of inoculum used was 2×10^5 macroconidia / mL^{-1} . The method of inoculation in the plants was by spraying. After inoculation, the percentage area of infected panicle at 7, 14, 21 and 28 days was quantified. There was no significant difference between the two isolates of the fungus

in the severity of the disease. The fungus infected the plant at the three inoculation times. The flowering stage had a higher severity of disease, differing significantly from the other treatments, being the full booting stage with lower severity. After panicle harvest, deficiency in grain formation and filling was observed, and significant difference in the percentage of stained grains. In the control treatment no spotted grains were detected; on the other hand, grains originating from panicles inoculated with the fungus in the three stages of development showed increasing incidences, with values similar to those detected with panicle severity. There was a higher recovery of *F. graminearum* in spotted grains and in non - spotted grains, with both fungus isolates, also when inoculation was performed on the flowering of rice plants.

Keywords: *Oryza sativa*. Seed health. Infection. *Gibberella zeae*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Incidência média e desvio padrão dos fungos <i>Microdochium oryzae</i> , <i>Alternaria padwickii</i> , <i>Bipolaris oryzae</i> e <i>Curvularia</i> sp. detectados em 139 amostras de sementes de arroz irrigado produzidas na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, safra 2015/16.....	28
Figura 2 - Detalhe de sementes de arroz colonizadas pelo fungo <i>Microdochium oryzae</i> plaqueadas em meio de cultura BDA, Lages 2016.....	29
Figura 3 - Incidência e prevalência média de <i>Microdochium oryzae</i> (A), <i>Alternaria padwickii</i> (B), <i>Bipolaris oryzae</i> (C) e <i>Curvularia</i> sp. (D), em cultivares* de arroz irrigado produzidas na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, safra 2015/16.....	30
Figura 4 - Incidência e prevalência média de fungos detectados em 139 amostras de semente de arroz irrigado produzidas no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, SC, safra 2015/16.....	32
Figura 5 - Estádios fenológicos de emborrachamento completo (a), espigamento pleno (b) e florescimento (c) do híbrido de arroz INOV CL, Lages, 2016.....	36
Figura 6 - Detalhe da aspersão da suspensão de macroconídios de <i>Fusarium graminearum</i> em panícula de arroz do híbrido INOV CL, Lages, 2016.....	37
Figura 7 - Escala diagramática para quantificar a severidade de giberela na cultura do trigo.....	38
Figura 8 - Detalhe das plantas de arroz cobertas por sacos plásticos transparente mantendo um microclima favorável para infecção de <i>Fusarium graminearum</i> após a inoculação, Lages, 2016.....	38
Figura 9 - Grãos de arroz manchados ocasionados pela infecção de <i>Fusarium graminearum</i> em panículas do híbrido Inov CL, Lages, 2016.....	39
Figura 10 - Colônias de <i>Fusarium graminearum</i> em grãos manchados semeados em meio de cultura de batata-dextrose-água (BDA), Lages, 2015/16-2016/17.....	40
Figura 11 - Comparação dos sintomas de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL aos 28 dias após a inoculação de dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> (15-ADON e NIV) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, Lages, 2017.....	42
Figura 12 - Quantidade de grãos manchados do híbrido de arroz INOV CL submetido à inoculação de dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.....	45
Figura 13 - Sintomas de giberela em panícula (A) e detalhe de grãos de arroz manchados (B) colonizados por <i>Fusarium graminearum</i> , Lages, 2017.....	46
Figura 14 - Colônias de <i>Fusarium graminearum</i> em grãos de arroz manchados semeados em meio de cultura de batata-dextrose-água (BDA), Lages, 2017.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância (ANOVA) indicando a severidade média de giberela em panículas de arroz irrigado, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, SC, 2017.....	41
Tabela 2 - Severidade média de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL após a inoculação de dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> (15-ADON e NIV) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.....	42
Tabela 3 - Severidade de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL avaliadas semanalmente após a inoculação de dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> fungo (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.	43
Tabela 4 - Severidade de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL avaliadas semanalmente após a inoculação de dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.	44
Tabela 5 - Número de grãos manchados e não manchados por panícula de arroz em relação ao estágio de desenvolvimento da planta em que foram inoculados dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> , anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.....	47
Tabela 6 - Resumo da análise de variância (ANOVA) indicando a incidência média de <i>Fusarium graminearum</i> nos grãos de arroz irrigado manchados e não manchados em teste de sanidade de semente, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.....	49
Tabela 7 - Incidência média de <i>Fusarium graminearum</i> nos grãos de arroz manchados e não manchados em função da inoculação de dois isolados de <i>Fusarium graminearum</i> (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.	50
Tabela 8 - Incidência média de <i>Fusarium graminearum</i> nos grãos de arroz manchados e não manchados, comparando os isolados 15-ADON e NIV, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	19
2 CAPÍTULO 1 - QUANTIFICAÇÃO DE FUNGOS INFECTANDO SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO PRODUZIDAS NO ALTO VALE DO ITAJAÍ, SC.....	23
2.1 INTRODUÇÃO	24
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
2.4 CONCLUSÕES	32
3 CAPÍTULO 2 - DETERMINAÇÃO DO MOMENTO DE INFECÇÃO DE <i>FUSARIUM GRAMINEARUM</i> EM PANÍCULAS DE ARROZ.....	33
3.1 INTRODUÇÃO.....	34
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.3.1 Severidade da doença.....	40
3.3.2 Quantidade de grãos manchados	44
3.3.3 Teste de sanidade de grãos	47
3.4 CONCLUSÕES	51
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
5 REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) teve sua origem muito discutida entre os pesquisadores, pois não se sabe ao certo se é originário da Índia ou da China. Segundo a hipótese monofilética que se refere a indivíduos com os mesmos ancestrais, ou seja, um único local de origem propõem que a domesticação ocorreu em lugares como a Índia (nas províncias de Bengala e Assam), Mianmar, China e a região das montanhas do sudoeste da Ásia. Entretanto a teoria polifilética defende que tenha ocorrido em vários locais e de forma independente, como nas planícies do rio Ganges na Índia, norte da Tailândia, Laos, norte do Vietnã, superior da Burma e o sul e sudeste da China (MATSUO, 1997).

No Brasil a espécie foi introduzida pelas embarcações dos colonizadores em 1500, mas o seu cultivo em território nacional foi relatado após 1530, na capitania de São Vicente. Em 1904, em Pelotas, Rio Grande do Sul, surgiu a primeira lavoura empresarial a qual já dispunha de sistema de irrigação. A partir da década de 1990 passou a ter uma grande dispersão territorial (PEREIRA, 2002).

O arroz é uma espécie anual, pertencente à família das poáceas, ao gênero *Oryza*, classificada dentro do grupo de plantas com sistema fotossintético C3, sendo a mesma adaptada ao ambiente aquático. Porém esta adaptação ocorreu devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, possibilitando a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (SOSBAI, 2016).

Este cereal é o alimento básico para grande parte dos seres humanos, estando presente no grupo da base da cadeia alimentar em muitos países, fornecendo energia, lipídios, proteínas, vitaminas e minerais. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, com uma área aproximada de 168 milhões de hectares cultivada na safra 2015/16 (SOSBA, 2016). Segundo dados divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), a produção global do arroz em 2015 foi estimada em 741 milhões de toneladas. De acordo com o levantamento, houve uma redução de 4 milhões de toneladas em relação à safra anterior, e justificam a redução por uma combinação de clima desfavorável e preços mais baixos. Os maiores produtores mundiais são: China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Brasil e Japão (SOSBAI, 2016).

O Brasil destaca-se como o maior produtor de arroz dentro do bloco Mercosul, com uma área aproximada de dois milhões de hectares, e produção de 10,54 milhões de toneladas na safra 2015/16 (CONAB, 2016). O consumo nacional é aproximadamente 11,45 milhões de toneladas. O cultivo do arroz é predominante nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mantendo-se constante desde 2004/05 (SOSBAI, 2016). A produção nacional é destinada basicamente para a alimentação humana e sua totalidade é consumida no país (EMBRAPA, 2017).

No estado de Santa Catarina a produção de arroz concentra-se no litoral. A maior área se localiza no Litoral Sul do estado (61,9%), seguido da região Médio/Baixo Vale do Itajaí e Litoral Norte (25,2%). A região do Alto Vale do Itajaí contribui com 9% da área e 94% da produção (SOSBAI, 2016). Na safra 2014/15, o estado catarinense cultivou uma área total de aproximadamente 146 mil hectares, totalizando uma produção de 1.087 milhões de toneladas (CEPA/EPAGRI, 2016).

As condições climáticas que favorecem o cultivo do arroz são também propícias à ocorrência de doenças. A brusone (*Pyricularia oryzae* (Cavara)) pode provocar danos de até 100% na produção. Outras doenças foliares com ocorrências frequentes nos últimos anos são a mancha parda (*Bipolaris oryzae* (Breda de Haan)), a mancha estreita (*Cercospora janseana* (Racib.)) e a escaldadura ou queima da folha (*Gerlachia oryzae* sin. *Microdochium oryzae* (Hask & Yok) W. Sams) (SOSBAI, 2016).

Muitos patógenos da cultura do arroz sobrevivem e são disseminados pelas sementes (AMARAL, 1987). Os fungos são considerados mais importantes abrangendo aproximadamente 50 espécies já relatadas em sementes de arroz (RICHARDSON, 1990). Segundo Mew & Gonzalez (2002), 55 fungos estão associados a sementes de arroz, dentre eles se destacam: *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Cercospora janseana*, *Microdochium oryzae*, *Pyricularia oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *Sarocladium oryzae*, *Curvularia* sp., *Fusarium solani*, *Nigrospora* sp., *Phoma sorghina* e *Tilletia barclayana*.

Doenças da panícula ganham destaque pelos danos provocados aos grãos ou sementes. Patógenos que infectam as glumelas são preocupantes por interferir na formação dos grãos e posterior na qualidade de moinho, no caso de produção de grãos, assim como, também na produção de semente por interferirem na sanidade. A brusone ainda é a doença mais relatada em panícula (SOSBAI, 2016). Porém a

giberela descrita em arroz em outros países (Lee, 1992), pode ter sua ocorrência e intensidade não relatada ou subestimada nas lavouras catarinenses e gaúchas.

A giberela é uma doença de cereais causada pelo fungo *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorfo *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch. (MCMULLEN et al., 2012; GILBERT & HABER, 2013). Além de *F. graminearum*, outras espécies do gênero podem causar giberela, tais como: *F. culmorum* (SCHERM et al., 2013), *F. pseudograminearum* (OBANOR et al., 2013), *F. avenaceum* (LOGRIECO et al., 2002).

O fungo *F. graminearum* é um dos primeiros patógenos descritos na cultura do arroz sendo detectado em cultivo do cereal (LEE, 1992). Inicialmente causa lesões ou descolorações em glumas, tornando a área afetada de coloração parda, e posteriormente de cor salmão, devido produção de esporodóquios e massa de conídios do fungo. Os grãos infectados são leves e podem ser quebradiços (LEE, 1992).

Em trigo o sítio de infecção de *F. graminearum* tem relação com a presença de anteras (STRANGER & SMITH, 1971; REIS et al., 1996; McMULLEN et al., 1997; PANISSON et al., 2002; BUSHNELL et al., 2003; SKINNES et al., 2010). Em cevada existe descrição de infecção em cultivares com florescimento aberto e fechado, demonstrando menor relação com a antese (extrusão das anteras) (YOSHIDA et al., 2007). Em milho as principais vias de infecção deste patógeno são através do estilo estigma e por ferimento nos grãos (KOEHLER, 1942; SUTTON, 1982; REID et al., 1996). Lee (1992) menciona que o arroz é mais suscetível à infecção na fase de florescimento e menos suscetível a partir do estágio de grão leitoso. Muito provavelmente esta informação tenha como base a cultura do trigo, onde o sítio de infecção do fungo tem relação com a presença das anteras (STRANGE & SMITH, 1971; PANISSON et al., 2002; SKINNES et al., 2010).

Na indicação técnica da cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2016) e no manual de fitopatologia (BEDENDO & PRABHU, 2005), literaturas padrões visando identificação e manejo de doenças no Brasil, não há descrição de ocorrência de giberela em arroz irrigado ou sequeiro. Mesmo assim, esse fungo foi detectado com frequência em teste de sanidade de sementes de arroz irrigado produzidas no sul do Brasil. No estado do Rio Grande do Sul, de um total de 130 amostras de sementes obtidas das safras de 2008/09, 2009/10 e 2011/12, foram detectadas dentro do

complexo *F. graminearum* as espécies *F. asiaticum* (69,6%), *F. graminearum* (14,6%), *F. cortaderiae* (14,6%) e *F. meridionale* (1,1%) (GOMES et al., 2015). A presença de espécies de *Fusarium* na semente infectada indica que houve infecção no campo, porém não existem informações na literatura sobre o sítio de infecção e o processo detalhado desta infecção em grãos e/ou sementes de arroz.

Os danos causados pela giberela não são apenas quantitativos, mas também qualitativos, principalmente devido à produção de toxinas quando o fungo está associado aos grãos (GERALDO et al, 2006; NAKAJIMA et al., 2008).

A principal estratégia de manejo da giberela em cereais de inverno deve ser o uso de cultivar resistente (REUNIÃO, 2012; REUNIÃO, 2013). O uso de fungicidas aplicados durante o florescimento dos cereais de inverno tem sido estratégia para minimizar os danos da doença (REUNIÃO, 2016). O fungo *F. graminearum* possui uma ampla gama de hospedeiros, podendo colonizar plantas como a aveia, trigo, centeio, cevada, azevém, arroz, triticale, milho, milheto, trevo, alfafa, batata-doce, sorgo (WIESE, 1987; REIS & CASA, 2007; SEGALIN & REIS, 2010), e a cultura da soja (PANISSON et al., 2000; MARTINELLI et al., 2002), impedindo muitas vezes, o manejo desse patógeno através de práticas culturais que envolvam rotação e sucessão de culturas (REIS et al., 2011).

A presença de espécies de *Fusarium* em grãos de arroz no Rio Grande do Sul (GOMES et al., 2004), incluindo *F. graminearum*, é indicativo que há necessidade de estudos que esclareçam o processo de infecção desse patógeno em panículas de arroz. Diante disso, estratégias de manejo de giberela em arroz poderão ser desenvolvidas em programa de melhoramento genético e estratégias de controle químico pela pulverização no momento oportuno de infecção do fungo na panícula.

Partindo desses pressupostos, o presente estudo teve por objetivo: i) Identificar e quantificar fungos infectando sementes de arroz produzidas no Alto Vale do Itajaí, SC; ii) Determinar o momento de infecção de *F. graminearum* em panícula de arroz.

2 **CAPÍTULO 1 - QUANTIFICAÇÃO DE FUNGOS INFECTANDO SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO PRODUZIDAS NO ALTO VALE DO ITAJAÍ, SC**

RESUMO

A incidência de patógenos em semente preocupa produtores de arroz irrigado uma vez que a presença de fungos pode levar ao decréscimo na germinação de semente, subdesenvolvimento e até morte de plântulas. O objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar fungos infectando sementes de cultivares de arroz irrigado produzidas na Região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, Brasil. O trabalho foi realizado no Laboratório de Fitopatologia da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, na safra 2015/16. Foram analisados 139 lotes de sementes de arroz de seis cultivares. As sementes de cada amostra foram desinfestadas em hipoclorito de sódio (1%) e submetidas ao teste de sanidade em meio de BDA+A (Batata-Dextrose-Ágar + antibiótico). Em cada lote foram analisadas 200 sementes, em um delineamento experimental completamente casualizado com quatro repetições. As sementes foram incubadas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e regime de luz de 12 horas. Foram consideradas infectadas as sementes na qual foi possível identificar a colônia e/ou estruturas dos fungos. As incidências médias dos principais fungos detectados foram: *Microdochium oryzae* (Escaldadura) (63,6%), *Alternaria padwickii* (Mancha angular) (5,5%), *Bipolaris oryzae* (Mancha parda) (5,1%), *Curvularia* sp. (Mancha das glumas) (4,9%), *Nigrospora oryzae* (Mancha das glumas) (1,4%), *Penicillium* spp. (1,2%), *Aspergillus flavus* (1,1%), *Sordaria* sp. (0,5%), *Alternaria* sp. (Mancha das glumas) (0,4%), *Cercospora janseana* (Mancha estreita) (0,3%) e *Fusarium graminearum* (Mancha das glumas) (0,1%), sendo que *M. oryzae* prevaleceu em 100% das amostras analisadas.

Palavras-chave: *Oryzae sativa*, fungos, sanidade de sementes.

2.1 INTRODUÇÃO

O arroz tem um importante papel na alimentação humana, pois, é a principal fonte de calorias para grande parte da população mundial e, também tem grande influência socioeconômica, pois é o segundo cereal mais semeado do mundo (SOSBAI, 2016). Mais de 90% de todo arroz cultivado é produzido na Ásia, sendo consumido por aproximadamente 60% da população mundial (WEBSTER & GUNNELL, 1992; SOSBAI, 2016).

A ocorrência de doenças é um dos fatores de restrição à produção de arroz. A planta de arroz em alguma fase de desenvolvimento está sujeita à infecção de patógenos que reduzem tanto a qualidade como a quantidade de grãos. Dentre alguns danos diretos, ocasionados pelas doenças no arroz, tem-se a redução do estande de plantas, redução geral na eficiência produtiva das plantas, grãos manchados e menor número e/ou tamanho de grão (MIURA, 2002).

No Brasil a brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) é considerada a doença mais importante devido aos danos causados na produtividade. Com menor frequência são relatadas mancha parda (*Bipolaris oryzae* Breda de Haan), escaldadura das folhas (*Gerlachia oryzae* (Hask & Yok) W. Sams), mancha das glumas (*Phoma sorghina*, *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae*, *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., e bactérias), podridão do colmo (*Sclerotium oryzae* Catt.), queima das bainhas (*Rhizoctonia solani* Khun), mancha das bainhas (*Rhizoctonia oryzae* Riker & Gooch); e a mancha estreita (*Cercospora janseana*) (RIBEIRO & SPERANDIO, 1998; RIBEIRO 1996; SOSBAI, 2016).

A disseminação a longa distância e posteriormente a introdução de um patógeno em uma nova área de cultivo ocorre principalmente por sementes infectadas ou infestadas. Dentre os danos que um patógeno associado à semente pode provocar, podem ser descritos: podridões radiculares, morte em pré-emergência, tombamentos, manchas necróticas em folhas, sistema vascular; deformações (hipertrofias e subdesenvolvimento), descolorações (desvio da coloração normal) e infecções latentes. Em campos de produção de sementes as doenças também podem causar depreciações profundas na qualidade do produto. A prevalência e severidade das doenças variam de acordo com o patógeno envolvido, do ambiente favorável à incidência e da suscetibilidade da cultivar (MACHADO, 1988; MACHADO, 1994).

Aproximadamente 55 fungos estão associados a sementes de arroz, dentre eles se destacam, *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Cercospora janseana*, *Microdochium oryzae*, *Pyricularia oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *Sarocladium oryzae*, *Curvularia sp.*, *Fusarium solani*, *Nigrospora sp.*, *Phoma sorghina* e *Tilletia barclayana* (MEW & GONZALES, 2002)

A constatação de patógenos associados às sementes é uma evidência da ocorrência futura de danos e perdas de produtividade à cultura (MENTEN, 1991). Danos ocasionados por microrganismos transmitidos pelas sementes são variáveis, pois dependem do tipo de patógeno que está associado, do inóculo inicial, da espécie vegetal cultivada e das condições climáticas no decorrer do desenvolvimento da cultura (LUCCA FILHO, 2006).

É importante conhecer o percentual de ocorrência de um patógeno e a localização deste em relação à semente, pois, esse tipo de informação permite determinar métodos de detecção e de tratamento de sementes, e também como estimar o modelo de desenvolvimento das doenças no campo (COLHOUN, 1983).

O objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar fungos infectando sementes de cultivares de arroz irrigado produzidas na Região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, Brasil.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas amostras de sementes de arroz irrigado de 139 lotes das cultivares SCS 121 CL (57 lotes), SCS 116 Satoru (33 lotes), SCS BRS TioTaka (17 lotes), SCS 117 CL (11 lotes), EPAGRI 109 (11 lotes) e SCS 118 Marquês (10 lotes), provenientes de áreas de sementes fiscalizadas dos municípios de Agronômica, Rio do Sul, Taió, Pouso Redondo, Lontras, Gaspar e Timbó, estado de Santa Catarina. As sementes foram produzidas na safra 2015/2016 e beneficiadas pela Cooperativa Cravil de Rio do Sul. Na cooperativa as sementes ficaram armazenadas em sacos de polipropileno de 50 Kg e mantidas em armazém de alvenaria com umidade e temperatura ambiente.

As sementes foram coletadas por responsáveis da cooperativa, identificando as cultivares e os lotes seguindo o padrão de amostragem (Brasil, 2009a), sendo enviadas ao Laboratório de Fitopatologia do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, CAV/UDESC, Lages, SC, para serem

submetidas aos testes de sanidade. Todas as amostras recebidas não apresentavam tratamento de sementes.

As sementes de cada cultivar, lote e local de produção foram desinfestadas 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, as sementes foram predispostas em papel filtro esterilizado para secagem (dois minutos) e posteriormente foram semeadas em papel ou meio de cultura específico. Levou-se em torno de três meses e meio para realizar todas as avaliações, sendo que a primeira avaliação ocorreu no início do mês de maio e a última no começo do mês de agosto de 2016. Todo o processo de desinfestação e plaqueamento das sementes foi feito em câmara asséptica.

Para a detecção da amplitude de fungos foi utilizado o meio de cultura BDA+A (Batata-Dextrose-Ágar + antibiótico = 200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina). As sementes foram dispostas em placas de Petri de acrílico (80 mm de diâmetro), mantidas em câmaras de crescimento por sete a dez dias à 25°C e fotoperíodo de 12 horas (12h escuro e 12h de luz). Na câmara de crescimento além da luz branca também foi utilizado luz negra para estimular a esporulação de alguns fungos.

Especificamente para a detecção do fungo *Pyricularia oryzae* foi utilizado o método de incubação em substrato de papel ou método do papel de filtro ("blotter test") (BRASIL, 2009b). Foram escolhidos quatro lotes de cada cultivar, totalizando 24 lotes aleatoriamente, sendo que nesse método as sementes foram dispostas em caixas de acrílico tipo gerbox, contendo duas camadas de papel de filtro umedecido (papel mata borrão). Posteriormente foram colocadas em câmara de crescimento com luz contínua por sete dias a 27 °C, mantendo umidade do papel pela adição de água quando necessário. Nos últimos três dias utilizou-se a luz negra para induzir a esporulação. Para cada lote foram analisadas 400 sementes, sendo semeadas 10 sementes por placa de Petri e 25 sementes por gerbox. Utilizou-se o delineamento experimental completamente casualizado.

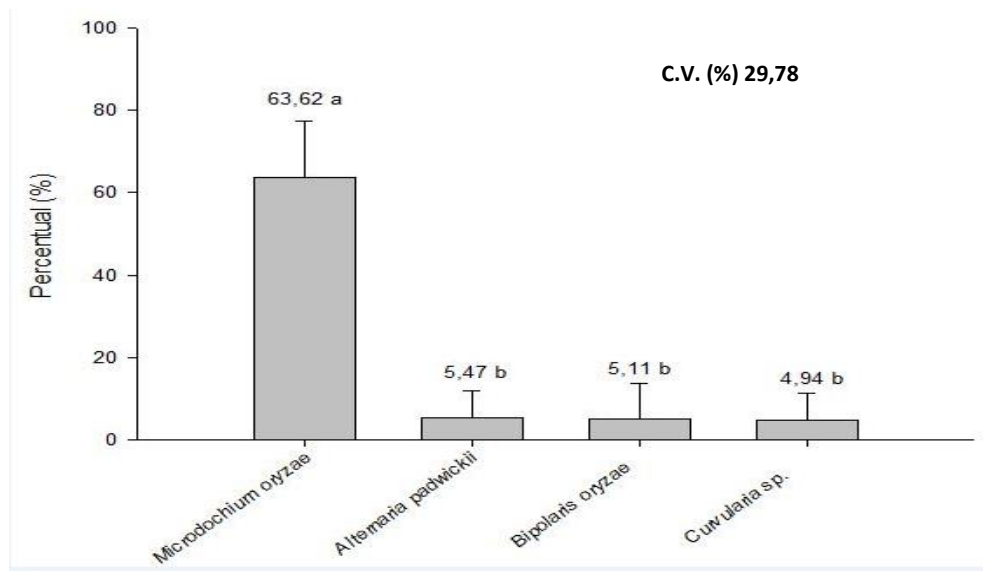
Foram consideradas infectadas as sementes na qual foi possível identificar a colônia e/ou estruturas dos fungos sob lupa estereoscópica em aumento de 40 vezes. Para confirmar a presença e identificação do fungo nas sementes foi feita montagem de lâmina em microscópio ótico analisando-se as estruturas fúngicas e comparando com as descritas na literatura (MEW & GONZALES, 2002; BARNETT & HUNTER, 1998).

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pela análise de variância, utilizando o programa estatístico SAS[®]. Os valores de F para os efeitos principais e as interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Quando alcançada significância realizou-se o teste de comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fungo patogênico mais incidente associado à semente de arroz irrigado em 139 amostras produzidas na região do Alto Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina, foi *Microdochium oryzae*, com 63,62% de incidência média, diferindo significativamente de *Alternaria padwickii* (5,47%), *Bipolaris oryzae* (5,11%) e *Curvularia* sp. (4,94%) que não diferiram entre si (Figura 1). Resultados similares foram encontrados em cultivares de arroz irrigado em 350 amostras analisadas no estado do Rio Grande do Sul, safras de 1993 a 1998, detectando também os patógenos, *Gerlachia oryzae* (sin. *Microdochium oryzae*) (18,0%), *Alternaria* sp. (6,3%), *Curvularia lunata*, (4,9%), *Bipolaris oryzae* (2,6%) (FRANCO et al., 2001). Em outro estudo também no Rio Grande do Sul, nas regiões de Cachoeirinha, Cachoeira do Sul, Camaquã, Rosário do Sul, Pelotas e Uruguaiana, em 162 lotes de arroz, na safra 2005/06, foram detectados os fungos *Alternaria* sp. (9,61%), *Bipolaris* sp. (9,30%), *Gerlachia* sp. (4,99%) e *Curvularia* sp. (3,81%) (FARIAS et al., 2007).

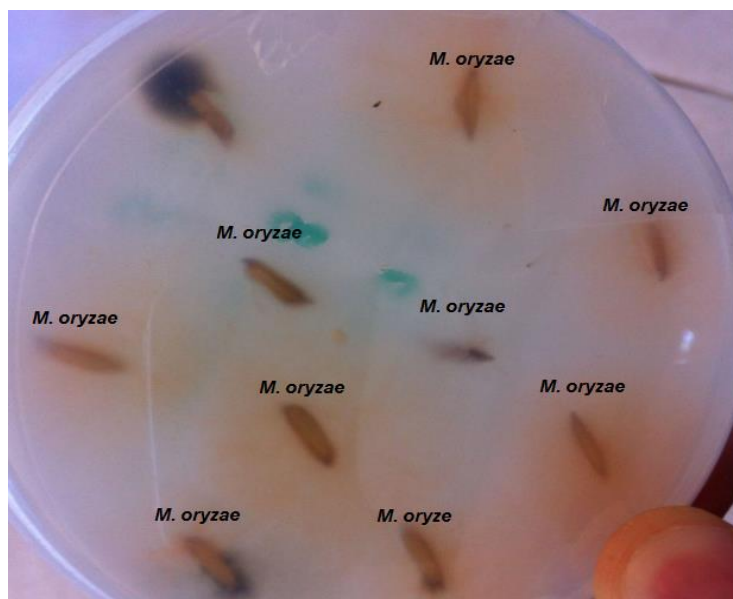
Figura 1 - Incidência média e desvio padrão dos fungos *Microdochium oryzae*, *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae* e *Curvularia* sp. detectados em 139 amostras de sementes de arroz irrigado produzidas na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, safra 2015/16.



Fonte: Produção do próprio autor (2017).

O principal fungo detectado *M. oryzae* (Figura 2) é o agente causal da escaudadura ou queima das folhas na cultura do arroz (SOSBAI, 2016). O fungo foi relatado em associação à semente de arroz em incidência variando de 6 a 31% (média 18%) (Franco et al., 2001) e 1 a 33% (média 4,99%) (Farias et al., 2007), de acordo com as cultivares e safras agrícolas avaliadas no estado do Rio Grande do Sul. Porém observa-se que sua incidência é inferior aos resultados obtidos neste trabalho, com (63,62%) com sementes de arroz irrigado produzidas no estado catarinense. Isto pode ter relação com o método utilizado para detecção do patógeno, pois, nos trabalhos comparados anteriormente (Franco et al., 2001; Farias et al., 2007) utilizou-se o método do papel filtro ("Blotter Test") (Brasil, 1992), e no trabalho aqui apresentado, o teste de sanidade foi realizado em meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Agar). Os meios agarizados são considerados mais eficientes na detecção de *M. oryzae*. Segundo Misra et al. (1994), *M. oryzae*, é mais facilmente detectado em meio agarizado. Em outro estudo comparando quatro métodos para detecção de *M. oryzae*, o meio BDA foi considerado o segundo mais sensível para detecção do fungo, sendo que o método do papel filtro foi considerado o menos sensível (GUTIERREZ et al., 2009).

Figura 2 – Detalhe de sementes de arroz colonizadas pelo fungo *Microdochium oryzae* plaqueadas em meio de cultura BDA, Lages 2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

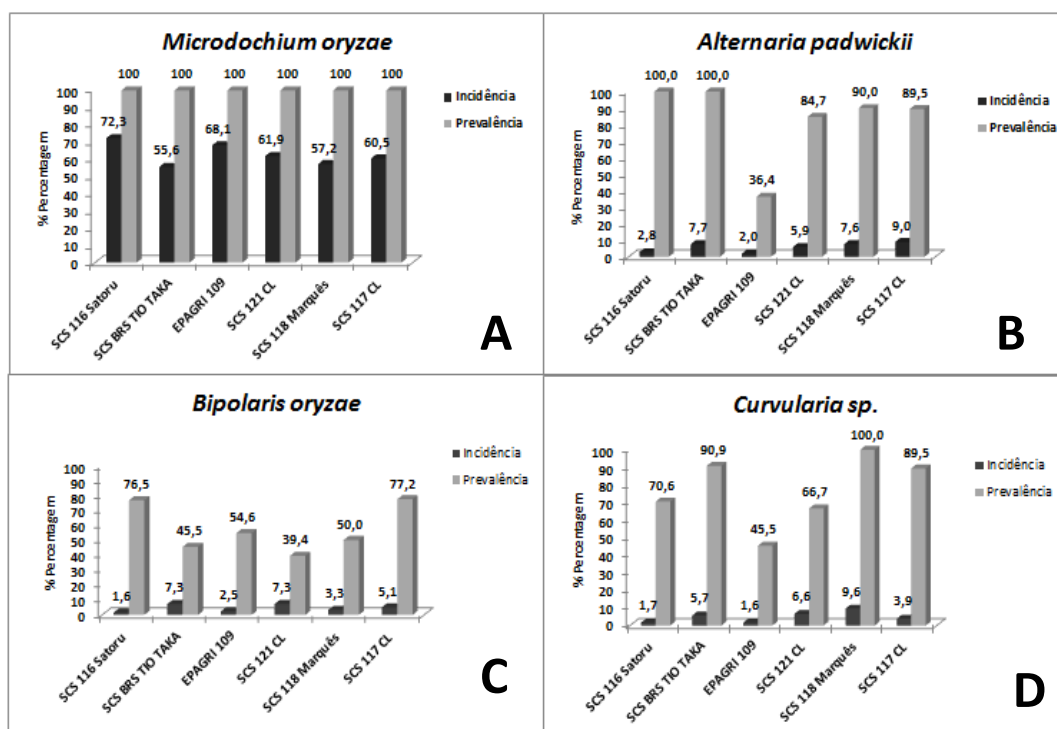
O fungo *M. oryzae* foi observado em 100% dos lotes de sementes nas seis cultivares de arroz (Figura 3A). Ao analisar a incidência média do fungo em cada cultivar de arroz constatou-se que a maior incidência ocorreu na SCS 116 Satoru com 72,3% e a menor incidência na SCS BRS TIO TAKA com 55,6%. Não há na indicação técnica do cultivo do arroz em Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SOSBAI, 2016), informações sobre reação de resistência dos genótipos para o fungo *M. oryzae*.

O patógeno *Alternaria padwickii*, incluído no grupo dos causadores de manchas nos grãos, obteve valores de incidência média variando de 1,9% na cultivar Epagri 109 a 9% em SCS 117 CL (Figura 3B). As sementes da cultivar Epagri 109 também apresentaram o menor valor médio de prevalência (36,4%). Segundo Ou (1972), o fungo *A. padwickii* é detectado em sementes de arroz em diversos países, incluindo o Brasil, e mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul (RIBEIRO, 1989). Gulart et al. (2005) e Franco et al. (2001), avaliando a sanidade de sementes de arroz no Rio Grande do Sul verificaram que a incidência de *Alternaria* sp. variou de 3,01% até 97%, porém os autores não denominaram a espécie de *Alternaria*. Em outro estudo realizado com 388 lotes de sementes de arroz no Egito, Índia, Coréia, Nepal e Tailândia, constatou-se a presença de

sementes infectadas com *Trichoconis padwickii* (Sin. *Alternaria padwickii*) em 282 lotes (MATHUR et al., 1972).

O fungo *Bipolaris oryzae* apresentou maior incidência média na cultivar SCS 121 CL (7,8%), e menor valor médio na cultivar SCS 116 Satoru (1,6%) (Figura 3C). A prevalência do fungo nos lotes de sementes foi maior nas cultivares SCS 117 CL e SCS 116 Satoru, 77,2% e 76,5% respectivamente, demonstrando que apesar dos maiores valores médios de incidência o patógeno não estava presente em todos os lotes como ocorreu com o fungo *M. oryzae*.

Figura 3 - Incidência e prevalência média de *Microdochium oryzae* (A), *Alternaria padwickii* (B), *Bipolaris oryzae* (C) e *Curvularia sp.* (D), em cultivares* de arroz irrigado produzidas na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, safra 2015/16.



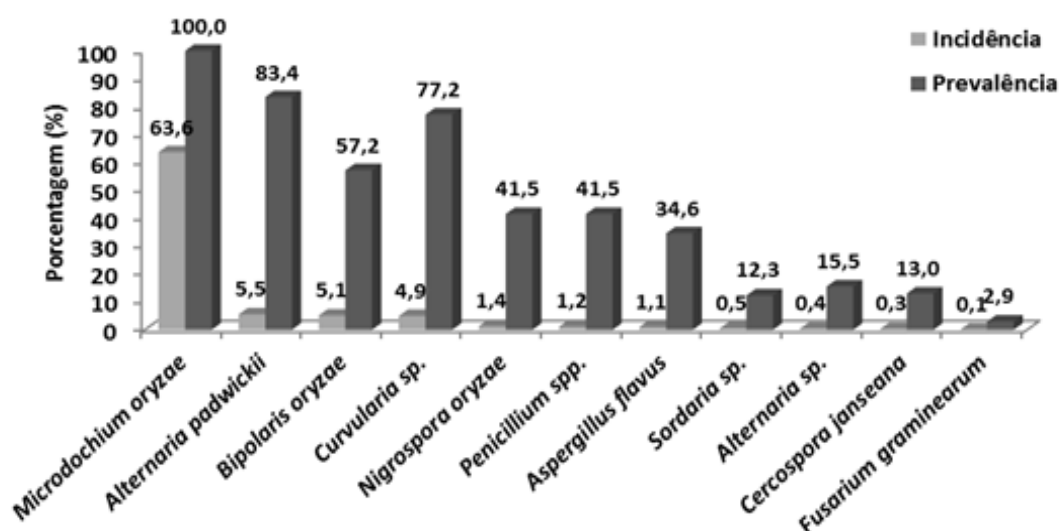
*Número de amostras analisadas para cada cultivar: SCS 121 CL (57), SCS 116 Satoru (33), SCS BRS 113 TIO TAKA (17), EPAGRI 109 (11), SCS 117 CL (11), SCS 118 Marquês (10).
Fonte: Produção do próprio autor (2017).

O fungo *Curvularia sp.* foi o fitopatógeno infectando as sementes que obteve os menores valores de incidência média, sendo em valor absoluto na cultivar Epagri 109 (1,6%) e na cultivar SCS 118 Marquês (9,7%) (Figura 3D). Não foi possível identificar a espécie de *Curvularia* uma vez que não foi feita a caracterização morfológica. Espécies de *Curvularia* podem ser detectadas em sementes de arroz,

entre elas: *C. eragrostidis* (P. Henn) e *C. lunata*, como agentes de descoloração, lesão e, ou, deformação de grãos (LIMA & FURTADO, 2007). Em outro estudo realizado com 377 lotes de sementes de arroz do Egito, Gana, Índia, Irã, Japão, Nepal, Nigéria, Holanda, Filipinas, Portugal, Tailândia e Paquistão Ocidental, foram encontrados 12 diferentes espécies de *Curvularia*, sendo: *C. eragrostidis*, *C. intermeria*, *C. sidiquii*, *C. oryzae*, *C. lunata*, *C. pallescens*, *C. trifolii*, *C. clavata*, *C. geniculata*, *C. inaequalis*, *C. uncinata* e *C. cymbopogonis* (BENOIT & MATHUR, 1970).

Além destes quatro principais patógenos detectados no teste de sanidade de sementes outros fungos também foram identificados, com incidências médias mais baixas, como: *Nigrospora oryzae* (1,4%), *Penicillium* spp. (1,2%), *Aspergillus flavus* (1,1%), *Sordaria* sp. (0,5%), *Alternaria* sp. (0,4%), *Cercospora janseana* (0,3%) e *Fusarium graminearum* (0,1%) (Figura 4). Esses fungos em sementes de arroz irrigado também foram encontrados em outros trabalhos no estado do Rio Grande do Sul (FRANCO et al., 2001; FARIAS et al., 2007). No presente estudo o número de amostras por cultivares não foi uniforme, o que gerou um coeficiente de variação elevado, mesmo após homogeneização da amostra, não permitindo revelar diferenças de incidência para as cultivares. Respostas semelhantes foram obtidas por Soave et al. (1997) ao estudarem o comportamento de cultivares de arroz em relação aos fungos manchadores de sementes, e por Farias et al., (2007), ao estudarem incidência de fungos associados a sementes de arroz em seis regiões produtoras do Rio Grande do Sul.

Figura 4 - Incidência e prevalência média de fungos detectados em 139 amostras de semente de arroz irrigado produzidas no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, SC, safra 2015/16.



Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Dentre todos os fungos detectados na patologia de sementes o patógeno *P. oryzae* não foi encontrado, mesmo sendo considerado o agente causal da principal doença do arroz (SOSBAI, 2016) (Figura 4). Visando sua possível detecção foi realizado o método do papel filtro utilizando 24 amostras ao acaso com temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, e mesmo assim, o fungo *P. oryzae* não foi detectado. Resultado semelhante foi descrito por Farias et al., (2007), ao analisar em 162 amostras de sementes de arroz no estado do Rio Grande do Sul, não detectando a presença de *P. oryzae*. No entanto, em um estudo realizado com 350 amostras de sementes de arroz também no estado do Rio Grande do Sul constatou-se baixa incidência de *P. oryzae*, com uma média de 0,04% (FRANCO et al., 2001).

2.4 CONCLUSÕES

Sementes de arroz irrigado produzidas na Região do Alto Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina, na safra 2015/16, mostraram-se infectadas principalmente pelos fungos *Microdochium oryzae*, *Bipolaris oryzae*, *Alternaria padwickii* e *Curvularia sp.*, com destaque para incidência e prevalência de *M. oryzae*.

Não foi detectado *Pyricularia oryzae* mesmo sendo considerado o principal fungo no arroz irrigado produzido no estado catarinense.

3 **CAPÍTULO 2 - DETERMINAÇÃO DO MOMENTO DE INFECÇÃO DE *Fusarium graminearum* EM PANÍCULAS DE ARROZ**

RESUMO

O fungo *Fusarium graminearum* infecta espigas de trigo na fase de florescimento, de cevada entre fases de emborrachamento e florescimento e de milho principalmente na fase de exteriorização do estilo-estigma. O fungo é detectado em sementes de arroz, porém, é necessário esclarecer qual a fase fenotípica de infecção em panículas. O objetivo desse trabalho foi identificar o sítio de infecção de *F. graminearum* em panícula de arroz. Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no CAV, UDESC, Lages, SC, nos anos de 2015/16 e 2016/17, testando três momentos de inoculação na planta de arroz híbrido INOV CL: i) emborrachamento completo (R2); ii) espigamento pleno (R3); iii) florescimento (R4). Foram inoculados dois isolados do fungo Fg15A (*F. graminearum* – 15-ADON) e FmNiv (*F. meridionale* - Nivalenol). A concentração de inóculo utilizada foi de 2×10^5 macroconídios/mL⁻¹. O método de inoculação nas plantas foi por aspersão. Após a inoculação foi quantificada a área percentual da panícula infectada aos 7,14, 21 e 28 dias após a inoculação. Não houve diferença significativa entre os dois isolados do fungo na severidade da doença. O fungo infectou a planta nos três momentos de inoculação. O estágio de espigamento pleno com florescimento apresentou maior severidade de doença, diferindo significativamente dos demais tratamentos. No estágio de emborrachamento completo houve menor severidade. Após a colheita das panículas do arroz, constatou-se deficiência na formação e enchimento do grão e diferença significativa na porcentagem de infrutescências manchadas. No tratamento testemunha não foram detectados grãos manchados, por outro lado, grãos oriundos de panículas inoculadas com o fungo nos três estádios de desenvolvimento apresentaram incidências crescentes, com valores similares ao detectado com a severidade na panícula. Desta forma houve maior recuperação de *F. graminearum* em grãos manchados e em grãos não manchados, com os dois isolados do fungo, quando a inoculação foi realizada no florescimento das plantas de arroz.

Palavras chaves: *Gibberella zeae*, *Oryza sativa*, infecção, fungo.

3.1 INTRODUÇÃO

Doenças da panícula de arroz ganham destaque pelos danos provocados aos grãos ou sementes. Patógenos que infectam as glumelas e os grãos interferem na qualidade de moinho, pois pode ocorrer a deterioração dos grãos, assim como também podem infectar as sementes. Porém a Giberela descrita em arroz em outros países (LEE, 1992), pode ter sua ocorrência e intensidade não relatada ou subestimada nas lavouras catarinenses e gaúchas.

O fungo *Fusarium graminearum* foi um dos primeiros patógenos descritos na cultura do arroz (LEE, 1992). Inicialmente causa lesões ou descolorações em glumas, tornando a área afetada de coloração parda, e posteriormente de cor salmão, devido produção de esporodóquios e massa de conídios do fungo. Os grãos infectados são leves e podem ser quebradiços (LEE, 1992).

Na indicação técnica da cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2014) e no manual de fitopatologia (BEDENDO & PRABHU, 2005), literaturas padrões visando identificação e manejo de doenças no Brasil, não há descrição de ocorrência de giberela em arroz irrigado ou sequeiro. Mesmo assim esse fungo tem sido detectado com frequência em teste de sanidade de sementes de arroz irrigado produzidas no sul do Brasil. No estado do Rio Grande do Sul, de um total de 130 amostras de sementes obtidas das safras de 2008/09, 2009/10 e 2011/12, foram detectadas dentro do complexo *F. graminearum* as espécies *F. asiaticum* (69,6%), *F. graminearum* (14,6%), *F. cortaderiae* (14,6%) e *F. meridionale* (1,1%) (GOMES et al., 2015).

A presença de *F. graminearum* na semente infectada indica que houve infecção no campo, porém não existem informações na literatura sobre o processo detalhado desta infecção em arroz. Segundo Lee (1992) menciona que o arroz é mais suscetível à infecção na fase de florescimento e menos suscetível a partir do estágio de grão leitoso. Muito provavelmente esta informação tenha como base a cultura do trigo, onde o sítio de infecção do fungo tem relação com a presença das anteras (STRANGE; SMITH, 1971; PANISSON et al., 2002; SKINNES et al., 2010). Em cevada existe descrição de infecção em cultivares com florescimento aberto e fechado, demonstrando menor relação com a antese (extrusão das anteras) (YOSHIDA et al., 2007).

A principal estratégia de manejo da giberela em cereais de inverno deve ser o uso de cultivar resistente, porém ainda não informado nas cultivares disponíveis no Brasil (REUNIÃO, 2012; REUNIÃO, 2013; REUNIÃO, 2016). O uso de fungicidas aplicados na parte aérea não tem sido explorado pela falta de conhecimento sobre o sítio de infecção do fungo no arroz e consequente momento oportuno para realizar a pulverização. O fungo *F. graminearum* possui uma ampla gama de hospedeiros, impedindo muitas vezes, o manejo desse patógeno através de práticas culturais que envolvam rotação e sucessão de culturas (REIS et al., 2011).

A presença de espécies de *Fusarium* em grãos de arroz no Rio Grande do Sul (GOMES et al., 2015), incluindo *F. graminearum*, é indicativo que há necessidade de estudos que esclareçam o processo de infecção desse patógeno em panículas de arroz.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo de determinar o momento de infecção de *F. graminearum* em panícula de arroz.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2015/16 e 2016/17, em casa de vegetação e Laboratório de Fitopatologia no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do estado de Santa Catarina (CAV/UEDESC), no município de Lages, localizado no Planalto Catarinense (27°50'35"S e 50°29'45"W), a 960 m do nível do mar.

Na casa de vegetação a temperatura e umidade relativa do ar foram controladas parcialmente através do sistema automático mantendo temperatura média diária de 27°C e noturna de 22°C.

Foram preparados vasos plásticos com capacidade para 8,0 Kg utilizando como substrato mistura de solo, areia e matéria orgânica, na proporção de 2:1:1. Foi utilizado o híbrido de arroz INOV CL, semeado no dia 23 de novembro nos dois anos. A densidade de semeadura foi de 10 (dez) sementes por vaso. Após a emergência das plantas foi realizado desbaste, mantendo cinco plântulas por vaso. A irrigação das plantas ocorreu manualmente uma a duas vezes por dia. O controle de plantas daninhas foi realizado pelo arranquio manual conforme o aparecimento da invasora.

O delineamento experimental foi em esquema fatorial 3 x 2 analisando três momentos de inoculação e dois isolados do fungo, em um arranjo inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 20 plantas por tratamento.

Foram testados três momentos para inoculação, sendo: i) emborrachamento completo (R2) (Figura 5a); ii) espigamento pleno (R3) (Figura 5b); e iii) florescimento (R4) (Figura 5c), conforme a escala fenológica da cultura do arroz (COUNCE et al. 2000). Em cada estágio fenológico foram inoculados dois isolados do fungo pertencente ao complexo *Fusarium* previamente caracterizados quanto à espécie filogenética e genótipo, sendo: a) Fg15A (*F. graminearum* – 15-ADON) e b) FmNiv (*F. meridionale* - Nivalenol). Para cada isolado foram inoculadas 20 panículas.

Figura 5 - Estádios fenológicos de emborrachamento completo (a), espigamento pleno (b) e florescimento (c) do híbrido de arroz INOV CL, Lages, 2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

A produção do inóculo foi realizada no laboratório com metodologia semelhante à descrita por Reid et al. (1996). Os dois isolados de *F. graminearum* foram multiplicados em meio de cultura de BDA (batata-dextrose-ágar) contido em placas de Petri de 80 mm de diâmetro. O crescimento do micélio e a produção de esporos dos isolados fúngicos foram realizados mantendo as placas em câmara de crescimento por dez dias a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas (12h escuro e 12h de luz). Na câmara de crescimento além da luz branca, também foi utilizado luz negra para estimular a produção de esporos. Pela raspagem das placas foi obtida uma suspensão de esporos que por filtragem, diluição e contagem em câmara de Neubauer obteve-se concentração de 2×10^5 macroconídios mL⁻¹.

O método de inoculação nas plantas foi por aspersão (Figura 6) de inóculo nos estádios pré-determinados. Imediatamente após a inoculação as plantas foram individualmente cobertas por um saco de plástico transparente e mantidas na casa de vegetação (Figura 8), com temperatura de 25 °C durante 48 h para promover o processo de infecção do patógeno. Em cada estágio de inoculação foi adicionado uma testemunha inoculada com água.

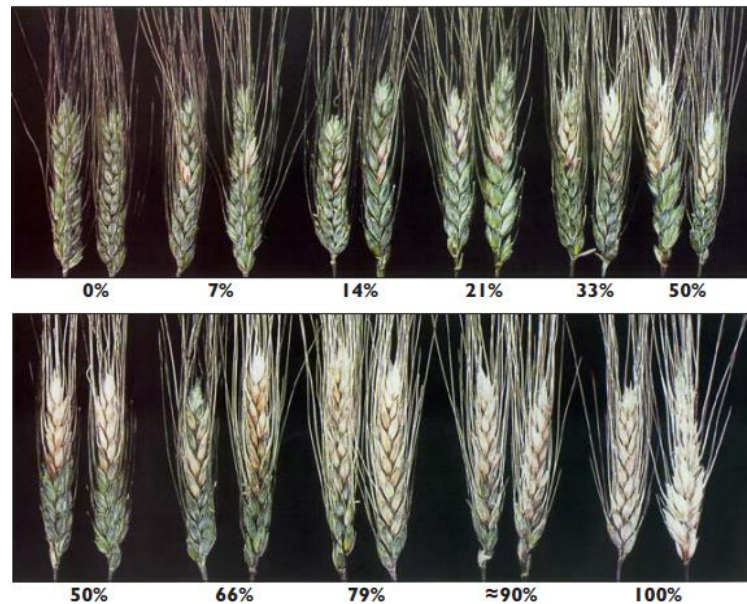
Após a inoculação foi quantificada a área percentual da panícula infectada aos 7,14, 21 e 28 dias. Para avaliar a severidade de giberela foi utilizada uma escala diagnóstica de estimativa de severidade de giberela da cultura do trigo (Figura 7) (STACK et al., 2011).

Figura 6 - Detalhe da aspersão da suspensão de macroconídios de *Fusarium graminearum* em panícula de arroz do híbrido INOV CL, Lages, 2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 7 - Escala diagramática para quantificar a severidade de giberela na cultura do trigo.



Fonte: STACK et al. (2011).

Figura 8 - Detalhe das plantas de arroz cobertas por sacos plásticos transparente mantendo um microclima favorável para infecção de *Fusarium graminearum* após a inoculação, Lages, 2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao final do ciclo reprodutivo do arroz foram colhidas todas as panículas inoculadas e as testemunhas sem inoculação. As panículas foram separadas por tratamento, acondicionadas em saco de papel e levadas para o laboratório para

secagem em estufa. Após a secagem foram separados grãos manchados e não manchados (Figura 9) de cada panícula para ser contado e determinado à incidência por tratamento.

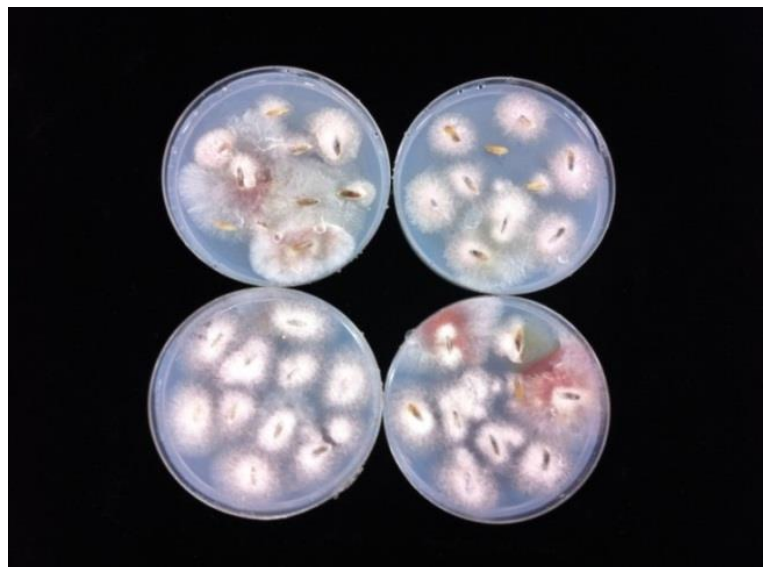
Para identificar se os grãos manchados e não manchados estavam infectados por *F. graminearum* foi realizado o teste de sanidade destes grãos (Figura 10). Para cada tratamento foram analisados 400 grãos, sendo quatro repetições de 50 grãos. Os grãos foram desinfestados em solução de hipoclorito de sódio (1%) e distribuídos em placas de Petri contendo meio de cultura BDA+A (batata-dextrose-ágar + antibiótico 200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina). O material foi incubado em câmara de crescimento, com temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 h, durante sete dias. Posteriormente com o auxílio de lupa estereoscópica e microscópio ótico foi identificado e quantificado a presença do fungo *F. graminearum*. Considerou-se infectado o grão sobre o qual foi detectada colônia com micélio característico do fungo. Caso não se observou colônia característica foi realizada a montagem de lâmina microscópica para confirmação das estruturas do fungo.

Figura 9 - Grãos de arroz manchados ocasionados pela infecção de *Fusarium graminearum* em panículas do híbrido Inov CL, Lages, 2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 10 - Colônias de *Fusarium graminearum* em grãos manchados semeados em meio de cultura de batata-dextrose-ágar (BDA), Lages, 2015/16-2016/17.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Os dados de severidade obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância, utilizando o programa estatístico SAS[®], sendo que os dados foram transformados para $ARCSEN\sqrt{\frac{y}{100}}$, pois os valores não eram normais. Os valores de F para os efeitos principais e as interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Quando alcançada significância realizou-se o teste de comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Severidade da doença

Os dados de severidade da giberela nas panículas do híbrido de arroz INOV CL obtidos nos dois anos de estudo indicaram homocedasticidade entre as variáveis analisadas (estádio de infecção, isolados do fungo e dias), não havendo diferença significativa ($p < 0,05$). Deste modo, os dados de severidade da doença foram analisados de forma conjunta.

Foram verificadas diferenças significativas entre os momentos de inoculação do fungo (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), dias de avaliação após a inoculação (7, 14, 21, 28 dias) e interação momento *versus* dias

(Tabela 1). Não houve diferença significativa entre os isolados do fungo na severidade da giberela, sendo assim os isolados 15-ADON e NIV foram analisados conjuntamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância (ANOVA) indicando a severidade média de giberela em panículas de arroz irrigado, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, SC, 2017.

Fontes de variação	Severidade (%)		
	GL	QM	Pr > F
Estádio	3	52,48	<0,0001
Isolado	1	0,04	0,0548
Dias	3	9,75	< 0,0001
Momento*Isolado	3	0,07	0,5659
Momento*Dias	9	1,47	<0,0001
Isolado*Dias	3	0,002	0,8643
Erro	1257	0,01	
C.V. (%)		25,57	

Significante $P \leq 0,05$.

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

A severidade média da giberela nas panículas do arroz foi de 4,05% com inoculação no emborrachamento completo, 42,84% no espigamento pleno e de 52,29% no florescimento, indicando diferença significativa entre os momentos de infecção do fungo (Tabela 2) (Figura 11). Os dados demonstraram que os estádios de desenvolvimento de espigamento pleno e de florescimento apresentaram maior intensidade da doença (Tabela 2). Segundo Lee (1992) o arroz é mais suscetível à infecção de *F. graminearum* na fase de florescimento e menos suscetível a partir do estádio de grão leitoso. Muito provavelmente esta informação tenha como base a cultura do trigo onde o principal sítio de infecção de *F. graminearum* são as anteras expostas durante o florescimento do cereal (REIS, 1996; ATANASOFF, 1920; SUTY & MAULER-MACHNIK, 1996). Na cultura da cevada existe descrição de infecção de *F. graminearum* em cultivares com florescimento aberto e fechado, demonstrando menor relação com a antese (extrusão das anteras) (YOSHIDA et al., 2007). Já na cultura do milho as principais vias de infecção deste patógeno são através do estilo estigma e por ferimentos nos grãos (KOEHLER, 1942; SUTTON, 1982; REID et al., 1996).

Tabela 2 - Severidade média de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL após a inoculação de dois isolados de *Fusarium graminearum* (15-ADON e NIV) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

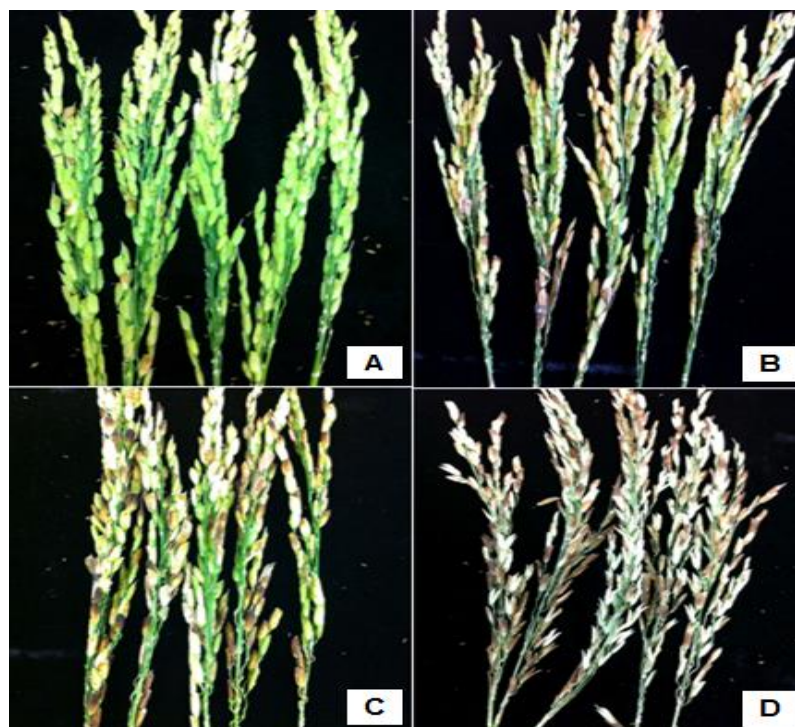
Estádio	Severidade
Testemunha*	0,0 d
Emborrachamento completo	4,0 c
Espigamento pleno	42,8 b
Florescimento	52,2 a
C.V. (%)	25,57

*Testemunha (Inoculação com água em cada estágio de desenvolvimento).

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Figura 11 - Comparação dos sintomas de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL aos 28 dias após a inoculação de dois isolados de *Fusarium graminearum* (15-ADON e NIV) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, Lages, 2017.



*A (Sintoma nos grãos das panículas inoculadas com água na testemunha); B (Sintomas de *F. graminearum* nos grãos das panículas inoculadas no estágio de emborrachamento completo); C (Sintomas de *F. graminearum* nos grãos das panículas inoculadas no estágio de espigamento pleno); D (Sintomas de *F. graminearum* nos grãos das panículas inoculadas no estágio de florescimento).

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Pelos valores absolutos de severidade da giberela pode-se constatar que a presença de anteras exteriorizadas no espigamento e florescimento do híbrido de arroz INOV CL tem relação com o processo de infecção de *F. graminearum* na panícula e grãos de arroz (Tabela 2).

Constatou-se que a severidade da doença em função dos dias de avaliação após a inoculação do fungo aumento proporcionalmente em função do tempo decorrido (Tabela 3). No sétimo dia houve o menor valor de severidade média (12,9%) e aos 28 dias o maior valor (54,9%), demonstrando haver diferença significativa entre os dias após a inoculação e posterior colonização do fungo nos grãos da panícula.

Tabela 3 - Severidade de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL avaliadas semanalmente após a inoculação de dois isolados de *Fusarium graminearum* fungo (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

Dias	Severidade
7	12,9 d
14	23,9 c
21	40,5 b
28	54,9 a
C.V. (%)	25,57

Médias seguidas de letras mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Ao comparar a severidade média da giberela especificamente para cada época de avaliação e considerando cada momento de inoculação do fungo, constatou-se não haver diferença significativa com a testemunha apenas aos 7 e 14 dias e somente com inoculação no estádio de emborrachamento (Tabela 4). A quantificação da doença aos 7, 14, 21 e 28 dias após a inoculação indicou diferença significativa entre todas as épocas de inoculação, com valores de severidade variando de 0% a 22,2% aos 7 dias, 0,8% a 39,8% aos 14 dias, 4,7% a 67,2% aos 21 dias e 10,6% a 79,9% aos 28 dias de avaliação (Tabela 4).

Tabela 4 – Severidade de giberela em panículas do híbrido de arroz INOV CL avaliadas semanalmente após a inoculação de dois isolados de *Fusarium graminearum* (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

Tratamento	Dias / Severidade (%)			
	7	14	21	28
Testemunha*	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
Emborrachamento completo	0,0 Aa	0,8 Ab	4,7 Bc	10,6 Bd
Espigamento pleno	16,6 Ba	31,0 Bb	49,6 Cc	74,1 Cd
Florescimento	22,2 Ca	39,8 Cb	67,2 Dc	79,9 Dd
Média** (%)	12,9	23,9	40,5	54,9

*Testemunha (Somente aspersão com água em cada estágio de desenvolvimento).

**Média da severidade considerando os três estádios onde houve inoculação.

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na linha, maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

3.3.2 Quantidade de grãos manchados

Após a colheita das panículas do arroz, constatou-se deficiência na formação e enchimento do grão e na porcentagem de infrutescências manchados. No tratamento testemunha não foram detectados grãos manchados, por outro lado, grãos oriundos de panículas inoculadas com o fungo nos três estádios de desenvolvimento apresentaram incidência crescente, com valores similares ao detectado com a severidade na panícula (Figura 11). Maior incidência de grãos manchados foram detectados quando o fungo foi inoculado nos estádios de espigamento pleno e florescimento, isto deve-se ao fato que nesses dois estádio de inoculação os grãos encontravam-se expostos, facilitando a infecção do fungo, diferente do estágio de emborrachamento completo onde a panícula encontrava-se envolta pela folha bandeira dificultando a infecção (Figura 12; Tabela 5).

Figura 12 - Quantidade de grãos manchados do híbrido de arroz INOV CL submetido à inoculação de dois isolados de *Fusarium graminearum* (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (embrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.



*A (Testemunha inoculação com água); B (Inoculação no embrachamento completo); C (Inoculação no espigamento pleno); e D (Inoculação no florescimento).

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Os sintomas da colonização de *F. graminearum* nas glumas da panícula de arroz surgiram aos 10 dias após a inoculação do fungo no estágio de embrachamento completo, 4 dias no espigamento pleno e 3 dias no florescimento, na forma de pequenos pontos de cor parda, que ao passar do tempo foram aumentando de tamanho, apresentando uma coloração marrom claro, passando para marrom escuro, e em muitos casos com o escurecimento total da gluma (Figura 13). Os grãos de arroz infectados por *F. graminearum* mostraram-se chochos, quebradiços e muitos apresentavam má formação. Segundo Lee (1992), grãos de arroz infectados por *F. graminearum* podem apresentar toda a área afetada de coloração parda, e posteriormente de cor salmão, devido à produção de esporodóquios e massa de conídios do fungo e são descritos também como leves e podem ser quebradiços. As micotoxinas produzidas por *F. graminearum* nos grãos de trigo são tóxicas ao homem e aos animais (SUTTON, 1982; REIS, 1988;

MAULER-MACHNIK & ZAHN, 1994; MESTERHÁZY & BARTÓK, 1996). Porém na cultura do arroz não se tem informação se as micotoxinas de *F. graminearum* causa algum problema para os animais ou seres humanos, mais provavelmente deve existir alguma relação, pois os isolados de *F. graminearum* encontrado nos grãos de trigo são os mesmo presentes nos grãos de arroz.

Figura 13 - Sintomas de giberela em panícula (A) e detalhe de grãos de arroz manchados (B) colonizados por *Fusarium graminearum*, Lages, 2017.



Fonte: Produção do Próprio Autor (2017).

Os dois isolados de *F. graminearum* colonizaram os grãos de arroz, sendo que a quantidade de grãos manchados variou conforme o estágio de desenvolvimento em que o fungo foi inoculado (Tabela 5). Desta forma observa-se que não houve diferença entre os isolados 15-ADON e NIV nos dois anos em relação a quantidade de grãos manchados, demonstrando que ambos podem infectar os grãos.

Tabela 5 - Número de grãos manchados e não manchados por panícula de arroz em relação ao estágio de desenvolvimento da planta em que foram inoculados dois isolados de *Fusarium graminearum*, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

Estádios	Ano	Isolado	Grão Manchado *	Grão não manchado *	Total de grãos	Incidência
Testemunha	2015/16	15-ADON	0	105,1	105,1	0
		NIV	0	99,6	99,6	0
	2016/17	15-ADON	0	101,8	101,8	0
		NIV	0	103,6	103,6	0
Emborrachamento completo	2015/16	15-ADON	13,8	92,7	106,4	12,9
		NIV	10,6	96,5	107,1	9,9
	2016/17	15-ADON	13,0	96,9	109,9	11,8
		NIV	14,4	93,2	107,6	13,4
Espigamento pleno	2015/16	15-ADON	78,3	29,1	107,4	72,9
		NIV	70,6	26,4	96,9	72,8
	2016/17	15-ADON	75,4	30,5	105,9	71,2
		NIV	77,3	31,6	108,9	71,0
Florescimento	2015/16	15-ADON	82,9	21,8	104,6	79,2
		NIV	82,4	28,0	110,4	74,6
	2016/17	15-ADON	87,2	20,9	108,1	80,7
		NIV	85,4	21,6	107,0	79,9

*Grãos manchados e não manchados (média das 20 panículas avaliadas por tratamento).
 Fonte: Produção do próprio Autor (2017).

3.3.3 Teste de sanidade de grãos

Os grãos de arroz manchados foram semeados em meio de cultura indicando a presença de colônias de coloração rosa-avermelhada com micélio aéreo castanho (Figura 14), confirmando que o fungo *F. graminearum* infectou os grãos de arroz após a inoculação do fungo nos estádios de emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento. Segundo Booth (1971), as colônias *F. graminearum* desenvolvem-se em meio de cultura apresentando coloração variável (cinza, rosa ou castanho), porém em batata-dextrose-ágar são rosa-avermelhadas com micélio aéreo castanho-amarelado. O fungo também foi detectado em grãos

não manchados (Tabela 7), com menor incidência, mas comprovando que pode haver infecção do grão sem que o mesmo apresente sintomas.

Figura 14 - Colônias de *Fusarium graminearum* em grãos de arroz manchados semeados em meio de cultura de batata-dextrose-água (BDA), Lages, 2017.



Fonte: Produção do próprio Autor (2017).

Ao analisar as interações de “momento x isolado”, “momento x tipo” “isolado x tipo” e “momento x isolado x tipo”, apenas foi significativa ($p > 0,05$) a interação dupla entre “momento x tipo”. Essa interação leva em conta o estágio de desenvolvimento da planta onde o fungo foi inoculado, e a presença de grãos manchados, o que de fato tem relação com a severidade da doença e a incidência de *F. graminearum*. Também não houve diferença significativa de isolados do fungo nos tratamentos conjuntamente analisados, demonstrando que ambos apresentaram níveis de infecção semelhantes (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância (ANOVA) indicando a incidência média de *Fusarium graminearum* nos grãos de arroz irrigado manchados e não manchados em teste de sanidade de semente, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

Fontes de variação	Incidência (%)		
	GL	QM	Pr > F
Isolado	1	1,40	0,0003
Estádio	3	247,51	<0,0001
Tipo ¹	1	529,18	<0,0001
Estádio*Isolado	3	0,34	0,0225
Estádio*Tipo ¹	3	60,26	<0,0001
Isolado * Tipo ¹	1	1,49	0,0002
Estádio*Isolado*Tipo ¹	3	0,47	0,0047
Erro	112	0,10	
C.V. (%)		6,27	

¹Tipo (Grãos manchados e não manchados).

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

O fungo *F. graminearum* foi detectado em grãos manchados e não manchados, nos três momentos de inoculação e com os dois isolados do patógeno (Tabela 7).

A recuperação do fungo nos grãos manchados foi alta, variando de 77,5% a 90,0% para o isolado 15-ADON e de 78,5% a 88,5% para o isolado NIV, demonstrando correlação entre presença do fungo e sintomas em grãos. Entretanto, o fungo também foi recuperado em grãos não manchados, porém em menor incidência, com variação de 10,0% a 22,5% (isolado 15-ADON) e de 9,0% a 20,5% (isolado NIV), demonstrando também que o patógeno pode infectar os grãos e não apresentar sintomas da sua colonização na cariopse. De qualquer forma, há diferença significativa na incidência do fungo em grãos manchados e não manchados considerando a média dos três momentos de inoculação, para o isolado 15-ADON (83,5% em manchados e 16,7% em não manchados) e para o isolado NIV (83,5% em manchados e 15,0% em não manchados) (Tabela 7).

Houve maior recuperação de *F. graminearum* em grãos manchados e em grãos não manchados, com os dois isolados do fungo, quando a inoculação foi realizada no florescimento das plantas de arroz (Tabela 7). Ressalta-se que a maior severidade da giberela (Tabela 4) e o maior número de grãos manchados (Tabela 5) também foram obtidos com a inoculação no florescimento. Portanto a hipótese de maior recuperação do fungo neste tratamento foi confirmada, pois se houve maior

número de grãos manchados e maior severidade no estágio de florescimento, consequentemente haverá maior recuperação do fungo nesse estágio.

Tabela 7 - Incidência média de *Fusarium graminearum* nos grãos de arroz manchados e não manchados em função da inoculação de dois isolados de *Fusarium graminearum* (15-ADON e NIV) em três estádios de desenvolvimento da planta (emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento), anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

Incidência (%) Isolado 15-ADON		
Tratamentos	Manchados	Não manchados
Testemunha	0,0 Da	0,0 Da
Emborrachamento completo	77,5 Cb	10,0 Ca
Espigamento pleno	83,5 Bb	17,5 Ba
Florescimento	90,0 Ab	22,5 Aa
C.V. (%)	6,3	

Incidência (%) Isolado NIV		
Tratamentos	Manchados	Não manchados
Testemunha	0,0 Da	0,0 Da
Emborrachamento completo	78,5 Cb	9,0 Ca
Espigamento pleno	83,5 Bb	15,5 Ba
Florescimento	88,5 Ab	20,5 Aa
C.V. (%)	6,3	

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

Fonte: Produção próprio Autor (2017).

Tabela 8 - Incidência média de *Fusarium graminearum* nos grãos de arroz manchados e não manchados, comparando os isolados 15-ADON e NIV, anos de 2015/16 e 2016/17, Lages, 2017.

Incidência (%)		
Isolado	Grão manchado	Grãos não manchado
15-ADON	83,5 Aa	16,7 Ab
NIV	83,7 Aa	15,0 Ab
Média¹	83,6 a	15,8 b
C.V. (%)	6,3	

¹Média (considerado somente os três estádios de inoculação);

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

Fonte: Produção do próprio Autor (2017).

3.4 CONCLUSÕES

O fungo *Fusarium graminearum* infecta panícula de arroz desde o estágio de emborrachamento completo até no espigamento pleno com florescimento.

A fase de espigamento pleno com florescimento da planta de arroz é mais suscetível à infecção do fungo, induzindo maior severidade de doença e incidência de grãos manchados e do fungo nos grãos.

A infecção do fungo *F. graminearum* em grãos de arroz provoca sintomas do tipo grãos manchados ou escurecimento de grãos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A giberela tem se tornado uma das doenças de maior frequência e importância nos cereais, em virtude da manutenção do inóculo do fungo nos resíduos culturais, presente no sistema plantio direto. A dificuldade de controle da doença por práticas culturais faz aumentar ainda mais o inóculo no campo. O fungo *Fusarium graminearum* vem sendo encontrado nos teste de sanidade de sementes de arroz. Porém não se tem relato da ocorrência da doença no campo. A principal hipótese está atribuída a pouca ou nenhuma informação técnica sobre giberela em arroz.

Com base nos resultados deste trabalho pode-se concluir que o fungo *F. graminearum* infecta a planta de arroz no estágio de emborrachamento completo, espigamento pleno e florescimento, com maior suscetibilidade da planta quando o fungo é inoculado na fase de florescimento, ou seja, no período de antese da planta. Constatou-se também haver maior incidência de grãos manchados nas duas fases de maior severidade da doença. Outro fato importante foi à recuperação do fungo *F. graminearum* induzindo sintomas do tipo grão manchado em arroz. As informações obtidas do momento ideal para infecção do fungo na panícula serão relevantes para futuros estudos relacionados à resistência genética e ao manejo químico pela aplicação direcionada de fungicidas no sítio de infecção.

Também com os resultados deste trabalho pode-se concluir que as sementes de arroz irrigado produzidas na Região do Alto Vale do Itajaí no estado de Santa Catarina, na safra 2015/16, encontraram-se infectadas por uma ampla variedade de patógenos, sendo os fungos *Microdochium oryzae*, *Bipolaris oryzae*, *Alternaria padwickii* e *Curvularia* sp. encontrados com maior incidência e prevalência. A predominância de *M. oryzae* associado às sementes de arroz irrigado demonstra que houve infecção na lavoura e que provavelmente a doença em folha e/ou na panícula pode estar passando despercebida pela assistência técnica que se preocupa muito com brusone no qual o seu agente causal não foi detectado. Ressalta-se que sementes infectadas com *M. oryzae* podem provocar deterioração de semente ou sua transmissão para plântula/planta necessitando medidas preventivas como o tratamento de semente.

5 REFERÊNCIAS

AMARAL, H.M. Testes de sanidade de sementes de arroz. In: SOAVE, J. & WETZEL, M.M.V.S. (Eds.) **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.15, p. 358-370.

ATANASOFF, D. Fusarium-blight (scab) of wheat and other cereals. **Journal of Agricultural Research**, Madison, v. 20, p.1-4. 1920.

BARNETT, H.L., HUNTER, B.B. **Illustred genera of imperfect fungi**. Fourth edition. The American Phytopathological Society. St. Paul. 1998. 218 p.

BEDENDO, I.P.; PRABHU, A.S. Doenças do Arroz. In: KIMATI, M., AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 4 ed, 2005, cap. 12, p. 79-90.

BENOIT A.M.; S.B. MATHUR: Identification of species of *Curvularia* on rice seed. **Int. Seed Testing Ass Proc.** 35: 99-119, 1970.

BOOTH, C. **The Genus Fusarium**. Kew: Common wealth Mycological Institute, 237p., 1971.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília : SNDA/DNVD/CLAV, 1992, 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Teste de sanidade de sementes. In: **Regras para a análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. Cap. 9, p. 335-340.

BUSHNELL, W.R.; HAZEN, B.E.; PRITSCH. Histology and physiology of fusarium head blight. In: LEORNARD, K.J.; BUSHNELL, W.R. (Eds) **Fusarium head blight of wheat and barley**. St. Paul: APS Press, 2003. p. 44-83.

CEPA/EPAGRI. **Boletim Agropecuário**, Nº 39 – 16, agosto, 2016. Disponível em:<http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuário/boletim_agropecuário.pdf>. Acesso em: 22, janeiro, 2016.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, 40:436-443. 2000.

COLHOUN, J. Measurement of inoculum per seed and its relation to expression. **Seed Science and Tecnology**, Zürich, v.11, n.2, p.665-671, 1983.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2015/16, décimo segundo levantamento**. v. 3, n. 12 Set. 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf. Acesso em: 22 fevereiro, 2017.

EMBRAPA. **A cultura da cevada**. Disponível em: www.cntp.embrapa.br/culturas/cevada/index.htm. Acesso em: 21 de fevereiro, 2017.

FARIAS, J. R. C.; AFONSO, S. P. A.; BRANÇÃO, F. M.; et al. Incidência de fungos associados a sementes de arroz em seis regiões produtoras do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.4, p.487-490, 2007.

FRANCO, D. F.; RIBEIRO, A. S.; NUNES, C. D.; et al. Fungos associados a sementes de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.3, p.235-236, 2001.

GERALDO, M.R.; TESSMANN, D.J.; KEMMELMEIER, C. Production of mycotoxins by *Fusarium graminearum* isolated from small cereals (wheat, triticales and barley) affected with scab disease in southern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, p. 58-63, 2006.

GILBERT, J.; HABER, S. Overview of some recent research developments in *Fusarium* head blight of wheat. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 35, p. 149-174, 2013.

GOMES, L.B.; WARD, T.J.; BADIALE-FURLONG, E.; DEL PONTE, E.M. Species composition, toxigenic potential and pathogenicity of *Fusarium graminearum* species complex isolates from southern Brazilian rice. **Plant Pathology**, United Kingdom, v. 64, p. 980-987, 2015.

GOMES, A.S.; JÚNIOR, A.M.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Editores Técnicos-Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica 2004, 899p.

GULART, C.; BAYER, T.M.; CERBARO, L.; LENZ, G.; ZAMOLIN, C.; COSTA, I.F.D. Qualidade sanitária de sementes de arroz irrigado em diversas regiões produtoras

do estado do Rio Grande do Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DO ARROZ IRRIGADO 4.**; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO 26., Santa Maria, RS. Resumos. Santa Maria: 2005. p.545.

GUTIÉRREZ S. A.; CARMONA A. M.; REIS M. E. Estudio preliminar sobre métodos de detección de *Microdochium oryzae* em sementes de arroz. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 34, n.1, 042-044, 2009.

KOEHLER B. Natural mode of entrance of fungi into corn ears and some symptoms that indicate infections. **Journal of Agricultural Research**, v. 64, p. 421-442. 1942.

LEE, F.N. In: WEBSTER, R.K.; GUNNELL, P.S. (Eds). **Compendium of rice diseases**. APS Press: St. Paul, 1992. 30 p.

LIMA; FURTADO M. *Curvularia* species (anamorphic fungi: Hyphomycetes) from Santiago island, Cape Vert. **Portugaliae Acta Biologica**, 22:145-156, 2007.

LOGRIECO, A.; RIZZO, A.; FERRACANE, R.; RETIENI, A. Occurrence of beauvericin and enniatins in wheat affected by *Fusarium avenaceum* head blight. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, p. 82-85, 2002.

LUCCA FILHO, O.A. Capítulo: **Patologia de Sementes** In.: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. Sementes : Fundamentos Científicos e tecnológicos, 2ª ed., 2006, 473p.

MAULER-MACHNIK, A. & ZAHN, K. Ear fusariosis in wheat - new findings on their epidemiology and control with Folicur (Tebuconazole). **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer** 47:129-155. 1994.

MACHADO, J.C. Padrões de tolerância de patógenos associados às sementes. In: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. v2, 1994.

MACHADO, J.C. **Patologia de sementes**: fundamentos e aplicações. Brasília: Ministério da Educação, Lavras: ESALQ/FAEPE, 1988, 107 p.

MARTINELLI, J. A. et al. Soybean is a host for *Fusarium graminearum*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 132, 2002.

MATHUR, S.B.; MALLYA, J.I.; PAUL NEERGAARD. Seed-borne infection of *Trichoconis padwickii* in rice, distribution, and damage to seeds and seedlings. **Int. Seed Testing Ass Proc.** v. 37: 803-810, 1972.

MATSUO, M. Origin and differentiation of cultivated rice. In: MATSUO, T.; FUSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. (Eds.). **The Science of the rice Plant**, Volume Three, Genetics, Tokyo: Food and Agriculture Politic Research Center, 1997. v3, p. 69-88.

McMULLEN, M.; BERGSTROM, G.; WOLF, E.; DILL-MACKY, R.; HERSHMAN, D.; SHANER, G.; VAN SANFORD, D. A unified effort to fight an enemy of wheat and barley: *Fusarium* head blight. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 96, p. 1712-1728, 2012.

McMULLEN, M.; JONES, R.; GALLENBERG, D. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact. **Plant disease**, Saint Paul, v.81, n.12, p. 1340-1348, 1997.

MENTEN, J.O.M. **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1991, 321p.

MESTERHAZY, A. & BARTOK, T. Control of *Fusarium* head blight of wheat by fungicides and its effect on the toxin contamination of the grains. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 49:191-198. 1996.

MEW, T.W. & GONZALES, P. **A handbook of rice seedborne fungi**. Los Baños, (Philippines): International Rice Research Institute, and Enfield, N.H. (USA): Science Publishers, Inc. 2002, 83 p.

MIURA, L. Doenças. In: **Epagri Arroz irrigado: Sistema pré-germinado**. Florianópolis, Epagri/ GMC, 2002, 203-227 p.

MISRA, J.K.; MERCA, S. D.; MEW, T. W. Fungi. In: MEW, T. W.; MISRA, J. K. (Eds.). **A Manual of rice Seed Health Testing**. IRRI (International Rice Research Institute), Manila, Phillippines, p. 25-28, 1994.

NAKAJIMA, T.; YOSHIDA, M. TOMIMURA, K. Effect of lodging on the level of mycotoxins in wheat, barley, and rice infected with the *Fusarium graminearum* species complex. **Journal of General Plant Pathology**, v. 7, p.289-295, 2008.

OBANOR, F.; NEATE, S.; SIMPFENDORFER, S.; SABBURG, R.; WILSON, P.; CHAKRABORTY, S. *Fusarium graminearum* and *Fusarium pseudograminearum* caused the 2010 head blight epidemics in Australia. **Plant Pathology**, United Kingdom, v. 62, p. 79-91, 2013.

OU, S.H. **Rice diseases**. Surrey: Commonwealth Mycological Institute, 1972. 368p.

PANISSON, E.; REIS, E. M.; BOLLER, W. Quantificação de propágulos de *Gibberella zeae* no ar e infecção de anteras em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 489-494, 2002.

PANISSON, E.; HOFFMANN, L.L.; REIS, E.M. Ocorrência de *Fusarium graminearum* em sementes de soja. **Anais... Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, XXVIII. Santa Maria, 2000.

PEREIRA, J.A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.

REID, L.M.; HAMILTON, R.I. Effects of inoculation position, timing, macroconidial concentration, and irrigation on resistance of maize to *Fusarium graminearum* infection through kernels. **Canadian Journal Plant Pathology**. v.18, p.279–285. 1996.

REIS, E.M. Quantificação de propágulos de *Gibberella zeae* no ar através de armadilhas de esporos. **Fitopatologia Brasileira** 13:324- 327. 1988.

REIS, E.M.; BLUM, M.M.C.; CASA, R.T.; MEDEIROS, C.A. Grain losses caused by the infection of wheat heads by *Gibberella zeae* in southern Brazil, from 1984 to 1994. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.22, p 134-137, 1996.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2ed. rev. Atual. Lages: Graphel, 2007. 176p.

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

Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. **Informações Técnicas para o Trigo e Triticale – Safra 2016** / organizado pela Biotrigo Genética: Passo Fundo, RS, 2016. 228 p.

Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada. **Indicações Técnicas para a produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2013 e 2014** / organizado pela Embrapa: Passo Fundo, RS, 2013. 107 p.

Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil** / organizado pela, Epagri: Itajaí, SC, 2012. 176 p.

RIBEIRO, A.S. Controle integrado das doenças do arroz irrigado. Pelotas: EMBRAPA-CPATB, **(Circular Técnica, 3)**, 1989. 29 p.

RIBEIRO, A.S.; SPERANDIO, C.A. **Controle de Doenças**. In: Produção de arroz irrigado. Pelotas: UFPEL, 1998, 659 p.

RIBEIRO, A.S. Tratamento de sementes com fungicidas. **Revista Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo, v.4, p. 415, 1996.

RICHARDSON, M.J. **An annotated list of seed-borne diseases**. 4. ed. Zürich: The International Seed Testing Association, p. 387, 1990.

SCHERM, B.; BALMAS, V.; SPANU, F.; PANI, G.; DELOGU, G.; PASQUALI, M.; MIGHELI, Q. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, p. 323-341, 2013.

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.

SKINNES, H.; SEMANGN, K.; TARKEGNE, Y.; MAROY, A.G.; BJORNSTAD, A. The inheritance of anther extrusion in hexaploid wheat and its relationship to *Fusarium* head blight resistance and deoxynivalenol content. **Plant Breeding**, v. 129, p. 149-155, 2010.

SOAVE, J.; PRABHU, A.S.; RICCI, M.T.T.; BARROS, L.G.; SOUZA, N.R.G.; CURVO, R.C.V.; FERREIRA, R.P.; SOBRAL, C.A.M. Etiologia de manchas de sementes de cultivares de arroz de sequeiro no Centro - Oeste brasileiro. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, p. 122-127, 1997.

SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; **XXXI Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**. Bento Gonçalves, RS, p. 199, 2016.

SOSBAI. Arroz irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado**; XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Bento Gonçalves, RS, p. 192, 2014.

STACK, R.W; McMULLEN, M. A visual ccale to estimate severity of Fusarium Head Blight in wheat. North Dakota State University and U.S. **Department of Agriculture cooperating**. p. 1095, 2011.

STRANGE, R.N.; SMITH, H.A fungal growth stimulant in anthers which predisposes wheat to attack by *Fusarium graminearum*. **Plant Pathology**, United Kingdon, v. 1, p.141-150, 1971.

SUTY, A.; MAULER-MACHNIK, A. Fusarium head blight on wheat – new findings on the epidemiology and control of *Gibberella zeae* the teleomorph of *Fusarium graminearum* with Folicur. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v. 49, n. 1, p. 55-70, 1996.

SUTTON, J. C. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 4, p. 195-209, 1982.

YOSHIDA, M.; KAWADA, N.; NAKAJIMA, T. Effect of infection timing on Fusarium Head Blight and mycotoxin accumulation in open- and closed-flowering barley. **Phytopathology**, Iowa, v. 97, p. 1054-1062, 2007.

WEBSTER, R.K.; GUNNELL, P.S. Compendium of rice diseases. St. Paul: **The American Phytopathological Society**. 1992. 62 p.

WIESE, M. V. **Compendium of wheat diseases**. American Phytopathological Society. St. Paul. 2ed. 1987.