

JULIANO BERGHETTI

**INTENSIDADE DA MANCHA BRANCA, PODRIDÕES DE COLMO E
QUALIDADE DE GRÃOS EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE
SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO**

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

2018

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

Berghetti, Juliano
Intensidade da mancha branca, podridões de colmo
e qualidade de grãos em híbridos de milho sob épocas
de semeadura e doses de nitrogênio / Juliano
Berghetti. - Lages , 2018.
96 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, 2018.

1. Zea mays. 2. Mancha branca. 3. Podridão de
colmo. 4. Grãos avariados. I. Trezzi Casa, Ricardo.
II. Universidade do Estado de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação. III. Título.

JULIANO BERGHETTI
INTENSIDADE DA MANCHA BRANCA, PODRIDÕES DE COLMO E
QUALIDADE DE GRÃOS EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE
SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO

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:

Professor Dr. Luís Sangoi

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

Membro:

Dr. Laercio Luiz Hoffmann

Desenvolvimento Técnico - Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder a vida e oportunidades pessoais e profissionais.

Aos meus pais Valmir Berghetti e Claudete O. Berghetti, que apesar da distância, sempre me educaram e manifestaram apoio aos meus estudos com incentivo de continuidade.

As minhas irmãs Itajane e Itainara Berghetti pelo amor e carinho prestados, pela união que pregam na família e pelo incentivo aos estudos.

Ao meu cunhado Cristiano Giotti, pelo incentivo à criatividade, pelo auxílio prestado a mim e aos meus pais, e por sua amizade.

À Krishna Stephanie Souza Rodrigues, pelo amor, carinho, apoio, pelo seu companheirismo e amizade, e por ser muito especial na minha vida.

Ao professor e orientador Dr. Ricardo Trezzi Casa, pela excelente orientação, prestatividade, conhecimentos passados, auxílio na condução do projeto, e amizade.

Ao professor Dr. Luís Sangoi, pelo auxílio na condução do projeto, e pelo conhecimento compartilhado, assim como sua amizade.

À equipe do Laboratório de Fitopatologia: Alencar, Amanda, André, Bruna, Bruno, Diego, Eduardo G., Eduardo Z., Evandro, Flavio, Juliana, Lucas, Matheus, Mayra, Mônica e Otávio, pelo auxílio nas atividades de campo e laboratório, pelas experiências compartilhadas e pela amizade.

À equipe do Grupo *Zea Mays*: Antônio, Alex, Fernando, Francieli, Gustavo, Hugo, Júlio, Leonardo, Lucieli, Maria Thereza, Mateus, Murilo, Natalia, Rafael L., Rafael M., Ramon e Vander, pelos auxílios prestados nas atividades de campo e laboratório, e pela amizade.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, e aos professores, pelo ensino de qualidade e oportunidade de usufruí-lo no Programa de Mestrado em Produção Vegetal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que proporcionou a execução da pesquisa.

Aos amigos, familiares e a todos que em algum momento prestaram auxílio para a minha formação.

Aos membros da banca pelas contribuições ao presente trabalho.

Muito obrigado!

“ A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo. ”

Albert Einstein

RESUMO

BERGHETTI, Juliano. **Intensidade da mancha branca, podridões de colmo e qualidade de grãos em híbridos de milho sob épocas de semeadura e doses de nitrogênio.** 2018. 96 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2018.

As doenças têm contribuído para decréscimos significativos em produtividade na cultura do milho. O estudo foi dividido em três capítulos, com objetivo de estudar as intensidades de doenças foliares (1), incidência de podridão de colmo (2) e qualidade de grãos (3) em função de híbridos (AG9025 PRO3 e 30F53 VYH), épocas de semeadura (20 de setembro e 05 de dezembro) e doses de nitrogênio em cobertura (0; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹). O experimento foi conduzido em Atalanta-SC na safra 2016/17. No capítulo 1, em maturação fisiológica foram realizadas avaliações de severidade de mancha branca através de escala diagramática. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou severidade de 17,7% de mancha branca mostrando-se mais suscetível em relação ao híbrido 30F53 VYH com 9,3%. Na média dos híbridos, em época de semeadura preferencial a severidade chegou a apenas 2,2% mostrando menor predisposição a infecções em relação à época de semeadura tardia com 31,4%. A maior disponibilidade de nitrogênio em cobertura gerou incremento em severidade da mancha branca para o híbrido AG9025 PRO3, não alterando as severidades para o híbrido 30F53 VYH. No capítulo 2, no momento da colheita, realizou-se avaliação de incidência de podridão de colmo. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou as maiores incidências de podridão de colmo 31,8% em relação ao 30F53 VYH com 8,8%, sendo observados também maior incidência em época de semeadura tardia, 31,1% em relação a 11,2% da época de semeadura preferencial. O fungo de maior prevalência em podridões de colmo foi o *Colletotrichum graminícola*, independente dos híbridos e épocas de semeadura. O incremento de doses de nitrogênio mostrou-se importante para o manejo deste fungo reduzindo significativamente sua incidência, principalmente no híbrido AG9025 PRO3. No capítulo 3 foram quantificados o percentual de grãos normais, fermentados e ardidos, assim como a incidência e prevalência de fungos aos grãos. AG9025 PRO3 apresentou 43,2% de grãos fermentados em relação ao híbrido 30F53 VYH com 8,4%. Na média entre híbridos e doses não houve diferença para grãos fermentados em função das épocas de semeadura. Com a adição de doses de nitrogênio o híbrido AG9025 PRO3 apresentou incremento de grãos fermentados, e o híbrido 30F53 VYH apresentou-se estável. O fungo *Fusarium verticillioides* apresentou 97,2% de prevalência na patologia dos grãos, com menor incidência em grãos do híbrido AG9025 PRO3 (35,5%) em relação ao híbrido 30F53 VYH (49,9%), e na média dos híbridos apresentando em época de semeadura tardia 49,7% de incidência em relação a época de semeadura preferencial com 35,7%. Para o híbrido 30F53 VYH foi constatada maior incidência do fungo com a adição de doses de nitrogênio, não apresentando resposta no híbrido AG9025 PRO3. Não foram observadas correlações significativas entre grãos normais e fermentados com a incidência de *F. verticillioides*. O trabalho permitiu elucidar a importância dos fatores genótipo, épocas de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, tornando-os possíveis alternativas de manejo para amenizar os danos ocasionados por patógenos na cultura do milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. Doenças foliares. Podridão de colmo. Grãos avariados.

ABSTRACT

BERGHETTI, Juliano. **Intensity of the white spot, stalk rot and quality grains in maize hybrids under sowing times and nitrogen rates.** 2018. 96 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production). Universidade do Estado de Santa Catarina. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2018.

The diseases have contributed to significant decreases in corn productivity. The study was divided in three chapters, with the objective of studying the intensities of foliar diseases (1), incidence of stem rot (2) and grain quality (3) as a function of hybrids (AG9025 PRO3 and 30F53 VYH), sowing (September 20 and December 5) and nitrogen coverage (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹). The experiment was conducted in Atalanta-SC in the 2016/17 harvest. In chapter 1, in physiological maturation, white spot severity evaluations were performed through a diagrammatic scale. The hybrid AG9025 PRO3 presented a severity of 17.7% of white spot showing more susceptible in relation to hybrid 30F53 VYH with 9.3%. In the average of the hybrids, at preferential sowing time, the severity reached only 2.2%, showing a lower predisposition to infections in relation to the late sowing season with 31.4%. The increased availability of nitrogen in the cover generated an increase in white spot severity for the hybrid AG9025 PRO3, without altering the severity of the hybrid 30F53 VYH. In chapter 2, at the time of harvest, the incidence of stem rot was evaluated. The hybrid AG9025 PRO3 presented the highest incidence of 31.8% stem rot in relation to 30F53 VYH with 8.8%, being also observed a higher incidence in the time of late sowing, 31.1% in relation to 11.2% of the preferential sowing season. The most prevalent fungus in stalk rot was *Colletotrichum graminicola*, independent of hybrids and sowing times. The increase of nitrogen rates was important for the management of this fungus, reducing significantly its incidence, mainly in the hybrid AG9025 PRO3. In chapter 3, the percentage of normal grains, fermented and burned, as well as the incidence and prevalence of fungi to the grains were quantified. AG9025 PRO3 presented 43.2% of fermented grains in relation to the hybrid 30F53 VYH with 8.4%. In the average between hybrids and doses there was no difference for fermented grains due to sowing times. With the addition of nitrogen doses the hybrid AG9025 PRO3 presented increase of fermented grains, and the hybrid 30F53 VYH was stable. The fungus *Fusarium verticillioides* showed 97.2% prevalence in grain pathology, with a lower incidence of hybrid AG9025 PRO3 (35.5%) in relation to the hybrid 30F53 VYH (49.9%), and in the average of the hybrids presenting at the time of late sowing 49.7% of incidence in relation to the preferential sowing season with 35.7 %. For the 30F53 VYH hybrid, a higher incidence of the fungus was observed with the addition of nitrogen rates, with no response in the hybrid AG9025 PRO3. No significant correlation was observed between normal grains and fermented with the incidence of *F. verticillioides*. The work allowed to elucidate the importance of genotype factors, sowing times and nitrogen rates in coverage, making them possible management alternatives to ameliorate the damages caused by pathogens in the corn crop.

Keywords: *Zea mays*. Foliar diseases. Stalk rot. Damaged grains.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Atalanta no estado de Santa Catarina, Brasil.	40
Figura 2 – Dados meteorológicos diários de temperatura (°C) na sessão esquerda, e precipitação (mm) na sessão direita, durante os ciclos de cultivo do milho em época de semeadura preferencial (a) e tardia (b).....	43
Figura 3 – Escala diagramática para avaliação da severidade de mancha branca em milho, expressa em percentual de área foliar com sintomas da doença.	44
Figura 4 – Regressão do teor relativo de clorofila para as variáveis híbridos e épocas de semeadura em função das doses de N em cobertura.	46
Figura 5 – Evolução da severidade da mancha branca em função dos estádios de desenvolvimento da cultura do milho em estágio reprodutivo para época se semeadura preferencial (a) e época de semeadura tardia (b).....	47
Figura 6 – Interação das variáveis híbridos, épocas de semeadura e doses de N para severidade da mancha branca.	49
Figura 7 – Regressão de produtividade nas épocas de semeadura em função das doses de N em cobertura.	51
Figura 8 – Regressão da incidência de podridão de colmo (a) e <i>Colletotrichum graminicola</i> (b) para os fatores híbridos e épocas de semeadura em função das doses de N em cobertura.	64
Figura 9 – Incidência de <i>Colletotrichum graminicola</i> em colmos de plantas sem adição de N em cobertura (a) e com adição de 450 kg de N ha ⁻¹ (b).	64
Figura 10 – Regressão da incidência de <i>Colletotrichum graminicola</i> e diâmetro de colmo em função das doses de N em cobertura. Atalanta-SC, safra 2016/17.....	67
Figura 11 – Percentual de prevalência dos fungos associados à podridões de colmo em relação aos híbridos e épocas de semeadura.	68
Figura 12 – Peso de mil grãos de plantas com e sem podridão de colmo na média dos híbridos em relação as épocas de semeadura.	69
Figura 13 – Detalhe de classes de grãos segundo instrução normativa 60/2011: grãos ardidos (a), grãos fermentados (b) e, grãos normais (c).	77
Figura 14 – Grãos infectados por: <i>Fusarium verticillioides</i> (a), <i>Fusarium graminearum</i> (b), e <i>Stenocarpella macrospora</i> (c).	77
Figura 15 – Regressões da interação entre dose de N e híbridos para percentual de grãos normais (a), fermentados (b) e ardidos (c).	80
Figura 16 – Regressão de interação de doses de N e híbridos para o percentual de incidência do fungo <i>Fusarium verticillioides</i> em grãos.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites percentuais máximos de tolerância de grãos avariados.....	32
Tabela 2 – Características agronômicas dos híbridos de milho utilizados como fontes de variação.....	41
Tabela 3 – Teor de argila e características químicas do solo na área experimental em Atalanta-SC, no ano agrícola de 2016/2017.....	41
Tabela 4 – Conformação de cultivos em inverno e verão entre os anos agrícolas de 2012/13 a 2016/17.....	41
Tabela 5 – Análise de variância, apresentando valores de <i>F</i> calculado para as variáveis, severidade da mancha branca e teor relativo de clorofila.....	45
Tabela 6 – Produtividade (ton ha ⁻¹), em função dos híbridos e épocas de semeadura, na média das quatro doses de N em cobertura.....	50
Tabela 7 – Coeficiente de correlação entre as variáveis severidade da mancha branca, peso de mil grãos, produtividade e teor relativo de clorofila.....	51
Tabela 8 – Coeficiente de correlação entre as variáveis severidade da mancha branca, peso de mil grãos, produtividade e teor relativo de clorofila sobre AG9025 PRO3, época de semeadura preferencial (a) e tardia (b), e 30F53 VYH, preferencial (c) e tardia (d).....	52
Tabela 9 – Análise de variância, apresentando valores de <i>F</i> calculado para as variáveis, incidência de podridão de colmo, e respectivos patógenos associados.....	62
Tabela 10 – Comparação de médias da incidência percentual de <i>Stenocarpella</i> , em relação aos fatores híbridos e épocas de semeadura.....	65
Tabela 11 – Coeficiente de correlação entre diâmetro de colmo e produtividade com incidência de colmos colonizados por <i>Colletotrichum graminicola</i> , <i>Fusarium graminearum</i> e <i>Stenocarpella</i>	66
Tabela 12 – Análise de variância, apresentando valores de <i>F</i> calculado para as variáveis, peso de mil grãos de plantas com colmos sintomáticos, e assintomáticos.....	69
Tabela 13 – Análise de variância, apresentando valores de <i>F</i> calculado para a qualidade de grãos dentro de sua classificação em normais, fermentados e ardidos.....	79
Tabela 14 – Interação entre híbridos e épocas de semeadura para variável percentual de grãos ardidos.....	79
Tabela 15 – Análise de variância, apresentando valores de <i>F</i> calculado para incidência de <i>Fusarium verticillioides</i> em grãos.....	81
Tabela 16 – Coeficiente de correlação entre percentual de grãos normais, fermentados e ardidos e as variáveis incidência de <i>Fusarium verticillioides</i> , peso de mil grãos e produtividade.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS

BDA	Batata Dextrose e Ágar
ES	Épocas de Semeadura
ESP	Época de Semeadura Preferencial
EST	Época de Semeadura Tardia
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GL	Graus de Liberdade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN	Instrução Normativa
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Potássio
MB	Mancha Branca
N	Nitrogênio
PC	Podridões do Colmo
PMG	Peso de Mil Grãos
TRC	Teor Relativo de Clorofila

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	CENÁRIO ATUAL DO MILHO NO BRASIL E EM SANTA CATARINA	23
2.2	ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	24
2.3	ÉPOCA DE SEMEADURA	25
2.5	PRINCIPAIS DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO	29
2.5.1	Mancha branca	29
2.5.2	Podridões de colmo e grãos avariados	31
2.5.3	Antracnose do colmo	33
3	CAPÍTULO 1 – INTENSIDADE DA MANCHA BRANCA EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO	35
3.1	RESUMO	35
3.2	ABSTRACT	37
3.3	INTRODUÇÃO.....	39
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	40
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.6	CONCLUSÕES	53
4	CAPÍTULO 2 – INCIDÊNCIA DE PODRIDÕES DE COLMO EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO.....	55
4.1	RESUMO	55
4.2	ABSTRACT	57
4.3	INTRODUÇÃO.....	59
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	60
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.6	CONCLUSÕES	70
5	CAPÍTULO 3 – QUALIDADE DE GRÃOS EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO	71
5.1	RESUMO.....	71
5.2	ABSTRACT	73
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	76
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
5.5.1	Qualidade física dos grãos	78
5.5.2	Patologia de grãos.....	81
5.6	CONCLUSÕES	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
7	REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda por alimentos no mundo foi o tema do fórum global de alimentos e agricultura promovido em janeiro de 2015 em Berlim (FAO, 2015). Na oportunidade José Graziano da Silva, diretor geral da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) relatou a necessidade de uma mudança de paradigma na agricultura, tendo em vista que estimativas preveem uma necessidade mundial de aumento de alimento e energia na ordem de 60% e 50%, respectivamente, até o ano de 2050, onde a população mundial deve superar os 9 bilhões.

O cultivo de grãos tem avançado no que tange aos seus aspectos produtivos. Isto pode ser atribuído à evolução das técnicas de manejo, melhoramento genético e transgenia, resultando no desenvolvimento de genótipos com maior potencial produtivo, implementação de características de tolerância a moléculas herbicidas promovendo manejo facilitado de plantas daninhas, e resistência à pragas e doenças. Além disso, modificações morfofisiológicas conferidas às plantas, tornaram-nas adaptadas a diversos ambientes, possibilitando sua distribuição geográfica e ampliação das áreas de cultivo.

O milho é uma cultura versátil, de ampla adaptabilidade e distribuição geográfica, e consiste em uma das principais fontes alimentares de carboidratos de consumo mundial. Além de constituinte direto na alimentação humana, é também principal insumo na formulação de ração animal, utilizada na produção de carnes, ovos e leite. O uso do grão também na produção de etanol, sugere que existam espaços para ampliação de sua produção e produtividade. No entanto, ainda é explorada a necessidade de adequação de genótipos a sua melhor conformação no espaço, e no tempo, assim como aspectos referentes à sua demanda nutricional e interferência de fatores bióticos como pragas e doenças.

O aumento no aporte de nitrogênio (N), nutriente de maior demanda em milho, gera mudanças comportamentais da planta. Aumenta-se o acúmulo de compostos aminados e ocorre redução da síntese de compostos atrelados a defesa da planta, como a lignina e fenóis (DORDAS, 2008). O nutriente tem sido indicado como fator de influência na severidade de doenças causadas por patógenos como *Physopella zae* Mains (TOMAZELLA et al., 2006), *Colletotrichum graminicola* Ces. (CARVALHO et al., 2013) e *Pantoea ananatis* S. (DORNELAS et al., 2015). Semeaduras tardias (PEGORARO et al., 2001) ou de segunda safra, também podem expor as plantas a uma maior densidade de inóculo de patógenos, provenientes de cultivos antecipados ou de época preferencial.

A genética das plantas confere comportamentos distintos a determinadas doenças. Ocorrem diferentes repostas na interação entre doenças e nutrição de plantas quando são avaliados genótipos de diferentes graus de suscetibilidade (CARVALHO et al., 2013). Características de híbridos, como baixa relação entre fonte e dreno estão associadas à maior severidade de podridões de colmo (PC) (BLUM et al., 2003) o que ressalta a importância de fatores de resistência no manejo das doenças.

Neste contexto foram elaboradas hipóteses ao estudo, sendo: I – o aumento da disponibilidade de N às plantas de milho incrementa a intensidade de mancha branca (MB), independente do híbrido ou época de semeadura (ES) utilizados; II – Híbridos mais precoces tendem a ser mais suscetíveis a incidência de PC tendo os danos amenizados pelo incremento em doses de N independente da ES. III – O percentual de grãos fermentados é reduzido pela adição de doses de N, independente do híbrido ou ES utilizados, estando diretamente correlacionado com a presença de patógenos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do manejo de doses de N em cobertura e ES sobre a severidade da mancha branca, incidência de PC e grãos avariados em híbridos de milho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CENÁRIO ATUAL DO MILHO NO BRASIL E EM SANTA CATARINA

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae, é um dos cereais mais cultivados no mundo. Originário do México, possui ampla adaptabilidade e distribuição geográfica. É uma cultura altamente produtiva e de elevado valor energético, sendo matéria prima fundamental na alimentação animal, humana e produção de biocombustível. É o segundo grão de maior produção, sendo o primeiro entre os cereais produzidos no Brasil, que ocupa a terceira posição entre os maiores produtores mundiais, atrás apenas dos Estados Unidos da América e China.

Estima-se que 97,7 milhões de toneladas do grão foram produzidas no Brasil na safra 2016/17 (CONAB, 2017) conferindo um incremento em produção de 31,9% em relação à safra anterior, que alcançou 66,6 milhões de toneladas, das quais apenas 20 milhões foram exportadas, indicando um consumo interno do grão equivalente a aproximadamente 70% do total produzido (CONAB, 2016). O incremento também foi observado na área de semeadura, 9,5% superior com 17,6 milhões de ha, e produtividade, 24,8% superior com média nacional de 5,6 ton ha⁻¹.

Santa Catarina figura entre os estados de maior consumo do grão. Em levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2017), observou-se que no 1º trimestre de 2017, apesar de ocupar a 14^a posição em produção de carne bovina, o estado foi a 6^a unidade federativa de maior produção leiteira, 1^a na produção de carne suína e 2^a no setor de carne de frango, ambas atividades com elevada demanda de milho. Embora figure com a maior produtividade entre os estados, com 8,2 ton ha⁻¹, é responsável por apenas 3,3% da produção nacional do grão, com apenas 3,3 milhões de toneladas, não garantindo o suprimento da sua demanda interna. Por outro lado, os estados de Mato Grosso e Paraná representam juntos 47,8% da produção nacional do grão, com 28,9 milhões e 17,8 milhões de toneladas, respectivamente, o que torna estes estados exportadores do grão (CONAB, 2017). Santa Catarina é importador do grão, seja de estados brasileiros com excedentes, ou países vizinhos, como exemplo a Argentina, tendo como critério de decisão a relação custo e benefício através do valor de cotação do produto e os custos de transporte.

A média de produtividade brasileira situa-se em aproximadamente 5,6 ton ha⁻¹, atrelada parcialmente à condição de baixos investimentos tecnológico e técnico, dentre eles, genótipos de baixo potencial produtivo, não adaptados às regiões de cultivo, erro em épocas

de semeadura, arranjo espacial de plantas, desequilíbrios nutricionais e físicos do solo e manejo de plantas daninhas, pragas e doenças. Condições climáticas restritivas são, no entanto, as principais responsáveis pelas baixas médias de produtividade, a exemplo dos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte, que apresentam produtividades inferiores a 500 kg ha⁻¹ devido a condições de restrição hídrica (CONAB, 2017).

Cabe ressaltar que, em condições experimentais no estado de Santa Catarina, foram alcançadas produtividades que superaram 16 ton ha⁻¹ (SANGOI et al., 2015), sugerindo desta forma, espaços para avanços em relação ao uso das tecnologias disponíveis para o manejo da cultura.

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O N é o elemento mineral mais absorvido, de maior interferência em produtividade e o que mais onera o custo de produção na cultura do milho. Estima-se que seja necessário aproximadamente 25 kg de N ton⁻¹ de massa seca produzida, sendo observados por Coelho (2006), que valores superiores a 70% do total de N absorvido pelas plantas, têm como destino final os grãos. De múltiplas funções, o N é componente de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, participando diretamente dos processos de divisão e expansão celular, além de ser parte constituinte das moléculas de clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Em trabalho sob condições controladas, quando em restrição de N, Gondim et al. (2016) observaram paralisação de crescimento de parte aérea, e mudança de coloração de folhas velhas, passando de verde-escuro a verde-pálido e posteriormente amarelo uniforme evoluindo para clorose generalizada. Este fato ocorre devido ao nutriente ser móvel na planta e, portanto, ser realocado para suprir tecidos em formação. Estes mesmos autores verificaram que plantas com restrição do nutriente, quando comparadas com tratamento sem restrição, apresentaram sistema radicular mais claro, porte reduzido, menor área foliar e colmos mais finos. Por outro lado, quando em excesso o N contribui para que ocorram plantas de elevada estatura e com acréscimo na altura de inserção de espigas, condições que favorecem o acamamento de plantas (SANGOI et al., 2016).

As recomendações de adubação nitrogenada são dadas de acordo com o teor de matéria orgânica do solo, cultura antecessora e massa seca produzida, até que se atinja a expectativa de 6 ton de grãos ha⁻¹. Quando as expectativas de rendimento forem superiores, para cada tonelada adicional de grãos, acrescentam-se 15 kg de N ha⁻¹ (COMISSÃO, 2016).

O excesso de N pode contribuir para o alongamento do período reprodutivo da cultura, reduz espessura da parede celular, ocasionando tecidos mais tenros, com maior acúmulo de compostos aminados (SANGOI et al., 2016), o que torna as plantas mais propensas e vulneráveis a infecção por fungos. Segundo Dordas (2008), as principais razões para maior predisposição são as várias mudanças morfológicas e bioquímicas geradas à planta, juntamente com o aumento do conteúdo dos compostos de N orgânico de baixo peso molecular, que são usados como substratos para parasitas. O autor relata ainda que algumas enzimas chave do metabolismo do fenol têm atividade menor, diminuindo o conteúdo de fenóis e afetando o teor de lignina, que fazem parte do sistema de defesa da planta contra infecções. Em alto suprimento de N, há elevada demanda de carbono da fotossíntese via ciclo de Krebs, comprometendo, desta forma, a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico, reduz-se a produção de compostos fenólicos e de lignina das folhas, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios (TSUIOSHI, 2004). O excesso de N tem sido constatado como precursor do aumento na severidade de doenças do colmo, por constituir um fator estressante quando aliado a “baixos” teores de K (CASELA et al., 2006). A interação destes nutrientes também foi observada por Carvalho et al. (2013) na severidade da antracnose foliar e por Dornelas et al. (2015) para mancha branca, em ambos os casos incrementando a intensidade das doenças em função do aumento da relação N/K. A intensidade também aumentou para mancha branca quando se avaliou somente o efeito da adição de doses de N (FIDELIS et al., 2003). Foram observadas correlações positivas entre a quantidade de N aplicado e a intensidade de infecção de *Fusarium verticillioides* Sheldon em grãos de milho (WORDELL FILHO & SPAGNOLLO, 2013). Apesar de muitos trabalhos sugerirem o N como precursor do aumento de intensidade de doenças, plantas com deficiência do nutriente tornam-se debilitadas e apresentam crescimento lento, o que também aumenta a suscetibilidade a patógenos (ZAMBOLIM & VENTURA, 1996). O metabolismo secundário, responsável pela defesa da planta necessita de substratos oriundos da fotossíntese que reduz sob deficiência de N.

2.3 ÉPOCA DE SEMEADURA

O milho é considerado uma cultura de dia neutro, ou seja, não responsiva ao fotoperíodo. Por outro lado, condições de disponibilidade de radiação solar, temperatura, disponibilidade hídrica e nutricional são essenciais ao seu crescimento e desenvolvimento para fins de expressão de seu potencial produtivo.

O início da primavera, basicamente entre meados de setembro e final de outubro, tem sido recomendado como época de semeadura preferencial (ESP) de milho no sul do Brasil, desde que as condições hídricas sejam favoráveis (SERPA et al., 2012). Nesta condição, a cultura se beneficia da maior amplitude de radiação em seu período de máxima área foliar, compreendido entre seu florescimento e início de enchimento de grãos, além de apresentar melhor resposta ao aporte de nitrogênio (SANGOI et al., 2010) condições que fazem desta época, a de maior potencial produtivo da cultura. Por possuir metabolismo C4 de fixação de carbono, o milho tem sua eficiência aumentada na conversão de luz, água e nutrientes, em produtividade.

Em condições de semeadura antecipada no sul do Brasil (julho e agosto), ocorrem temperaturas de solo e ar mais baixas durante o estágio vegetativo da cultura, em relação às épocas preferenciais (setembro e outubro) e tardias (novembro e dezembro), tornando menor o acúmulo de unidades térmicas diárias, restringindo-se a expansão celular e ocasionando menor área foliar e estatura de plantas (SERPA et al., 2012). Além de características de porte, as condições de acúmulo de unidades térmicas nas semeaduras antecipadas desfavorecem a formação dos componentes de rendimento (PIANA et al., 2008). Com menor estatura e área foliar, tem-se um menor coeficiente de extinção da luz no dossel, ou seja, uma redução da eficiência de interceptação luminosa. Isso permite um adensamento na população de plantas, como forma de compensação na interceptação luminosa pelo aumento do índice de área foliar, conferindo incremento em produtividade (PIANA et al., 2008). Esta situação de semeadura é usual como uma alternativa de escape das condições de restrição hídrica no período de florescimento, ocorrentes com frequência em semeaduras de setembro e outubro no sul do Brasil, condizendo com déficits nos meses de dezembro e janeiro, onde ocorrem as maiores demandas hídricas da cultura e evaporativas via atmosfera.

A prática da semeadura tardia (dezembro) é viabilizada por possibilitar cultivos anteriores como alho, cebola, batata, fumo, feijão, milho silagem, e como alternativa à cultura da soja após culturas de trigo e cevada em regiões de altitude. O resultado produtivo é relativamente baixo comparado a semeaduras em épocas anteriores. O maior acúmulo de unidades térmicas reduz o intervalo entre emergência e espigamento, ocorre um crescimento acelerado e elevação no porte e área foliar das plantas, aumentando consequentemente o coeficiente de extinção da luz. Colmos tendem a acumular menos reserva, ocorrendo também menor crescimento de raízes. Ainda, a radiação diminui na fase de desenvolvimento da espiga e enchimento de grãos fazendo com que haja restrição de dreno, reduzindo assim o potencial produtivo da cultura (SANGOI et al., 2010).

Outro fator variável em função da ES é a intensidade de doenças. Semeaduras a partir do mês de outubro estão mais propensas a infecção e consequente aumento na intensidade de *Phaeosphaeria maydis* P. Henn no sul do Brasil (PEGORARO et al., 2001), e sugere-se que, principalmente fungos disseminados pelo vento possam ser beneficiados nesta condição, onde as semeaduras precoces aumentam a fonte de inóculo por gerar ciclos secundários do patógeno, e consequentemente maior densidade do inóculo para as semeaduras tardias. Além da maior disponibilidade de inóculo, o crescimento vigoroso em EST gera um maior índice de área foliar, interferindo diretamente no microclima interno do dossel, com tendência de manter maior umidade e sombreamento, condições favoráveis à infecção por fungos em época de semeadura tardia (EST) pode ser também beneficiada em colmos, isso pelo menor acúmulo de reservas devido ao rápido crescimento da planta, que os tornam frágeis.

2.4 INCLUSÃO DE NOVOS GENÓTIPOS

Por meio do melhoramento genético e vegetal, tem-se disponibilizado aos agricultores genótipos com crescente potencial produtivo. A inclusão de híbridos foi a principal causa disto (BISON et al., 2003), aperfeiçoado com o advento da transgenia, principalmente pelo incremento de proteínas tóxicas a determinados insetos, e à resistência da cultura a moléculas herbicidas.

Modificações genéticas, fisiológicas, bioquímicas e morfológicas foram incorporadas pelos programas de melhoramento, gerando diferentes indicações, principalmente no arranjo de plantas, que iniciou mudanças na década de 1940 com a introdução de híbridos duplos. A inclusão de híbridos trouxe avanços em práticas de manejo, incrementando principalmente a densidade de plantas e o aporte de fertilizantes. Variedades de polinização aberta, com características de plantas desuniformes, elevada estatura e com folhas grandes e decumbentes, cederam espaço a plantas uniformes, de menor estatura, tamanho de folhas e área foliar, geralmente atrelados à híbridos de ciclos mais precoces, possibilitando uma maior interceptação de radiação solar (SANGOI, 2001). Com uso de híbrido simples em alta tecnologia foram constatadas produtividades superiores a 16 ton ha⁻¹ em condições experimentais no sul do Brasil (SANGOI et al., 2015).

Além do potencial produtivo, o desenvolvimento de genótipos de diferentes ciclos, entre hiperprecoces, superprecoces, precoces e tardios, tem tornado possível a semeadura do milho em diferentes épocas e locais de cultivo, sendo utilizados como estratégias de escape

para adversidades climáticas, inserção de mais de um cultivo na estação de verão, e condições de estabilidade produtiva em cultivo de segunda safra.

Na safra 2016/17, nas mais variadas tecnologias e ciclos, foram disponibilizados aos agricultores 213 híbridos simples, 53 híbridos triplos, 19 híbridos duplos, 16 variedades, 10 híbridos simples modificados e 2 híbridos triplos modificados, onde, percentualmente os híbridos simples predominam com 67,6% (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2016).

A ocorrência de doenças, plantas daninhas e insetos pragas, pode afetar de maneira total ou parcial a produtividade (CRUZ et al., 2009). Pereira Filho e Borghi (2016) apresentam os genótipos em diferentes graus de suscetibilidade à patógenos causadores de doenças foliares e de podridões do colmo (PC), sendo estes, altamente tolerante, tolerante, medianamente tolerante, baixa tolerância, altamente resistente, resistente, medianamente resistente, medianamente suscetível, suscetível, e altamente suscetível. Embora estas informações sejam relativas, são as únicas sobre níveis de resistência aos quais a assistência técnica e agricultores têm acesso. Manchas foliares e ferrugem recebem grau de suscetibilidade para seus patógenos específicos, porém isto não ocorre para PC, onde o grau de suscetibilidade atribuído não é diferenciado entre patógenos e agrega o complexo dos agentes causais.

Trabalhos têm demonstrado diferenças de suscetibilidade entre genótipos de milho para algumas doenças foliares, como os descritos por Juliatti & Souza (2005) avaliando *Physopella ziae* (Mains) Cummins & Ramachar, *Exserohilum turcicum* (Pass.), *Helminthosporium maydis* Nisikado & Miyake e *Phaeosphaeria maydis*, por Brito et al. (2007) avaliando *Cercospora zae-maydis* Tehon & E.Y. Daniels, e por Dudienas et al., (2013) avaliando *Puccinia polysora* Underw.

Em geral híbridos de maior precocidade e de elevado potencial produtivo tendem a ser mais suscetíveis a doenças. Isso ocorre, pois, estas características são poligênicas e possuem correlação negativa de difícil seleção conjunta (MENDONÇA et al., 2016). Podridões de colmo são detectadas com maior frequência em híbridos de maior precocidade, a sua menor área foliar acarreta em maior mobilização de carboidratos do colmo para as espigas em detrimento do enchimento de grãos, o que torna seus tecidos frágeis e suscetíveis a infecções (BLUM et al., 2003).

2.5 PRINCIPAIS DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO

As doenças são responsáveis por reduções expressivas de produtividade na cultura do milho, e tornam-se ameaça a sua sustentabilidade. São observadas na deterioração de sementes, morte de plântulas, podridões de colmo e de espiga e redução de área foliar pela ocorrência de lesões.

Neste documento será enfatizada a mancha branca (MB) como doença foliar e um contexto geral de PC (principalmente antracnose) e grãos avariados, levando em consideração seus aspectos de epidemiologia e controle, por predominarem como doenças de maior intensidade durante a condução do experimento a campo.

2.5.1 Mancha branca

A MB, sinônimo de pinta branca, mancha-de-feosférica ou complexo de mancha branca, constitui-se em uma das principais doenças foliares da cultura do milho, com ocorrência generalizada no Brasil.

Seus sintomas iniciam com lesões circulares, aquosas de coloração verde-claro com aspecto de anasarca, que evoluem para lesões de cor parda e bordos escuros definidos. Posteriormente formam-se lesões necróticas, de dimensões entre 0,3 cm a 1 cm de diâmetro e conformação elíptica, ou circulares (COSTA et al., 2013).

Seus danos estão associados a redução da área foliar e capacidade fotossintética das folhas. Godoy et al. (2001) observaram redução da fotossíntese líquida entorno de 40% em condições de severidade entre 10% e 20% da doença, atribuído a menor interceptação da energia luminosa pela área lesionada da folha, e pela menor taxa fotossintética da área foliar verde remanescente. Os autores constataram ainda correlação negativa entre a severidade e a transpiração nas folhas, o que sugere limitações fisiológicas na planta, tendo em vista seu menor fluxo hídrico. Os maiores danos são observados após o pendoamento (WORDELL FILHO & CASA, 2010) onde é possível observar maior intensidade da doença. Por outro lado, o estabelecimento do patógeno após maturação fisiológica, não ocasiona reduções de produtividade.

O agente causal da doença foi relatado no Brasil inicialmente por Fantin (1994), como sendo *Phaeosphaeria maydis* P. Henn. Seu agente causal, no entanto, ainda se encontra sob discussão e controvérsia (AMARAL et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004; AMARAL et al., 2005; BONFETI et al., 2008; GONÇALVES et al., 2013), principalmente pela dificuldade de

isolamento da *P. maydis* e reprodução dos sintomas. *Phoma sorghina* Sacc., foi isolado de sintomas similares a MB em milho (AMARAL et al., 2004). Amaral et al. (2005), sugeriram ainda a presença de outros agentes patogênicos associados, relatando além de *P. sorghina* e *P. maydis*, os fungos *Phyllosticta* sp. e *Sporormiella* sp. Estes autores inferem que possa haver predomínio de determinado patógeno em relação aos demais variando com as condições ambientais. Em contradição, o trabalho de Bonfeti et al. (2008), com uso de microscopia eletrônica e testes moleculares indicaram que somente bactéria é encontrada em lesões jovens, e que os fungos podem ser colonizadores de lesões pré-estabelecidas pela bactéria *Pantoea ananatis* Serrano, não podendo ser considerados agentes causais da doença.

Os estudos concentram-se sobre dois patógenos distintos, o fungo *P. maydis* (anamorfo *Phyllosticta maydis* Arny & Nelson) e a bactéria *P. ananatis*, também conhecida como *Erwinia ananas* Serrano. Embora os estudos mais recentes dão enfoque a bactéria como o agente patogênico, neste estudo será abordado apenas por seu nome comum, MB.

O desenvolvimento da MB é favorecido por condições de temperatura noturna entre 14°C e 20°C e umidade relativa acima de 60% (SABATO et al., 2013). Apesar dos patógenos associados sobreviverem em restos culturais, pouco se conhece sobre a importância dos resíduos como fonte de inóculo, assim como, seus mecanismos de disseminação. De qualquer forma, condições de inexistência de rotação de culturas têm favorecido maior intensidade da MB (SABATO et al., 2013).

Existem variações de susceptibilidade entre genótipos de milho (BRITO et al., 2011), sendo o uso dos resistentes e moderadamente resistentes a principal estratégia de controle. Tem sido frequente o uso de produtos químicos no controle da MB, sendo constatada maior eficiência em fungicidas de ingrediente ativo mancozeb (PINTO, 2004), seja em avaliações a campo, ou *in vitro* onde é capaz de inibir o crescimento da bactéria *P. ananatis* (BOMFETI et al., 2006). Costa et al. (2011) observaram que o uso de fungicidas do grupo químico das estrobilurinas, podem ser utilizados para controle, e embora com apenas 50% de controle, apresenta maior eficiência em relação aos triazóis e carbendazim. Os mesmos autores recomendam o uso de fungicidas em milho apenas em cultivares suscetíveis sob condição de “elevada intensidade” da doença devido a aspectos econômicos relacionadas ao custo de aplicação. Porém não quantificam o que consideram como elevada intensidade.

Semeadura antecipada ou em ESP são priorizadas no sul do Brasil, pois em semeaduras tardias tornam-se mais propensas as condições para infecção (PEGORARO et al., 2001). Aspectos nutricionais podem estar envolvidos com o aumento na intensidade da MB,

sendo relatado por Fidelis et al. (2007) sob estresses de fósforo, e por Dornelas et al. (2015) sob excesso de nitrogênio.

2.5.2 Podridões de colmo e grãos avariados

Ocorrem PC, quando no colmo houver sintomas e/ou sinais de patógenos, alterando sua estrutura e comprometendo a translocação de água e nutrientes (DENTI & REIS, 2001), ao final do ciclo da cultura comumente ocasionando acamamento de plantas, quebra do colmo ou morte prematura de plantas, o que compromete o enchimento de grãos (CASA et al., 2007).

Os fungos com frequência associados a PC são *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G. V. Wils., *Stenocarpella macrospora* Earle, *Stenocarpella maydis* Berk., *Fusarium graminearum* Schwabe e *F. verticillioides* (RIBEIRO et al., 2005). Casela et al. (2006) e Casa et al. (2016), citam *Macrophomina phaseolina* (Tassil) também como agente causal de PC. Ambos patógenos são capazes de sobreviver em restos culturais, e, portanto, as lavouras de milho em sistema de plantio direto estão mais propensas a uma maior incidência de podridões, agravando-se quando sob monocultivo (ZAMBOLIM, et al., 2000; DENTI & REIS, 2001; CASELA et al., 2006).

Com exceção de *C. graminicola* e *M. phaseolina*, os demais agentes causais de PC são comumente observados em podridões de espiga, envolvendo infecção direta dos fungos aos grãos, que podem apresentar sintomas de grãos avariados (CASA et al., 2016). Alguns patógenos podem ainda metabolizar substâncias tóxicas junto aos grãos, as micotoxinas, que ocasionam danos à saúde humana e comprometem características produtivas e reprodutivas de animais (PRADINI et al., 2009).

Neste sentido, foram impostas normas para estabelecer limites de tolerância a características qualitativas visuais indesejáveis em grãos de milho, muitas delas associadas a presença de patógenos, conferindo aos lotes de grãos uma classificação percentual para enquadramento em tipo (Tabela 1). Desde 01 de setembro de 2013, encontra-se sob vigência a Instrução Normativa (I.N.) nº 60/2011 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013), que estabelece o regulamento técnico do milho com objetivo de definir o padrão oficial de classificação do produto (BRASIL, 2011).

Tabela 1 – Limites percentuais máximos de tolerância de grãos avariados.

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

¹Total de avariados, correspondente a soma de ardidos, fermentados, mofados, gessados, chochos ou imaturos e germinados.

Fonte: Adaptado de I.N. nº 60/2011, (BRASIL, 2011).

A I.N. nº 60/2011, descrita em Brasil (2011), prevê em seu artigo 3º, inciso III, de seu Regulamento Técnico, que serão considerados grãos avariados, os grãos ou pedaços de grãos que se apresentam ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados, conceituando-se por: a) **grãos 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; b) **chochos** ou **imaturos** aqueles desprovidos de massa interna, enrijecidos e que se apresentam enrugados por desenvolvimento fisiológico incompleto, sendo que os grãos pequenos e os de endosperma cárneo (ponta de espiga) não serão considerados chochos ou imaturos, sendo considerados grãos normais; c) **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 plâmula roxa, como característica varietal, não são considerados grãos defeituosos); d) **germinados**, os grãos ou pedaços de grãos que apresentam início visível de germinação; e) **gessados**, os grãos ou pedaços de grãos que tenham sofrido variação na sua cor natural, apresentando-se de esbranquiçado ao opaco, mostrando no seu interior todo o endosperma amiláceo com cor e aspecto de gesso (farináceo); e, f) **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.

Unidades de recebimento e comercialização de grãos têm utilizado 6% de grãos avariados como sendo o valor crítico, a partir do qual, são atribuídos descontos no produto (informações pessoais CooperAlfa, Copercampus). O milho enquadrado como “fora de tipo” por grãos ardidos ou total de avariados, poderá ser comercializado como se apresenta, desde

que sua identificação como tal tipo seja preservada. Poderá ainda ser novamente beneficiado, desdobrado ou recomposto para efeito de enquadramento em tipo (BRASIL, 2011).

2.5.3 Antracnose do colmo

O fungo *C. graminicola*, de forma perfeita *Glomerella graminicola* Potitis, é o agente causal da antracnose do colmo na cultura do milho, e manifesta sintomas em todas as partes da planta podendo infectá-la em qualquer estádio de desenvolvimento, principalmente como mancha foliar e podridão de colmo. O patógeno pode distribuir-se amplamente por toda a extensão do colmo (COSTA et al., 2010). Seus sintomas envolvem o surgimento de lesões estreitas, encharcadas, de coloração inicial pardo-avermelhada, passando a castanho escuro ou preto geralmente a partir da floração, porém mais evidente após maturação fisiológica, onde coincide com o início do processo de senescência da planta. Internamente assume coloração escura e gera desintegração dos feixes vasculares.

Este patógeno possui uma vasta gama de hospedeiros, principalmente os cultivos de inverno como aveia (*Avena sativa* L.), azevém (*Lolium multiflorum* L.), triticale (*X. triticeosecale* Witt.), trigo (*Triticum aestivum* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) (CHESTER, 1947; REIS et al., 2004). Também é encontrado em gramíneas de verão como sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e capim-sudão (*Sorghum sudanense* Piper) (TARR, 1962), em soja (*Glycine max* L.), trevo-vermelho (*Trifolium pratense* L.) e trevo-doce (*Trifolium repens* L.) (TARR, 1962; MORDUE, 1967; WHITE, 1999), os quais contribuem para manutenção do inóculo, aumentando a intensidade da doença em milho, e tornando baixa a eficiência da rotação e da sucessão de culturas como prática de manejo do patógeno.

O patógeno pode sobreviver em restos culturais e em sementes, na forma de acérvelo e micélio. Em sementes o fungo é raramente detectado. Quando infectadas, estas apresentam listras negras e podem conter acérvulos, ocasionando redução na germinação e emergência a campo (WARREN & NICHOLSON, 1975). A principal fonte de inóculo do patógeno são os conídios produzidos em acérvulos nos restos culturais infectados de milho e plantas hospedeiras acima citadas. Os conídios são envoltos por uma mucilagem extracelular que os protege da dessecação e outras condições ambientais adversas até que as plantas de milho suscetíveis estejam disponíveis para infecção (BERGSTROM & NICHOLSON, 1999). A dispersão dos conídios é realizada por ação de respingos de chuva e em menor proporção através do vento (COSTA et al., 2003), sendo observados dispersões laterais de até 9,8 m (PANDE et al., 1994). Lesões foliares podem produzir inóculo, que por escorramento ou

respingos podem atingir as bainhas foliares e penetrar no colmo (REIS, CASA & BRESOLIN, 2004). A germinação de esporos é favorecida por condições de “umidade elevada” e temperaturas entre 25°C a 30°C (TARR, 1962; PANDE et al., 1994), sendo o patógeno favorecido em regiões de “elevada” precipitação pluviométrica. A precipitação pluviométrica auxilia na dispersão dos conídios devido a formação de respingos, e reduz a disponibilidade de radiação solar. Segundo Jenns & Leonard, (1985) a elevação da intensidade de luz aumenta a expressão de resistência da planta de milho à antracnose, sendo observado aumento da intensidade da doença em condições de baixa luminosidade (SCHALL et al., 1980). Não há relatos científicos sobre o período de molhamento ideal para infecção do fungo em colmos de milho, no entanto, Pande et al. (1994) observaram aumento significativo da intensidade da doença em sorgo, com até 24 horas de molhamento. A infecção pode ser beneficiada pela presença de ferimentos, porém, o patógeno possui capacidade de penetração em aberturas naturais e tecidos intactos, onde em um período de apenas 24 horas após sua inoculação pode ocorrer a formação de apressório em camadas superficiais de tecido vegetal (VENARD & VAILLANCOURT, 2007b). Os mesmos autores sugeriram que a sua colonização envolve crescimento de hifas internamente ao colmo, junto às células mortas de fibras, e um possível movimento sistêmico de esporos nos vasos do xilema.

O uso de genótipos resistentes é a principal ferramenta de controle (COELHO et al., 2001; MATIELLO, 2013). Embora, a rotação de culturas com espécies leguminosas seja indicada, o relato do fungo associado à cultura da soja sugere a necessidade de não se generalizar o uso das espécies desta família (Fabaceae), passando a rotação a ser eficiente para manejo apenas a partir do uso de espécies não hospedeiras.

Apesar da deficiência de estudos com transmissão de *C. graminicola* da semente para plântula, Warren & Nicholson, (1975) observaram correlação positiva entre o nível de infecção das sementes e a infecção de plântulas. Logo, deve-se adotar o manejo com uso de sementes saudáveis (CASA et al., 2007), assim como o tratamento destas com fungicidas. Adotar adubações de acordo com as recomendações técnicas para evitar desequilíbrios nutricionais nas plantas de milho (CASELA et al., 2006), principalmente em relação a N e K (CARVALHO et al., 2013), assim como, população de plantas adequadas ao genótipo e ambiente, tendo em vista o aumento das PC com o incremento em densidade (DENTI & REIS, 2001; BLUM et al., 2003; CASA et al., 2007).

3 CAPÍTULO 1 – INTENSIDADE DA MANCHA BRANCA EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO

3.1 RESUMO

As doenças foliares estão entre os fatores que restringem a cultura do milho em relação ao alcance de seu potencial produtivo. A mancha branca ocasiona reduções na produtividade de grãos e sua intensidade pode variar em relação a genótipos, condições climáticas e nutricionais. Este estudo teve como objetivo identificar as variações de intensidade da mancha branca existentes entre híbridos, épocas de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, e sua correlação com a produtividade. O experimento foi conduzido a campo, na safra 2016/17, no município de Atalanta, Santa Catarina. Em parcelas sub-subdivididas, foram testados os híbridos AG 9025 PRO3 (superprecoce) e 30F53 VYH (precoce) nas parcelas, as semeaduras em 20 de setembro (época de semeadura preferencial) e 05 de dezembro (época de semeadura tardia) nas sub-parcelas, e doses de nitrogênio em cobertura (0; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹) em sub-subparcelas. Na maturação fisiológica (R6) realizou-se avaliação da severidade da mancha branca utilizando-se escala diagramática. No pendoamento (VT), realizou-se leitura do teor relativo de clorofila foliar para verificar os níveis de assimilação de nitrogênio em função dos tratamentos. A colheita foi realizada 15 dias após R6 para determinação da produtividade. A severidade da mancha branca, teor relativo de clorofila e a produtividade foram submetidas à análise de variância (teste F) e quando significativos, ao teste de Tukey para híbridos e épocas de semeadura e regressão para doses de nitrogênio. Foram gerados coeficientes de correlação entre teor relativo de clorofila, severidade da mancha branca, peso de mil grãos e produtividade. Com exceção do híbrido 30F53 VYH em época de semeadura tardia, houve correlação significativa positiva entre a severidade e o teor relativo de clorofila, peso de mil grãos e produtividade. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou severidade média de 17,7% em relação à 9,3% do híbrido 30F53 VYH, demonstrando maior suscetibilidade a mancha branca. A época de semeadura preferencial, com 2,2% de área lesionada apresenta menor severidade em relação a época de semeadura tardia com 31,4%. A maior disponibilidade de nitrogênio em cobertura gerou incremento em produtividade para ambos os híbridos, aumentando a severidade da mancha branca apenas para o híbrido AG9025 PRO3. O aumento em produtividade assim como da severidade de mancha branca em função do incremento de doses de nitrogênio em cobertura impossibilitou a quantificação dos danos gerados pela doença.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Pantoea ananatis*. *Phaeosphaeria maydis*. Doenças foliares. Nitrogênio.

3.2 ABSTRACT

The diseases are within the factors that restrict the corn crop in relation to the reach of its productive potential. The white spot causes reductions in grain yield and its intensity may vary in relation to genotypes, climatic and nutritional conditions. The objective of this study was to identify changes in white spot intensity between hybrids, sowing times and nitrogen rates in coverage and their correlation with yield. The experiment was conducted in the field, in the 2016/17 harvest, in the municipality of Atalanta, Santa Catarina, Brazil. In sub-subdivided plots, hybrids AG 9025 PRO3 (super early) and 30F53 VYH (early) on the plots were tested, as sowing on September 20 (preferential sowing season) and December 5 (late sowing season) in the subplots and nitrogen coverage doses of coverage (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹) in sub-subplots. At the physiological maturation (R6) the severity of the white spot was evaluated using a diagrammatic scale. The leaf chlorophyll theory was used to verify the levels of nitrogen assimilation as a function of the treatments. A harvest was performed 15 days after R6 for yield determination. The severity of the white spot, relative chlorophyll content and yield were subjected to analysis of variance (F test) and, when significant, to the Tukey test for hybrids and sowing and regression times for nitrogen doses. Correlation coefficients between chlorophyll content, white spot severity, thousand grain weight and productivity were generated. With the exception of the hybrid 30F53 VYH in late sowing season, there was a significant positive correlation between a severity and the relative chlorophyll content, thousand grain weight and productivity. The hybrid AG9025 PRO3 showed an average severity of 17.7% in relation to 9.3% of the hybrid 30F53 VYH, demonstrating greater susceptibility to the white spot. The preferential sowing time, with 2.2% of injured area, presents a lower severity compared to the late sowing season with 31.4%. Increased nitrogen availability on cover yielded increased productivity for both hybrids, increasing the severity of the white spot only for the AG9025 PRO3 hybrid. The increase in productivity as well as the white stain severity due to the increase of doses of nitrogen in the coverage made it impossible to quantify the damage caused by disease.

Keywords: *Zea mays*. *Pantoea ananatis*. *Phaeosphaeria maydis*. Foliar diseases. Nitrogen.

3.3 INTRODUÇÃO

As doenças encontram-se entre os principais fatores de redução na produtividade do milho, tornando-se ameaça a sua sustentabilidade. A manutenção de palha nas lavouras como um dos pressupostos do sistema plantio direto, tem contribuído para manutenção de inóculo de patógenos necrotróficos, sendo a estes atribuídos, podridão de colmo (PC) e espiga e redução de área foliar pela ocorrência de manchas foliares.

A mancha branca (MB) constitui-se em uma das principais doenças foliares da cultura do milho. De ocorrência generalizada nas lavouras brasileiras, seus danos envolvem redução de área foliar e capacidade fotossintética Godoy et al. (2001). O agente causal da doença encontra-se sobre controvérsia (AMARAL et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004; AMARAL et al., 2005; BONFETI et al., 2008; GONÇALVES et al., 2013), principalmente pela dificuldade de isolamento e reprodução dos sintomas da *Phaeosphaeria maydis* P. Henn, relatado por Fantin (1994) como precursor da doença no Brasil. Os estudos concentram-se sobre dois patógenos distintos, o fungo *P. maydis* e a bactéria *Pantoea ananatis* Serrano.

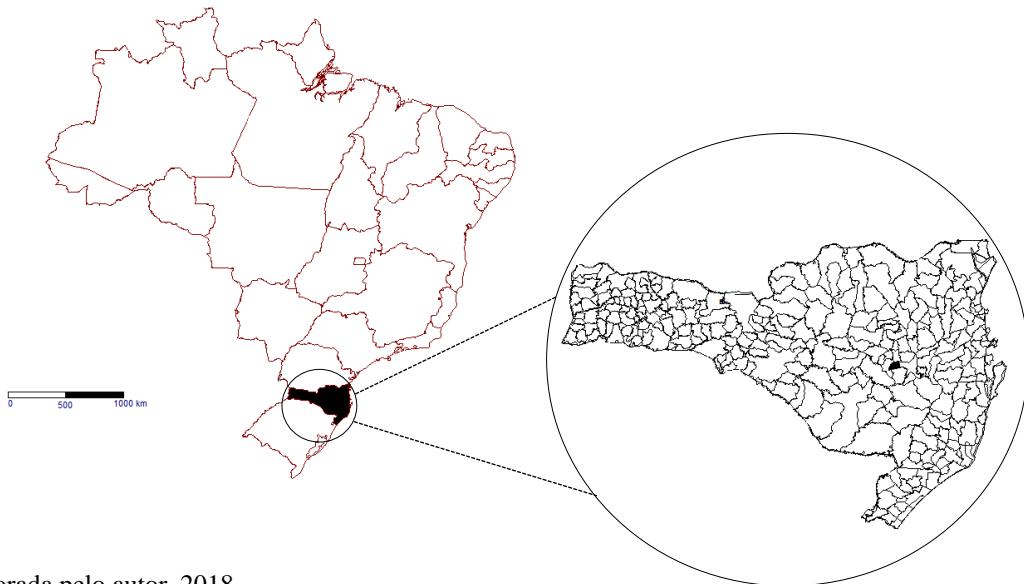
Existem variações de suscetibilidade à patógenos entre os genótipos de milho (BRITO et al., 2011), e o uso dos resistentes e medianamente resistentes tem sido indicado como a principal estratégia de controle para MB. É frequente o uso de produtos químicos, sendo constatada maior eficiência de controle com uso de fungicidas de ingrediente ativo mancozeb (BOMFETI et al., 2007) e grupo químico de estrobilurinas, que embora com eficiência de controle de apenas 50%, é superior aos triazóis e carbendazim (COSTA et al., 2011). Semeaduras antecipadas ou em época de semeadura preferencial (ESP) são priorizadas no sul do Brasil, pois semeaduras tardias são mais propensas a infecções podendo ocasionar maior intensidade da doença (PEGORARO et al., 2001). Fatores nutricionais têm sido evidenciados como causas de alteração na intensidade de doenças, sendo a disponibilidade de nitrogênio um fator de influência no metabolismo de compostos de defesa das plantas (DORDAS, 2008). A contribuição do nitrogênio (N) na resistência das plantas às doenças pode variar, dependendo do patógeno, genótipo, dose e fonte do nutriente utilizado e na interação entre nutrientes (POZZA & POZZA, 2012).

Considerando a importância da MB para a cultura do milho, assim como a restrição em alternativas de manejo, este estudo teve como objetivo identificar as variações de intensidade da doença existentes entre híbridos, épocas de semeadura (ES) e doses de N em cobertura, e sua correlação com a produtividade de grãos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na safra 2016/17, no Município de Atalanta, região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina (Figura 1), sob coordenadas geográficas, $27^{\circ} 26' 03''$ de latitude Sul, $49^{\circ} 42' 06''$ de longitude Oeste e altitude de 586 m. O clima da região é do tipo Cfa segundo classificação de Köppen, subtropical mesotérmico úmido de verões quentes, temperatura média anual entre 18°C a 19°C, com precipitação média anual entre 1.300 mm a 1.500 mm e umidade relativa do ar de 82% a 85%. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico distrófico, de textura franco argilo siltosa de tipo 3.

Figura 1 – Localização do município de Atalanta no estado de Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas sub-subdivididas, sendo o fator “A” (parcelas), constituído por dois híbridos: AG 9025 PRO3 e 30F53 VYH (caracterizados na Tabela 2); fator “B” (subparcelas), duas épocas de semeadura: 20 de setembro (Época de Semeadura Preferencial - ESP) e 05 de dezembro (Época de Semeadura Tardia - EST); e fator “C” (sub-subparcelas), quatro doses de N em cobertura: 0; 150; 300 e 450 kg de N ha⁻¹, equivalentes, respectivamente a: 0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para expectativa de produtividade de 21.000 kg ha⁻¹. A adubação de base foi realizada sobre as linhas de semeadura, e consistiram em 30 kg ha⁻¹ de N (incluindo a testemunha), 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, seguindo as recomendações da cultura de acordo com a Comissão. (2004) para expectativa de

produtividade de 21.000 kg ha⁻¹ em função da interpretação da análise de solo local realizada pelo laboratório da estação experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) de Ituporanga-SC (Tabela 3).

Tabela 2 – Características agronômicas dos híbridos de milho utilizados como fontes de variação.

Híbridos	Tipo ¹	Ciclo ²	Uso ³	Cor de grão ⁴	Textura	Empresa
AG9025 PRO3	HS	SP	G	AM	Dentado	Sementes Agroceres
30F53 VYH	HS	P	G/SPI	AL	Semiduro	Du Pont do Brasil S.A

¹HS: híbrido simples; ²SP: superprecoce e P: precoce; ³G: grãos e SPI: silagem de planta inteira; ⁴AM: amarelo e AL: alaranjado.

Fonte: Adaptado de PEREIRA FILHO & BORGHI (2016).

Tabela 3 – Teor de argila e características químicas do solo na área experimental em Atalanta-SC, no ano agrícola de 2016/2017.

Argila %	pH H ₂ O	SMP	MO g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca cmolc dm ⁻³	Mg cmolc dm ⁻³	Al 0,0	CTC 13,8
45,3	5,7	6,2	22,5	80,1	222,5	7,6	2,1	0,0	13,8

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

As semeaduras de ambas épocas foram realizadas com semeadoras manuais, em sistema plantio direto, sob uma sequência de cultivos caracterizados por monocultura na estação de inverno e rotação de culturas no verão (Tabela 4). Alocaram-se de 3 a 4 sementes em cada cova, distribuídas linearmente de forma equidistante, e espaçadas entre linhas em 0,7 m. Após emergidas, em estágio V2 (duas folhas totalmente expandidas) da escala de Ritchie et al (1993) foi realizado desbaste para adequar a população a um equivalente de 75.000 plantas ha⁻¹. Cabe ressaltar que para EST esta população é considerada elevada, e apenas foi mantida para fins de comparação estatística.

Tabela 4 – Conformação de cultivos em inverno e verão entre os anos agrícolas de 2012/13 a 2016/17.

Ano agrícola	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Inverno	Aveia Preta	Aveia Preta	Aveia Preta	Aveia Preta	Aveia Preta
Verão	Cebola/Feijão	Milho	Cebola/Soja	Soja	Milho

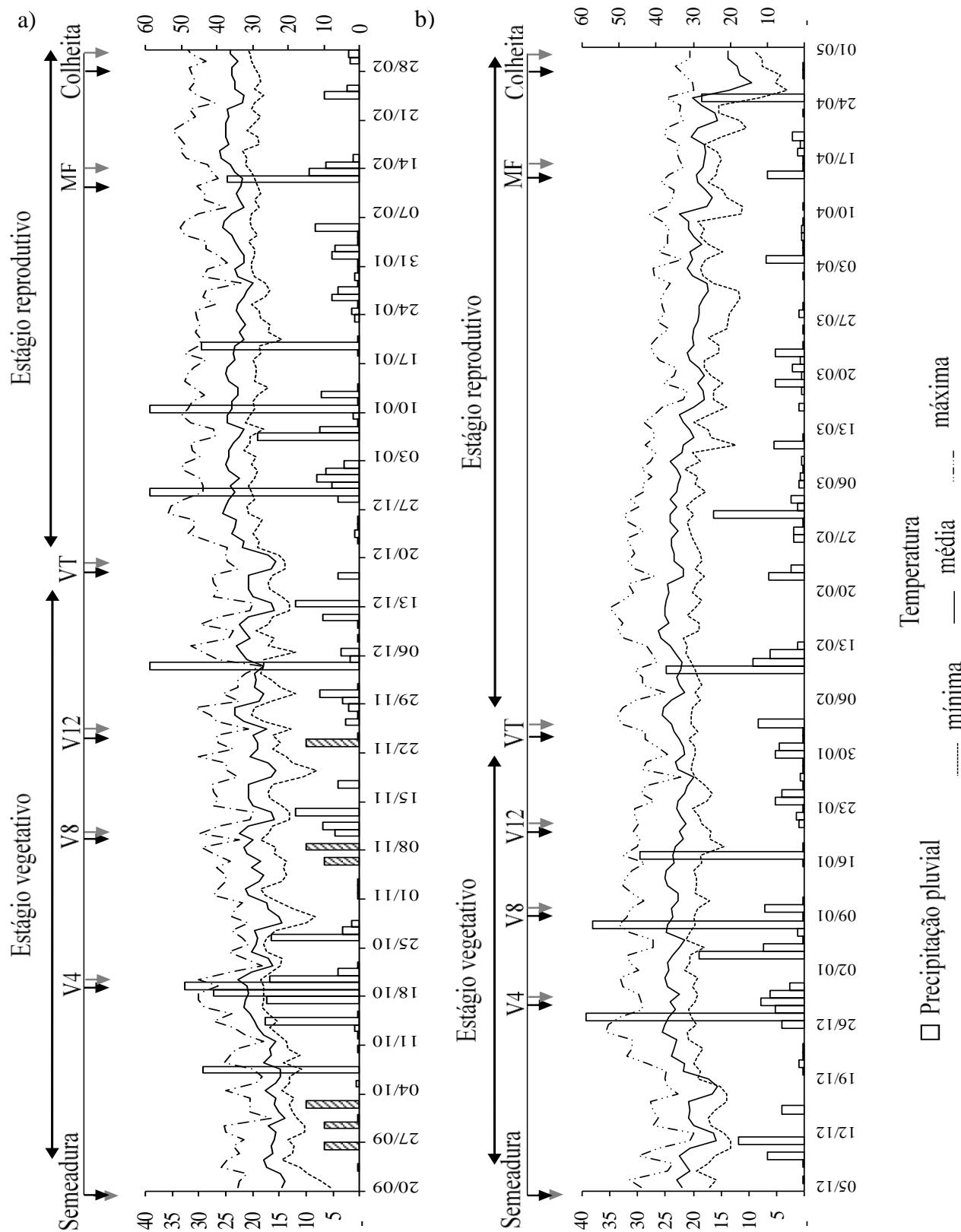
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

As doses de N em cobertura foram aplicadas na forma de ureia (45% de N). Com exceção da testemunha, sem N em cobertura, os demais tratamentos tiveram suas respectivas doses parceladas em três épocas, estádios V4, V8 e V12 (4, 8 e 12 folhas totalmente expandidas, respectivamente), divididas em igual proporção. Cada unidade experimental (sub-subparcela), de dimensões 2,8 m x 6 m foi composta por quatro linhas, considerando-se as duas linhas centrais (64 plantas) como área útil e as duas linhas externas como bordadura.

Em relação aos tratos culturais, as sementes foram previamente tratadas com carbendazim (0,45 g de i.a kg^{-1}) + tiram (1 g de i.a. kg^{-1}) e metalaxil-M (0,015 g de i.a. kg^{-1}) + fludioxonil (0,038 g de i.a. kg^{-1}). Para controle de plantas daninhas foram realizadas duas aplicações de herbicidas, logo após a semeadura [atrazina (1,5 kg de i.a. ha^{-1}) + metalacloro (1,7 g de i.a. ha^{-1})], e em estádio V3 [tembotriona (100 g i.a. ha^{-1})], de maneira a não se estabelecer competição com a cultura. O controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi realizado de forma preventiva com uso de inseticida [lambda-cialotrina (6 g i.a. ha^{-1}) + clorantraniliprole (12 g i.a. ha^{-1})], em duas oportunidades, mantendo-se área foliar intacta. Não realizou-se controle químico de lagartas da espiga, no entanto as tecnologias PRO e Leptra inerentes aos híbridos AG9025 e 30F53, respectivamente, efetivaram o controle. Não foi realizada aplicação de fungicidas para não afetar a fitopatometria preservando a influência dos fatores em estudo.

Dados climáticos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situado a aproximadamente 10 km do experimento no município de Ituporanga-SC foram utilizados para acompanhar as variações de temperatura e precipitação durante o ciclo da cultura em ambas as épocas de semeadura (Figura 2a e b). Manteve-se irrigação por aspersão para que não houvesse influência de déficit hídrico, tanto no rendimento, como no progresso de doenças.

Figura 2 – Dados meteorológicos diários de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) na sessão esquerda, e precipitação (mm) na sessão direita, durante os ciclos de cultivo do milho em época de semeadura preferencial (a) e tardia (b).



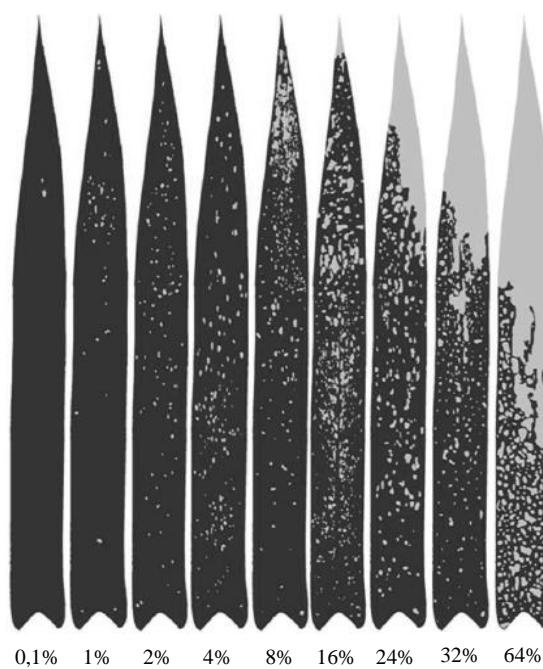
Barras brancas representam precipitação pluviométrica e listradas a irrigação em mm. AG9025 é indicada por setas pretas e 30F53 por setas cinzas.

Fonte: Elaborada pelo autor com uso de dados do INMET, Ituporanga-SC, e dados de irrigação, 2018.

A cultura do milho exibe correlação positiva entre o teor de N foliar e o teor relativo de clorofila (TRC), sendo observado por Vargas et al. (2012) em estádio VT um R^2 de 0,95, justificado pela atuação do nutriente como constituinte e, portanto, essencial na atividade fotossintética da molécula de clorofila. Neste sentido foi realizada, em estádio VT, leituras com uso do equipamento Clorofilog modelo CFL1030 Falker® para verificar o TRC baseado em correlações de absorbância e refletância. Utilizou-se seis plantas de cada unidade experimental, das quais foram avaliadas as folhas opostas a espiga, em sua base, meio e ponta, dos quais geraram-se valores médios a cada unidade experimental.

Para avaliação da severidade de mancha branca, foram avaliadas seis plantas em estádio de maturação fisiológica, determinado pela presença da camada de coloração negra na inserção entre o grão e o sabugo. Em cada planta foram avaliadas três folhas: a folha oposta à espiga principal (0), uma acima (+1), e uma abaixo (-1). Contabilizou-se o número de lesões de mancha-de-macrospora, helmintosporiose comum e cercosporiose, e utilizou-se da severidade para avaliação da MB por meio da escala proposta por Capucho et al. (2010), que avalia a doença em nove classes (0,1; 1; 2; 4; 8; 16; 24; 32 e 64) expressas em percentual de área foliar afetada (Figura 3).

Figura 3 – Escala diagramática para avaliação da severidade de mancha branca em milho, expressa em percentual de área foliar com sintomas da doença.



Fonte: Capucho et al. (2010).

A colheita foi realizada com a retirada manual das espigas da área útil e posterior trilha em colhedora de parcelas. Em ambas as épocas, a operação foi realizada 15 dias após R6 (maturação fisiológica), com umidade de grãos entre 18% e 22%. Para determinação da produtividade e peso de mil grãos (PMG) a massa destes foi corrigida a 13% de umidade.

A severidade da MB, TRC e a produtividade foram submetidas à análise de variância em esquema fatorial pelo teste de *F* a 5% de probabilidade de erro. Utilizou-se a transformação dos dados de severidade de mancha branca em arco seno [$\sqrt{(x/100)}$], para conferir normalidade aos dados. Verificada a significância, utilizou-se o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade de erro. Os coeficientes de correlação entre o TRC, severidade da MB, PMG e produtividade foram determinados através do coeficiente de correlação de Pearson. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se do programa estatístico SISVAR 5.6.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação tripla, entre os híbridos, ES e doses de N para a variável TRC (Tabela 5), observando-se incremento em função da maior disponibilidade de N em cobertura (Figura 4). O TRC em ESP apresentou comportamento linear e em EST comportamento quadrático. Esse resultado, e a existência de correlação entre TRC e o teor de N foliar (VARGAS et al., 2012) deixa evidente que os híbridos aumentaram seus teores de N foliar em função do maior fornecimento de N em cobertura.

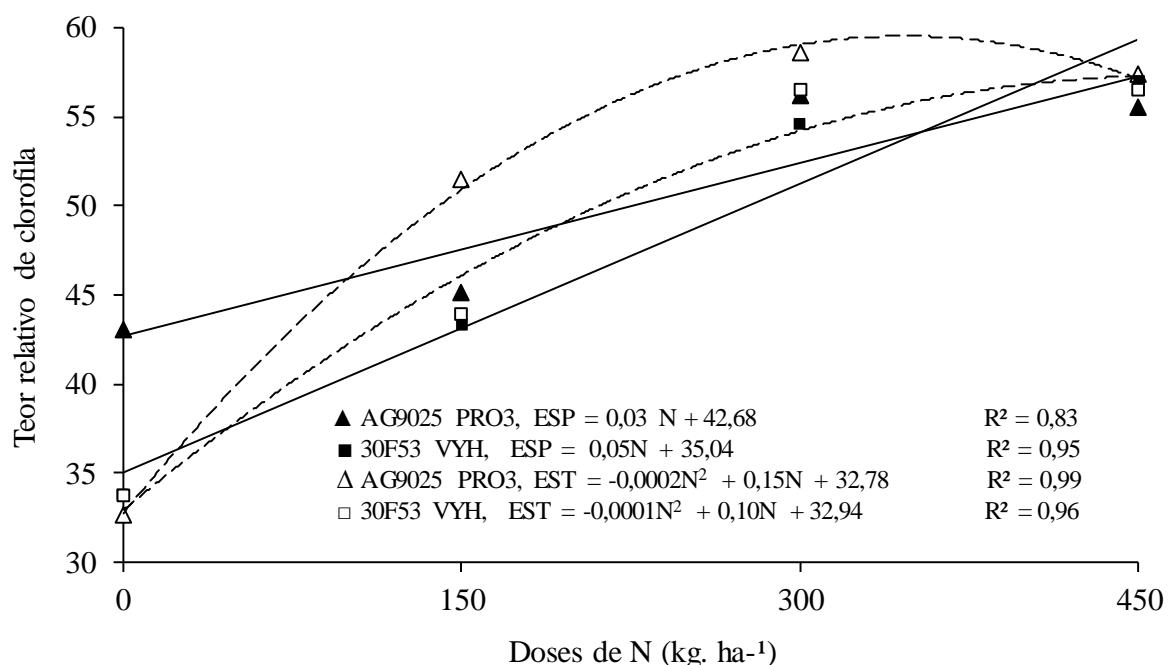
Tabela 5 – Análise de variância, apresentando valores de *F* calculado para as variáveis, teor relativo de clorofila, severidade da mancha branca e produtividade.

Fonte de variação	GL ¹	TRC ²	SMB ³	Produtividade
Bloco	03	3,367 ns	0,862 ns	0,474 ns
Híbridos	01	39,471 **	25,435 **	1,584 ns
Erro A	03			
Épocas de semeadura (ES)	01	0,218 ns	650,467 **	111,851 **
H x ES	01	0,233 ns	0,082 ns	21,761 **
Erro B	06			
Doses de N	03	374,559 **	45,252 **	235,397 **
Doses de N x Híbridos	03	5,001 **	22,547 **	2,359 ns
Doses de N x ES	03	13,816 **	7,434 **	13,136 **
Doses de N x ES x Híbridos	03	11,339 **	10,754 **	0,010 ns
Erro C	36			
Total	63			
CV-A (%)		3,35	26,64	17,62
CV-B (%)		3,90	18,73	7,97
CV-C (%)		4,22	10,58	6,78

¹Grau de liberdade; ²Teor relativo de clorofila; ³Severidade de mancha branca; **valores de *F* calculado e significância a 1% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

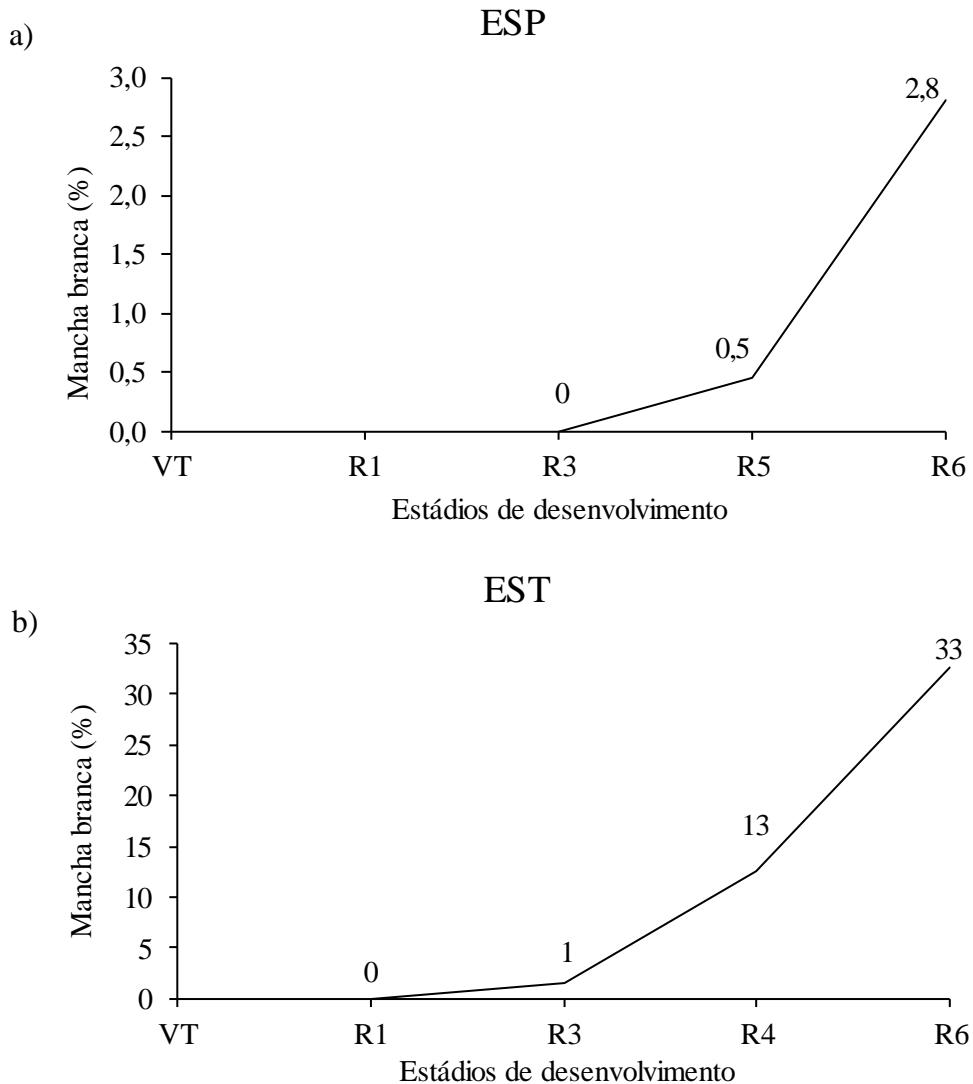
Figura 4 – Regressão do teor relativo de clorofila para as variáveis híbridos e épocas de semeadura em função das doses de N em cobertura.



Os marcadores quadrados representam o híbrido 30F53 VYH e os triângulos o híbrido AG9025 PRO3, quando preenchidos representam a época de semeadura preferencial e quando vazios a época de semeadura tardia.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Em relação a MB foi descartada a possibilidade de comparar a área abaixo da curva de progresso da doença referente aos diferentes tratamentos testados, tendo em vista a ocorrência de lesões apenas nos estádios finais da cultura independente da ES (Figura 5a e 5b). Observa-se que as lesões foram constatadas apenas a partir de R5 (formação de dente) em ESP (Figura 5a) e a partir de R3 (grão leitoso) em EST (Figura 5b), ambos ainda com valores baixos de severidade, variando de 0% a 1%.

Figura 5 – Evolução da severidade da mancha branca em função dos estádios de desenvolvimento da cultura do milho em estágio reprodutivo para época se semeadura preferencial (a) e época de semeadura tardia (b).



VT: pendoamento; R1: embonecimento; R3: grão leitoso; R4: grão pastoso; R5: grão dentado; R6: maturação fisiológica; ESP: Época de semeadura preferencial; EST: Época de semeadura tardia.

Utilizando-se os valores de severidade no estádio R6 houve diferença significativa na severidade da MB para híbridos e para épocas de semeadura, observado pelo *F* calculado e significâncias apresentadas na Tabela 5. O maior grau de significância, no entanto, foi observado na interação entre as doses de N em cobertura, ES e híbridos, submetida à análise de regressão.

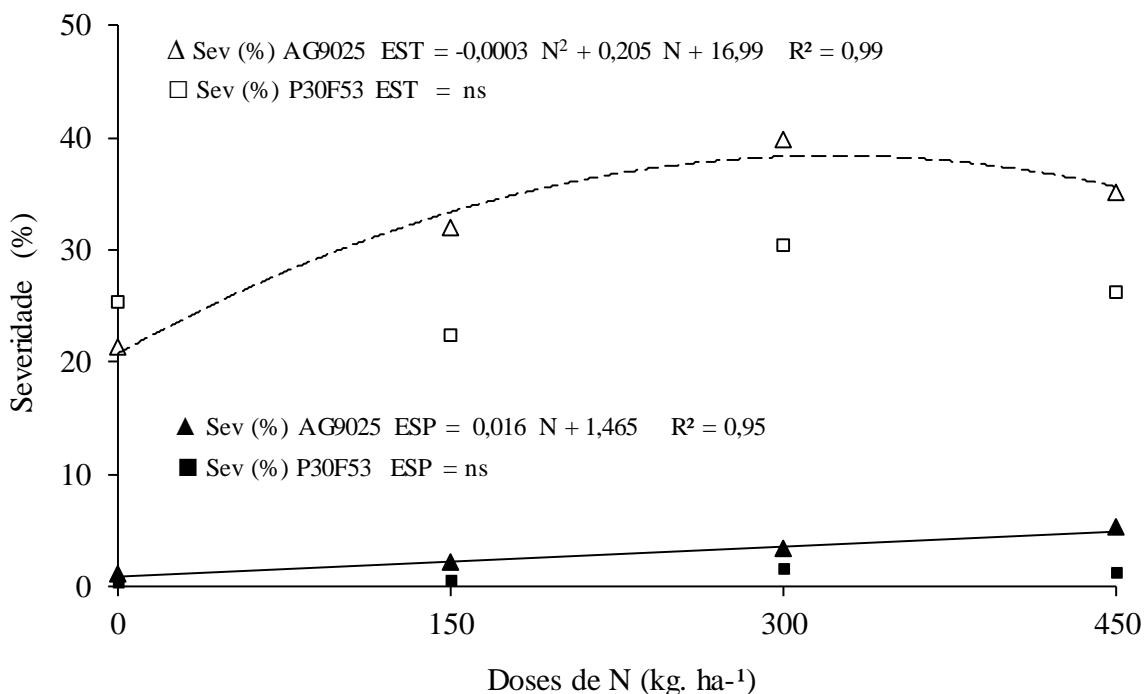
A ESP, na média das doses de N e avaliando-se os híbridos conjuntamente, apresentou menor percentual de severidade da MB, com 2,2% de área lesionada em relação a 31,4% da EST. Em ESP, o estágio reprodutivo do milho coincide com um período de maior

disponibilidade de radiação e consequentemente maiores temperaturas em dezembro e janeiro, comportamento disponível na Figura 2. O milho, responsável a soma térmica, acelera seu ciclo nessas condições. Já em EST o estágio reprodutivo coincide com a redução do fotoperíodo, com menor disponibilidade de radiação, redução da temperatura em março e abril (Figura 2) e, consequente alongamento do ciclo da cultura. Com alongamento do ciclo, as plantas permanecem mais predispostas a infecção por um período de tempo maior, agravando-se em semeaduras tardias, pela maior disponibilidade de inóculo proveniente do cultivo do milho em ESP nas sub-parcelas laterais. A infecção é favorecida por temperatura noturna entre 14°C e 20°C, e umidade relativa acima de 60% (SABATO et al., 2013), condições encontradas com frequência nos meses de março e abril.

Os híbridos diferiram entre si estatisticamente na média das doses de N e das ES. AG9025 PRO3 apresentou severidade média de 17,7% em relação à 9,3% do híbrido 30F53 VYH, demonstrando ser mais suscetível a MB. Pereira Filho & Borghi (2016) reuniram informações referentes a características de genótipos de milho comercializados no Brasil, incluindo dados sobre o grau de suscetibilidade dos mesmos, sendo AG9025 PRO3 caracterizado como medianamente tolerante e 30F53 VYH como medianamente resistente à MB. Embora os dados tenham sido coerentes a esta classificação em função da maior suscetibilidade do AG9025 PRO3, classificações qualitativas sem o emprego de dados numéricos tornam-se subjetivas e podem inferir informações errôneas.

Observando-se a interação tripla, apresentada pela regressão (Figura 6), percebe-se um comportamento linear significativo para o híbrido AG9025 PRO3 em ESP, ocasionando aumento crescente de severidade da MB em função do incremento de doses de N em cobertura. O mesmo híbrido, semeado em EST, manteve o comportamento crescente em função do incremento de doses de N, porém de significância quadrática e percentuais maiores de severidade. AG9025 PRO3 na média das doses de N, apresentou 32,5% a mais de severidade na EST (37,1%) em relação a ESP (4,6%). Não houve significância para o híbrido 30F53 VYH, ocorrendo a inexistência de relação da severidade da MB e doses de N para tal genótipo, independente da ES. Cabe ressaltar que, na média das doses de N, houve incremento de 25,2% de severidade para o híbrido 30F53 VYH na EST (25,9%) em relação a ESP (0,7%).

Figura 6 – Interação das variáveis híbridos, épocas de semeadura e doses de N para severidade da mancha branca.



Os marcadores quadrados representam o híbrido 30F53 VYH e os triângulos o híbrido AG9025 PRO3, ambos quando preenchidos representam a época de semeadura preferencial e quando vazios a época de semeadura tardia.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O excesso de N ocasiona mudanças morfológicas e bioquímicas nas plantas. Eleva-se a demanda de carbono da fotossíntese pela via do ciclo de Krebs, comprometendo, desta forma, a síntese dos metabólitos secundários, responsáveis pela defesa das plantas, pela via do ácido chiquímico (TSUIOSHI, 2004). Algumas enzimas chave do metabolismo do fenol têm atividade menor, diminuindo o conteúdo de fenóis e afetando o teor de lignina, importantes contra infecções (DORDAS, 2008). Retarda-se a maturação da cultura, reduz-se barreiras como a camada de cera, espessura da parede celular devido ao seu rápido crescimento, formando tecidos mais finos, tenros e com maior acúmulo de água e compostos de N orgânico de baixo peso molecular (carboidratos), usados como substratos para patógenos, tornando as plantas mais vulneráveis a infecções (DORDAS, 2008; POZZA & POZZA, 2012; TAIZ & ZIEGER, 2013).

A média de produtividade referente aos dois híbridos não diferiu significativamente, no entanto, houve interação entre híbridos e ES, onde AG9025 PRO3, superior na ESP, igualou-se a 30F53 VYH em EST (Tabela 6). Ambos os híbridos reduziram sua produtividade em EST, sendo AG9025 PRO3 e 30F53 VYH, 25,8% e 11,9% menores, respectivamente, em

relação a ESP. A menor redução de produtividade em 30F53 VYH pode ser atribuída ao seu maior ciclo. Por se tratar de um híbrido de ciclo precoce, a redução do sub-período emergência-pendoamento em EST tem menor limitação em relação a híbridos de ciclos hiperprecozes e superprecozes, como é o caso do AG9025 PRO3, de ciclo superprecoze, em que a redução do sub-período é mais drástica. Em EST se preconiza o uso de cultivares de maior ciclo, com maior defensividade, associado a maior tolerância de estresses bióticos e abióticos (SANGOI et al., 2010).

Os subperíodos vegetativo e reprodutivo estão indicados por setas na Figura 2. Observa-se que na ESP a duração do subperíodo vegetativo foi de 90 e 93 dias, e do reprodutivo de 73 a 75 dias para os híbridos AG9025 PRO3 e 30F53 VYH, respectivamente. Já em EST a duração do subperíodo vegetativo foi de 58 e 60 dias, e do reprodutivo de 86 a 90 dias para os híbridos AG9025 PRO3 e 30F53 VYH, respectivamente. Além da inversão dos subperíodos em função da ES, pode-se observar uma redução de ciclo de 19 dias para o híbrido AG9025 PRO3, e de 18 dias para o híbrido 30F53 VYH na relação entre ESP e EST.

Tabela 6 – Produtividade (ton ha^{-1}), em função dos híbridos e épocas de semeadura, na média das quatro doses de N em cobertura.

Híbridos	Época de semeadura	
	Preferencial	Tardia
AG9025 PRO3	16,3 a A*	12,1 a B
30F53 VYH	14,3 b A	12,6 a B

*Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

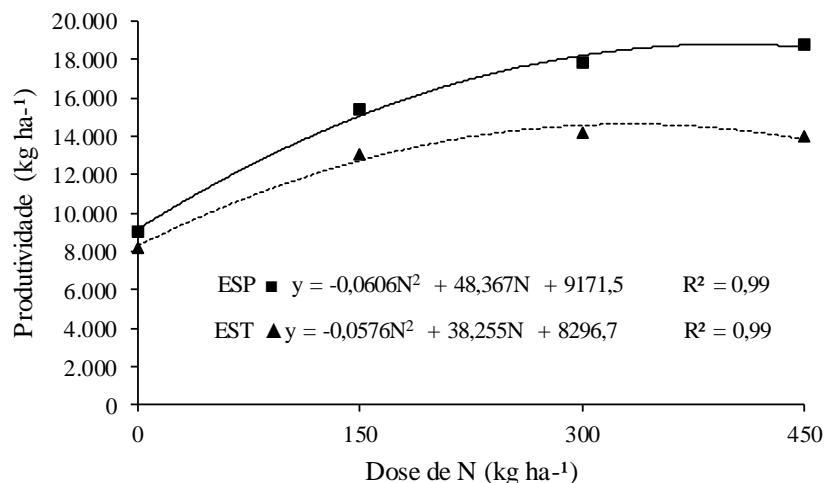
O aumento da severidade da MB de 2,2% em ESP, para 31,4% em EST pode ter explicado parcialmente tal redução de produtividade. No entanto, também ocorrem mudanças estruturais e bioquímicas nas plantas em detrimento das condições climáticas de cada época, onde em condições de ESP não ocorrem restrições ao desenvolvimento da planta, e em condições de EST ocorrem restrições de dreno em função das menores temperaturas durante o estágio reprodutivo, retardando o desenvolvimento de espigas e grãos (SANGOI et al., 2010).

Para produtividade houve ainda interação entre doses de N e ES (Tabela 5). Observou-se um comportamento de incremento quadrático de produtividade em função da maior disponibilidade de N independente da ES (Figura 7), isso indica a participação do nutriente no desempenho produtivo da cultura, com tendência de estabilidade entre as doses de 300 e 450 kg ha^{-1} . O teor de clorofila, responsável pela realização da fotossíntese e acúmulo de

assimilados aos grãos é responsável ao aporte de N. Cabe ressaltar que em doses elevadas de N a clorofila tende a estabilizar, não respondendo em incremento ao “consumo de luxo” do nutriente (RAMBO et al., 2004).

Observa-se maiores produtividades na ESP em relação a EST. Isso ocorre pois na ESP ocorre a coincidência da fase reprodutiva com a máxima disponibilidade de radiação solar, otimizando o processo de fotossíntese e a conversão da energia luminosa em energia química, a qual é acumulada na forma de amido nos grãos.

Figura 7 – Regressão de produtividade nas épocas de semeadura em função das doses de N em cobertura.



Os marcadores quadrados representam a produtividade na época de semeadura preferencial (ESP) e os triângulos na época de semeadura tardia (EST) na média dos híbridos.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Observa-se que em relação ao TRC, houve correlação significativa de 75% e 76% para PMG e produtividade, respectivamente, assim como de 28% para severidade da MB (Tabela 7). Logo, o aumento do TRC, relacionado ao aumento da disponibilidade de N em cobertura (Figura 4) contribui para o incremento em PMG, produtividade e severidade da MB.

Tabela 7 – Coeficiente de correlação entre as variáveis severidade da mancha branca, peso de mil grãos, produtividade e teor relativo de clorofila.

Variáveis	SMB ^{1/}	PMG ^{2/}	Produtividade
PMG	0,22 ns		
Produtividade	-0,19 ns	0,74**	
TRC ^{3/}	0,28 *	0,75**	0,76**

^{1/}Severidade de mancha branca; ^{2/}Peso de mil grãos; ^{3/} Teor relativo de clorofila; * e **, valores de significância a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Não houve correlação significativa entre a severidade da MB e as variáveis PMG e produtividade quando os dados foram avaliados de forma independente aos seus fatores (Tabela 7). No entanto, avaliando-se separadamente híbridos e ES, nota-se que, com excessão do híbrido 30F53 VYH em EST (Tabela 8c) houve correlação significativa positiva entre a variável severidade da MB e as variáveis TRC, PMG e produtividade, ambos com valores superiores a 69%. A inexistência de correlação significativa entre severidade da MB e as demais variáveis para o híbrido 30F53 VYH em EST (Tabela 8d) pode ser atribuído aos dados de severidade que não apresentaram significância em regressão para doses, mantendo-se inalterada a severidade enquanto os teores de N, representados pelo TRC foram crescentes, implicando em aumento de produtividade com correlação de 85%.

Tabela 8 – Coeficiente de correlação entre as variáveis severidade da mancha branca, peso de mil grãos, produtividade e teor relativo de clorofila sobre AG9025 PRO3, época de semeadura preferencial (a) e tardia (b), e 30F53 VYH, preferencial (c) e tardia (d).

a)	AG9025 PRO3 Preferencial			b)	AG9025 PRO3 Tardia		
	SMB ¹	Clorofila	PMG ²		SMB	Clorofila	PMG
SMB				SMB			
Clorofila	0,77 **			Clorofila	0,80 **		
PMG	0,75 **	0,84 **		PMG	0,69 **	0,94 **	
Produtividade	0,70 **	0,83 **	0,94 **	Produtividade	0,74 **	0,93 **	0,95 **
c)	30F53 VYH Preferencial			d)	30F53 VYH Tardia		
	SMB	Clorofila	PMG		SMB	Clorofila	PMG
SMB				SMB			
Clorofila	0,78 **			Clorofila	0,19 ns		
PMG	0,81 **	0,95 **		PMG	0,13 ns	0,89 **	
Produtividade	0,70 **	0,94 **	0,94 **	Produtividade	0,04 ns	0,85 **	0,89 **

¹Severidade de mancha branca; ²Peso de mil grãos; **valores de significância a 1% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A maior disponibilidade de N em cobertura gera incremento em produtividade, e em grande parte das situações avaliadas, também na severidade da MB. Desta forma, as doses de N occultam a possível interferência da doença sobre a produtividade de grãos. Dornelas et al. (2015) observaram mesma tendência em relação a MB, onde a adição de doses crescentes de N em cobertura incrementam a produtividade e a severidade da doença.

A mancha-de-macrospora, helmintosporiose comum e cercosporiose não foram analisadas por apresentarem valores inferiores a uma lesão por folha, não suficientes para

inferir diferenças significativas de severidade em relação à híbridos, ES e doses de N. A baixa incidência destas doenças ocorreu em função dos cultivos anteriores serem constituídos de espécies não hospedeiras, conferindo baixa densidade de inóculo inicial para infecções.

3.6 CONCLUSÕES

O híbrido AG9025 PRO3 é mais suscetível a mancha branca do que o 30F53 VYH.

A severidade da mancha branca é superior em época de semeadura tardia em relação a época de semeadura preferencial.

O incremento em doses de N em cobertura aumenta a severidade da mancha branca no híbrido AG9025 PRO3 e não altera o híbrido 30F53 VYH.

4 CAPÍTULO 2 – INCIDÊNCIA DE PODRIDÕES DE COLMO EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO

4.1 RESUMO

As podridões de colmo comprometem a translocação de água e nutrientes, afetando o enchimento de grãos e reduzindo produtividade. A resistência de genótipos é um dos principais manejos para podridões de colmo, que também sofrem influência das condições climáticas e nutricionais da planta. O objetivo deste estudo foi identificar as variações de incidência de podridões de colmo existentes entre híbridos, épocas de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, e sua correlação com a produtividade de grãos. O experimento foi conduzido a campo, na safra 2016/17, no município de Atalanta-SC. Em parcelas subdivididas foram testados os híbridos AG 9025 PRO3 (superprecoce) e 30F53 VYH (precoce) nas parcelas, as semeaduras em 20 de setembro (época de semeadura preferencial) e 05 de dezembro (época de semeadura tardia) nas sub-parcelas, e doses de nitrogênio em cobertura (0; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹) em sub-subparcelas. Em estádio VT (pendoamento) realizou-se medidas do diâmetro da base do colmo. A colheita, assim como a avaliação de incidência de podridão de colmo foram realizadas 15 dias após maturação fisiológica. Foram colhidas separadamente as espigas de plantas com e sem podridão de colmo, determinando-se os respectivos pesos de mil grãos, agrupando-se para obtenção da produtividade. Em laboratório foram identificados os patógenos associados aos colmos. Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial pelo teste de *F* a 5 % de probabilidade de erro. Verificada a significância, utilizou-se o teste de *Tukey* para comparação de médias, e análise de regressão para doses de nitrogênio. A correlação entre variáveis foi determinada através do coeficiente de correlação de Pearson. A incidência de *C. graminicola*, fungo predominante, apresentou correlação negativa significativa com as variáveis diâmetro de colmo e produtividade. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou maior suscetibilidade a podridão de colmo com 35,1% em relação ao híbrido 30F53 VYH com 8,8%, assim como, em época de semeadura tardia foi observada a maior incidência com 31,1% em relação a época de semeadura preferencial com 11,2%. Ocorrem tendências de decréscimo da incidência de podridão de colmo para o híbrido AG9025 PRO3 em função do incremento em doses de nitrogênio, porém este comportamento não é observado claramente para o híbrido 30F53 VYH.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Colletotrichum graminicola*. Adubação nitrogenada. Época de semeadura.

4.2 ABSTRACT

That stalk rot compromises the translocation of water and nutrients, affecting the filling of grains and reducing productivity. Resistance of genotypes is one of the main management for stalk rot, which also present influence of the climatic and nutritional conditions of the plant. The objective of this study was to identify the variations in the incidence of stalk rot among hybrids, sowing times and nitrogen rates in cover, and their correlation with grain yield. The experiment was conducted in the field, in the 2016/17 harvest, in the municipality of Atalanta, Santa Catarina, Brasil. In sub-subdivided plots, were tested the hybrids AG 9025 PRO3 (super early) and 30F53 VYH (early) on the plots, sowing on September 20 (preferential sowing season) and December 5 (late sowing season) in the subplots and levels of nitrogen in coverage (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹) in the sub-subplots. In the VT (pimento) stage measurements were made on the diameter of the stalk base. Harvesting, as well as evaluation of stalk rot incidence were performed 15 days after physiological maturation. Plants were harvested separately with and without stalk rot, determining the respective weights of one thousand grains, grouping together to obtain productivity. In the laboratory were identified the pathogens associated to the stems. The data were submitted to analysis of variance in factorial scheme by the F test at 5% of error probability. When the significance was verified, the Tukey test was used to compare means and regression analysis for nitrogen doses. Correlation between variables was determined using the Pearson correlation coefficient. The incidence of *C. graminicola*, predominant fungus in the trial, showed a significant negative correlation with the variables stalk diameter and yield. The hybrid AG9025 PRO3 showed greater susceptibility to stalk rot with 35.1% compared to the hybrid 30F53 VYH with 8.8%, as well as in the late sowing season the highest incidence was observed with 31.1% in relation to the season of preferential sowing with 11.2%. There are tendencies to decrease the incidence of stalk rot due to the increase in nitrogen doses, but the behavior differs among hybrids.

Keywords: *Zea mays*. *Colletotrichum graminicola*. Nitrogen fertilization. Sowing time.

4.3 INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais produzido no Brasil com produção próxima a 100 milhões de toneladas. No entanto, sua produtividade média no país é baixa, com apenas 5,6 ton ha⁻¹ (CONAB, 2017). Inconformidades no manejo da cultura, aliadas com condições de restrições climáticas exigidas pelo cereal, são os principais fatores associados a produtividade. As doenças encontram-se entre estes fatores interferindo no estabelecimento de plantas, na redução da área foliar fotossintética, e ocasionando podridões de colmo (PC) e de espiga.

As PC, caracterizadas pela presença de sintomas ou sinais de patógenos, são alterações da estrutura dos tecidos, que comprometem a translocação de água e nutrientes (DENTI & REIS, 2001). Comumente ocasionam acamamento, quebra ou morte prematura de plantas ao final do ciclo da cultura, comprometendo o enchimento de grãos (CASA et al., 2007). Os fungos com frequência associados são *Colletotrichum graminicola* (antracnose) *Stenocarpella macrospora* e *S. maydis* (diplodio), *Fusarium graminearum* (giberela), *F. verticillioides* (fusariose) (RIBEIRO et al., 2005) e *Macrophomina phaseolina* (macrofomina) (CASELA et al., 2006; CASA et al., 2016), favorecidos em condições de lavouras sob plantio direto, principalmente onde não há sistema de rotação de culturas, sendo mantida uma elevada densidade de inóculo pela manutenção dos restos culturais do milho.

Como estratégias gerais de manejo de podridões do colmo são indicadas: o uso de híbridos resistentes (COELHO et al., 2001; MATIELLO, 2013), a rotação e sucessão de culturas com espécies não hospedeiras (DENTI & REIS, 2001), adequação da densidade de semeadura (BLUM et al., 2003; CASA et al., 2007), uso de sementes saudáveis (ZAMBOLIM et al., 2000; CASA et al., 2007), tratamento de sementes com fungicidas para evitar sua transmissão para plântulas (SARTORI et al., 2004) e uso de nutrição equilibrada (CASELA et al., 2006), principalmente em relação a nitrogênio (N) e potássio (K) (CARVALHO et al., 2013). O manejo engloba a maioria dos agentes causais de podridões, no entanto, há especificidades. A rotação de culturas, por exemplo, é um manejo eficiente para o controle de *S. maydis* e *S. macrospora* por serem, entre as culturas de grãos, patógenos específicos do milho (CASA et al., 2006). No entanto, é ineficiente para *F. graminearum*, que possui ampla gama de hospedeiros e é facilmente disseminado pelo vento a longas distâncias (REIS et al., 1988; REIS et al., 2011). O controle químico aéreo com uso de fungicidas apenas mostra-se eficiente em condições em que o patógeno presente em lesões foliares é impedido de se disseminar em direção ao colmo ou espiga por escorramento, a exemplo de *S. maydis* e

S. macrospora. Nesta condição o fungicida atua sobre o patógeno nas lesões foliares, reduzindo ou erradicando sua fonte de inóculo.

A época de semeadura (ES) pode constituir-se de uma ferramenta de manejo para redução da incidência de PC. Quando semeado em época de semeadura preferencial (ESP) e livre de estresses climáticos, o milho mantém seu porte normal, e um equilíbrio entre o seu crescimento e desenvolvimento, garantindo o acúmulo de fotoassimilados no colmo e lhe conferindo maior resistência. Além disso, a maior disponibilidade de radiação em seu estágio reprodutivo permite que as folhas mantenham sua eficiência fotossintética, usando estes fotoassimilados e retardando o uso de açúcares do colmo. Em época de semeadura tardia (EST) o crescimento se sobressai ao desenvolvimento da planta em função de maiores temperaturas e disponibilidade de radiação durante o estágio vegetativo, aumentando a estatura e reduzindo a eficiência de acúmulo de reservas, tornando os colmos mais frágeis e vulneráveis a infecções. A mobilização de carboidratos do colmo é antecipada em função da menor eficiência fotossintética gerada pela redução do fotoperíodo em estágio reprodutivo, que reduz a disponibilidade de radiação e temperatura. A elevada área foliar, aliada as alterações dos fatores climáticos, contribui para condições favoráveis ao *C. graminicola*, que aumenta sua intensidade em condições de baixa luminosidade (SCHALL et al., 1980).

A elevada disponibilidade de N tem sido constatada como precursora no aumento da intensidade de doenças por influenciar negativamente no metabolismo de compostos de defesa das plantas (DORDAS, 2008). No entanto, o N é componente da molécula de clorofila, e fundamental para manutenção de sua atividade fotossintética. Quando em deficiência deste nutriente, a fotossíntese pode ser prejudicada e em detrimento do enchimento de grãos as reservas do colmo são rapidamente mobilizadas tornando-os frágeis, senescentes e predispostos a infecções.

Considerando a importância das PC na redução da produtividade na cultura do milho, este estudo teve como objetivo identificar as variações na incidência de patógenos relacionados a PC, existentes entre híbridos, ES e doses de N em cobertura, e suas correlações com a produtividade de grãos.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

As informações referentes à localização, casualização e tratos culturais deste experimento estão descritas na metodologia do Capítulo 1 deste documento.

Em estádio VT (pendoamento), foram realizadas medidas do diâmetro da base do colmo, utilizando-se de paquímetro digital. No momento da colheita, quando os grãos apresentavam entre 18% e 22% de umidade, 15 dias após o estádio R6 (maturação fisiológica), foi realizada avaliação da sanidade de colmos. Foram avaliados os colmos de todas as plantas da área útil da parcela, procedendo-se a remoção das folhas da base das plantas, e considerando sintomáticos aqueles que apresentaram descoloração dos nós e entrenós e/ou aquele com menor resistência à pressão entre os dedos polegar e indicador, conforme metodologia descrita por Reis et al. (1998). O cálculo da incidência PC foi realizado pela relação entre colmos doentes e totais avaliados.

Em laboratório, para identificação dos fungos associados aos colmos sintomáticos, foram destacados fragmentos (1 mm x 5 mm) da medula. Os fragmentos foram desinfestados em solução de hipoclorito de sódio (1%) durante dois minutos. O excesso da solução foi removido por enxague com uso de água destilada estéril com posterior secagem dos fragmentos sobre papel filtro. Na sequência, em câmara de fluxo, os fragmentos foram dispostos em caixas de acrílico tipo gerbox (11 cm x 11 cm x 3,5 cm) previamente esterilizadas com álcool (70%), contendo meio de cultura BDA+A [Batata-Dextrose-Ágar + Antibiótico (200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina)] (FERNANDEZ, 1993; MENEZES & SILVA-HANLIN, 1997). As caixas foram mantidas em câmara de crescimento, com temperatura de 23°C ± 2°C e fotoperíodo de 12 horas, durante 7 dias.

Foram considerados infectados os fragmentos sobre os quais foi possível identificar a colônia ou estruturas dos fungos sob lupa estereoscópica em aumento de 40 vezes. A confirmação da presença dos fungos foi realizada com montagem de lâmina em microscópio óptico, analisando-se as estruturas fúngicas e comparando com as descritas na literatura (BARNETT & HUNTER, 1998; WHITE, 1999).

Foram colhidas separadamente as espigas de plantas com PC (sintomáticas) e sem PC (assintomáticas). Após trilhadas, determinou-se, à 13% de umidade, o peso de mil grãos (PMG) referente a cada amostra, assim como, a massa total das amostras, juntando-as e extrapolando-se os resultados para produtividade em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial pelo teste de *F* a 5% de probabilidade de erro. Realizou-se a transformação dos dados de incidência de podridão de colmo, incidência de *C. graminicola*, *F. graminearum* e *Stenocarpella* em arco seno [$\sqrt{(x/100)}$], para conferir normalidade aos dados. Verificada a significância, utilizou-se o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade de erro. A correlação entre diâmetro de colmo, incidências e produtividade foi determinada através do coeficiente de correlação de Pearson.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se do programa estatístico SISVAR 5.6 e SAS Statistical University.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas entre os híbridos e entre as ES para a variável PC, não ocorrendo, no entanto, interação entre estes fatores (Tabela 9). Este comportamento indica um determinado híbrido apresentando maior incidência de PC na média de doses de N e das ES, e uma determinada ES apresentando maior incidência de PC na média das doses de N e dos híbridos. Para esta variável também foi observada resposta significativa ao incremento de doses de N, assim como interação tripla entre doses de N em cobertura, híbridos e ES. Neste caso, por análise de regressão, cada híbrido em cada ES foi apresentado separadamente em relação a incidência de PC para o fator doses de N em cobertura.

As mesmas significâncias observadas para PC foram mantidas para incidência de *C. graminicola* (Tabela 9). Já as incidências dos fungos *F. graminearum* e *Stenocarpella*, apesar de apresentarem diferenças significativas entre os híbridos e entre as ES, não demonstraram efeito significativo do incremento de doses de N em cobertura, assim como, quaisquer interações entre doses de N e os fatores híbridos e ES.

Tabela 9 – Análise de variância, apresentando valores de *F* calculado para as variáveis, incidência de podridão de colmo, e respectivos patógenos associados.

Fonte de variação	GL ¹	PC ²	<i>C. graminicola</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>Stenocarpella</i> ³
Bloco	3	0,183 ns	0,159 ns	1,328 ns	4,084 ns
Híbridos	1	74,120 **	20,351 *	29,103 *	44,474 **
Erro A	3				
Épocas de semeadura (ES)	1	76,117 **	69,027 **	108,41 **	29,321 **
H x ES	1	0,064 ns	0,502 ns	0,046 ns	7,599 *
Erro B	6				
Doses de N	3	31,263 **	32,815 **	0,836 ns	3,222 ns
Doses de N x Híbridos	3	17,260 **	19,879 **	0,812 ns	0,284 ns
Doses de N x ES	3	4,916 **	5,239 **	1,661 ns	0,470 ns
Doses de N x ES x Híbridos	3	2,987 *	5,086 **	2,210 ns	1,568 ns
Erro C	36				
Total	63				
CV1 (%)		31,25	76,55	46,25	34,68
CV2 (%)		23,24	38,01	44,64	38,51
CV3 (%)		17,11	27,55	71,24	68,82

¹Grau de liberdade; ²Incidência de podridão de colmo; ³Somatório da incidência de *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*; * e ** valores de *F* calculado significativos a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns: não significativo.

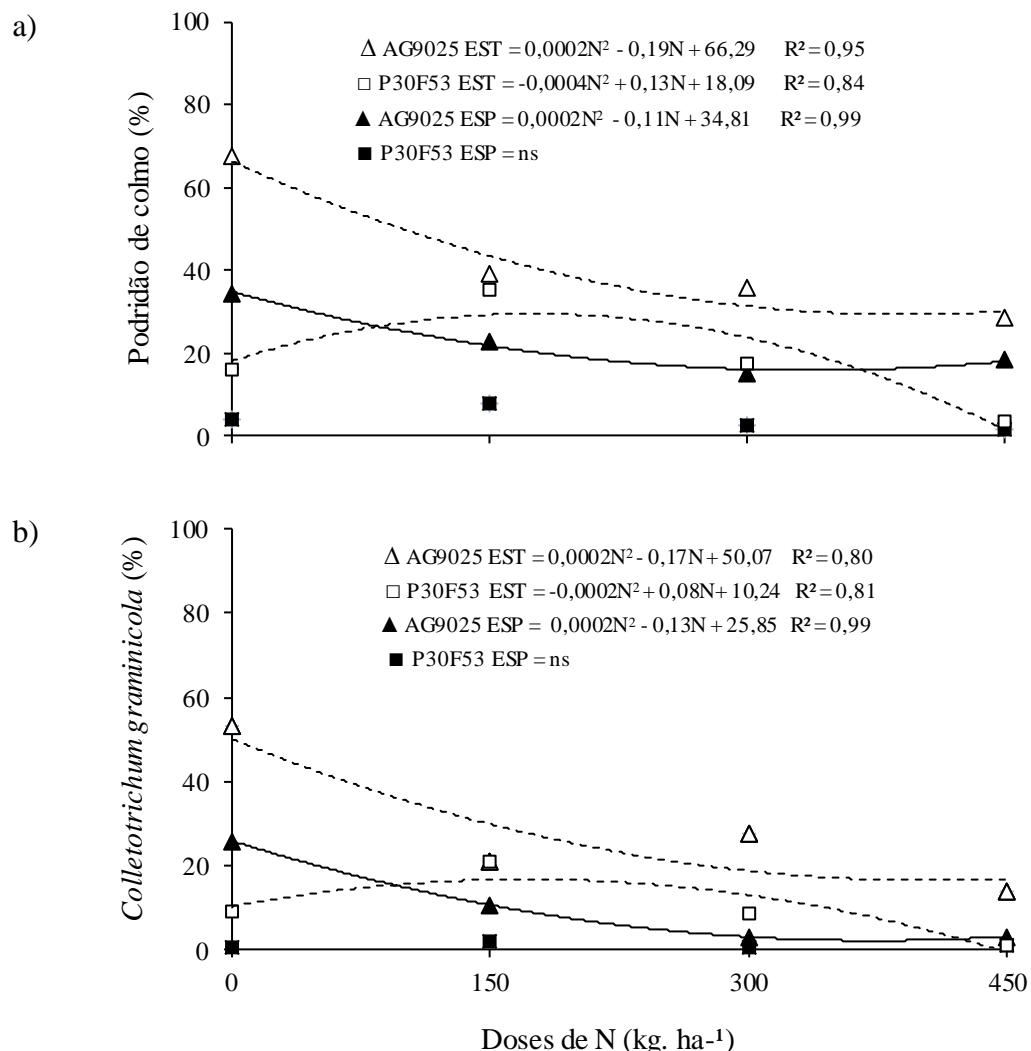
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Por não ocorrer interação significativa entre doses de N e os patógenos *F. graminearum* e *Stenocarpella*, a interação observada na incidência de PC está atribuída ao fungo *C. graminicola*. A incidência de PC reduziu com o incremento de doses de N em cobertura (Figura 8a), assim como a incidência de *C. graminicola* (Figura 8b), sendo o comportamento das curvas e as significâncias similares. Esse comportamento é evidente no híbrido AG9025 PRO3, que apresentou significância quadrática nas duas ES com tendência decrescente para IPC. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou maior incidência de PC na média das doses de N em cobertura e ES com 35,1% em relação ao híbrido 30F53 VYH com apenas 8,8%. A incidência de PC predominou também na EST apresentando 31,1% em relação a 11,2% da ES preferencial. A incidência de *C. graminicola*, na média das doses de N em cobertura, foi maior no híbrido AG9025 PRO3 com 17,7% em relação a 3% do híbrido 30F53 VYH. Em ESP observou-se menor incidência com apenas 3,3% em relação a 16,9% da EST. A regressão de doses de N para incidência de PC e para *C. graminicola* não foi significativa para 30F53 VYH em ESP (Figuras 8a e 8b), no entanto, para EST esse também apresentou tendência decrescente, embora tenha ocorrido um comportamento distinto para testemunha (dose zero de N), onde manteve a incidência abaixo da dose de 150 kg ha⁻¹. Quando se observa os pontos correspondentes a testemunha, ocorre um comportamento contrário entre AG9025 PRO3 e 30F53 VYH, onde o híbrido super precoce dispõe de menor defesa atrelada a planta, reduzindo a incidência com incremento de doses de N, e o híbrido precoce dispõe de maior defesa, oscilando com o incremento de doses.

Observa-se que na ausência de N em cobertura (Figura 9a), além de maior incidência de *C. graminicola*, ocorreu maior área envolvida por sintomas de coloração negra nos entrenós dos colmos em relação ao tratamento com 450 kg de N ha⁻¹ (Figura 9b). Silva et al., (2001) citam altas doses de N e baixas doses de K como fatores de predisposição para podridões de colmo, no entanto, com este estudo sem restrição de K foi possível observar que as doses elevadas de nitrogênio reduzem a suscetibilidade a podridão de colmo ocasionada por *C. graminicola*.

Apesar da incidência em colmos, *C. graminicola* não foi detectado causando manchas foliares, talvez pela maior distância entre a fonte de inóculo em relação aos colmos aliado à dispersão favorecida por respingos d'água. A maior incidência de radiação solar sobre as folhas pode causar desidratação dos propágulos do fungo, reduzindo sua efetividade na infecção em relação aos colmos.

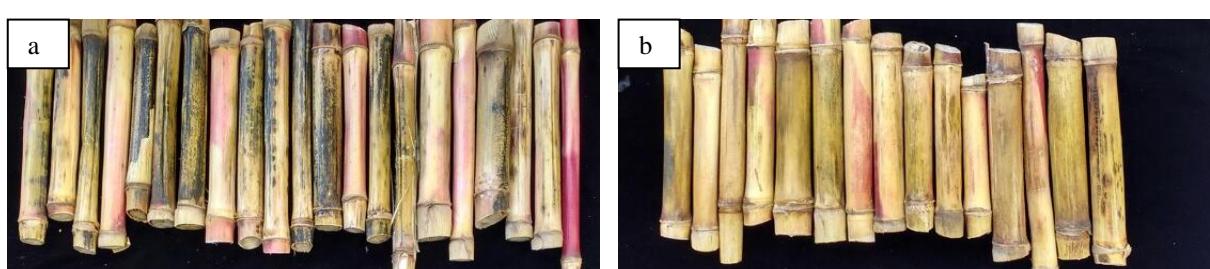
Figura 8 – Regressão da incidência de podridão de colmo (a) e *Colletotrichum graminicola* (b) para os fatores híbridos e épocas de semeadura em função das doses de N em cobertura.



Os marcadores quadrados representam o híbrido 30F53 VYH e os triângulos o híbrido AG9025 PRO3, ambos quando preenchidos representam a época de semeadura preferencial e quando vazios a época de semeadura tardia; ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Figura 9 – Incidência de *Colletotrichum graminicola* em colmos de plantas sem adição de N em cobertura (a) e com adição de 450 kg de N ha⁻¹ (b).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O fungo *F. graminearum* apresentou maior incidência de PC no híbrido AG9025 PRO3 na média das doses de N apresentando 2,9% em relação a apenas 0,8% do híbrido P30F53 VYH. A ESP manteve menor incidência do fungo com apenas 0,3% em relação a 4,4% da EST. Houve interação significativa entre híbridos e ES para incidência de *Stenocarpella*. Com exceção do híbrido 30F53 VYH em ES preferencial, onde a incidência foi menor, com apenas 0,2%, as demais incidências em seus respectivos híbridos e ES não apresentaram diferenças significativas (Tabela 10). Em 14,5% do total de colmos podres não foram detectados patógenos associados, atribuindo a flacidez destes colmos a senescência precoce das plantas devido a motivos extrínsecos a patógenos.

Tabela 10 – Comparação de médias da incidência percentual de *Stenocarpella*, em relação aos fatores híbridos e épocas de semeadura.

Variáveis	Híbridos	Épocas de semeadura		Média de híbridos
		Preferencial	Tardia	
<i>Stenocarpella</i> ^{1/}	AG9025 PRO3	2,2 a A*	3,5 a A	2,9 a
	P30F53 VYH	0,2 b B	2,1 a A	0,9 b
	Média de ES	1,0 B	2,7 A	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$); ^{1/} Soma da incidência de *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Quanto maior a precocidade de um híbrido, menor é sua área foliar (FANCELLI, 2000). A redução da área foliar tende a aumentar a contribuição do colmo no suprimento de fotoassimilados ao enchimento de grãos, ocorrendo desta forma, maior mobilização de carboidratos do colmo em híbridos de maior precocidade em relação a híbridos tardios (SANGOI et al., 2003). O híbrido AG9025 PRO3 possui ciclo menor (superprecoce) em relação ao 30F53 VYH (precoce), que por manter alta relação fonte e dreno, suprindo por um período maior o enchimento de grãos através da fotossíntese, mantém seus colmos menos fragilizados, com menor predisposição a patógenos. Características de híbridos, como baixa relação entre fonte e dreno estão associadas também às maiores severidades de PC (BLUM et al., 2003).

Em ESP as temperaturas ocorrentes durante o estágio vegetativo da cultura são menores em relação a EST, onde este subperíodo emergência-espigamento está submetido a um maior acúmulo de unidades térmicas. Ocorre influência na velocidade de crescimento e desenvolvimento das plantas, e os colmos de plantas de EST tendem a alongar seus entrenós, tornando-os mais frágeis e propensos a infecção. A competição intraespecífica por luz reduz a

atividade fotossintética das plantas (SANGOI, 2001) e isso ocorre quando há um excesso de área foliar, gerando menor acumulo de carboidratos no colmo.

Em EST, além da maior disponibilidade de inóculo proveniente de cultivos de milho de semeadura antecipada e de ES preferencial, ocorre a coincidência do estágio reprodutivo da cultura com a redução de temperatura e disponibilidade de radiação solar, em detrimento do menor fotoperíodo (março e abril). O aumento da intensidade de *C. graminicola* foi verificado em condições de baixa luminosidade (SCHALL et al., 1980). Nestas condições, a capacidade fotossintética é comprometida, fazendo com que ocorra a mobilização de carboidratos dos colmos para o enchimento de grãos. A redução do acúmulo de graus dias alonga o ciclo reprodutivo da cultura, aumentando o período de predisposição das plantas à infecções e colonização dos tecidos pelos patógenos.

Na classificação quanto a suscetibilidade o híbrido AG9025 PRO3 enquadra-se como tolerante e o híbrido 30F53 VYH como resistente às PC (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2016). Como observado neste estudo, ocorrem comportamentos distintos entre os patógenos e, portanto, estes deveriam ser estudados separadamente para atribuição de graus de suscetibilidade, pois AG9025 PRO3 mostrou-se suscetível à *C. graminicola*, e 30F53 VYH não apresentou resistência ou imunidade.

Dentre as incidências dos patógenos avaliados, observou-se correlação significativa apenas para incidência de *C. graminicola*, negativamente correlacionado com diâmetro de colmo e produtividade em -39% e -46%, respectivamente (Tabela 11). Isso indica que, quanto maior o diâmetro de colmo, menor será a incidência de *C. graminicola*, e maior a produtividade, sendo o contrário verdadeiro. Os colmos infectados por *F. graminearum* e *Stenocarpella* não sofreram influência do diâmetro de colmo e não interferiram significativamente na produtividade.

Tabela 11 – Coeficiente de correlação entre diâmetro de colmo e produtividade com incidência de colmos colonizados por *Colletotrichum graminicola*, *Fusarium graminearum* e *Stenocarpella*.

Variáveis	<i>C. graminicola</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>Stenocarpella</i> ¹	Produtividade
Diâmetro de colmo	-0,39 **	0,12 ns	-0,14 ns	0,27*
Produtividade	-0,46 **	0,02 ns	-0,07 ns	

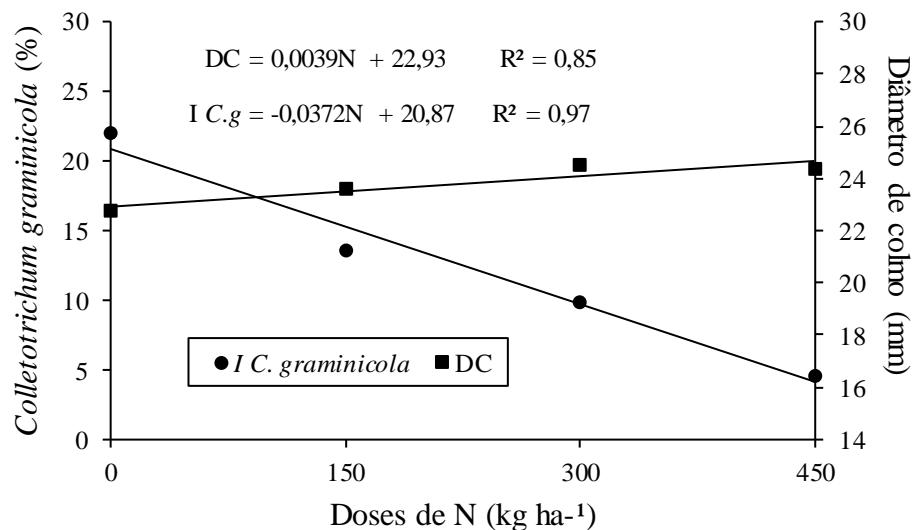
¹ Somatório da incidência de *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O aporte de doses de N gera um incremento significativo de diâmetro de colmo (Figura 10). Embora esse incremento seja baixo, de diferença máxima de 3 mm entre as

médias das doses testadas, tem implicância na quantidade de carboidratos armazenados, o que pode retardar a senescência da planta, alterando a incidência de *C. graminicola* e produtividade. Este fungo pode iniciar sua infecção ainda no estágio vegetativo da planta. Ocorre produção e elongação de hifas dentro das fibras celulares, as quais se encontram associadas aos feixes vasculares e à casca (VENARD & VAILLANCOURT, 2007a). Em detrimento da senescência da planta pela remobilização de reservas para o enchimento de grãos, ocorre desfragmentação de vasos e morte de tecidos, o que devido à característica necrotrófica, aumenta a colonização do fungo, tornando os colmos mais flácidos, facilmente perceptíveis quando sob pressão entre os dedos. Colmos de maior diâmetro conseguem suportar o fluxo de exportação de carboidratos, retardando sua senescência. Martinello et al. (2013) em estudo com inoculação de *C. graminicola* em colmos de híbridos suscetíveis e resistentes nos estádios V8, V12 e VT, não constataram diferenças entre os tratamentos em relação ao tamanho de lesões internas no colmo, e a redução de produtividade ocorreu apenas nas plantas inoculadas em V8 em híbridos suscetíveis, que apresentaram menor número final de plantas devido a morte prematura. Os autores sugeriram que infecções iniciais interferem já no processo de acúmulo de açúcares no colmo.

Figura 10 – Regressão da incidência de *Colletotrichum graminicola* e diâmetro de colmo em função das doses de N em cobertura. Atalanta-SC, safra 2016/17.

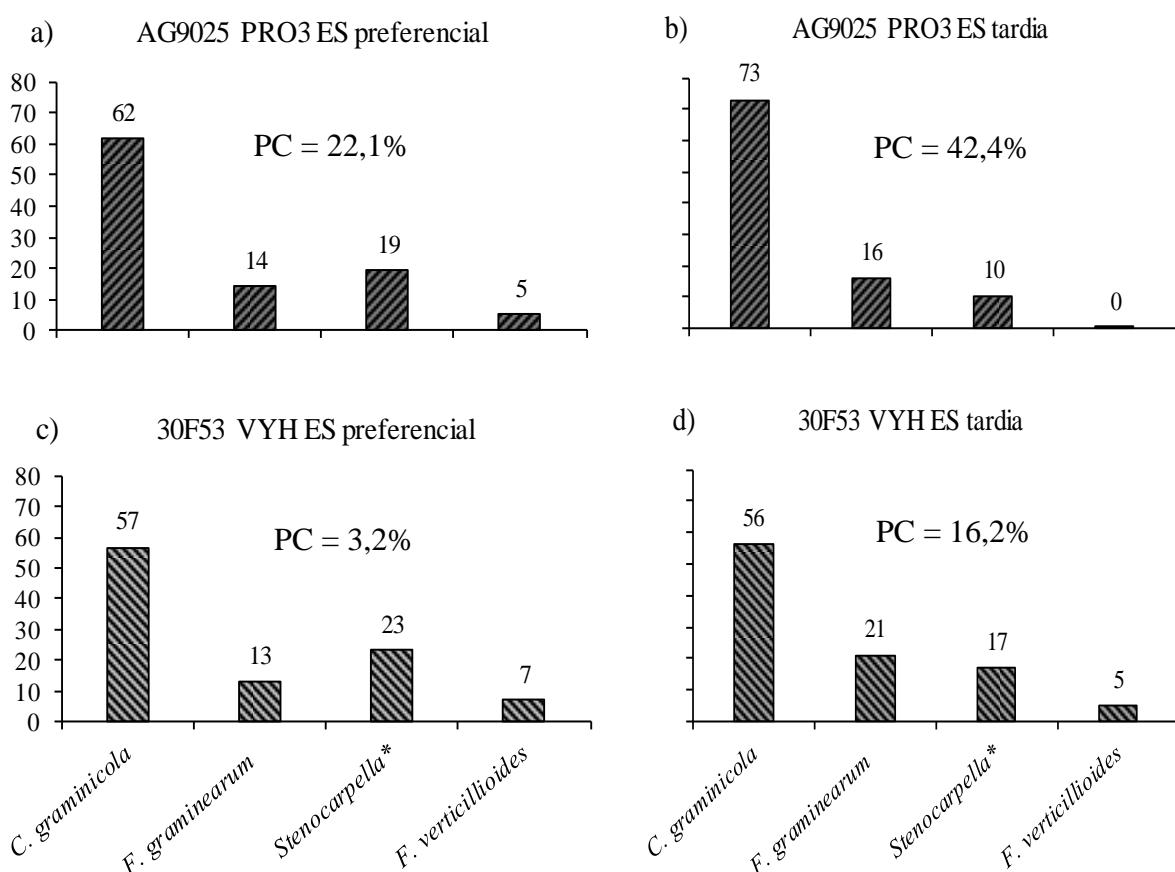


Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A maior prevalência entre os colmos infectados foi do fungo *C. graminicola*, independente do híbrido ou da ES (Figura 11). Os valores superiores a 50% (56% a 73%), podem ser atribuídos à ocorrência de monocultivo de aveia na área de condução do experimento durante quatro anos no período de inverno e dois anos de monocultivo da soja na

estação de verão, ambos hospedeiros do patógeno (CHESTER, 1947; TARR, 1962; MORDUE, 1967; WHITE, 1999; REIS et al., 2004). A presença de restos culturais infectados assegura a sobrevivência do patógeno nas lavouras. Em ordem de prevalência, ocorreu alterações em relação às ES, onde *Stenocarpella* predominante em relação a *F. graminearum* em ESP, foi inferior a este em EST. *M. phaseolina* e *Trichoderma* também foram detectados nos colmos, no entanto a incidência não superou 0,5%, tornando-se insignificante nas análises estatísticas, ou em comparações de prevalência.

Figura 11 – Percentual de prevalência dos fungos associados à podridões de colmo em relação aos híbridos e épocas de semeadura.



* Somatório da incidência de *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*. IPC: Incidência de podridão de colmo.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

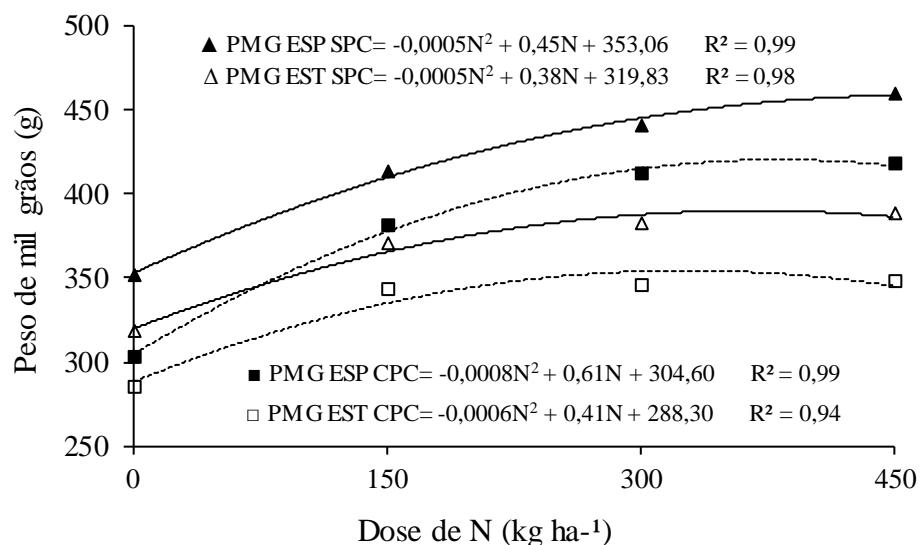
Foram observadas interações significativas entre doses de N em cobertura e ES para variável PMG para grãos provenientes de plantas com colmos sintomáticos e assintomáticos, no entanto não houve interação entre doses de N e híbridos em ambos os casos (Tabela 12). A interação tripla entre doses de N, híbridos e ES foi observada para PMG de plantas assintomáticas, porém descartada para efeito comparativo das regressões (Figura 12).

Tabela 12 – Análise de variância, apresentando valores de *F* calculado para as variáveis, peso de mil grãos de plantas com colmos sintomáticos, e assintomáticos.

Fonte de variação	GL ¹	PMG CA ²	PMG CS ³
Bloco	3	0,423 ns	0,651 ns
Híbridos	1	179,088 **	185,511 **
Erro A	3		
Épocas de semeadura (ES)	1	130,864 **	90,882 **
H x ES	1	7,554 * 11,730 **	
Erro B	6		
Doses de N	3	277,384 ** 144,280 **	
Doses de N x Híbridos	3	2,545 ns 2,060 ns	
Doses de N x ES	3	13,583 ** 13,080 **	
Doses de N x ES x Híbridos	3	11,101 ** 0,848 ns	
Erro C	36		
Total	63		
CV1 (%)		5,94	5,61
CV2 (%)		4,62	5,68
CV3 (%)		2,41	3,86

¹Grau de liberdade; ² e ³ Peso de mil grãos de colmos assintomáticos e sintomáticos, respectivamente; * e ** valores de *F* calculado significativos a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns: não significativo.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Figura 12 – Peso de mil grãos de plantas com e sem podridão de colmo na média dos híbridos em relação as épocas de semeadura.



Os marcadores quadrados representam o peso de mil grãos com podridão de colmo e os triângulos sem podridão de colmo, ambos quando preenchidos representam a época de semeadura preferencial e quando vazios a época de semeadura tardia. Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Em relação ao PMG, independente da procedência dos grãos (plantas sintomáticas ou assintomáticas de PC), observa-se redução significativa em EST, comparado a ESP (Figura 12). Essa redução é atrelada à aspectos fisiológicos da planta em relação às diferenças climáticas existentes entre as ES, principalmente quanto a disponibilidade de radiação diferenciada entre os estágios vegetativo e reprodutivo, que implicam na alteração da eficiência fotossintética e das relações fonte e dreno. Os grãos provenientes de plantas sintomáticas apresentaram 9,3% menor PMG, na média das doses, híbridos e ES com 354,6 g em relação à 390,9 g de grãos proveniente de plantas assintomáticas. Isso ocorre, pois, as PC interrompem o fluxo de água e nutrientes na planta, principalmente na fase de enchimento de grãos, onde em detrimento da remobilização de carboidratos os colmos tornam-se mais frágeis e propensos a colonização.

O acréscimo de doses de N em cobertura gera incremento no PMG, com tendência de estabilização a partir da dose de 300 kg ha⁻¹ independentemente da ES, ou da presença ou ausência de PC. Observa-se que quanto maior a dose de N, maior é a diferença entre o PMG encontrado entre ESP e EST, tanto para grãos de plantas sintomáticas quanto assintomáticas. Esse comportamento sugere maior eficiência de uso do N na ES preferencial. O máximo PMG foi verificado em plantas assintomáticas na ESP e dose de 450 kg ha⁻¹ de N, com valor de 460 g, e o mínimo observado em plantas sintomáticas na EST e dose de 0 kg ha⁻¹, com valor de 285 g.

4.6 CONCLUSÕES

O híbrido AG9025 PRO3 é mais suscetível ao complexo de podridão de colmo em relação ao híbrido 30F53 VYH.

A época de semeadura tardia apresenta maior incidência de podridão de colmo do que a época de semeadura preferencial.

A incidência de podridão do colmo causada pelo fungo *Colletotrichum graminicola* é reduzida significativamente com o incremento de doses de N.

5 CAPÍTULO 3 – QUALIDADE DE GRÃOS EM HÍBRIDOS DE MILHO SOB ÉPOCAS DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO

5.1 RESUMO

A qualidade de grãos de milho é fundamental na indústria alimentícia, sendo encontradas variações em relação a genética das plantas, assim como ambiente e nutrição ao qual são submetidas. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de híbridos, épocas de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura sobre o percentual de grãos avariados, e de incidência de fungos patogênicos. O experimento foi conduzido a campo, na safra 2016/17, no município de Atalanta-SC. Em parcelas sub-subdivididas, foram testados os híbridos AG9025 PRO3 (superprecoce) e 30F53 VYH (precoce) (parcela), as semeaduras em 20 de setembro (época de semeadura preferencial) e 05 de dezembro (época de semeadura tardia) (sub-parcela), e doses de nitrogênio em cobertura (0; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹) (sub-subparcela). A colheita foi realizada 15 dias após maturação fisiológica. Para cada tratamento foram quantificados os percentuais de grãos normais, fermentados e ardidos, assim como a incidência de fungos aos grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial pelo teste de *F* a 5% de probabilidade de erro. Verificada a significância, utilizou-se o teste de *Tukey* para comparação de médias e regressão para doses de nitrogênio. Realizou-se análise de correlação entre aspectos de qualidade física e sanidade de grãos, assim como das variáveis peso de mil grãos e produtividade. O híbrido 30F53 VYH mostrou-se menos suscetível à ocorrência de grãos fermentados com 8,4% em relação ao híbrido AG9025 PRO3 com 43,2%. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou incremento de grãos fermentados com a adição de nitrogênio, enquanto o híbrido 30F53 VYH comportamento estável. O fungo *Fusarium verticillioides* apresentou 97,2% de prevalência. O híbrido AG9025 PRO3 mostrou menor incidência de *F. verticillioides* com 35,5% em relação ao híbrido 30F53 VYH com 49,9%, e a época de semeadura preferencial apresentou menor incidência do fungo, 35,7% em relação a 49,7% da época de semeadura tardia. O híbrido 30F53 VYH elevou a incidência do fungo nos grãos da dose zero para dose de 150 kg ha⁻¹, a partir do qual houve estabilidade. O híbrido AG9025 PRO3, manteve estável o percentual de incidência de *F. verticillioides* em função da adição de doses de nitrogênio, não apresentando resposta significativa. As análises demonstraram não haver correlação significativa entre o percentual de grãos normais e fermentados com a incidência do fungo *F. verticillioides* nos grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*. Nitrogênio. Grãos avariados. Podridão de espigas. *Fusarium verticillioides*.

5.2 ABSTRACT

The quality of corn grains is fundamental in the food industry, being found variations in relation to the genetics of the plants, as well as the environment and nutrition to which they are submitted. The objective of this study was to evaluate the effect of hybrids, sowing times and nitrogen rates on cover, percentage of damaged grains, and incidence of pathogenic fungi. The experiment was conducted in the field, in the 2016/17 harvest, in the municipality of Atalanta-SC. In sub-subdivided plots, hybrids AG9025 PRO3 (super early) and 30F53 VYH (early) (plot), sowing on September 20 (preferential sowing season) and December 05 (late sowing season) (sub-plot), and nitrogen rates in coverage (0; 150; 300 and 450 kg ha⁻¹) (sub-sub-plot). Harvesting was performed 15 days after physiological maturation. For each treatment, the percentage of normal grains, fermented and burned, as well as the incidence of fungi to the grains were quantified. The data were submitted to analysis of variance in factorial scheme by the F test at 5% of error probability. When the significance was verified, the Tukey test was used to compare means and regression for nitrogen doses. A correlation analysis was performed between physical quality and grain health aspects, as well as the variables grain weight and productivity. The 30F53 VYH hybrid was less susceptible to the occurrence of fermented grains with 8.4% compared to the hybrid AG9025 PRO3 with 43.2%. The hybrid AG9025 PRO3 presented increase of fermented grains with the addition of nitrogen, while the hybrid 30F53 VYH stable behavior. *Fusarium verticillioides* showed 97.2% prevalence. The hybrid AG9025 PRO3 presented a lower incidence of *F. verticillioides* with 35.5% in relation to the hybrid 30F53 VYH with 49.7% of the late sowing season. Hybrid 30F53 VYH increased the incidence of fungus in the zero dose grains at a dose of 150 kg ha⁻¹, from which there was stability. The AG9025 PRO3 hybrid kept the percentage of *F. verticillioides* stable due to addition of nitrogen doses, with no significant response. The analyzes showed no significant correlation between the percentage of normal and fermented grains with the incidence of the fungus *F. verticillioides* in the grains.

Keywords: *Zea mays*. Nitrogen. Damaged grains. Ear rot. *Fusarium verticillioides*.

5.3 INTRODUÇÃO

A composição nutricional do milho faz com que este grão seja amplamente utilizado como fonte energética alimentar para humanos e principalmente constituinte na dieta animal, como suínos e aves. A ocorrência de fungos ocasionando podridões de espiga pode afetar diretamente os grãos, mudando sua conformação de normais para avariados (somatório de grãos ardidos, fermentados, mofados, gessados e germinados) reduzindo sua qualidade. Os grãos ardidos são mais leves e por consequência interferem negativamente na produtividade e tornam-se de baixo valor nutricional. *Fusarium verticillioides* (podridão-rosada da base da espiga), *F. graminearum* (podridão de giberela) e *Stenocarpella macrospora* e *S. maydis* (podridão-branca) são os fungos comumente encontrados nos grãos de milho (RIBEIRO et al., 2005), decorrentes de colonização durante a formação dos grãos até a maturação fisiológica, a partir da qual dificilmente infectam a cariopse (WORDELL FILHO & CASA, 2012). Sob condições de precipitações pluviais acima do normal, durante as fases de polinização e formação dos grãos, normalmente ocorre aumento das podridões de espiga, impactando na qualidade e nos fungos associados aos grãos (REID et al., 1999; REIS et al., 2004). A infecção por fungos é beneficiada também em condições em que o grão mantém sua umidade acima de 20%, quando as espigas apresentam empalhamento deficiente e danos de insetos (PINTO et al., 2005). Em decorrência da presença destes fungos, principalmente do gênero *Fusarium*, pode ocorrer a produção de compostos tóxicos, as micotoxinas, ameaçando à saúde animal e humana.

O milho vem predominantemente sendo cultivado em áreas de semeadura direta, e o posicionamento dos restos culturais sobre o solo torna sua decomposição mais lenta, beneficiando a sobrevivência, esporulação, dispersão e inoculação dos agentes necrotróficos responsáveis pelas podridões de espiga e de grãos avariados (REIS et al., 2011). A rotação de culturas é uma importante medida de controle para estes patógenos, e sob esta prática são constatadas reduções no percentual de grãos avariados em relação a áreas sob monocultivo de milho (DENTI & REIS, 2001; TRENTO et al., 2002). Entretanto, algumas espécies vegetais utilizadas precedendo o milho podem anular o efeito da rotação, como é o caso do cultivo de cereais de inverno como trigo, aveia, cevada e azevém, ambos hospedeiros de *F. graminearum* (REIS et al., 2011). A cultura da soja no verão, uma das alternativas economicamente viáveis em substituição ao milho, é constatada também como hospedeira dos fungos *F. graminearum* e *F. verticillioides* (RANZI et al., 2017).

As demais alternativas de manejo para minimizar a ocorrência de grãos avariados, concentram-se na adequação da densidade de plantas (TRENTO et al., 2002; CASA et al., 2007), uso de genótipos resistentes (WORDELL FILHO & CASA, 2012; PEREIRA FILHO & BORGHI, 2016) e aplicações de fungicidas (JULIATTI et al., 2007; DUARTE et al., 2009; ANDRIOLLI et al., 2016). O uso de sementes sadias e tratamento de semente com fungicidas são manejos eficientes de controle dos fungos causadores de podridão de espiga. Cabe ressaltar a importância de fatores intrínsecos a nutrição de plantas e a suscetibilidade de híbridos frente a condições climáticas as quais são impostas.

A época de semeadura (ES) do milho pode influenciar no percentual de grãos avariados, isso porque as diferenças climáticas entre épocas conferem comportamentos distintos para as fases reprodutivas, principalmente na dinâmica de perda de umidade dos grãos. Em geral, ES antecipada e época de semeadura preferencial (ESP) tendem a coincidir a maturação dos grãos com uma elevada disponibilidade de radiação solar, e consequentemente maiores temperaturas em relação a época de semeadura tardia (EST) neste mesmo período. Os grãos perdem umidade e tornam-se aptos a colheita em um menor período de tempo em ESP do que em EST.

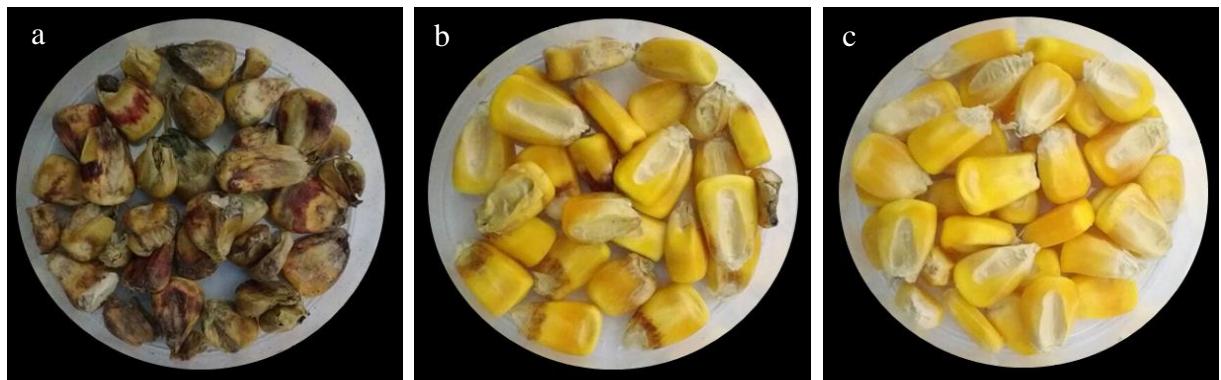
Neste contexto o estudo teve como objetivo quantificar a qualidade de grãos com relação a classificação de grãos avariados e identificar os principais patógenos nesses grãos em relação ao uso de híbridos, ES e doses de N em cobertura.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

As informações referentes à localização, casualização e tratos culturais deste experimento estão descritas na metodologia do Capítulo 1 deste documento.

A colheita foi realizada quando os grãos apresentavam entre 18% e 22% de umidade, 15 dias após o estádio R6 (maturação fisiológica). Posteriormente para cada unidade experimental foram coletados 250 g de grãos, separando-se manualmente em relação a classificação, em ardidos, fermentados e normais (Figura 13a, b e c, respectivamente) e atribuindo após pesagens, seus respectivos dados percentuais. Seguiu-se a I.N. 60/2011, (MAPA, 2013).

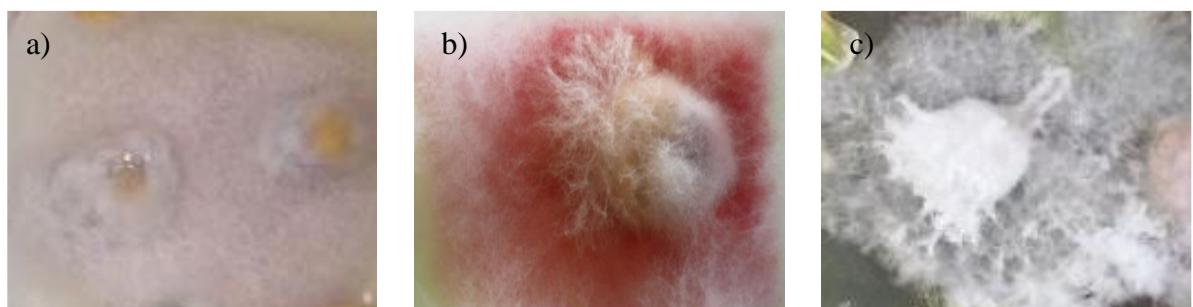
Figura 13 – Detalhe de classes de grãos segundo instrução normativa 60/2011: grãos ardidos (a), grãos fermentados (b) e, grãos normais (c).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

De cada amostra de 250 g (mistura homogênea), foram utilizados 200 grãos, divididos em 4 repetições de 50 grãos, para análise laboratorial de patologia. Para tal, os grãos foram desinfestados em solução de hipoclorito (1%) por dois minutos. O excesso da solução foi removido por enxague com uso de água destilada estéril com posterior secagem dos grãos sobre papel filtro. Na sequência, em câmara de fluxo, os grãos foram dispostos em caixas de acrílico tipo gerbox (11 cm x 11 cm x 3,5 cm), 25 grãos por caixa, previamente esterilizadas com álcool (70%), contendo meio de cultura BDA+A [Batata-Dextrose-Ágar + Antibiótico (200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina)] (FERNANDEZ, 1993; MENEZES & SILVA-HANLIN, 1997). As caixas foram mantidas em câmara de crescimento, com temperatura de 23°C ± 2°C e fotoperíodo de 12 horas, durante 7 dias. Foram considerados infectados os grãos sob os quais foram detectadas uma ou mais colônias ou estruturas dos fungos (Figura 14) sob lupa estereoscópica em aumento de 40 vezes. A confirmação dos fungos foi realizada com montagem de lâmina em microscópio óptico, analisando-se as estruturas fúngicas e comparando com as descritas na literatura (BARNETT & HUNTER, 1998; WHITE, 1999).

Figura 14 – Grãos infectados por: *Fusarium verticillioides* (a), *Fusarium graminearum* (b), e *Stenocarpella macrospora* (c).



Fonte: Arquivo pessoal de Amanda Lima.

Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial pelo teste de *F* a 5% de probabilidade de erro. Verificada a significância, utilizou-se o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade de erro para as variáveis híbridos e ES, e análise de regressão para doses de N. O coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis percentual de grãos normais, fermentados e ardidos com a incidência de *F. verticilliodes*, peso de mil grãos e produtividade foi determinado com uso do software estatístico SAS University Edition, e as demais análises utilizando-se do programa estatístico SISVAR 5.6.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Qualidade física dos grãos

Não foram observados grãos chochos, germinados e mofados. Grãos gessados foram inclusos junto aos fermentados por apresentar ambas as características, conforme sugerido pela I.N. 60/2011 (MAPA, 2013).

Quando avaliados os fatores híbridos, ES e doses de N, observou-se interação significativa entre doses de N e híbridos para as variáveis percentuais de grãos normais e fermentados (Tabela 13). O percentual de grãos ardidos apresentou interação entre híbridos e ES e também foi responsável as doses de N, porém não apresentou interações duplas ou triplas com doses. A ESP apresentou 71,9% de grãos normais diferindo estatisticamente em relação a 74,9% da EST. Não houve diferença significativa entre ES para grãos fermentados, com valores de 24,7% em ESP e 26,9% para EST.

Não houve diferença significativa no percentual de grãos ardidos entre os híbridos em ESP (Tabela 14). A variável também não diferiu para o híbrido 30F53 VYH em relação as diferentes ES, diferindo apenas para o híbrido AG9025 PRO3, que passou de 0,4% de grãos ardidos em ESP para 1,74% em EST.

O uso de bases genéticas contrastantes em milho influencia no percentual de grãos avariados (RIBEIRO et al., 2005). Embora ambos sejam híbridos simples, AG9025 PRO3 é um híbrido superprecoce e 30F53 VYH um híbrido precoce. O empalhamento deficitário é uma característica observada em híbridos de maior precocidade, e isso expõe seus grãos diretamente ao ambiente, assim como a patógenos, o que ocorre em menor proporção em híbridos de maior ciclo (PANISON et al., 2016).

Tabela 13 – Análise de variância, apresentando valores de *F* calculado para a qualidade de grãos dentro de sua classificação em normais, fermentados e ardidos.

Fonte de variação	GL ¹	Normal	Fermentado	Ardido
Bloco	3	2,071 ns	1,888 ns	0,382 ns
Híbrido	1	1335,200 **	1138,846 **	22,463 *
Erro A	3			
Época de semeadura (ES)	1	10,080 *	5,264 ns	27,261 **
Híbrido x ES	1	0,490 ns	1,569 ns	13,593 **
Erro B	6			
Dose de N	3	72,174 **	68,749 **	4,786 **
Dose de N x Híbrido	3	106,243 **	95,027 **	1,278 ns
Dose de N x ES	3	0,757 ns	0,912 ns	1,291 ns
Dose de N x Híbrido x ES	3	2,851 ns	2,197 ns	2,742 ns
Erro C	36			
Total	63			
CV1 (%)		5,26	15,99	52,64
CV2 (%)		5,21	15,19	74,16
CV3 (%)		5,34	15,94	62,26

¹Grau de liberdade; * e ** valores de *F* calculado significativos a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Tabela 14 – Interação entre híbridos e épocas de semeadura para variável percentual de grãos ardidos.

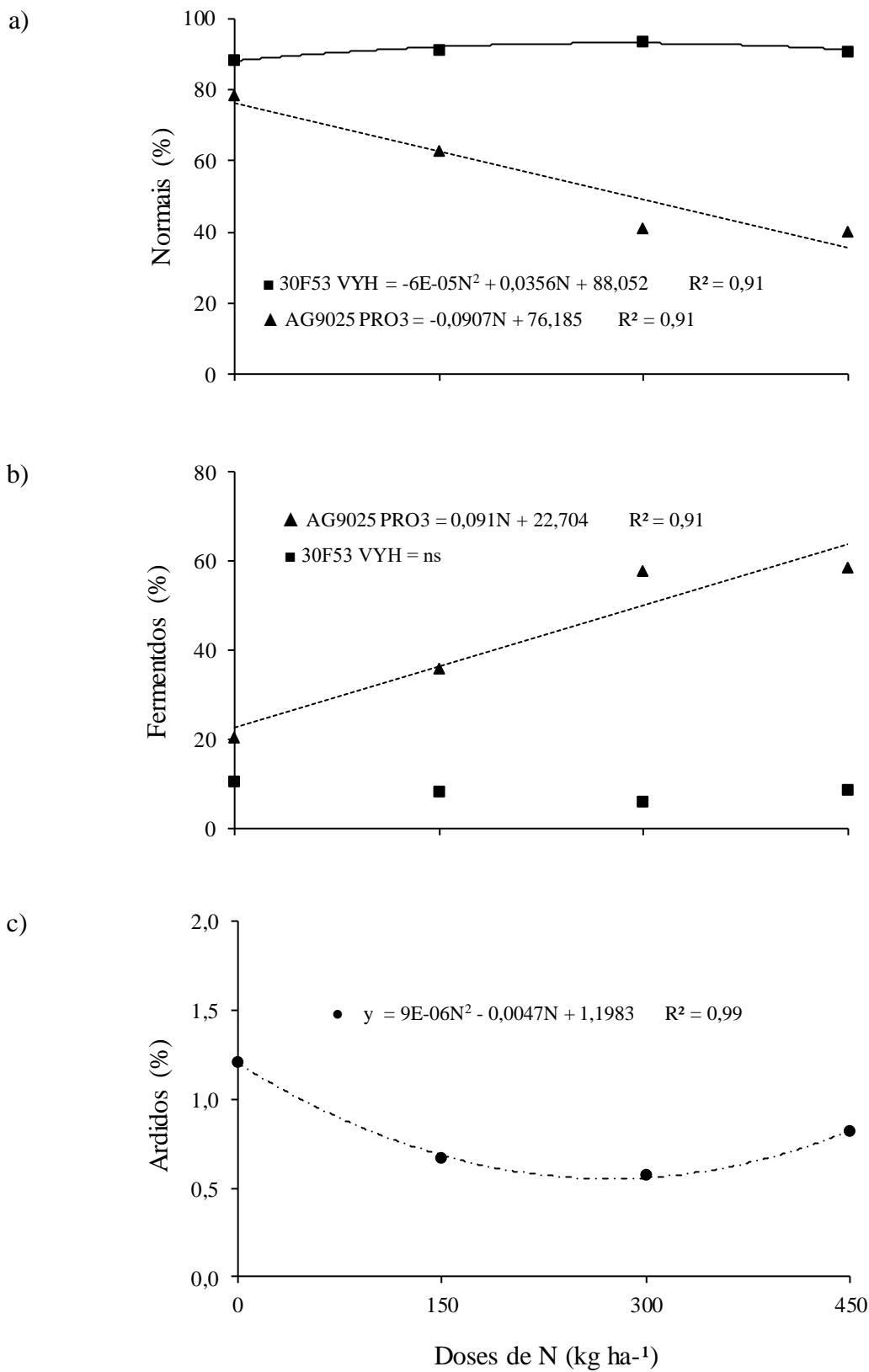
Variáveis	Grãos ardidos (%)	
	Semeadura preferencial	Semeadura tardia
AG9025 PRO3	0,4 a B	1,7 a A
30F53 VYH	0,5 a A	0,7 b A

*Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Observou-se estabilidade no percentual de grãos normais e fermentados para o híbrido 30F53 VYH em função das doses de N (Figura 15a e 15b). No entanto, o híbrido AG9025 PRO3 apresentou resposta consistente ao incremento de doses, onde o R^2 manteve-se superior a 90% para um acréscimo linear de fermentados e decréscimo linear de normais em função da incremento de doses de N. Na média das ES e doses de N, o híbrido AG9025 PRO3 apresentou 55,7% de grãos normais e 43,2% de fermentados em relação ao híbrido 30F53 VYH com 91,1% e 8,4%, respectivamente.

Figura 15 – Regressões da interação entre dose de N e híbridos para percentual de grãos normais (a), fermentados (b) e ardidos (c).



ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para grãos ardidos observou-se efeito significativo para doses de N (Figura 15c), no entanto, não diferiu o comportamento de doses de N para os híbridos como ocorreu para o percentual de grãos normais e fermentados. Observou-se primeiramente um decréscimo no percentual de ardidos em função da adição de doses de N, porém com comportamento quadrático significativo, o percentual voltou a se elevar nas maiores doses.

5.5.2 Patologia de grãos

Em relação à patologia de grãos, o fungo *F. verticillioides* prevaleceu com 97,2% em relação a 1,4% de *F. graminearum* e 1,4% de *Stenocarpella*. Não houve detecção de *C. graminicola*, principal fungo causador de PC, como evidenciado no Capítulo 2. As incidências de *F. graminearum* e *Stenocarpella* foram inferiores a 0,7%, insuficientes para gerar quaisquer resultados concretos em relação a comparação das fontes de variação. Neste sentido as análises estatísticas posteriores seguiram apenas para *F. verticillioides*.

Para os fatores de variação houve diferença significativa entre híbridos e entre épocas de semeadura, não havendo, no entanto, interação entre estes (Tabela 15). Ocorreu resposta significativa à adição de N em cobertura, assim como, entre as doses de N e os híbridos.

Tabela 15 – Análise de variância, apresentando valores de *F* calculado para incidência de *Fusarium verticillioides* em grãos.

Fonte de variação	GL ¹	<i>Fusarium verticillioides</i>
Bloco	3	0,249 ns
Híbrido	1	29,426 *
Erro A	3	
Época de semeadura (ES)	1	56,599 **
Híbrido x ES	1	0,819 ns
Erro B	6	
Dose de N	3	17,274 **
Dose de N x Híbrido	3	12,555 **
Dose de N x ES	3	2,601 ns
Dose de N x Híbrido x ES	3	2,831 ns
Erro C	36	
Total	63	
CV1 (%)		24,66
CV2 (%)		17,39
CV3 (%)		11,88

¹Grau de liberdade; * e ** valores de *F* calculado significativos a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns: não significativo.

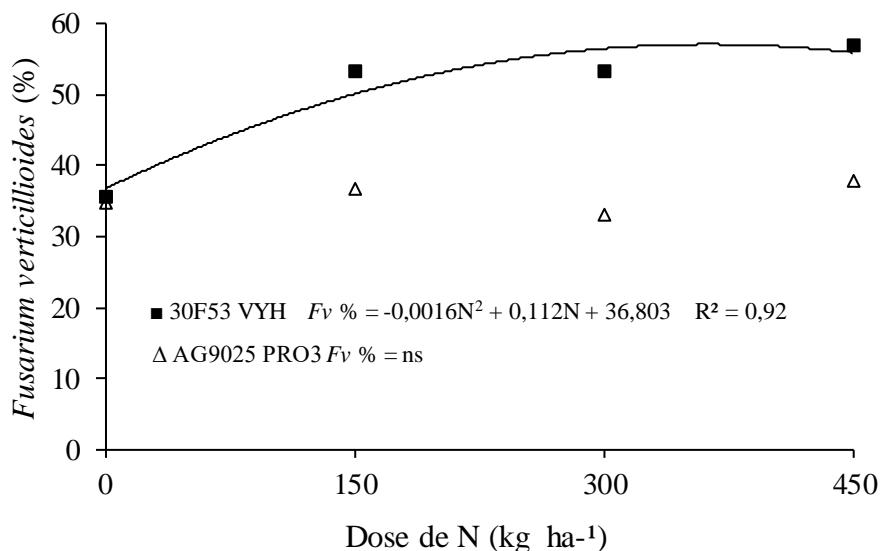
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O híbrido AG9025 PRO3, com 35,5%, apresentou 14,4% menor incidência de *F. verticillioides* em relação ao híbrido 30F53 VYH com 49,9%. Por sua vez, a ESP (35,7%) também apresentou 14% menor incidência do fungo em relação a EST (49,7%). O fungo *F. verticillioides* tem capacidade de transmissão sistêmica para as espigas a partir das sementes (WILK et al., 2007), no entanto, os baixos percentuais de incidência deste fungo em podridões de colmo (Capítulo 2), sugere não ter sido esta a principal via de infecção. O fungo pode ainda infectar as espigas por meio dos estigmas ou por meio de ferimentos (MUNKVOLD & DESJARDINS, 1997; POULSEN HURNUM et al., 2013). As transgenias presentes nos híbridos testados, assim como o controle químico mantiveram as espigas livres de danos ocasionados por lagartas. O híbrido 30F53 VYH possui ciclo maior que o AG9025 PRO3, e por isso dispõe também de maior período de exposição dos estigmas para a polinização, podendo ocorrer maior predisposição de infecção pelo fungo, que por possuir esporos secos e leves, é facilmente disseminado pelo vento. O maior período de enchimento de grãos também garante um retardamento da perda de umidade dos grãos ao final do ciclo, o que, aliado com o bom empalhamento do híbrido forma uma “câmara úmida” favorecendo a infecção e colonização dos grãos. Neste sentido também há a implicação da ES. Na ESP, o período reprodutivo da cultura coincide com os meses de maior disponibilidade de radiação solar, o que gera maiores temperaturas (Figura 2 no Capítulo 1) e consequentemente menor umidade relativa do ar. Em EST, no entanto, a redução da disponibilidade de radiação solar em função do menor fotoperíodo, gera um decréscimo na temperatura e consequentemente se mantém uma maior umidade relativa do ar. Com maior umidade relativa, a perda de umidade dos grãos para a atmosfera é menor. Neste caso em EST, além de ocorrer um retardo do enchimento de grãos em função da queda de temperatura, os grãos mantêm maior percentual de umidade, o que favorece a infecção e colonização do fungo.

A incidência de *F. verticillioides* nos grãos apresentou interação entre as doses de N e os híbridos (Figura 16). O híbrido 30F53 VYH elevou significativamente a incidência do fungo nos grãos da dose zero para dose de 150 kg ha⁻¹, a partir do qual o incremento foi menor. O híbrido AG9025 PRO3, manteve estável o percentual de incidência em função da adição de doses, não apresentando resposta significativa ao N. A menor incidência de *F. verticillioides* na dose zero para o híbrido 30F53VYH deve-se ao fato de plantas subnutridas em N atingirem antecipadamente a senescência das folhas e consequentemente adiantar a maturação fisiológica em relação a plantas bem nutritas. Neste caso o grão perde umidade e atinge sua forma integral com tegumento rígido antecipadamente, ficando menos propenso a infecções. Quando há um aporte de N, a planta segue seu ciclo normal, com pequenas

variações entre doses, o que justifica a proximidade dos valores de incidência nas doses de 150 kg, 300 kg e 450 kg de N ha⁻¹. O híbrido precoce 30F53 VYH tende a aumentar mais seu ciclo em relação ao AG9025PRO3 com a adição de N, e por isso ocorre maior infecção.

Figura 16 – Regressão de interação de doses de N e híbridos para o percentual de incidência do fungo *Fusarium verticillioides* em grãos.



ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

As análises demonstraram não haver correlação significativa entre grãos normais e fermentados com a incidência de *F. verticillioides* (Tabela 16). A incidência do fungo foi apenas correlacionada com o percentual de grãos ardidos do híbrido 30F53 VYH em ESP, neste caso foi significativa negativa em -69%. Ambos resultados indicam não ter ocorrido relação entre a presença do fungo nos grãos com as características de coloração que os classificam como fermentados e ardidos. Neste sentido, tem-se a hipótese de que grãos fermentados podem ser ocasionados pela alteração na dinâmica do movimento fonte e dreno, produção de compostos de defesa da planta promovida pelas diferentes doses de N, ou simplesmente por características genéticas do híbrido. O fungo pode estar infectando os grãos e não apresentar sintomas. Alguns autores relatam até mesmo a detecção do fungo em sementes de milho sem causar redução de seu percentual de germinação (RAMOS et al., 2014).

Houve correlação significativa positiva entre o percentual de grãos fermentados e as variáveis PMG e produtividade para o híbrido AG9025 PRO3, seja em ESP ou EST (Tabela 16). Os valores, de correlação entre percentual de fermentados e produtividade variando de 87% em EST a 92% em ESP, e percentual de fermentados e PMG de 86% em

EST a 95% em ESP para o híbrido AG9025 PRO3 indicam que o aumento de PMG e produtividade incrementa também o percentual de grãos fermentados. Nota-se que este comportamento está intrinsecamente ligado a doses de N, e que as perdas de produtividade geradas pelos grãos fermentados para o híbrido AG9025 PRO3 estão sobrepostas pelo efeito do N ao incremento de produtividade.

Observa-se que, para o híbrido 30F53 VYH, onde seu comportamento foi estável para percentual de grãos fermentados em função da adição de doses de N, as correlações existentes na ESP entre as variáveis PMG e produtividade com o percentual de grãos fermentados foram negativas (Tabela 16). Este comportamento, evidencia o percentual de grãos fermentados como um redutor de PMG e produtividade.

Tabela 16 – Coeficiente de correlação entre percentual de grãos normais, fermentados e ardidos e as variáveis incidência de *Fusarium verticillioides*, peso de mil grãos e produtividade.

Híbrido	Classificação	<i>Fusarium verticillioides</i>	PMG	Produtividade
AG9025 PRO3 ESP	Normal	-0,07 ns	-0,95 **	-0,91 **
	Fermentado	0,07 ns	0,95 **	0,92 **
	Ardido	-0,23 ns	-0,15 ns	-0,25 ns
AG9025 PRO3 EST	Normal	-0,06 ns	-0,85 **	-0,86 **
	Fermentado	0,06 ns	0,86 **	0,87 **
	Ardido	-0,14 ns	-0,35 ns	-0,50 *
30F53 VYH ESP	Normal	0,30 ns	0,60 *	0,65 **
	Fermentado	-0,20 ns	-0,51 *	-0,55 *
	Ardido	-0,69 **	-0,82 **	-0,92 **
30F53 VYH EST	Normal	0,01 ns	0,12 ns	0,26 ns
	Fermentado	0,02 ns	-0,12 ns	-0,25 ns
	Ardido	-0,37 ns	-0,10 ns	-0,13 ns

ESP: época de semeadura preferencial; EST: época de semeadura tardia; * e ** valores de *F* calculado significativos a 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O híbrido AG9025 PRO3 é classificado como medianamente tolerante quanto a sanidade de grãos, e o híbrido 30F53 VYH como suscetível (PEREIRA FILHO & BORGHI 2016). Esse comportamento parece coerente quando observa-se maior incidência de *F. verticillioides* em grãos do híbrido 30F53 VYH em relação ao AG9025 PRO3. Observa-se no entanto, que, esta relação de sanidade não está intrinsecamente relacionada à qualidade de grãos. A presença do patógeno não indicou necessariamente a existência de grãos avariados. Pode ser necessária maior severidade, ou seja, maior crescimento micelial interno ao grão para que se expressem características externas prejudiciais à qualidade do grão.

5.6 CONCLUSÕES

O híbrido AG9025 PRO3 apresenta maior percentual de grãos fermentados e resposta destes ao incremento de doses de nitrogênio, em relação ao híbrido 30F53 VYH.

O fungo *Fusarium verticillioides* prevalece nos grãos, apresentando maior percentual de incidência no híbrido 30F53 VYH em relação ao AG9025 PRO3, e em época de semeadura tardia em relação a época de semeadura preferencial.

Não há correlação entre a incidência do fungo *Fusarium verticillioides* e o percentual de grãos fermentados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação de mestrado abordou as relações existentes entre híbridos, épocas de semeadura e doses de nitrogênio em relação à ocorrência de doenças.

As diferenças de intensidade da mancha branca entre híbridos estão intrínsecas a sua composição genética, no entanto independente disto ocorrem maiores percentuais de severidade em épocas de semeadura tardia. O nitrogênio por sua vez tem uma contribuição importantíssima no incremento de produtividade da cultura, e embora em muitas situações aumente a severidade de doenças, deve ser mantido seu aporte para que prevaleça o aspecto econômico rentável aos agricultores, tendo estes que lançar mão de demais opções de manejo e controle da doença.

Pode-se observar tendências claras, onde híbridos de maior precocidade apresentam maior suscetibilidade a podridões de colmo em relação a híbridos mais tardios, e este fato está relacionado intrinsicamente com o fluxo de translocação de carboidratos dos colmos para os grãos. De maneira geral a ocorrência de podridões de colmo é favorecida em semeaduras tardias. Desta forma cultivares de ciclos hiperprecoce e superprecoce devem ser evitadas nesta situação. O apporte de nitrogênio tem função crucial na redução da ocorrência de podridões de colmo, principalmente as ocasionadas pelo fungo *C. graminicola*. O nutriente aumenta a eficiência fotossintética e consequentemente de acúmulo de carboidratos aos grãos retardando o uso das reservas do colmo, que pouco fragilizados tornam-se menos suscetíveis a infecções.

As descolorações características de grãos avariados mostraram-se distintas entre híbridos, assim como a incidência de fungos. Como não houve correlação entre grãos fermentados e incidência de fungos patogênicos em específico *Fusarium verticillioides*, são necessários estudos para elucidar causas adicionais de descoloração, como variações de umidade, calor excessivo e composição nutricional dos grãos.

Dentro do contexto do estudo constata-se a ineficiência de atribuição dos graus de suscetibilidade a doenças. Híbrido tido como medianamente resistente apresentou severidade tal qual híbrido medianamente tolerante a mancha branca. Neste contexto são sugeridos estudos adicionais estabelecendo genótipos padrões de comparação assim como atribuição de graus a patógenos causais específicos. Também sugere-se estudos adicionais em relação as mudanças comportamentais das plantas frente a adição de nutrientes.

7 REFERÊNCIAS

- AGRIOS, N.G. **Plant Pathology**. 5^a ed., Elsevier-Academic Press, p. 635, 2005.
- AMARAL, A.L.; CARLI, M.L.; BARBOSA NETO, J.F.; SOGLIO, F.K.D. *Phoma sorghina*, a new pathogen associated with phaeosphaeria leaf spot on maize in Brazil. **Plant Pathology**, London, n.53, p. 259, 2004.
- AMARAL, A. L.; DAL SOGLIO, F. K.; DE CARLI, M. L.; BARBOSA NETO, J. F. Pathogenic Fungi Causing Symptoms Similar to Phaeosphaeria Leaf Spot of Maize in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v.89, n. 1, 2005.
- ANDRIOLI, C.F. ; CASA, R.T.; KUHNEM, P. R; ZANCAN, R.L. ; BOGO, A.; REIS, E. M. Timing of fungicide application for the control of Gibberella ear rot of maize. **Tropical Plant Pathology**, Brasília v. 41, n.4, p. 264-269, 2016.
- BARNET, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. The american Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 218 p., may de 1998.
- BERGSTROM, G.C.; NICHOLSON, R.L. The biology of corn anthracnose: knowledge to exploit for improved management. **Plant Disease**, St. Paul, v. 83, n. 7, p. 596-608, 1999.
- BISON, O.; RAMALHO, M.A.P.; RAPOSO, F.V. Potencial de híbridos simples de milho para extração de linhagens. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 348–355, 2003.
- BLUM, L.E.B.; SANGOI, L.; AMARANTE, C.V.T.; ARIOLI, C.J.; GUIMARÃES, L.S. Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões de colmo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.805-811, 2003.
- BOMFETI, C.A.; MEIRELLES, W.F.; SOUZA-PACCOLA, E. A.; CASELA, C.R.; FERREIRA, A.S.; MARRIEL, I.E.; PACCOLA-MEIRELLES, L.D. Avaliação de produtos químicos comerciais, in vitro e in vivo, no controle da doença foliar, mancha branca do milho, causada por *Pantoea ananatis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 63-67, 2007.
- BOMFETI, C.A.; SOUZA-PACCOLA, E.A.; JÚNIOR, N.S.M.; MARRIEL, I.E.; MEIRELLES, W.F.; CASELA, C.R.; PACCOLA-MEIRELLES, L.D. Localization of *Pantoea ananatis* inside lesions of maize White Spot Disease using transmission electron microscopy and molecular techniques. **Tropical Plant Patology**, Brasília, v. 33, n.1, p. 63-66, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 60, de 22 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, DF, p. 3, Seção 1, 23 dez. 2011. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1739574738>>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, J. L. A. R.; BALESTRE, M. Controle químico da Cercosporiose, Mancha-Branca e dos Grãos Arditos em milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.5, p. 629-635, 2013.

BRITO, A. H.; PINHO, R.G.V.; POZZA, E.A.; PEREIRA, J.L.A.R.; FILHO, E.M.F. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n.6, p. .472-479, 2007.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; SANTOS, A. O.; SANTOS, S. Reação de híbridos de milho e comparação de métodos para avaliação da Cercosporiose e Mancha Branca. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, vol. 36, 1, p. 35-41, 2011.

CARVALHO, D.O.; POZZA, E.A.; CASELA, C.R.; COSTA, R.V.; POZZA, A.A.; CARVALHO, C.O. Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 380-387, 2013.

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

CASA, R.T.; REIS, E. M.; KUHNEM, P. R.; HOFFMANN, L. L. **Doenças do Milho: guia de campo para identificação e controle**. 3. ed, 86 p., Lages: Graphel, 2016.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; ZAMBOLIM, L. Doenças do Milho Causadas por Fungos do Gênero *Stenocarpella*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n.5, p.427-439, 2006.

CAPUCHO, A.S; ZAMBOLIM, L; DUARTE, H.S.S; PARREIRA, D.F; FERREIRA, P.A; LANZA, F.E; COSTA, R.V; CASELA, C.R; COTA, L.V; SILVA, D.D. **Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação da Mancha Branca do Milho**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154, v.26, 2010.

CASELA, C.R.; FERREIRA, A.S.; PINTO, N.F.J.A. **Doenças na cultura do milho**. Circular Técnica 83. ISSN 1679-1150, Sete Lagoas/MG, dez. 2006.

CHESTER, K. S. **Nature and prevention of plant diseases**. Philadelphia and Toronto, Second edition, p.525, 1950.

COELHO A.M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Circular Técnica 78, MAPA. ISSN 1679-1150. Sete Lagoas/MG, dez. 2006.

COELHO, R.M.S.; SILVA, H.P.; BRUNELLI, K.R.; CAMARGO, L.E.A. Controle genético da antracnose foliar em milho. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v. 26, n.3, p.640-443, 2001.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre, 400 p., 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. Ed. RS/SC, 376 p., 2016.

CONAB, Acompanhamento da safra brasileira, grãos - Safra 2016/17. Segundo levantamento, Brasília, v. 4, p. 1-156, nov., 2016.

CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2016/17. Décimo segundo levantamento, Brasília, v. 4, p. 1-158, set., 2017.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. S. A antracnose do sorgo. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v. 28, n.4, p.345-354, 2003.

COSTA, R.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D.; LANZA, F.E. **Recomendações para o Controle Químico da Mancha Branca do Milho.** Circular técnica 167, Sete Lagoas, MG Dezembro, 2011.

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R. Incidência de *Colletotrichum graminicola* em colmos de genótipos de milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 122-128, 2010.

CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C.; FILHO, I.A.P.; PINTO, L.B.B.; QUEIROZ, L.R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades.** Circular Técnica 124, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 15 p., 2009.

DENTI, E.A.; REIS, E.M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, p.635-639, 2001.

DORDAS, C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Dijon, v.28, n.1, p. 33-46, 2008.

DORNELAS, G.A.; POZZA, E.A.; SOUZA, P.E.; COSTA, R.V.; POZZA, A.A.A.; SANTOS, L.A. Nitrogen and potassium fertilization on the yield and intensity of the maize white spot. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.4, p. 351-359, 2015.

DUARTE, R.P; JULIATTI, F.C; LUCAS, B.V; FREITAS, P.T. Comportamento de diferentes genótipos de milho com aplicação foliar de fungicida quanto à incidência de fungos causadores de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 112-122, 2009.

DUDIENAS, C.; FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P.; TICELLI, M.; BÁRBARO, I.M.; FREITAS, R.S. Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade. **Summa Phytopathologica.**, Botucatu, v. 39, n. 1, p. 16-23, 2013.

FANCELLI, A.L. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para altos rendimentos. In: SANDINI, I.; FANCELLI, A.L. (Ed). **Milho: estratégias de manejo para a região sul.** Guarapuava: Fundação de Pesquisa Agropecuária, cap.7, p.103-116, 2000.

FANTIN, G. M. Mancha de *Phaeosphaeria*, doença do milho que vem aumentando sua importância. **Biológico**, São Paulo, v.56, n.1, p.39, 1994.

FAO. **The food systems of the future need to be smarter, more efficient.** Janeiro, 2015. Disponível em:< <http://www.fao.org/news/story/en/item/275009/icode/>>. Acesso em 08 de novembro de 2017.

FERNANDEZ, M.R. **Manual para laboratório de fitopatologia.** Passo Fundo: Embrapa – CNPT, 128 p., 1993.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; AFFÉRRI, F. S.; PELUZIO, J.M. Reação de cultivares de milho a *Phaeosphaeria maydis* sob estresse de fósforo, no estado do Tocantins.

Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v. 2, n. 4, p.176-186, 2007.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SOUZA, L.V.; COIMBRA, R.R.; MELO, A.V.; GALVÃO, J.C.C. Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* em estresse de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.2, p.27-34, 2003.

GODOY, C.V., AMORIM, L. & BERGAMIN FILHO, A. Alterações na fotossíntese e na transpiração de folhas de milho infetadas por *Phaeosphaeria maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasileira, v.26, n.2, p.209-215, 2001.

GONÇALVES, R.M.; FIGUEIREDO, J.E.F.; PEDRO, E.S.; MEIRELLES, W.F.; JUNIOR, R.P.L.; SAUER, A.V.; PACCOLA-MEIRELLES, L.D. Etiology of phaeosphaeria leaf spot disease of maize. **Journal of Plant Pathology**, Pisa, v.3, n.95, p. 559-569, 2013.

GONDIM, A. R. O.; PRADO, R.M.; FONSECA, I. M.; ALVES, A. U. Crescimento inicial do milho cultivar Brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.5, p. 706-714, 2016.

IBGE. Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. p.47, Junho de 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201701caderno.pdf>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2018.

JENNS, A. E.; LEONARD, K. J. Effects of illuminance on the resistance of inbred lines of corn to isolates of *Colletotrichum graminicola*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, n.3, p.281-286, 1985.

JULIATTI, F.C.; SOUZA, R.M. Efeito de época de plantio na severidade de doenças foliares e produtividade de híbridos de milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.21, n.1, p.103-112, 2005.

JULIATTI, F.C.; ZUZA, J.L.M.F.; SOUZA, P.A.; POLIZEL, A.C. Avaliação da incidência de grãos ardidos em genótipos de milho sob aplicação foliar de fungicidas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, 2007.

MAPA. Comunicado DIRAB/SUOPE/GOPE Nº 194 DE 02/09/2013. 1 p., setembro de 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_02_17_38_42_comu_194.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

MATIELLO, R.R.; LOPES, M.T.G.; BRUNELLI, K.R.; CAMARGO, L.E.A. Comparison of yield damage of tropical maize hybrids caused by anthracnose stalk rot. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n.2, p.128-132, 2013.

MENDONÇA, L.F.; FRITSCHE-NETO, R.; GRANATO, I.S.; ALVES, F.C. Accuracy and simultaneous selection gains for grain yield and earlineous in tropical maize lines. **Maydica**, v.61, n.3, 2016.

MENEZES, M.; SILVA – HANLIN, D.M.W. **Guia prático para fungos fitopatogênicos**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 106 p., 1997.

MORDUE, J.E.M. **Descriptions of pathogenic fungi and bacteria**. n. 132. *Colletotrichum graminicola*. C.M.I London: Great Britain by the Eastern Press Lda. 1967.

MUNKVOLD, G.P.; DESJARDINS, A.E. Fumonisins in Maize: Can we reduce their occurrence? **Plant disease**, St. Paul, v.81, n.6, p.556-565.

PANDE, S., THAKUR, R.P., KARUNAKAR, R.I., BANDYOPADHYAY, R. & REDDY, B.V.S. Development of screening methods and identification of stable resistance to anthracnose in sorghum. **Field Crops Research**, v. 38, n.3, p.157-166, 1994.

PANISON, F.; SANGOI, L.; CASA, R.T.; DURLI, M.M. Harvest time, stem and grain sensibility of maize hybrids with contrasting growth cycles. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.27, p. 2403-2411, 2016.

PEGORARO, D.G.; VACARO, E.; NUSS, C. N.; SOGLIO, F. K. DAL; SERENO, M. J. C. M.; NETO, J.F.B. Efeito de época de semeadura e adubação na mancha-foliar de *Phaeosphaeria* em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042, 2001.

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. **Mercado de Sementes de Milho no Brasil Safra 2016/2017**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 28 p., 2016. Disponível em: <[file:///C:/Users/Juliano/Downloads/doc-202-1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Juliano/Downloads/doc-202-1%20(1).pdf)>. Acesso em 30 de novembro de 2017.

PIANA, A.T.; SILVA, P.R.F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M. S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2608-2612, 2008.

PINTO, N.F.J de A. Controle de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.134-138, 2004.

PINTO, N.F.J de A. Tratamento fungicida de sementes de milho contra fungos do solo e o controle de *Fusarium* associado às sementes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.483-486, jul./set. 2000.

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

POULSEN HORNUM, M.; RIDAO, A. DEL C.; CASTAÑO, F. Comparación entre técnicas de inoculación de *Fusarium verticillioides* en espigas de maíz. **RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, vol.39, n.3, p. 312-317, 2013.

POZZA, E.A & POZZA, A.A.A. **A Nutrição Mineral no Manejo de Doenças de Plantas.** In: Grupo de Estudos Avançados em Fitopatologia (Ed.). Nutrição no manejo de doenças de plantas. Viçosa, GEAFIP. p.177-212, 2012.

PRADINI, A.; SIGOLO, S.; FILIPPI, L.; BATTILANI, P.; PIVA, G. Review of predictive models for *Fusarium* head blight and related mycotoxin contamination in wheat. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, n.5, p.927-931, 2009.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada em cobertura de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1637-1645, 2004.

RAMOS, D.P.; BARBOSA, R.M.; VIEIRA, B.G.T.L.; PANIZZI, R.C.; VIEIRA, R.D. Infecção por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* em sementes de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 24-31, 2014.

RANZI, C.; CAMERA, J.N.; DEUNER, C.C. Influence of continuous cropping on corn and soybean pathogens. **Summa phytopathology**, Botucatu, v.43, n.1, p.14-19, 2017.

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, **Phytophatology**, St Paul, v. 89, n.11, p.1028-1037, 1999.

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.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho.** 2.ed. Lages: Graphel, 2004. 114p.

REIS, E.M.; DENTI, E. A.; TRENTO, S. M.; CASA, R.T. Método para quantificar os danos no rendimento de grãos causados pelas podridões da base do colmo do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p.300. 1998.

REIS, E.M. Quantificação de propágulos de *Gibberella zae* no ar através de armadilhas de esporos. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v.13, n. 4, p. 324-327, 1988.

RIBEIRO, N.A.; CASA, R.T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; MOREIRA, E.N.; WILLE, L.A.. Incidência de podridões de Colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1003-1009, 2005.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops?** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

RODRIGO VÉRAS COSTA, R.V.; COTA, L.V.; SILVA, D. D.; FIGUEIREDO, J. E. F.; CASELA, C. R.; LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; PACCOLA MEIRELLES, L.D. **Patogenicidade de *Pantoea ananatis* e *Phaeosphaeria maydis* em Plantas de Milho.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 83. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 26 p., 2013.

- ROLIM, G. S.; JÚNIOR, P. M. J.; FANTIN, G. M.; BRUNINI, O.; DUARTE, A. P. DUDIENAS, C. Modelo agroclimatológico regional para estimativa da severidade da mancha branca de *phaeosphaeria* em milho safrinha no estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p. 721-728, 2007.
- SABATO, E. O.; PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T. **Identificação e Controle de Doenças na Cultura do Milho**. 2^a ed, Brasília, DF, Embrapa, 2013. 198p
- SANGOI, L.; SILVA, L.M.M.; MOTA, M.R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N.M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, E.D. Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, p. 1141-1150, 2015.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Graphel, Lages, 2010. 84 p.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; PAGLIARINI, N.H.F. **Estratégias de manejo da adubação nitrogenada em milho na região sul do Brasil**. Graphel, Lages, 2016. 122 p.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; SILVA, A.A.; ERNANI, P.R.; HORN, D.; STRIEDER, M.L.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agronômico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.218-231, 2006.
- 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... 2001.
- SARTORI, A.F.; REIS, E.M.; CASA, R.T. Quantificação da transmissão de *Fusarium moniliforme* de sementes para plântulas de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n.4, p.456-458, 2004.
- SCHALL, R. A.; NICHOLSON, R. L.; WARREN, H. L. Influence of light on maize anthracnose in the greenhouse. **Phytopathology**, St Paul, v. 70, n.10, p. 1023-1026, 1980.
- SERPA, M. S.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R.. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p. 457-467, 2012.
- SILVA, H.P.; FANTIN, G.M.; RESENDE, I.C.; PINTO, N.F.J.A.; CARVALHO, R.V. Manejo integrado de doenças na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6. A cultura do milho safrinha. Londrina: IAPAR, 2001. p. 113-144, 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre, 954 p., 2013.
- TARR, S.A.J. **Diseases of sorghum, sudan grass and broom corn**. The commonwealth mycological institute. Kew, Surrey, p. 391, 1962.

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T.N.; NETO, D.D.; REIS, A. R. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.192-201, 2006.

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, n.6, p.609-613, 2002.

TSUIOSHI, Y. **Resistência de plantas a pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura?** Potaços, tecnologia para agricultura. Informações agronômicas, n.108, 2004. P...

VARGAS, V. P; SANGOI, L; ERNANI, P. R; SIEGA, E.; CARNIEL, G; FERREIRA, M. A. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade desse nutriente para o milho. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p.245-255, 2012.

VENARD, C., VAILLANCOURT, L. Colonization of fiber cells by *Colletotrichum graminicola* in wounded maize stalks. **Phytopathology**, St Paul, v. 97, p. 438-447, 2007a.

VENARD, C.; VAILLANCOURT, L. Penetration and colonization of unwounded maize tissues by the maize anthracnose pathogen *Colletotrichum graminicola* and the related nonpathogen *C. sublineolum*. **Mycologia**, New York, v. 99, n.3, p. 368-377, 2007b.

WARREN, H. L.; NICHOLSON, R.L. Kernel infection, seedling blight and wilt of maize caused by *Colletotrichum graminicola*. **Phytopathology**, St Paul, v. 67, n.65, p. 620-623, 1975.

WHITE, D.G. **Compendium of corn diseases**. St. Paul: APS Press, 78 p., 1999.

WILKE, A.L.; BRONSON, C.R.; TOMAS, A.; MUNKVOLD, G.P. Seed transmission of *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three different temperature regimes. **Plant Disease**, Quebec, v. 91, n.9, p.1109-1115, 2007.

WORDELL FILHO, J.A.; CASA, R.T. Doenças na cultura do milho. In: WORDELL FILHO, J. A.; ELIAS, H. T. (Orgs.). **A cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, p. 207-273, 2010.

WORDELL FILHO, J.A.; CASA, R.T. Manejo de doenças na cultura do milho. In: WORDELL FILHO, J. A.; CHIARADIA, L.A.; BALBINOT JR., A.A. (Orgs.). **Manejo fitossanitário na cultura do milho**. Florianópolis: Epagri, p. 8-73, 2012.

WORDELL FILHO, J.A.; SPAGNOLLOI, E. Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p.199-205, 2013.

ZAMBOLIN, L.; CASA, R.T.; REIS, E.M. Sistema plantio direto e doenças em plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.25, n. 4, p. 585-595, 2000.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Informações Agronômicas Potaços**, Piracicaba, n.75 p. 1-16, 1996.