UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
***CAMPUS* LUIZ MENEGHEL - BANDEIRANTES**
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRENO AUGUSTO DA CUNHA

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE DOENÇAS DO MILHO NA REGIÃO NORTE DO PARANÁ

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2017

BRENO AUGUSTO DA CUNHA

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE DOENÇAS DO MILHO NA REGIÃO NORTE DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel - Bandeirantes.

Orientador: Prof. Dr. João Pereira Torres

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2017

Catalogação na publicação elaborada pela Biblioteca Central do Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

Cunha, Breno Augusto

C973o Ocorrência e distribuição de doenças do milho na região norte do Paraná / Breno Augusto da Cunha. – Bandeirantes, 2017.
69 f. ilust.

Orientador: Prof. Dr. João Pereira Torres.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, 2017.

Banca: Dr. João Pereira Torres, Dr. João Tavares Bueno, Dr. Marcelo Giovanetti Canteri, Dr. Silvestre Bellettini, Drª. Maria Isabel Balbi Peña.

1. Doenças foliares. 2. Doenças de espiga. 3. Época de semeadura. 4. *Zea mays*. 5. Produtividade. I. Universidade Estadual do Norte do Paraná. III. Título.

CDD – 633.15

BRENO AUGUSTO DA CUNHA

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE DOENÇAS DO MILHO NA REGIÃO NORTE DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel - Bandeirantes.

Aprovada em: 08 /12 /2017

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Orientador Dr. João Pereira Torres .....UENP
Prof. Dr. João Tavares Bueno.....UENP
Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri ..... UEL
Prof. Dr. Silvestre Bellettini .....UENP
Prof. Dr[a]. Maria Isabel Balbi Peña ..... UEL

Prof. Orientador Dr. João Pereira Torres
Universidade Estadual Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

Dedicatória

Dedico aos meus pais Resiro Aparecido da Cunha e Maria Leticia Bufalari da Cunha, pelo imenso amor, carinho, educação, apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, e por permitir e possibilitar que eu pudesse buscar todos os meus sonhos e objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo Dom da Vida, por estar sempre me guiando e me iluminando em minha jornada.

Aos meus pais Resiro e Letícia, por serem alicerces em minha vida, pelos exemplos de honestidade, caráter, força e amor. Ao meu irmão, João Pedro, pelo incentivo, companheirismo e amizade. A toda minha família que, de alguma maneira, contribuem para meu crescimento e aprendizagem.

À minha amada Thaís por todo amor, compreensão, paciência, e por me incentivar em meus objetivos.

A empresa Ourofino Agrociência por disponibilizar recursos para o acompanhamento das lavouras.

Ao meu orientador, professor Dr. João Pereira Torres, pelo auxilio e orientação neste trabalho, bem como nas contribuições da minha formação pessoal e profissional.

Ao professor Dr. João Tavares Bueno por contribuir de forma significativa neste trabalho e por estar sempre disposto a compartilhar seu conhecimento.

Ao professor Dr. Silvestre Bellettini pelas excelentes ponderações durante o exame de qualificação.

A todos que de alguma maneira que estiveram presentes e me auxiliaram na elaboração e condução deste trabalho.

O Meu Muitíssimo Obrigado!

"Diga o que você pensa com esperança.
Pense no que você faz com fé.
Faça o que você deve fazer com amor."

Ana Carolina

da CUNHA, Breno Augusto. **OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE DOENÇAS DO MILHO NA REGIÃO NORTE DO PARANÁ**. 2017. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2017.

RESUMO

Nas principais áreas produtoras de grãos, o milho tem sido cultivado em duas safras, sendo o milho verão e o milho safrinha. Desta maneira com a cultura do milho o ano todo no campo, criou-se uma ponte verde, favorecendo o desenvolvimento e a permanência de pragas e doenças. A incidência de doenças podem limitar o desenvolvimento da cultura e comprometer a produtividade, destacando-se as doenças foliares e de espiga. O objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar a ocorrência de doenças foliares e da espiga em plantas de milho na região norte do Estado do Paraná, comparando diferenças entre áreas sem aplicação de fungicidas, áreas com pulverização tratorizadas de fungicidas e locais com aplicação aérea (avião), em duas épocas de semeadura e duas safras consecutivas Cercosporiose, mancha branca e helmintosporiose foram as principais doenças foliares observadas nos dois anos consecutivos na região norte do Estado do Paraná, enquanto podridão de Fusarium, Giberela e Diplodia foram as principais doenças da espiga. Uma única aplicação de fungicida reduziu a severidade de algumas doenças do milho, mas não foi eficiente no controle de todas as doenças foliares. O uso de fungicidas para doenças foliares não influenciou no controle das doenças de espiga. Aplicação de fungicidas tratorizado (arrasto), em geral, mostrou-se mais eficiente do que a aplicação aérea no controle das doenças foliares. Nas semeaduras realizadas até 10/03 ocorreram maiores severidades de ferrugem polissora e mancha branca, enquanto helmintosporiose foi mais acentuada em semeaduras após 10/03. Para cercosporiose a época de semeadura não demonstrou ter efetiva influência. Em geral, para doenças de espiga, podridão de Fusarium apresentou maiores índices de incidência e severidade em semeadura no cedo. Áreas com aplicação de fungicida via trator possibilitou com que a cultura expressasse seu maior potencial produtivo, nas duas safras analisadas. Na média dos dois anos as semeaduras realizadas precocemente apresentaram os maiores índices de produtividade. A época de semeadura e a aplicação de fungicidas não influenciaram os fungos em sementes.

Palavras-chave: doenças foliares; doenças de espiga; época de semeadura; *Zea mays*; produtividade.

da CUNHA, Breno Augusto. **OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF CORN DISEASES IN THE NORTHERN REGION OF PARANÁ**. 2017. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2017.

ABSTRACT

In the main grain producing areas, maize has been grown in two crops, with summer corn and second corn crop. This way with the corn crop all year in the field, a green bridge was created, favoring the development and the permanence of pests and diseases. The incidence of diseases can limit crop development and compromise productivity, with emphasis on leaf and spike diseases. The objective of this work was to identify and quantify the occurrence of foliar and spike diseases in corn plants in the northern region of Paraná State, comparing differences between areas without fungicide application, areas with fungicide spraying by tractor and sites with aerial (airplane) application, in two sowing seasons and two consecutive seasons. *Cercospora zeae-maydis*, *Pantoea annanatis* and *Exserohilum turcicun* were the main pathogens observed in the two consecutive years in the northern region Paraná State, while Fusarium, Giberela and Diplodia rot were the main diseases of the spike. A single application of fungicide reduced the severity of some corn diseases, but it was not efficient in controlling all leaf diseases. The use of fungicides for leaf diseases did not influence the control of spike diseases. Application of tragic fungicide, in general, proved to be more efficient than aerial (airplane) application in the control of foliar diseases. Seeds up to 10/03 showed higher *Puccinia polysora* and *Pantoea annanatis* severities, while *Exserohilum turcicun* was more pronounced in sowing after 10/03. For *Cercospora zeae-maydis*, the sowing season did not show effective influence. In general, for spike diseases, Fusarium rot had higher rates of incidence and severity in early sowing. Areas with application of fungicide by tractor allowed the culture to express its greatest productive potential, in the two harvests analyzed. In the mean of the two years the sowing done early had the highest productivity indexes. The sowing time and the application of fungicides did not influence fungi in seeds.

Key-words: foliar diseases; ear diseases; sowing season; *Zea mays*; productivity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 3

2.1 Cultura do milho 3

2.2 Doenças foliares 4

2.2.1 Cercosporiose 5

2.2.2 Ferrugem polissora 6

2.2.3 Ferrugem branca ou tropical 8

2.2.4 Ferrugem comum 9

2.2.5 Helmintosporioses 10

2.2.6 Mancha branca 12

2.2.7 Antracnose 14

2.2.8 Mancha de diplodia 15

2.2.9 Mosaico comum 16

2.2.10 Enfezamentos 17

2.3 Doenças da espiga 18

2.3.1 Podridão de espiga por diplodia 19

2.3.2 Podridão de espiga por fusarium 21

2.3.3 Podridão de espiga por giberela 22

2.3.4 Carvão comum 23

2.4 Condiçoes climáticas 23

3. MATERIAIS E MÉTODOS 25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 32

5. CONCLUSÃO 57

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais cultivados no mundo. No Brasil a produção de milho na primeira safra foi de 30,46 milhões de toneladas. O milho de segunda safra apresentou estimativa de produção total de 67,2 milhões de toneladas, cultivadas em 12,1 milhões de hectares, e uma produtividade média de 5.553 kg/ha. No Estado do Paraná a produtividade média no ano de 2015 foi de 5.091 kg/ha enquanto que no ano de 2016 foi de 5456 kg/ha. (CONAB, 2017). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. O milho possui alta adaptabilidade a diferentes condições de clima e por isso, atualmente é cultivado em todo o mundo e seus subprodutos vão desde alimentação animal e humana até produção de etanol.

As mudanças no sistema de cultivo do milho, tais como a adoção do plantio direto, irrigação, época de semeadura, tendo primeira safra no verão e safrinha no inverno, cultivo sucessivo, ausência de rotação de culturas associado às condições ambientais brasileiras, aumentou a área de cultivo e fez com que se tivesse milho o ano todo no campo, criando uma ponte verde, onde os patógenos conseguem desenvolver-se e multiplicar-se com maior facilidade, proporcionando o aumento e a severidade das doenças desta cultura.

Para o manejo integrado de doenças é necessário combinar a tecnologia de aplicação com técnicas de cultivo, porém o plantio sem rotação de culturas e o cultivo de genótipos mais produtivos, que apresentam maior susceptibilidade a doenças, faz com que no Brasil o controle químico seja um dos principais métodos utilizado para o controle das doenças acometidas em plantas do milho. A ocorrência de patógenos pode limitar o desenvolvimento quantitativo e qualitativo da cultura, proporcionando menor produtividade. Dentre as moléstias mais relevantes que podem limitar o potencial produtivo, destacam-se as doenças foliares e as de espiga.

No ano de 2010, o Estado do Paraná chegou a ser o maior produtor de milho do Brasil, com mais de 13 milhões de toneladas produzidas (DUARTE *et al*., 2011). Cerca de 91% das lavouras do milho safrinha receberam tratamento químico com fungicidas para o controle de doenças, entre 345 áreas. (CRUZ *et al*., 2010). No Estado do Paraná, há a predominância do uso de pulverizadores tratorizados, pois o relevo acidentado e o tamanho das propriedades produtoras não permitem a aplicação de fungicidas quando a cultura já está em estádio avançado. Assim, muitas das aplicações são feitas preventivamente com as plantas na fase vegetativa, impossibilitando aplicação sequencial do fungicida e que o período de

residual se estenda até a fase de enchimento de grãos, quando as plantas mais precisam de proteção (MIRANDA *et al*., 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar a ocorrência de doenças foliares e da espiga em plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, comparando diferenças entre áreas sem aplicação de fungicidas, áreas com pulverização tratorizadas de fungicidas e locais com aplicação aérea (aeronave), em duas épocas de semeadura e duas safras consecutivas, na safrinha.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays*) pertence à família das Poáceas, é uma planta anual, com baixo afilhamento, monoico-monoclina e pertencente ao grupo das plantas C-4, tendo ampla adaptação a diferentes ambientes. O grão do milho é do tipo cariopse, composto por quatro estruturas principais: endosperma, gérmem, pericarpo (casca) e ponta, é classificado como alimento energético, sendo 9 e 11% de sua composição de proteínas, lipídios e fibras (PAES, 2006).

O milho apresenta grande diversidade em sua utilização, que vai desde alimentação animal e humana até a produção de combustível, apresentando assim grande importância econômica. No Brasil, cerca de 70% da produção é destinada à alimentação animal (MIRANDA *et al*., 2012).

Estudos indicam que o centro de origem do milho seja a América Central, onde atualmente é o México, sendo domesticado nessa região de 7.000 a 10.000 anos (DOEBLEY, 1990). No Brasil, era cultivado pelos índios antes mesmo da chegada dos colonizadores, sendo o principal ingrediente da dieta da tribo dos Guaranis, e através das grandes navegações, o milho teve sua expansão pelo mundo (ARAUJO, 2008).

A média de produtividade brasileira de grãos, 5.540 kg ha^{-1}, é baixa quando comparada a outros países, como Argentina (8.330 kg ha^{-1}) e Estados Unidos (10.096 kg ha^{-1}) (USDA, 2017). O clima do tipo tropical do Brasil é agravante na incidência e severidade de doenças, e pode causar injúrias a cultura, reduzindo qualitativamente e quantitativamente a produção (GUINI *et al.*, 2011)

Em algumas regiões do Brasil, é possível cultivar o milho em duas safras anuais, proporcionando o milho safra e o safrinha. O milho safrinha é aquele produzido na segunda safra, sendo o Estado do Paraná o segundo maior produtor nacional dessa categoria, com uma área de 2.198,3 mil hectares e produção de 11.191,5 mil toneladas (CONAB, 2017). A maior concentração de milho safrinha no Estado do Paraná está localizada nas regiões norte e oeste, que juntas representam mais de 70% da área cultivada, e da produção estadual (MANGILI e ELLY, 2014).

Até o início da década de 1990, o uso de cultivares resistentes era eficiente para o controle de doenças do milho, mas o fato de ter plantas de milho o ano todo no campo (safra e safrinha), associado com plantio direto, irrigação, ausência de rotação de culturas, aumento da área cultivada, as condições ambientais favoráveis para pragas e doenças, contribuem para a multiplicação e preservação de inóculos de diversos patógenos nesta cultura (PINTO *et al*., 2006), e a severidade e incidência de doenças nas lavouras de milho, principalmente no cultivo safrinha foi agravada (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2012).

2.2 Doenças foliares

É comum o grande número de doenças no Brasil, visto que a adaptação do milho nas mais variadas áreas gera este potencial de inóculo dos patógenos. Mais de vinte já foram identificadas, a frequência e severidade com que ocorrem, apenas algumas demonstram importância econômica (CRUZ *et al*., 1996). Ataques severos de doenças foliares podem reduzir drasticamente o rendimento de grãos de milho.

Carlson e Main (1976) declararam que as doenças de milho apresentam um alto grau de variabilidade espacial e temporal. Essa variabilidade causa incertezas na tomada de decisão acerca das medidas de controle, como o uso de fungicidas.

Várias medidas são recomendadas para o manejo de doenças do milho, as quais levam em consideração a época de semeadura, qualidade de semente, manejo cultural, como a adoção da prática da rotação de culturas, nutrição de planta, o uso de resistência genética e o uso de fungicidas. A aplicação dos princípios de manejo integrado de doenças requer que este seja considerado como parte do manejo de forma mais ampla, o que, por sua vez, é parte de um componente integral de todo ecossistema de uma região produtora (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000).

Dentre as doenças foliares mais recorrentes no Estado do Paraná são: cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), ferrugem-branca (*Physopella zeae*), ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e complexo de mancha branca (FRANCO *et al*., 2013).

2.2.1 Cercosporiose

O primeiro relato de infecção de cercosporiose ou mancha de cercóspora (*Cercospora zeae-maydis*) em milho ocorreu no Estado de São Paulo, na safra de 2000/2001. Desde então, vem ocorrendo de forma generalizada, causando redução de produtividade em lavouras do milho desse Estado (FANTIN *et al*., 2004) e em outros Estados brasileiros (BRITO *et al*., 2007). Ocorre tanto na safra de verão como na segunda safra ou safrinha, sendo, em geral, mais agressiva na safrinha (BRUNELLI, 2004).

Os agentes etiológicos responsáveis são o fungo anamorfo *Cercospora zeae-maydis* Tehon e Daniels, e *Cercospora sorghi* Ellis e Everh f.sp. *maydis* Ellis e Everh, sendo sua fase telemorfa o ascomiceto *Mycosphaerella,* embora, este estádio não ocorra em lesões. Os conídios de *C. zeae-maydis* são mais curtos e largos (4-9 μm de largura por 40-165 μm de comprimento), quando comparados a *C. sorghi* f.sp. *maydis* (3-4,5 μm de largura e 40-120 μm de comprimento). Além do tamanho dos conídios, os conidióforos da primeira espécie ocorrem agregados em fascículos, formando esporodóquios, ao passo que na segunda, os conidióforos são isolados (PEREIRA *et al*., 2005). *Cercospora zeae-maydis* e outras espécies de *Cercospora* produzem cercosporina, uma fitotoxina que proporciona a morte das células somente na presença de luz. Esta toxina resulta na produção de um oxigênio atômico que danifica as membranas celulares e provoca perda de elétrons (AGRIOS, 1997). Sob um período de alta umidade, o fungo presente nos restos culturais produz conídios, que são disseminados principalmente pelo vento, infectando novas plantas de milho. As folhas inferiores são as primeiras a serem colonizadas, onde ocorrem lesões após a infecção, estas produzem esporos que são transportados por vento ou respingo de chuvas atingindo as folhas superiores da planta. Esporos de *C. zeae-maydis* germinaram em 24 horas, em plantas inoculadas mantidas a temperatura ambiente entre 22 e 30° C (WARD *et al.*, 1999).

Com relação ao clima, o desenvolvimento da cercosporiose necessita umidade relativa acima de 95%, dada pela presença de orvalho e por períodos prolongados de chuvas, que propiciem dias nublados, associados a temperaturas moderadas a altas, entre 22 e 30^{o} C. Em condições desfavoráveis, a doença paralisa seu desenvolvimento, mas este é retomado assim que o ambiente volta a ser favorável (WHITE, 2000).

Os sintomas normalmente se iniciam nas folhas localizadas na parte inferior das plantas. As lesões inicialmente possuem coloração cinza, de formato retangular a irregular, desenvolvendo-se paralelas as nervuras foliares (CASELA *et al*., 2006). O

desenvolvimento das lesões é lento quando comparado a outras doenças foliares, necessitando de duas a três semanas para sua completa formação. O tamanho, número e tipo das lesões podem variar de acordo com o genótipo do hospedeiro. Linhagens susceptíveis apresentam numerosas lesões necróticas, enquanto que em linhagens moderadamente resistentes é mais comum a ocorrência de clorose (WARD *et al*., 1999).

Segundo Ward *et al*., (1997), a cercosporiose do milho é capaz de reduzir em 20 a 60% a produção de grãos, dependendo da suscetibilidade do híbrido. Contudo, é possível promover excelente controle desse patógeno com a aplicação de fungicida.

A doença causou perdas severas nas principais regiões produtoras na safra de 2000 e 2001. Até então, esta doença considerada secundária, passou a fazer parte das enfermidades mais importantes da cultura (FANTIN *et al*., 2001; CASELA e FERREIRA, 2003; PEREIRA *et al*., 2005). As perdas associadas à cercosporiose do milho ocorrem quando o tecido fotossintético perde sua funcionalidade devido às lesões necrosadas (DODD, 1980). A seca e morte prematura das folhas limitam a interceptação da radiação, a produção e a translocação de fotoassimilados para desenvolvimento dos grãos. Isto vale principalmente, para oitava folha em diante, uma vez que estas contribuem com 75 a 90% para acúmulo dos fotoassimilados dos grãos (ALLISON e WATSON, 1996). Por ser uma doença policíclica, a cercosporiose pode ser controlada por práticas culturais, como o plantio convencional, que diminui a quantidade de inóculo inicial, pois o patógeno sobrevive nos restos culturais do milho (NAZARENO *et al*.,1993), rotação de culturas com soja, sorgo, algodão e girassol e uso de fungicidas (CASELA e FERREIRA, 2003). No Brasil os fungicidas utilizados para controle da doença são benzimidazóis, triazóis e estrobilurinas (PEREIRA *et al*., 2005). Costa (2007) observou melhor controle desta doença com uma aplicação de azoxystrobin + cyproconazole + óleo mineral parafínico aplicado no estádio V8 da cultura.

2.2.2 Ferrugem polissora

A ferrugem polissora, causada pelo fungo *Puccinia polysora*, historicamente é considerada uma doença importante apenas em regiões onde o milho é cultivado em altitudes inferiores a 700 m, com elevadas temperaturas e umidade relativa do ar. Epidemias são relatadas em toda a região Centro-Oeste do Brasil, noroeste de Minas Gerais, São Paulo e parte do Paraná (CASELA *et al*., 2006).

A doença é caracterizada pela presença de pústulas circulares a ovais de coloração marrom canela clara a alaranjada medindo 0,2 a 2,0 mm de comprimento, densamente distribuídas, principalmente, na superfície superior das folhas. Os urediniosporos, formados no interior das pústulas, têm coloração amarela a dourada e são tipicamente elipsóides ou ovóides. Os teliossoros são raros, aparecendo em círculos ao redor das pústulas urediniais, com 0,2 a 0,5 mm de diâmetro, de cor marrom chocolate a preta. O fungo geralmente infecta folhas completamente expandidas da planta e a doença torna-se mais severa à medida que a planta se desenvolve (SHURTLEFF, 1992).

Foi observada pela primeira vez na África em 1949, causando epidemia. No Estado de São Paulo foi constatada no final da década de 80, causando seca prematura de cultivares suscetíveis. (DUDIENAS *et al*., 2013). Essa ferrugem pode ser confundida com a ferrugem comum, causada por *Puccinia sorghi*, no entanto, os urediniosporos desta última são levemente mais escuros, menores e arredondados, produzidos em uredínias mais alongadas, de cor marrom canela escura e, como *P. sorghi*, geralmente, se estabelece no cartucho das folhas, a infecção resulta no desenvolvimento de pústulas em faixas transversais nas folhas. *P. polysora* é comumente mais destrutiva que *P. sorghi*, podendo causar morte precoce das plantas de milho (DUDIENAS *et al*., 2013).

Em ambiente favorável com temperatura entre 23 e 28^{o}C e elevada umidade relativa do ar (CASELA e FERREIRA, 2002), essa doença pode reduzir em mais de 50% a produtividade do milho (VON PINHO, 1998). A ocorrência de ferrugem polissora é favorecida por altas temperaturas, ao redor de 27ºC, e alta umidade relativa. Epidemias de ferrugem polissora no campo parecem ser mais influenciadas por diferenças nos regimes de temperaturas em diferentes locais, uma vez que, embora sempre necessário, o período de molhamento para se estabelecer a infecção com sucesso é mínimo (2 a 4 horas). Embora longos períodos de molhamento sejam favoráveis à infecção, a mesma condição pode inibir outras fases do ciclo de relações patógenos-hospedeiro, como a esporulação e a disseminação, por exemplo (GODOY, 2000). A duração do período de molhamento pode ser vista como um fator para que se estabeleça a infecção, enquanto a temperatura parece determinar a rapidez e a extensão da epidemia (JULIATTI e SOUZA, 2005).

Os danos causados pela doença resultam em redução da área foliar, vigor e do peso dos grãos e senescência precoce Os sintomas são a formação de pústulas circulares ou ovaladas de coloração marrom-clara, distribuídas, predominante, na face superior das folhas (CASELA *et al*., 2006).

A resistência horizontal para patógenos causadores de ferrugens na cultura do milho, demonstra uma melhor eficiência no controle destas doenças (ROBINSON, 1987; SMITH e WHITE, 1988; PARLEVLIET, 1993). Por se tratar de parasitas obrigatórios e de grande variabilidade, a resistência vertical ou total, se torna mais difícil de ser alcançada.

As principais alternativas de manejo desta doença incluem: uso de cultivares resistentes, sendo que sua obtenção é dificultada pela grande variabilidade do patógeno. No Brasil foram observados 17 padrões de virulência de *P. polysora*, entre 60 isolados testados, coletados em diferentes áreas de ocorrência da doença, baseado na reação de seis híbridos experimentais utilizados como diferenciadores. A identificação desses diferentes padrões de virulência de *P. polysora* indica a presença de variabilidade na população deste patógeno no Brasil, conforme foi constatado por diversos autores em outros países; época adequada para semeadura, a fim de evitar que os períodos de maior pressão de inóculo coincidam com os estádios de desenvolvimento em que a planta é mais suscetível à sua ocorrência, e a aplicação de fungicidas, quando há elevada pressão da doença ou presença de cultivares suscetíveis (COSTA *et al*., 2009; DUDIENAS *et al*., 2013). Após os primeiros sintomas, a multiplicação do potencial de inóculo ocorre rapidamente, que através do vento, sua disseminação se torna ampla no campo. Sendo assim, quando a doença se inicia na fase inicial da cultura e as condições para o seu desenvolvimento são favoráveis, a redução na produção se torna significativa. Entretanto, quando se inicia na fase final de desenvolvimento da cultura, praticamente não afeta a produção (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000).

2.2.3 Ferrugem branca ou tropical

Em relação às três ferrugens que ocorrem no milho, a ferrugem tropical ou ferrugem branca, cujo agente causal é o fungo *Physopella zeae*, vem se destacando por sua maior adaptação a diferentes ambientes e pela disponibilidade de cultivares comerciais resistentes e ainda por sua agressividade (FIGUEIREDO e HENNEN, 1995). A primeira constatação dessa doença na América do sul data de 1944. No Brasil, os primeiros relatos de ocorrência da ferrugem tropical datam de 1976, e estes foram realizados no Estado do Espírito Santo. Desde então essa doença tem aumentado de forma epidêmica, ocorrendo em praticamente todas as regiões produtoras, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste (PINHO *et al*, 1999).

Os sintomas apresentam-se como pequenos grupos de pústulas amarelas de formato circular, medindo cerca de 0,3 a 1,0 mm de diâmetro, na superfície adaxial da folha. Os uredosporos são o inóculo primário e secundário, sendo transportados pelo vento ou em material infectado (CASELA *et al*., 2006). Com o passar do tempo, as pústulas sofrem alteração na coloração tornando-se púrpura escuro. (REIS *et al*., 2004).

O início da infecção ocorre entre 7 a 9 dias após a inoculação à temperatura de 23 a 30°C, e alterando para 10 dias após a inoculação à temperatura de 17 a 19°C. Essas condições são semelhantes àquelas exigidas pelo fungo da ferrugem polissora. Entretanto, a ferrugem tropical apresenta maior adaptação em diferentes ambientes, possivelmente devido à sua menor exigência em umidade em relação à ferrugem polissora (SILVA e MENTEM, 1997). No Brasil, encontra-se distribuída no Centro-Oeste, e no Sudeste (Norte de São Paulo). O problema é maior em semeaduras contínuas de milho, principalmente em áreas irrigadas por pivô central (CASELA *et al*., 2006). Como método de controle, utiliza-se de semeadura de cultivares resistentes. As semeaduras contínuas tendem a agravar o problema causado pelas ferrugens em geral. Recomenda-se a alternância de genótipos e a interrupção na semeadura durante um certo período para que ocorra a morte dos uredosporos. (CASELA *et al*., 2006). As urédias da ferrugem branca são ovais amareladas a castanha, paralelas as nervuras, dispostas em pequenos grupos (PEREIRA *et al*., 2005). As três ferrugens também são diferenciadas pelos seus urediniósporos, de acordo com sua morfologia e coloração (VON BULOW, 1966).

2.2.4 Ferrugem comum

No Brasil, a doença conhecida como ferrugem comum, causada pelo fungo *Puccinia sorghi* tem vasta distribuição com severidade moderada, tendo maior severidade nos estados da região Sul (CASELA *et al*., 2006). De acordo com Farr e Rossman (2014), atualmente existem 228 registros de *P. sorghi* em milho no mundo, seis destes de ocorrência no Brasil, sendo o mais antigo relatado por Arthur (1925).

As condições favoráveis para a germinação dos urediniosporos são: temperatura moderada, entre 16 a 23ºC, alta umidade relativa e altitude superiores a 900 m, (PINTO *et al*., 2006). A velocidade de desenvolvimento da doença diminui em temperatura abaixo de 8ºC e a esporulação paralisa em temperatura acima de 32ºC. Quando a atmosfera

está saturada, praticamente todos os esporos germinam, porém quando a umidade relativa baixa para 97%, somente 3% conseguem germinar (REIS, *et al*., 2004).

Os sintomas são formados por pústulas na parte aérea da planta, sendo mais abundantes nas folhas. As pústulas apresentam formato circular a alongado e se rompem rapidamente, mas ao contrário da ferrugem polissora distribuem-se na face superior e inferior das folhas (CASELA *et al*., 2006).

Por se tratar de uma doença antiga e vastamente disseminada pelo Brasil, através do melhoramento genético foram obtidas variedades com resistência adequada para a ferrugem comum (PEREIRA *et al*., 2005).

O fungo *P. sorghi* tem como hospedeiros alternativos algumas plantas, como *Euchlaena mexicana, Oxalis brasiliensis, Sorghum vulgare* e *Triticum aestivum* (FARR e ROSSMAN, 2014).

2.2.5 Helmintosporioses

As helmintosporioses são consideradas uma das mais importantes doenças do milho em diferentes regiões do mundo onde este cereal é cultivado (HARLAPUR *et al*., 2008). Perdas ocasionadas por esta doença em condições ambientais favoráveis e em cultivares suscetíveis podem ultrapassar 40% da produção de grãos, sendo considerada limitante para a produção de milho em algumas partes do mundo (WANG *et al*.,2012). Existem dois agentes etiológicos para a helmintosporiose, o fungo *Bipolaris maydis* e o *Exserohilum turcicum.*

O fungo *B. maydis* possui duas raças descritas, “0” e “T”. A raça “0”, predominante nas principais regiões produtoras, origina lesões alongadas, orientadas pelas nervuras, com margens castanhas e com forma e tamanho variáveis. Apesar das lesões seguirem a orientação das nervuras, as bordas das lesões não são tão bem definidas como ocorre no caso da cercosporiose. As lesões causadas pela raça “T” são maiores, predominantemente elípticas e com coloração de marrom a castanho, podendo ocorrer formação de halo clorótico. Esta doença ocorre em varias regiões do Brasil, porém com severidade entre baixa e média (CASELA *et al*., 2006).

O fungo de *Bipolaris maydis* pode ser identificado através do exame dos conídios em microscópio, os quais são produzidos nas lesões foliares ou em meio de cultura.

Os conídios, medindo 15-20 x 70-160 µm, apresentam coloração marrom oliváceo, são predominantemente curvos, com as extremidades afuniladas e arredondadas e apresentam de 5 a 11 septos. A germinação dos conídios de *B. maydis* são do tipo bipolar. A forma sexual do fungo tem sido observada apenas em meio de cultura, sendo caracterizada pela produção de ascósporos, tipicamente 4 a 8, em ascas hialinas e cilíndricas. Os ascósporos medem de 6-7 x 130-340 µm, apresentam coloração escura e possuem de 5 a 9 septos (GARRAWAY *et al*., 1998).

Ambos os fungos são capazes de sobreviver em restos culturais e em grãos, sendo os conídios disseminados pelo vento e por respingos de chuva. As condições para o bom desenvolvimento da doença são temperatura entre 22 e 30°C e elevada umidade relativa do ar, períodos longos de seca e de dias ensolarados entre dias chuvosos é desfavorável à doença (COSTA *et al*., 2009). As condições para desenvolvimento do fungo *Exserohilum turcicum* são temperatura moderada, entre 18 e 27 °C, e alta umidade relativa. A disseminação ocorre pelo transporte de conídios pelo vento a longa distâncias (CASELA *et al*., 2006). As epidemias da doença, causadas originam-se de conídios produzidos em restos de cultura ou trazidos pelo vento de outras áreas de cultivo (WHITE, 2000).

No caso de *Exserohilum turcicum* é considerado um patógeno hemibiotrófico por apresentar uma fase parasitária na planta viva e uma fase necrotrófica nos restos culturais. Este fungo pode sobreviver de uma estação para a outra de cultivo sobre a palha (folhas, bainha das folhas e palha da espiga), na forma de micélio colonizando o substrato e produzindo conidióforos e conídios (BOOSALIS *et al*., 1967). O período de tempo de sobrevivência nos restos culturais é determinado principalmente pelas condições de temperatura, umidade e luz. Em geral, enquanto existirem nutrientes e fonte de carbono disponível no substrato, ele continuará explorando-o nutricionalmente e produzindo inóculo. Esta é a fonte de inóculo mais importante para a infecção das plantas de milho (REIS *et al*., 2004). Durante a fase saprofítica, o inóculo de *Exserohilum turcicum* é produzido e disseminado. A disseminação geralmente se dá por meio de agentes externos como o ar, a água, insetos e muitas vezes a própria ação do homem. Pode ocorrer em pequenas distâncias, por exemplo, de uma folha infectada para as demais partes da própria planta ou ainda através de longas distâncias, partindo de uma planta infectada e depositando-se sobre outra que esteja a quilômetros do seu local de origem. Tais variações dependem das diferentes intensidades que atuam os agentes da disseminação (REIS *et al*., 2004).

Os sintomas característicos são lesões alongadas, elípticas, de coloração cinza ou marrom e comprimento variável entre 2,5 a 15 cm. A doença ocorre inicialmente nas

folhas inferiores, o patógeno também sobrevive em folhas e colmos infectados. A disseminação ocorre pelo transporte de conídios pelo vento a longas distâncias, bem como por respingos de chuva. Pode ocorrer acamamento em ataques mais severos da doença. Por se tratar de um patógeno com fase saprofítica, os restos de cultura são fontes de inóculo para as culturas subsequentes. (AMORIN, 1995).

Restos de cultura são as principais fontes de inóculo para o desenvolvimento de epidemias, e o aumento da intensidade de epidemias de helmintosporiose pode ser resultado de ampla utilização de sistemas de plantio direto (WHITE, 2000). O tempo de sobrevivência do patógeno em restos de cultura é longo, podendo sobreviver como saprófita ou formar esporos de resistência denominados clamidósporos (LEVY e PATAKY, 1992). As lesões primárias aparecem nas folhas mais velhas, e em condições de ataque severo pode ocorrer à queima completa do tecido foliar (WHITE, 2000).

2.2.6 Mancha branca

Considerada, atualmente, uma das principais doenças do milho no Brasil, a mancha branca está presente em praticamente todas as regiões produtoras (COTA *et al*., 2010). Severidade da doença entre 10 e 20% geram redução de cerca de 40% na taxa fotossintética, podendo diminuir a produtividade em até 60% (GODOY *et al*., 2001).

Inicialmente o agente causal da doença foi identificado no Brasil como *Sphaerulina maydis* (P. Henn.) (HENNINGS, 1902) e posteriormente como *Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.), na Índia (RANE *et al*., 1965). No entanto, o fungo *Phaeosphaeria maydis* descrito como agente causador da doença nos EUA é encontrado no Brasil em baixa frequência nas lesões da doença em condições naturais de desenvolvimento (DE CARLI, 2008). Koshikumo (2007) cita que *P. maydis* foi descrita pertencendo à subdivisão *Ascomycotina*, ordem *Pleosporales* e família *Pleosporaceae.* Os peritécios são esféricos a subglobosos e possuem ostíolos papilados. Formam ascas hialinas, clavadas ou cilíndricas, retas ou curvadas, com 8 ascósporos medindo de 44,5 -70,0 x 7,5-8,5 m. Os ascósporos são hialinos, retos ou ligeiramente curvados, com 3 septos, ligeiramente constritos nos septos com dimensões de 14,5-17,0 x 3,5-5,0 m. Os picnídios no estágio anamorfo (*Phyllosticta* sp.) são esféricos ou globosos, cuja coloração é marrom escuro a preto e possuem ostíolo arredondado. Os conídios são hialinos medindo cerca de 3,2-9,0 x 2,4-3,2 m.

Paccola-Meirelles *et al*., (2001), isolaram uma bactéria, identificada como *Pantoea ananatis* (syn. *Erwinia ananas*), a partir de lesões de estágio inicial da mancha branca, em uma frequência de 63%. Segundo alguns autores os sintomas típicos da doença apareceram entre 5 a 7 dias após a inoculação de *P. ananatis* em condições de controladas. Esta bactéria, quando inoculada em plantas de milho reproduziu, em casa de vegetação, sintomas semelhantes aos da doença a campo. A bactéria foi re-isolada a partir das lesões, concluindo assim os postulados de Koch. De acordo com Gonçalves *et al.*, (2013), após alguns estudos indicaram que *Pantoea ananatis* é o agente causador desta mancha foliar e que somente no final das fases de lesões necróticas aparecem diferentes espécies de fungos oportunistas.

As condições para o desenvolvimento da doença são a ocorrência de umidade relativa do ar acima de 60% e de temperatura noturna aproximadamente de 14°C (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000). Estudos indicaram que a faixa de temperatura mais adequada ao crescimento micelial de *Phaeosphaeria maydis (in vitro)*, foram de 20 a 22 °C (FANTIN *et al*.,1996).

Inicialmente, as lesões circulares, aquosas e verde claras (anasarcas), posteriormente, tornam-se necróticas, de coloração palha, circulares a elípticas e geralmente são encontradas dispersas no limbo foliar, podendo vir a coalescer (COTA *et al*., 2010). Os sintomas surgem nas folhas localizadas no estrato inferior da planta, progredindo rapidamente para o estrato superior. Os sintomas são mais evidentes e severos quando acometem a planta na fase reprodutiva, sendo as lesões variáveis em tamanho, de acordo com a resistência do hospedeiro (COTA *et al*., 2010). Sob ataque severo, os sintomas da doença podem ser observados também na palha das espigas, podendo causar seca prematura das folhas e redução no ciclo da planta, no tamanho e no peso dos grãos (OLIVEIRA *et al*., 2004). Fatores como: semeadura tardia, ausência de rotação de culturas, cultivo safrinha, presença de restos culturais e uso de irrigação frequente favorecem o aumento da incidência e da severidade da doença. Segundo Johnson (1987), as folhas infectadas têm a fotossíntese reduzida desde a infecção pelo patógeno. Essa redução pode ser causada por: redução na interceptação da radiação resultante da perda da área foliar fotossintetizante e/ou pela diminuição da eficiência de uso da radiação interceptada, devido à redução da taxa fotossintética do tecido verde remanescente. Os métodos mais eficientes para o controle desta doença entre outras são o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas, sincronização da semeadura em campos adjacentes (SILVA e MENTEN, 1997).

2.2.7 Antracnose

A antracnose, doença causada pelo fungo *Colletotrichum graminicola*, pode reduzir a produção do milho em até 40% em cultivares suscetíveis sob condições favoráveis de ambiente (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2010).

O sistema de plantio direto favorece o aumento do inoculo, por se tratar de um fungo necrotrófico, plantios sucessivos da cultura contribui para o aumento da fonte de inoculo no campo (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

Nas folhas a doença caracteriza-se pela presença de lesões de formatos variados. É comum nas nervuras a presença de lesões elípticas com frutificações (CASELA *et al*., 2006).

São os sintomas caracterizados por lesões de coloração marrom escura e formato oval a irregular. Tem como característica, um halo amarelado que circunda a área doente das folhas. Sob condições favoráveis, as lesões podem coalescer, necrosando grande parte do limbo foliar e surgem, no interior das lesões, pontuações escuras que correspondem às estruturas de frutificação do patógeno. São observadas nas nervuras lesões elípticas de coloração marrom avermelhada que resultam numa necrose foliar em formato de “V” invertido.

Em cultivares altamente suscetíveis infectadas no início do ciclo, a doença pode ocasionar a morte prematura das plantas. Nessa fase inicial, as lesões podem ser de difícil detecção, mas no florescimento, as lesões se tornam elípticas de coloração escura de marrom avermelhadas a negras, o colmo se torna escuro e degenerado e com entrenós flácidos. Esse enfraquecimento dos entrenós pode resultar em tombamento e perda na produção, por dificultar a colheita mecanizada (BERGSTROM e NICHOLSON, 1999; CASELA *et al*., 2006; COSTA *et al*., 2008).

Temperaturas entre 28 a 30 ^{o}C, elevada umidade relativa do ar e chuvas frequentes favorecem o desenvolvimento da doença (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2010). O primeiro relato da doença no Brasil foi feito por Silveira *et al*., (1965), ocorrendo em campos de milho próximos a cidade de Campinas/SP. Posteriormente a semeadura de segunda safra (safrinha), a doença que era tida como secundária, passou a ganhar importância, principalmente em regiões que utilizam plantio direto e cultivos sucessivos de milho, limitando a produtividade nessas áreas.

Colletotrichum graminicola é encontrado mais frequentemente infectando folhas e colmos de plantas de milho, porém pode infectar sementes, raízes e brácteas. Plantas infectadas nas fases iniciais podem desenvolver os sintomas, contudo a fase propícia para desenvolvimento dos sintomas é a partir do florescimento (FERREIRA e CASELA, 2001).

A infecção primária normalmente se dá pelos conídios produzidos nos acérvulos presentes nos restos de culturas, e o fungo pode sobreviver até dez meses nessa matéria orgânica (NAYLOR e LEONARD, 1977). Em sementes infectadas naturalmente a viabilidade do fungo é estável, porém reduzida em sementes inoculadas artificialmente (PEREIRA, 1978). Em sementes, o patógeno pode sobreviver por até três anos. A rotação de culturas por dois anos e o uso de sementes sadias constituem-se em métodos de controle eficientes para o patógeno (LIPPS, 1988).

O monitoramento das podridões do colmo em milho no Brasil tem sido feito ao longo dos anos sendo encontrando *C. graminicola* em mais de 62% das plantas doentes nos trabalhos de Costa *et al*. (2008) e 22,6% na região sul do Brasil por Denti e Reis (2003).

O controle por resistência genética deste gênero é dificultado pelo fato de possuir uma alta plasticidade fenotípica (PARREIRA *et al*., 2014).

2.2.8 Mancha de diplodia

A mancha de diplodia causada por *Stenocarpella macrospora* é semelhante a helmintosporiose causada por *Exserohilum turcicum* ocorrendo lesões alongadas, grandes e diferenciam-se por apresentar em algum local da lesão, pequeno círculo visível contra a luz (ponto de infecção). Seu tamanho pode ser de até 10 cm de comprimento (CASELA *et al*., 2006). Em outras situações, os sintomas são caracterizados pela presença de lesões estreitas e alongadas. Apesar da variação sintomatológica, em ambas as lesões é possível constatar o ponto de infecção pelo patógeno.

A proliferação acontece por meio dos esporos presentes em restos de cultura levados pelo vento e por respingos de chuva. Os restos de cultura são fontes de inóculo e também contribuem para a disseminação da doença para outras áreas de plantio. Temperaturas entre 25 e 30 ^{o}C e de elevada umidade relativa do ar são propicias ao progresso da doença (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2010).

As lesões foliares diminuem a área fotossintetizante da planta, tais lesões servem como fonte de inóculo para doenças das espigas, afetando a produtividade e a sanidade do grão (BAMPI *et al*., 2011). Devido a sua ação saprofítica em restos culturais, tal doença tem aumentado a sua frequência, principalmente através da utilização da prática de plantio direto e monocultura, facilitando a sobrevivência do patógeno e sua disseminação (CASA *et al*., 2006).

Mesmo que extensamente distribuída, a doença tem ocorrido com severidade entre baixa e média. Ainda assim, no Brasil, os danos e quedas de produtividade causadas por esta doença ainda não foram quantificados, porém é sabido que o agente causador colabora diretamente para a geração de grãos ardidos (PEREIRA *et al*., 2005). Uma das alternativas para reduzir a infecção é a adubação equilibrada do solo e evitar elevada densidade de plantas (CASA *et al*., 2006).

Devido seu hospedeiro ser apenas o milho, não apresentar estruturas de dormência e seus conídios serem dispersos a curtas distâncias, a rotação de culturas, o uso de sementes sadias e tratadas com químicos eficientes, são medidas recomendáveis para seu controle (CASA *et al*., 2006).

2.2.9 Mosaico comum

A semeadura do milho em varias épocas, na maioria das regiões produtoras, tem contribuído para o aumento da incidência e da severidade de doenças, incluindo o mosaico comum causada por potyvirus. (SCHUELTER *et al*. 2010).

Reduções na produção de até 50% em genótipos mais susceptíveis ao mosaico foram estimadas por FERNANDES *et al*., (1995). A virose do mosaico comum do milho pode ser causada por quatro diferentes potivirus: *Sugarcane mosaic vírus* (SCMV); *Maize* d*warf mosaic vírus* (MDMV); *Sorghum mosaic vírus* (SRMV); e *Johnsongrass mosaic vírus* (JGMV) (ALMEIDA, 1998). Entretanto, apenas as espécies SCMV e MDMV são descritas infectando naturalmente o milho no Brasil (GONÇALVES *et al*., 2007). O vírus do mosaico comum ataca também a cana-de-açúcar, cultura de grande importância econômica regional.

O principal transmissor do vírus em milho é o pulgão do milho (*Rhopalosiphum maidis*). Geralmente os sintomas dessa virose são em padrão de mosaico,

caracterizando-se pela presença de áreas irregulares de cor verde normal, sem relação com as nervuras, sobre áreas de coloração verde claro ou sobre um fundo clorótico (FERNANDES *et al*., 1995; ALMEIDA, 1998). Inicialmente os sintomas da doença são pontos cloróticos no meio e na base da folha dispostos linearmente (GONÇALVES *et al*., 2007). Os pulgões ao adquirirem partículas do vírus, transmitem a virose a plantas sadias assim que se alimentam dessas. Este tipo de transmissão é considerada não persistente, ou semipersistente (AGRIOS, 2005).

Conforme as plantas se desenvolvem pode haver mascaramento desses sintomas foliares, tornando difícil sua detecção. Entretanto uma vez infectadas, mesmo havendo mascaramento, as plantas não se livram dos danos causados pelo vírus, tais como encurtamento dos internódios, espigas pequenas e com falhas na formação de grãos, até mesmo a espiga pode não se desenvolver, apenas uma pequena formação de sabugo sem grãos formados. Quanto mais jovem a planta for infectada, maiores são os danos causados pela virose (SABATO *et al*., 2014).

São alternativas de controle a utilização de cultivares resistente e também o controle de *Rhopalosiphum maidis*.

2.2.10 Enfezamentos

Quando ocorrem em alta incidência, os enfezamentos causam danos severos a cultura. Os enfezamentos são o pálido (Corn stunt spiroplasma), causado por Spiroplasma kunkelii, e o enfezamento vermelho (Maize bushy stunt phytoplasma) associado a um fitoplasma (MBS-fitoplasma) (SABATO *et al*., 2014).

Considerada uma doença de importância secundária até o início dos anos 90, o enfezamento pálido começou a se destacar pela sua alta incidência na cultura do milho. Disseminada através da cigarrinha *Dalbulus maidis*, a doença quando ocorre nas fases iniciais das plantas, causam grandes prejuízos, como perda total na produção. No Brasil, a doença está presente nas principais regiões produtoras de milho (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000).

Os sintomas dos enfezamentos apresentam-se em maior intensidade, na fase de produção das plantas de milho. No enfezamento-pálido aparecem manchas cloróticas e independentes, produzidas na base das folhas que, posteriormente, se unem e formam bandas

grandes. Os entrenós se desenvolvem menos e a planta tem a altura reduzida. Formam-se brotos nas axilas das folhas, e o colmo e as folhas adquirem cor avermelhada. No entanto, o enfezamento-vermelho caracteriza-se por plantas severamente “enfezadas” (menor altura) e pela maior intensidade da cor vermelha, que chega a ser púrpura nas folhas mais velhas, e por abundante perfilhamento nas axilas foliares e na base das plantas (CASELA, 2006).

Quanto mais cedo ocorrer a infecção, maiores são os danos. As plantas são infectadas nas fases iniciais da cultura, mas os sintomas só aparecem na fase de produção, dificultando a diferenciação dos dois enfezamentos apenas por sintomas visuais (OLIVEIRA *et al*., 1998; BASCOPÉ, 1977).

Apesar da dificuldade de distinguir plantas infectadas por spiroplasma e fitoplasma, ou ambos, a resistência genética vem sendo realizada a campo para melhor controle dessa doença e evitar incidência severas dessas molicutes (TEIXEIRA *et al*., 2013).

Sobre condições ideais a campo, com temperatura entre 31º C durante o dia e 25º durante a noite, o desenvolvimento patogênico é acelerado, apresentando os sintomas típicos da doença, como estrias esbranquiçadas. Dependendo da temperatura do ambiente, cultivar e seu estádio de desenvolvimento, as plantas aparentemente estão normais, sem o aparecimento dos sintomas da doença. Portanto deve se levar em consideração, o clima propicio ao patógeno para a identificação do mesmo (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000)

Como medida de controle, deve ser considerada a época de semeadura. Semeadura tardia pode ser prejudicial à lavoura, semeadura na época certa recomendada pode impedir que as lavouras sejam infectadas, pois a população de cigarrinha transmissora da doença se encontra em baixa quantidade ou ausentes, principalmente entre setembro e outubro. Semeadura de cultivares resistentes e pousio de dois a três meses em áreas que sofreram com os danos da doença, também são recomendações de controle (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000).

2.3 Doenças da espiga

Vários patógenos podem ocasionar podridões de espiga. A queda de produtividade apresenta valores consideráveis, principalmente em condições de alta umidade no final do ciclo das plantas, e também com longos períodos chuvosos entre a floração e a colheita.

Os prejuízos não são apenas no rendimento dos grãos do milho, mas também na qualidade, palatabilidade e valor nutritivo. Na ação de colonização dos grãos, várias espécies de fungos, podem gerar além dos danos físicos (descolorações dos grãos, reduções nos conteúdos de carboidratos, de proteínas e de açúcares totais), produção de substâncias tóxicas denominadas micotoxinas. Porém, a presença do fungo toxigênico não implica, obrigatoriamente, na produção de micotoxinas, as quais estão ligadas à capacidade de biossíntese do fungo e das condições ambientais favoráveis, como a oscilação das temperaturas diurna e noturna (CASELA, 2006).

O termo grãos ardidos refere-se aos grãos produzidos em espigas que sofreram um processo de podridão, sendo aqueles que apresentam pelo menos um quarto de descoloração da sua superfície, cuja matiz pode oscilar de marrom claro a roxo ou vermelho claro a vermelho intenso (CASELA, 2006).

As podridões de espiga ocasionam os grãos ardidos causados pelos fungos que estão presentes no ambiente. A caracterização de grãos mofados dar-se-á pela contaminação do fungo durante o armazenamento com futura multiplicação e este sendo visível a olho nú (PINTO, 2005).

2.3.1 Podridão de espiga por diplodia

A podridão de diplodia é causada pelo fungo *Stenocarpella maydis* conhecida por causar podridão em espigas, foi à primeira doença do milho a ser detectada no Brasil (CASA *et al*., 2006). É considerada a doença das espigas mais importante no Brasil, devido aos danos que causa.

As espigas com essa podridão apresentam cor marrom-clara e são leves, devido ao baixo peso dos grãos infectados pelo patógeno e em condições de alta umidade, é observada a presença do micélio branco do fungo entre as fileiras de grãos, e a podridão pode ter o inicio no ápice ou na base das espigas e atingindo uniformemente todos os grãos.

Os picnídios de *S. maydis* possuem paredes densas, são subepidérmicos, alongados ou em forma de globo, tendo coloração marrom escura a preta e diâmetro de 150-300 μm. O fungo forma nas células internas da parede do picnídio, células conidiogênicas enteroblásticas, fialídicas, cilíndricas. Os conídios são pardo-oliva a pardos, fusiformes, retos ou levemente curvados, bicelulados, geralmente com um septo, porém pode apresentar dois

ou nenhum e medem 15-34 x 5-8 μm. Os conidióforos geralmente são inexistentes. Os picnídios e conídios de *S. macrospora* são semelhantes aos de *S. maydis*, porém seus conídios são o dobro ou o triplo do tamanho, tendo de um a três septos e medem 44-82 x 7,5-11,5 μm (CASA *et al*., 2006).

As duas espécies podem ser diferenciadas pela coloração do crescimento micelial em meio de cultura (REIS *et al*., 2004), pelo tamanho, forma e cor dos conídios (CASA *et al*., 2006) e pelo teste de patologia de sementes, pois no Blotter test o micélio das colônias 6 diferencia-se pela coloração, sendo o micélio das colônias de *S. maydis* de coloração pardo-escura a escura, com formação de picnídios na massa miceliana, enquanto o micélio de *S. macrospora* apresenta coloração branca e sem formação de picnídios (MARIO e REIS, 2001). Casa *et al*., (2007) estudaram o efeito da temperatura e de regimes de luz no crescimento do micélio de *S. macrospora* e *S. maydis* e verificaram que não ocorreu crescimento micelial das duas espécies nos extremos de temperatura (5 e 45°C). Para S. *maydis* a temperatura que proporcionou melhor crescimento micelial foi próxima a 26°C. Em relação aos períodos de luminosidade, sob fotoperíodo de 12 horas as colônias cresceram mais rápido do que aquelas submetidas à luz constante, sendo que o micélio do fungo cobriu a placa completamente após 84 horas de incubação.

O patógeno pode ser identificado pela presença de numerosos pontinhos negros (picnídios) no interior ou nas palhas das espigas. O aparecimento da doença é favorecido pela elevada precipitação na época de maturação dos grãos, e o progresso da podridão é praticamente interrompido quando a umidade dos grãos chega a 21 a 22% (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000).

Espigas mal empalhadas ou com palhas frouxas são mais susceptíveis ao patógeno. Os restos de cultura são materiais onde sobrevivem os esporos de *Diplodia*. Sendo assim, a semeadura do milho após a incidência severa da podridão branca pode causar reinfestação alta da doença, ao passar do tempo, o aumento do potencial de inóculo em uma localidade pode ser influenciado pelo plantio direto (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000).

2.3.2 Podridão de espiga por fusarium

Essa podridão é causada por duas espécies de fungos, *Fusarium moniliforme* (= *F. verticillioides*) e *Fusarium subglutinans*. São considerados parasitas não especializados, pois apresentam grande número de plantas hospedeiras.

Infecção pode começar pelo topo ou qualquer outra parte da espiga, e está associada a alguma injúria causada, por exemplo, por pássaros ou insetos (CASELA *et al*., 2006). Os grãos infectados demonstram uma alteração de cor que varia do róseo ao marrom escuro e, em algumas ocasiões, também manifestam estrias de coloração branca no pericarpo. E com a evolução do patógeno, verifica-se sobre os grãos, um crescimento cotonoso de coloração clara a avermelhada, correspondente ao micélio do fungo (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2010).

Os sintomas variam de acordo com o genótipo, ambiente e severidade da doença. Podem aparecer em grãos isolados ou em grupo. Também podem surgir sintomas na base da espiga, por meio de ferimentos e, com menos frequência, por toda a espiga. Os grãos infectados apresentam coloração rosada a avermelhada ou marrom-escura e, com o avanço da doença pode aparecer um crescimento cotonoso de coloração branco-rosada ou arroxeada, constituído por micélio e esporos do fungo. Mesmo grãos com ausência de sintomas podem apresentar o patógeno em seu interior. Quando os grãos são infectados mais tarde, podem apresentar estrias brancas no pericarpo (FANTIN e DUARTE, 2009; KIMATI *et al*., 2005).

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2004), *F. verticillioides* causa podridão somente em tecidos senescentes, onde os teores de carboidratos e substâncias fungiostáticas são baixos, infectando assim, plantas de milho em final de ciclo ou plantas que sofreram algum estresse. Este patógeno também é responsável pela produção de uma micotoxina denominada fumonisina (SILVA e SCHIPANSKI, 2006), a qual pode causar doenças em animais, levando até a morte. Os mais suscetíveis a essa micotoxina são aves, suínos e equinos.

Todos os grãos podem ser infectados quando a infecção ocorre através do pedúnculo da espiga, mas a infecção só progredirá naqueles que apresentarem alguma injúria no pericarpo. A evolução dos patógenos nas espigas é cessada quando o teor de umidade dos grãos atinge 18 a 19% e apesar desses fungos serem frequentemente isolados das sementes, estas não são a principal fonte de inóculo, pois estes fungos possuem a fase saprofítica ativa,

sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica do solo, constituindo-se esta na fonte principal de inóculo (CASELA *et al*., 2006).

2.3.3 Podridão de espiga por giberela

Causada pelo fungo *Gibberella zeae* (forma imperfeita *Fusarium graminearum*), esta podridão é mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa (CASELA *et al*., 2006).

O corpo de frutificação na forma morfológica Gibberella é um peritécio, contendo em seu interior ascas, cada uma com oito ascosporos. Os peritécios são ovoides em forma, com parede rugosa e de coração púrpura escura a preto, com diâmetro de diâmetro de 150-350 µm. As ascas são clavadas de 8-11 x 60-85 µm com estipe curta e parede delgada. Os ascosporos são hialinos ou pardo-claros, fusóides, geralmente com 3 septos e extremidades arredondadas e medem 3-5 x 17-25 µm (BOOTH, 1971).

Quando *F. graminearum* desenvolve-se em meio de cultura apresenta colônias com coloração variável, cinza, rosa ou castanho, porém em batata-dextrose-agar são rosa-avermelhadas com micélio aéreo castanho-amarelado. Produz fiálides laterais curtas de 3,5-4,5 x 10-14 µm, os conídios são alantóides medindo 2,5-5 x 35-63 µm comumente com 3 a 7 septos, sendo que estes apresentam uma célula pé bem característica. Os clamidosporos são globosos medindo de 10-12 µm de diâmetro simples ou em cadeia (BOOTH, 1971).

Chuvas incidindo após a polinização propicia a ocorrência desta podridão de espiga, que começa com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga e pode progredir para a base. É comum as palhas estarem firmemente ligadas às espigas devido ao excessivo crescimento micelial do fungo entre as brácteas e os grãos.

Eventualmente, a podridão pode começar a expressar seus sintomas na base e progredir para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *F. moniliforme* ou *F. subglutinans*. Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura, de preferencia em lavoura com cultivar cujas espigas não dobram, aumentam a incidência desta podridão. Este fungo sobrevive nas sementes na forma de micélio dormente (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2010).

Os grãos com alteração normal da cor do tegumento ou do gérmen podem ser denominados de grãos ardidos ou avariados. No momento do recebimento do milho, em

uma unidade de comercialização, é descontado do preço oferecido pelo produto um percentual correspondente à incidência de grãos ardidos (CASELA *et al*., 2006).

2.3.4 Carvão comum

O carvão comum do milho é considerado uma doença de importância secundaria no Brasil e, portanto, não causa prejuízos significativos. Entretanto, a ocorrência é generalizada em todas as regiões do país onde se cultiva milho. Plantas que sofrem estresse hídricos, que recebem altas doses de nitrogênio ou que foram despendoadas são mais suscetíveis a doença. O fungo sobrevive no solo na forma de teliosporos (SILVA *et a.l*, 2016).

O agente causal da doença é conhecido por *Ustilago maydis*. Períodos de alta umidade, com temperatura variando entre 25 a 30°C, são favoráveis ao aparecimento da doença (AMORIM, *et al*., 2011).

O patógeno dos carvões de cereais desenvolve-se à custa da planta, ou seja, são parasitas obrigatórios, desde a germinação da semente e os danos manifestam-se, geralmente, no estádio de formação dos grãos. Nas espigas de milho, os grãos são substituídos por estruturas semelhantes a bolhas totalmente preenchidas por teliósporos do patógeno. Estas estruturas escuras possuem um tamanho várias vezes maior que um grão de milho normal, e devido à hiperplasia, provocam uma deformação na espiga como um todo (AMORIM, *et al*., 2011).

Cultivares resistentes, doses equilibradas de nitrogênio, evitar ao máximo injúrias causadas por tratos culturais e realizar rotação de culturas são recomendações de controle (AMORIM, *et al*., 2011).

2.4 Condiçoes climáticas

É importante entendermos que a evolução das doenças do milho estão estreitamente relacionadas com as condições climáticas durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de milho.

No clássico triângulo de doença, as condições de ambiente podem influenciar o crescimento e a suscetibilidade da planta hospedeira, a multiplicação, a disseminação, a sobrevivência e as atividades do patógeno, assim como a interação entre a planta hospedeira e o patógeno (GUINI *et al.*, 2011).

Dentre as variáveis meteorológicas que mais afetam o desenvolvimento de doenças estão à temperatura e a umidade (umidade relativa do ar, orvalho e chuva). O conhecimento dos efeitos da interação entre as variáveis climáticas e as diferentes fases do ciclo das doenças podem permitir a previsão com maior efetividade da ocorrência de epidemias. Melhoristas de plantas selecionam materiais genéticos com resistência a uma doença em um ambiente, mas essa seleção pode resultar em resistência não efetiva em outro ambiente. A compreensão da maneira pela qual o clima afeta determinada doença pode permitir melhorar os métodos de seleção em programas de melhoramento para resistência, além da elaboração de sistemas seguros de previsão de epidemias de doenças (GODOY, 2000).

No Brasil, a época de semeadura do milho é definida geralmente pela distribuição das chuvas, que influenciam diretamente a oferta de água no solo, cujo consumo, durante seu ciclo completo de desenvolvimento das plantas do milho se situa entre 500 mm e 800 mm. O milho safrinha ou segunda safra é amplamente cultivado em sucessão com a cultura de verão, fato esse que o torna dependente da época de colheita da cultura antecessora sendo, em geral, semeado nos meses de janeiro, fevereiro e março. Sua produtividade em relação ao milho de verão ou primeira safra naturalmente é menor, prejudicada por limitações como redução de chuvas, radiação e temperaturas (CESSA e SOUZA, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho de monitoramento das doenças foliares e das espigas foi conduzido em vinte e uma lavouras de milho no ano de 2015, subdivididas em dez áreas com semeadura realizada até 10/03 sendo que cinco localidades não receberam nenhuma aplicação de fungicida, uma com aplicação de fungicida tratorizado e quatro com aplicação por avião. Com semeadura efetuada após 10/03 foi verificado seis áreas sem tratamento com fungicida, quatro com aplicação de fungicida via trator e uma aplicação via aérea.

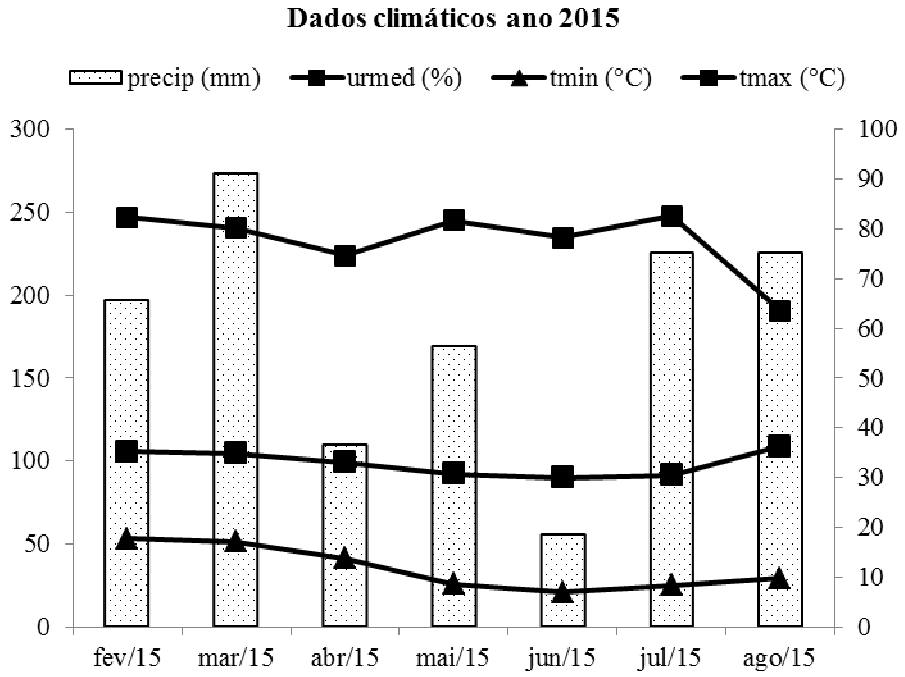
No ano de 2016 foram acompanhadas treze áreas com semeadura do milho, a disposição foi a seguinte: semeadura realizada até 10/03 com cinco áreas sem tratamento com fungicida, uma com aplicação de fungicida via trator e uma pulverização via aérea. Com semeadura efetuada após 10/03 foi observado cinco localidades sem aplicação de fungicida e outra com aplicação de fungicida na modalidade tratorizado, nesta época não foi encontrado nenhuma área com pulverização aérea.

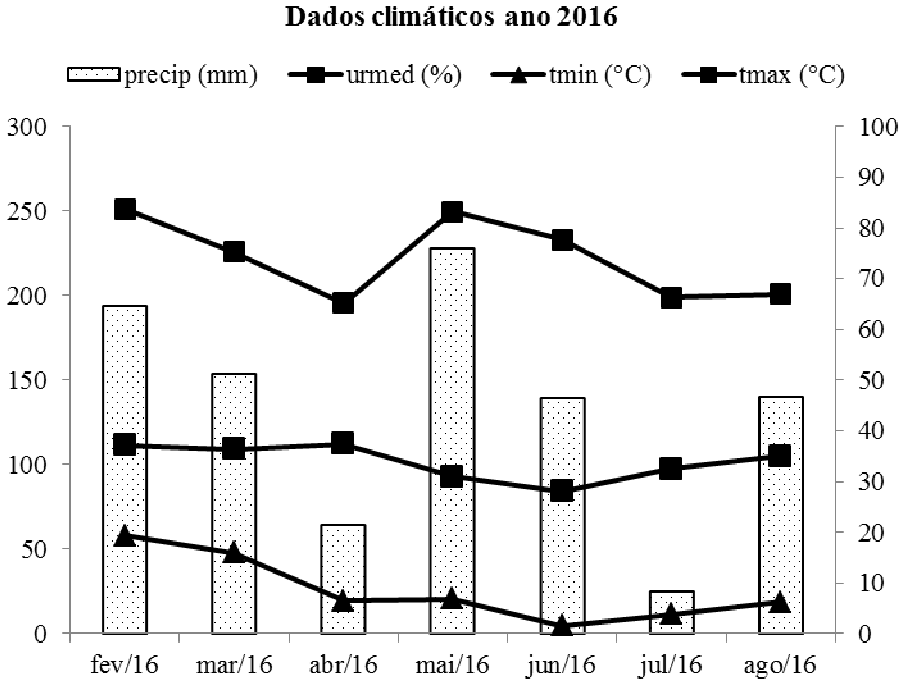
Nos dois anos analisados, quando utilizado fungicida tanto em pulverização tratorizada quanto em aérea, foi sempre aplicado à associação de triazól + estrubirulina.

As lavouras observadas abrangeram cinco municípios no norte do Estado do Paraná: Abatiá, Andirá, Bandeirantes, Itambaracá e Santa Mariana. Os dados climáticos das áreas nos seus respectivos anos encontram-se na Figura 3.1. As disposições das coordenadas geográficas de latitude e longitude das áreas selecionadas para amostragem estão apresentadas na Figura 3.2.

As coordenadas geográficas de latitude, longitude, altitude, data de semeadura e hibrido utilizado sem aplicação de fungicida (SF), com fungicida aplicação tratorizada (FT) e com aplicação aérea (Aeronave) (FA) das áreas de 2015 e 2016 durante a segunda safra do milho, na região norte do Estado do Paraná, estão expressas na Tabela 3.1.

Figura 3.1 Precipitação pluvial (mm), umidade relativa média (%) e temperatura (^{o}C) mínima e máxima dos anos de 2015 e 2016 durante a segunda safra do milho, na região norte do Estado do Paraná.





* Dados obtidos da Estação Meteorológica AgroDetecta BASF- Bandeirantes/PR.

Figura 3.2 Disposição da latitude e longitude dos pontos de amostragem do monitoramento das doenças do milho safrinha, anos de 2015 e 2016, na região norte do Estado do Paraná.

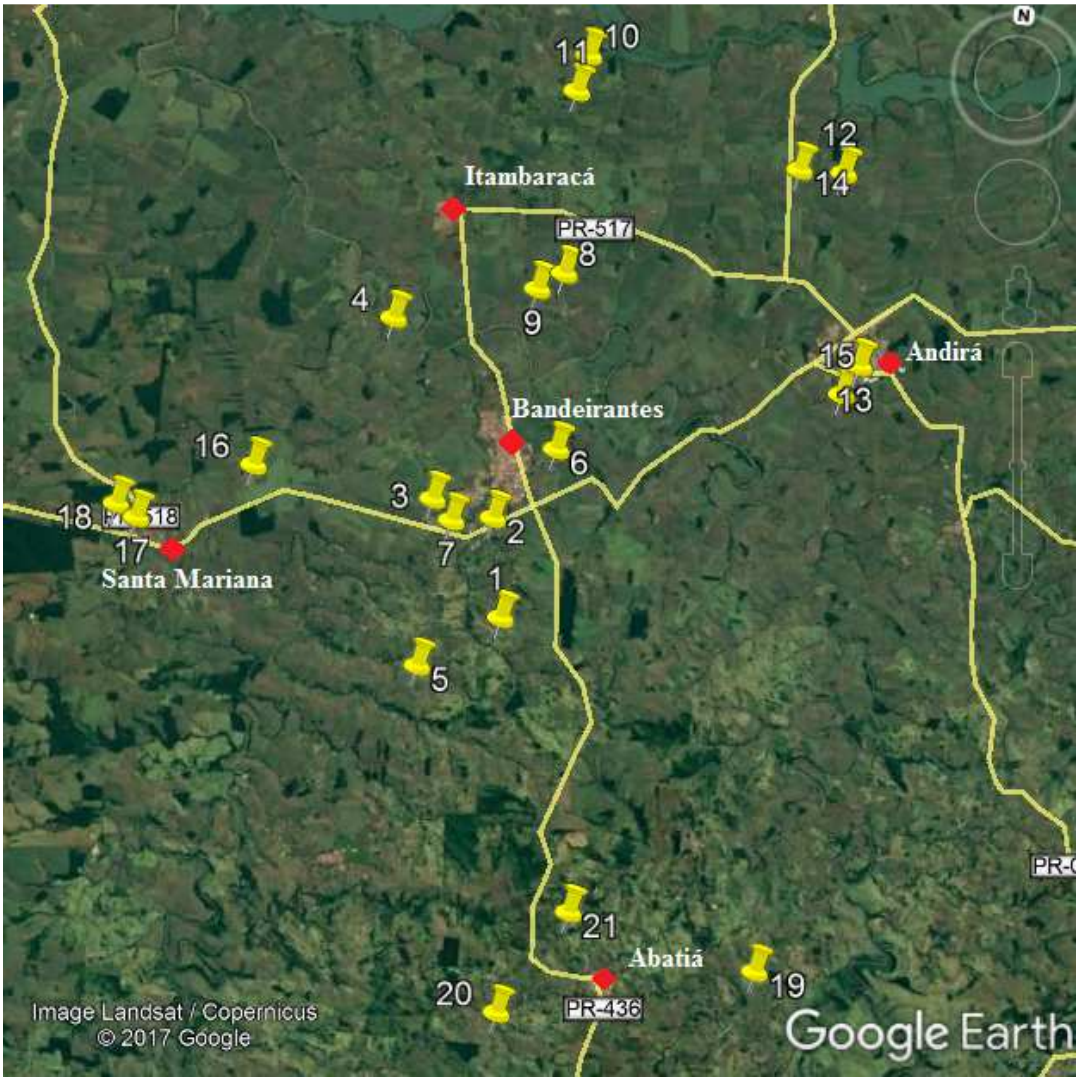


Tabela 3.1 Coordenadas geográficas de latitude, longitude, altitude, data de semeadura e hibrido utilizado , sem aplicação de fungicida (SF), com fungicida aplicação tratorizada (FT) e com aplicação aérea (FA) das áreas de 2015 e 2016 durante a segunda safra do milho (safrinha), na região norte do Estado do Paraná.

					Ano 2015		Ano 2016	
Local		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Data de Semeadura	Hibrido - SF, FT e FA	Data de Semeadura	Hibrido - SF, FT e FA
Bandeirantes	1	23°06`33,48``S	50°21`23,46``O	427	10/03/2015	STATUS VIP - SF	08/03/2016	30S31-PIONEER - SF
	2	23°08`22,09``S	50°22`36,52``O	421	20/03/2015	BIOGENE 7061 - SF	14/02/2016	30S31-PIONEER - SF
	3	23°08`04,42``S	50°24`09,87``O	487	20/03/2015	CD 3715 - SF	X	X
	4	23°04`01,19``S	50°25`35,73``O	390	25/03/2015	CD 3715 - SF	15/03/2016	DKB 350 - SF
	5	23°11`55,66``S	50°24`07,20``O	481	17/03/2015	VTPRO 9006 RIBER - FT	13/03/2016	AG 8061 - SF
	6	23°06`38,62``S	50°21`12,69``O	423	10/03/2015	FORMULA TL - FA	X	X
	7	23°08`31,38``S	50°23`38,55``O	455	10/03/2015	30S31-PIONEER - FA	17/03/2016	Semeali 8012 - FT
Itambaracá	8	23°02`35,22``S	50°21`27,76``O	384	08/03/2015	DEKALB 350 - SF	08/03/2016	CD 384 - SF
	9	23°03`00,66``S	50°22`05,29``O	390	04/03/2015	GENESIS 9505 - SF	X	X
	10	22°57`32,24``S	50°21`25,13``O	418	28/02/2015	30S31-PIONEER - FT	18/02/2016	3456-PIONEER - SF
	11	22°58`23,21``S	50°21`37,50``O	462	22/02/2015	30F53-PIONEER - FA	X	X
Andirá	12	22°59`37,50``S	50°14`46,03``O	448	04/03/2015	FEROZ - SF	15/03/2016	30S31-PIONEER - SF
	13	23°04`00,57``S	50°13`53,25``O	475	15/03/2015	DOW 587 - SF	12/03/2016	30S31-PIONEER - SF
	14	22°59`39,11``S	50°15`52,53``O	434	10/03/2015	LG 6304 - SF	X	X
	15	23°04`42,18``S	50°14`15,00``O	483	04/03/2015	DOW 587 - FA	15/03/2016	CD 316 PW - SF
Santa Mariana	16	23°07`43,23``S	50°28`42,28``O	424	28/03/2015	FORMULA - FT	09/03/2016	DKB 310 - FT
	17	23°09`12,19``S	50°31`29,53``O	435	20/03/2015	FORMULA - FT	05/03/2016	PIONEER 4285 - SF
	18	23°08`55,88``S	50°32`01,34``O	489	20/03/2015	FORMULA - FA	20/02/2016	33 F 53 - FA
Abatiá	19	23°18`07,44``S	50°14`54,97``O	542	20/03/2015	DEKALB 350 - SF	X	X
	20	23°19`39,76``S	50°21`15,07``O	560	20/03/2015	CODETEC 384 - FT	X	X
	21	23°12`11,95``S	50°27`43,15``O	426	05/04/2015	DEKALB 185 - SF	X	X

Conforme a Tabela 3.1, não foi possível realizar o acompanhamento das mesmas áreas nos dois anos consecutivos, devido ao fato do agricultor ter substituído a semeadura do milho por trigo em dois locais de Bandeirantes/PR e Itambaracá/PR e uma área em Andirá/PR. Em Abatiá/PR ocorreu geada nas propriedades selecionadas, o que impossibilitou as avaliações.

Em cada lavoura foram demarcadas quatro unidades experimentais, compostas por três linhas do milho com 6 m de comprimento onde foram avaliadas as variáveis: incidência e severidade de doenças foliares e na espiga, produtividade e sanidade de sementes.

Para avaliação das doenças, foram amostradas cinco plantas na linha central de cada unidade experimental e avaliada a incidência e severidade das doenças nas folhas da espiga, imediatamente uma abaixo e outra acima da espiga. As avaliações deram inicio quando a cultura encontrava-se no estádio fenológico R5 (presença de grãos duros na espiga) Antoniazzi e Hilario (2008), e feitas outras duas avaliações em intervalos de dez dias. As folhas das plantas não marcadas, identificadas com sintomas de doenças foram levadas ao laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual do Norte do Paraná *Campus* Luiz Meneghel, para a identificação do patógeno.

A escala usada para quantificar a severidade de ferrugem polissora foi a desenvolvida por Peterson *et al.,* (1948). Para avaliação de cercosporiose e helmintosporiose, foi usada a escala diagramática proposta por Lazaroto *et al.*, (2012). Para a doença mancha branca a escala utilizada foi a proposta por Malagi *et al.,* (2011).

Figura 3.3 Demarcação da parcela amostrada.

Figura 3.4 Marcação das plantas analisadas.

Na avaliação das doenças de espiga foram amostradas vinte e cinco espigas em cada unidade experimental, determinada a incidência e severidade de doenças de forma

visual, em que metade da espiga com sintoma da doença correspondia a 50% de severidade, e assim por diante.

Figura 3.5 Espigas coletadas para avaliação.

A verificação da sanidade de sementes foi realizada no Laboratório de Fitopatologia da UENP-Bandeirantes-PR e em amostras de 100 sementes por parcela. Foi avaliada a incidência dos fungos presentes.

A metodologia utilizada foi a do papel filtro com congelamento, que consiste a exposição das sementes a temperatura de -4 □ C. As sementes foram colocadas na caixa de gerbox e em três folhas de papel de filtro previamente esterilizadas e embebidas em ágar. Posteriormente, foram incubadas em temperatura entre 22 e 26 □ C, sob-regime de 12 horas de luz e 12 horas de escuro. Depois deste período, foram retirados e colocados em um freezer a -4 □ C, por 24 horas. Por fim, transferidas novamente ao ambiente normal de incubação por 5 dias, totalizando assim os sete dias, quando então foi realizada a avaliação. O choque de frio, depois das sementes absorverem água nas 24 horas inicias de incubação, impede a germinação, e assim os microrganismos desenvolveram normalmente durante a incubação, e a avaliação facilitada (GOULART, 1997).

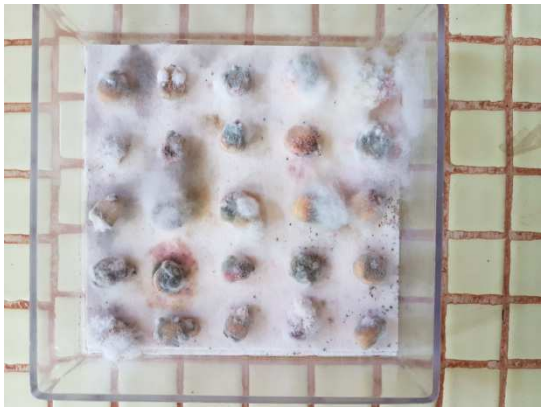


Figura 3.6 Teste de patologia de sementes.

Para determinar a produção de grãos por hectare, foi feita a colheita manual das três linhas por quatro metros, aproximadamente 10 m^2 por parcela. As espigas foram debulhadas, os grãos pesados e o teor de água determinado. Os dados de produtividade de grãos foram corrigidos para um teor de 13% de umidade e expressos em kg ha^{-1}.

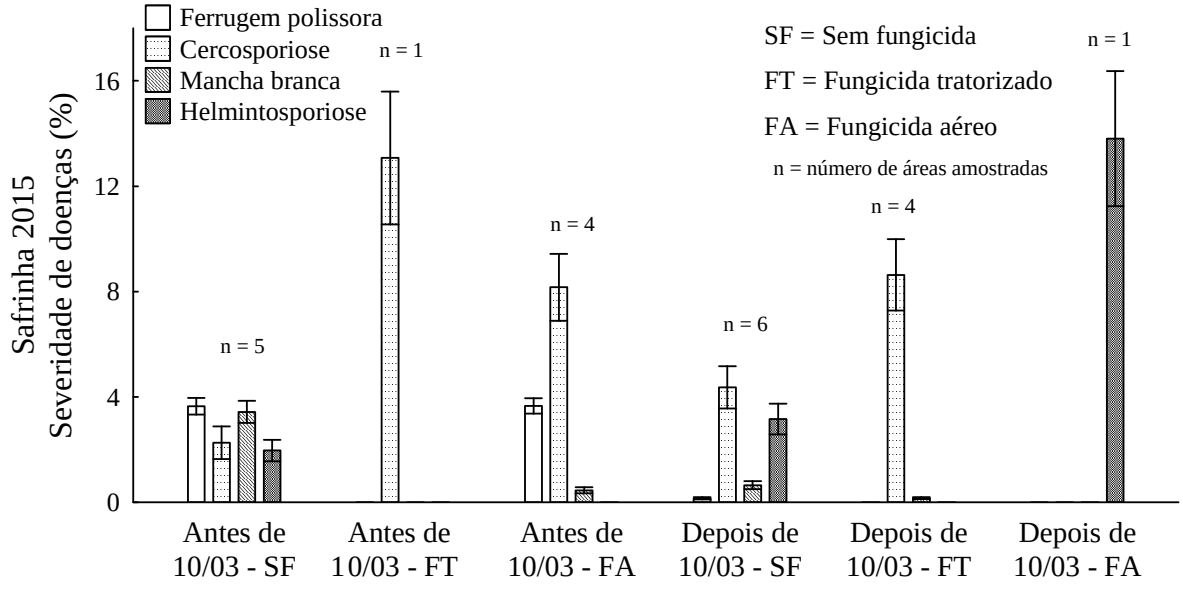
Figura 3.7 Espigas coletadas para avaliação.

Os dados foram comparados com auxílio da análise de variância, comparadas por intervalo de confiança de 95%. Foi analisada a média das três avaliações foliares em cada parcela e para produtividade foi à média das quatro parcelas de cada lavoura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4.1, referente a safrinha de 2015 estão apontados os valores médios de severidade para as quatro doenças foliares que pontuaram nesse índice. Ferrugem polissora (*Pucccinia polyssora*), cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*), mancha branca (*Pantoea annanatis*) e helmintosporiose (*Exserohilum turcicun*), nas seis situações observadas, ou seja, semeadura até e após 10 de março, com uma aplicação de fungicidas, tratorizada (arraste) ou aérea (aeronave), e sem fungicidas.

Figura 4.1. Severidade média de doenças foliares das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, do uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea), no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Sendo um trabalho de monitoramento/avaliação de doenças a campo, em lavouras de produtores, e não em ensaios previamente organizados, os dados não refletem necessariamente situações homogêneas a serem comparadas, com variação apenas do fator desejado, pois o número de lavouras, assim como a sua distribuição no campo, inclusive municípios, altitude, híbridos usados, fungicidas, etc., foram selecionados de forma aleatória, conforme a realidade encontrada. Assim, na primeira época de semeadura, até 10 de março, geralmente mais favorável a maiores produtividades de milho, segundo IAPAR – Zoneamento

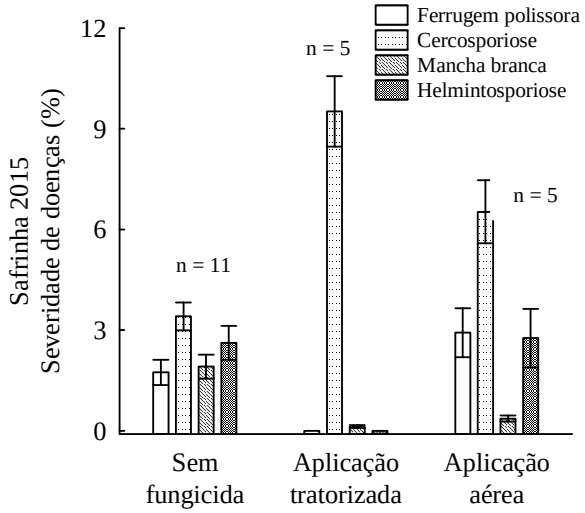
Agrícola (2017), foram monitoradas dez lavouras. Sendo cinco lavouras sem o uso de fungicidas, uma com aplicação tratorizada de fungicida, equipamento de arrasto, e 4 lavouras com aplicação aérea de fungicidas. Na segunda época de semeadura, após 10 de março, foram avaliadas onze lavouras. Seis sem uso de fungicidas, quatro com aplicação tratorizada de fungicidas e apenas uma com aplicação aérea.

Assim, na safrinha de 2015, Figura 4.1, a cercosporiose foi à doença prevalente, constatada em praticamente todas as situações levantadas, com severidade variando de 2 a 13 %. Esta doença é atualmente responsável pela descontinuidade de vários híbridos com elevado potencial produtivo, tanto pelos danos causados como pela ampla distribuição no Brasil, sendo encontrada praticamente em todas as regiões produtoras (BRITO *et al*., 2008). Cercosporiose esteve ausente apenas na segunda época de semeadura com uso de fungicida por pulverização aérea. No entanto, esta situação no campo foi representada por apenas uma lavoura, o que pode ter ficado sub-representado como amostragem. A segunda doença em prevalência e severidade foi a helmintosporiose, apresentando índices até 14 % de severidade, com tendência de maior severidade nas semeaduras mais tardias. A mancha branca foi registrada apresentando praticamente 4 % de severidade, com tendência de maior predominância na semeadura do cedo. A ferrugem polissora também foi registrada com grau de importância maior nas semeaduras do cedo, com severidade atingindo médias em torno de 4 %. Nas semeaduras mais tardias foram registrados apenas pequenos indícios para essa doença.

Esses dados, de uma forma geral, em termos de prevalência e índices de severidade se mostraram altamente compatíveis com os registrados por Shioga *et al*., (2015).

Na Figura 4.2 estão apresentados os dados médios de severidade de forma agrupada. Comparando as áreas sem uso de fungicidas, com aplicação tratorizada (arrasto) e aplicação aérea de fungicidas (aeronave).

Figura 4.2. Severidade média de doenças foliares das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2015.

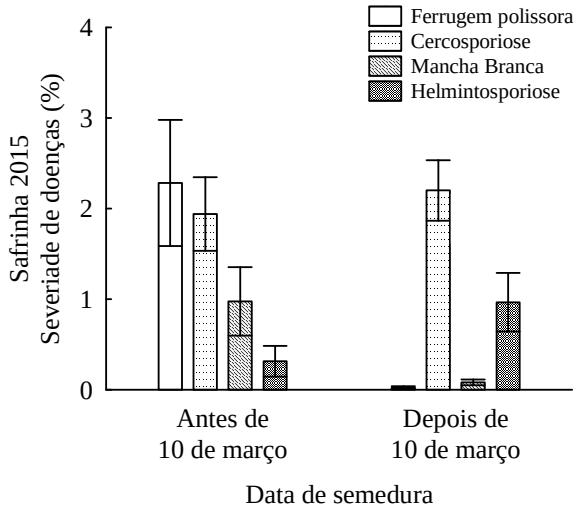


Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

O que se observa pela média dos dados é que mesmo na ausência dos fungicidas, dados representativos de 11 lavouras, a severidade das doenças mostrou-se relativamente baixa, variando de 1,5 a aproximadamente 3,0 %. O uso de fungicida aplicado de forma tratorizada, com equipamento de arrasto, aplicação realizada geralmente nos estádios V8/ V9, aproximadamente quando a lavoura se encontra com um metro de altura, dados representativos de cinco lavouras, mostrou-se superior estatisticamente no controle da ferrugem polissora, mancha branca e helmintosporiose. No entanto não foi eficiente no controle da cercosporiose. Pinto, (2004) relata que duas aplicações de fungicidas, uma no estádio V8 e outra em pré-pendoamento são mais eficientes no controle de cercosporiose. A aplicação aérea de fungicida, realizada com aeronave, o que normalmente é feita já em estádio avançado da cultura, aproximadamente no pré-pendoamento, dados representativos também de cinco lavouras, não mostrou eficiência para a maioria das doenças, reduzindo a severidade de forma significativa apenas no caso da mancha branca. Uma única aplicação de fungicida já em estádio avançado da cultura, quando a pressão das doenças já é relativamente elevada, a tendência é de baixa eficiência ou mesmo de ineficiência. Para um controle efetivo, deve ser analisado o hibrido, produto utilizado e também o número de aplicações realizadas (COSTA *et al*., 2011). Segundo Bayer, (2011) a atividade aérea agrícola se mostra como alternativa viável pelo alto rendimento operacional o que permite soluções rápidas em pequenos intervalos de tempo mesmo em grandes extensões de terra; além disso, é possível alcançar resultados satisfatórios com acessível custo econômico, desde que adotados os procedimentos técnicos adequados.

Com relação às épocas de semeadura, Figura 4.3, os dados demostram claramente uma maior severidade, com significância estatística, para a ferrugem polissora e mancha branca na primeira época. Para Juliatti e Souza, (2005), a mancha branca se manifestou apenas nas áreas plantadas no mês de fevereiro, e também relatando menor severidade de ferrugem polissora em semeaduras realizadas tardiamente, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. A ferrugem geralmente ocorre em semeaduras tardias e em regiões de baixa altitude, onde a severidade tende a ser maior devido ao patógeno ser de menor exigência em termos de umidade para o progresso da doença (GRIGOLLI, 2013). A helmintosporiose aparece estatisticamente de forma mais importante na segunda época. A cercosporiose foi registrada de forma equivalente nas duas épocas de semeadura.

Figura 4.3. Severidade média de doenças foliares das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2015.

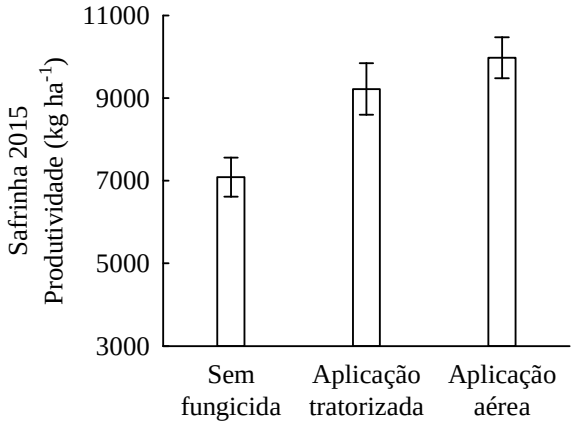


Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Nas áreas amostradas não foram encontradas doenças foliares comumente diagnosticas em lavouras do milho no Brasil, como: ferrugem branca (*Physopella zeae)*, ferrugem comum (*Puccinia sorghi)*, antracnose (*Colletotrichum graminicola)*, mancha de diplodia (*Stenocarpella macrospora)*, mosaico comum e enfezamentos.

Os dados de produtividade, segunda safra 2015, encontram-se na Figura 4.4 referentes aos métodos de aplicação (arrasto e aeronave) e sem aplicação de fungicida. A figura resume os dados relativos a onze lavouras sem uso de fungicidas, cinco lavouras com aplicação tratorizada (arrasto) e cinco lavouras com aplicação aérea (aeronave).

Figura 4.4. Produtividade média das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2015.



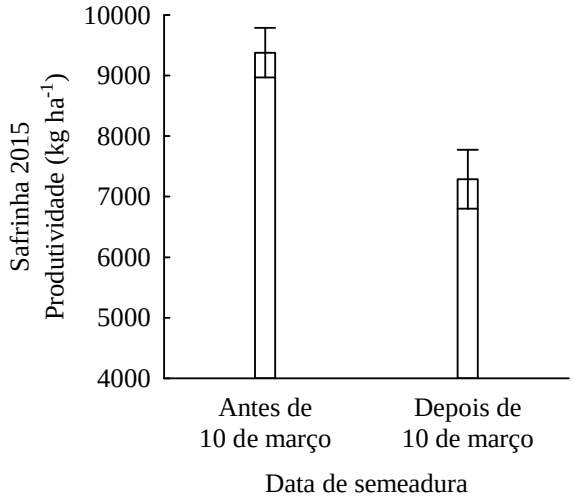
Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Pelos valores observados, na média dos dados pesquisados, o uso de fungicidas propiciou um aumento estatisticamente significativo na produtividade. Embora levemente superior em números absolutos, a aplicação de fungicidas com aeronave não diferiu estatisticamente da forma tratorizada (arrasto). Em anos favoráveis à cultura do milho de uma forma geral mostram-se também favoráveis à ocorrência de doenças, que, embora visualmente apresentem baixa severidade podem contribuir, no conjunto, para a redução da produtividade.

A segunda safra do milho no ano de 2015 mostrou-se bastante favorável ao desenvolvimento da cultura. Os dados pluviométricos, de temperaturas e umidade relativa estão apresentados na Figura 3.1. A ocorrência das chuvas se deu de forma bastante satisfatória, tanto em termos quantitativos quanto em distribuição ao longo do período da estação de cultivos, não havendo praticamente nenhum período mais significativo de estiagem. Também as médias de temperaturas se mantiveram dentro dos padrões amplamente favoráveis ao desenvolvimento da cultura do milho. Máxima na faixa dos 30 ºC e mínimas praticamente acima dos 10 ºC. A umidade relativa manteve-se em torno dos 80 % ao longo da estação, sofrendo queda significativa apenas no mês de agosto, já no final da safra, reflexo da distribuição de chuvas e da temperatura. Esses dados implicaram também em boas condições para o desenvolvimento de patógenos foliares. Nessas condições o uso de fungicidas, mesmo com uma única aplicação, mostrou-se estatisticamente determinante para a manutenção do alto potencial de produtividade dos cultivares atualmente em uso na região. Pelos dados de amostragem 7,0 t/ha sem fungicidas e 9,0/10,0 t/ha com uso de fungicidas.

Quanto à época de semeadura Figura 4.5, foram amostradas 10 lavouras na primeira época e 11 na segunda época.

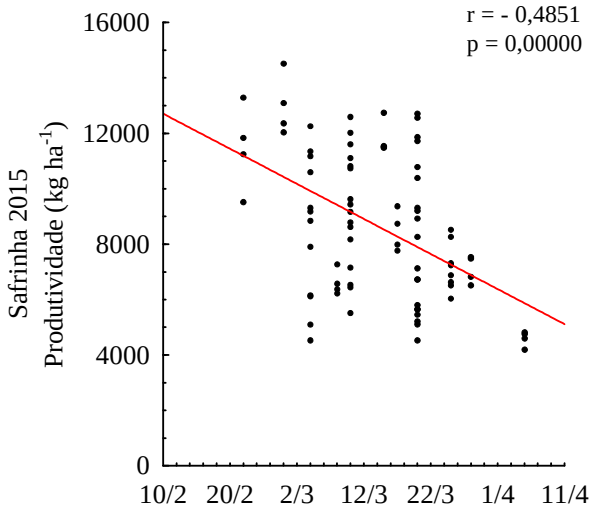
Figura 4.5. Produtividade média das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

A época de semeadura é um dos fatores determinantes para a exploração do potencial produtivo do milho. Exatamente por poder explorar as melhores condições de ambiente, temperaturas e umidade do solo, ao longo da estação de cultivo. Para isso o IAPAR – Zoneamento Agrícola (2017), fixou como época mais adequada à semeadura do milho na região norte do Estado do Paraná até 10 de março, podendo se estender além, porém sob condições já menos propícias, com maiores riscos e sujeito a menores produtividades. Os dados desta pesquisa vêm ao encontro dessas recomendações, corroborando de forma estatisticamente significativa maiores produtividades nas primeiras épocas de semeadura, até 10 de março, 9,5 t/ha, contra aproximadamente 7,5 t/ha nas semeaduras após 10 de março. Nesse sentido é bem ilustrativa a curva da correlação dos dados entre produtividade e épocas de semeadura, mostrada na Figura 4.6, em que é nítida a diminuição da produtividade à medida que se estende a semeadura para períodos mais tardios. Vários trabalhos demonstram que, conforme se atrasa a semeadura do milho, a partir da época recomendada para certa região, ocorre queda na produção de grãos em função da variação nos fatores climáticos, tais como: precipitação, radiação solar e temperatura (NOLDIN, 1985; SOUZA, 1989; COSTA, 1994).

Figura 4.6. Correlação da produtividade média das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2015.



Os dados referentes à Incidência e Severidade de doenças em espiga seguem registrados na Figura 4.7 e 4.8, respectivamente.

Conforme as observações registradas nessa avaliação visual das espigas, a podridão de Fusarium (*Fusarium moniliforme* e *Fusarium subglutinans*) foi a doença com maior prevalência em praticamente todas as situações avaliadas, tanto em termos de incidência quanto severidade. A segunda doença prevalente registrada foi a podridão de Diplodia ou podridão Branca da espiga (*Stenocarpela* sp) com incidência e severidade significativas. Também a podridão de Giberela (*Fusarium graminearum*) e Carvão comum (*Ustilago maydis*) foram registradas.

Para Casa *et al*., (2006) as principais estratégias de controle de podridão de Diplodia baseiam-se na eliminação e/ou redução da fonte de inóculo primário, como uso de semente sadia e rotação de culturas. A adubação equilibrada do solo e evitar elevada densidade de plantas também podem reduzir a infecção.

Vale salientar que as doenças que acometem as espigas causam danos qualitativos e quantitativos diretos, diferente das doenças foliares que causam danos indiretos. Além desta deterioração, que ocasiona perda nutricional, alguns fungos podem provocar contaminação, pela produção de micotoxinas. A qualidade dos grãos do milho é alterada direta ou indiretamente quando estes são infectados por fungos, pela produção de micotoxinas, que ocasionam danos à saúde tanto humana quanto animal em razão da atividade tóxica que podem exercer sobre o organismo (FARIAS *et al*., 2000).

Figura 4.7. Incidência de doenças na espiga do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, do uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea), no ano de 2015.

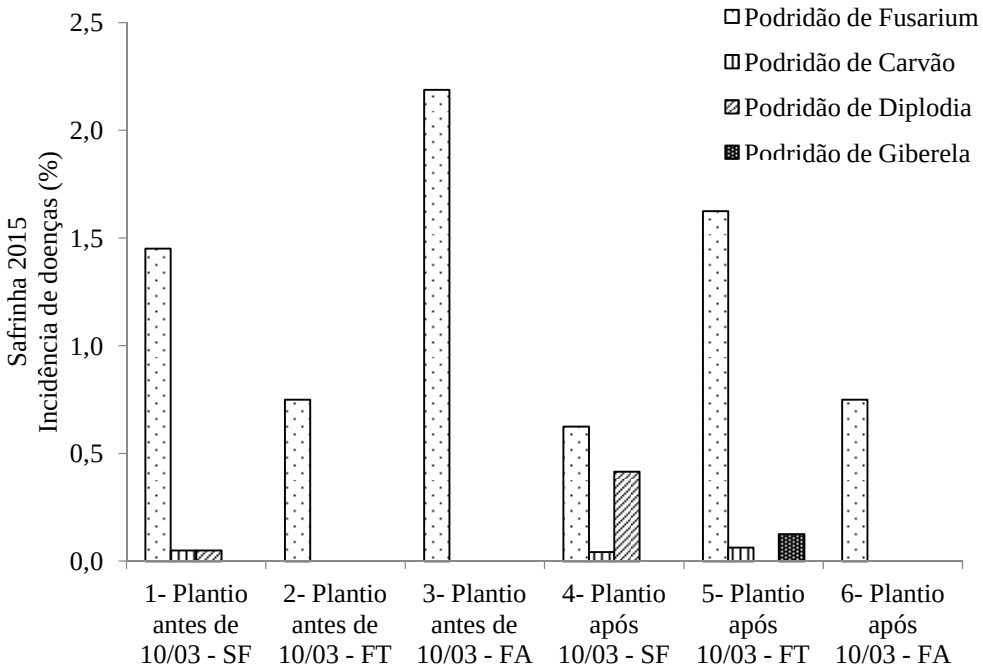
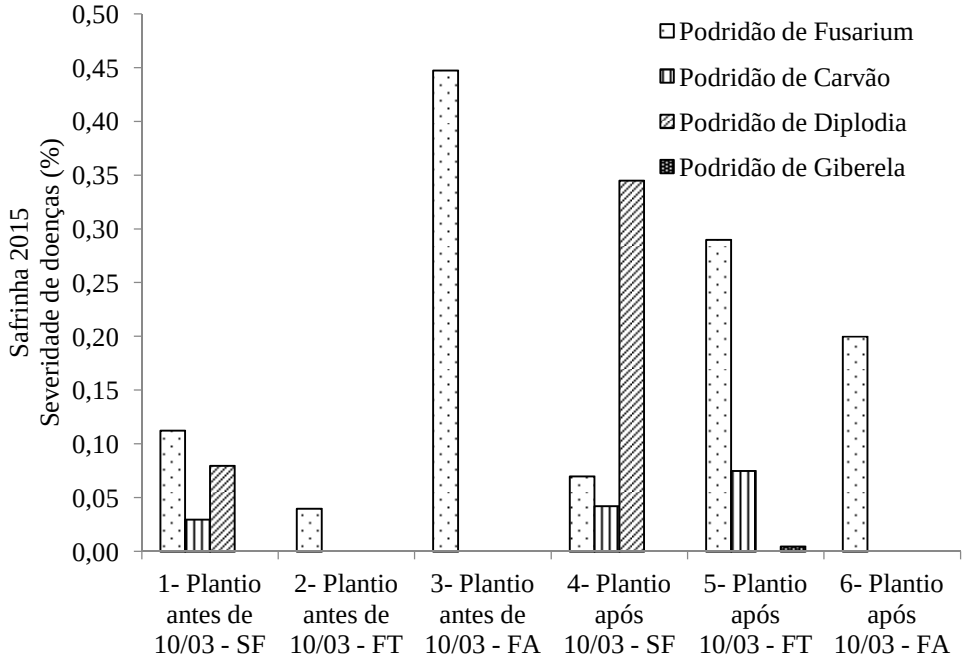


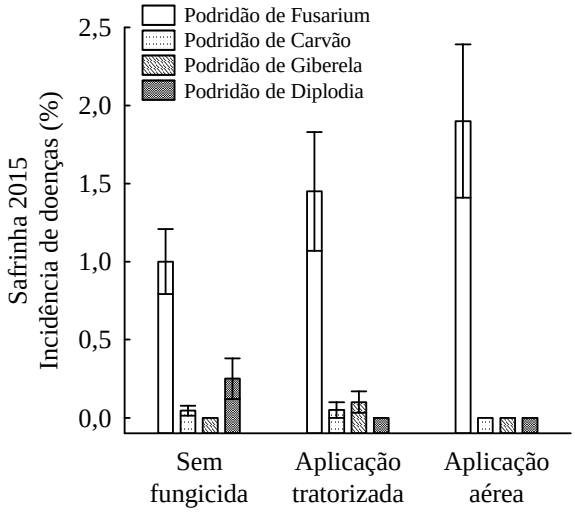
Figura 4.8. Severidade de doenças na espiga do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, do uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea), no ano de 2015.



A influência do uso de fungicidas na ocorrência das doenças de espiga pode ser observado na Figura 4.9 e 4.10, respectivamente, para a incidência e severidade, agora

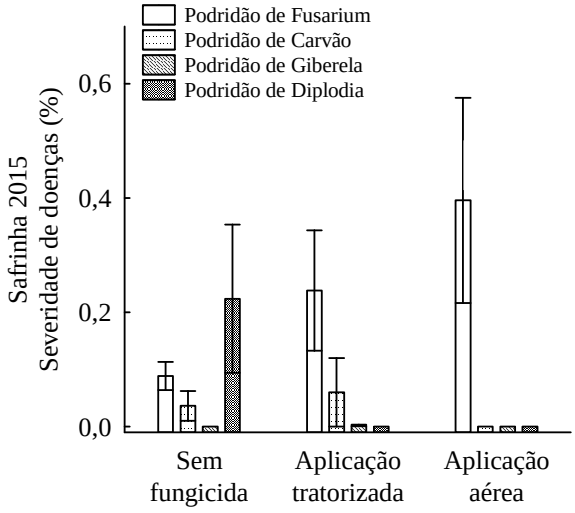
com os dados agrupados. Como pode ser analisado, praticamente não houve alteração no quadro de doenças de espiga em função do uso dos fungicidas utilizados frente às doenças foliares. Os dados agrupados seguem mostrando podridão de Fusarium e podridão de Diplodia como as doenças visualmente mais prevalentes, tanto em incidência quanto em severidade nas espigas. Em trabalho conduzido por Stefanello *et al.,* (2012), a diminuição de incidência de *Fusarium* sp., ocorreu devido a duas aplicações de fungicidas (V8 + pré-pendoamento) ou uma aplicação em pré-pendoamento. Um fator importante a salientar é que o retardamento da colheita do milho, em função de fatores climáticos, pode causar aumento na incidência de algumas doenças (SANTIM *et al*., 2004).

Figura 4.9. Incidência de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Figura 4.10 Severidade de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2015.

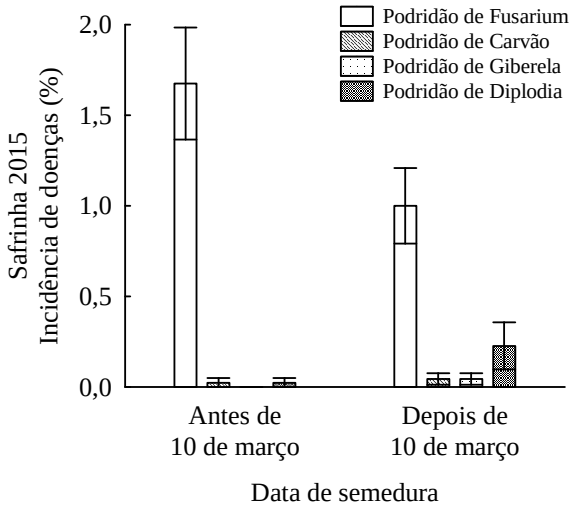


Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Com relação às épocas de semeadura, Figura 4.11 e 4.12 para incidência e severidade, respectivamente, os dados mostram diferenças significativas na ocorrência das doenças de espiga.

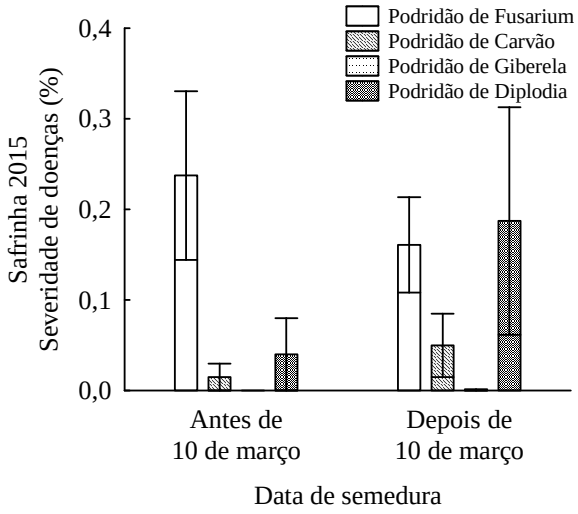
A podridão de Fusarium e a podridão de Diplodia aparecem objetivamente como as principais doenças de espiga, com resultados significativos tanto para incidência quanto para severidade. A podridão de Fusarium apresentou maior incidência, com significância estatística, na primeira época de semeadura, até 10 de março. Ao contrário, a podridão de Diplodia mostrou-se estatisticamente superior na segunda época, após 10 de março. No que diz respeito a severidade não houve diferença estatística entre as duas principais doenças. A podridão de Fusarium mostrou-se mais severa na primeira época e a podridão de Diplodia na segunda época, porém sem diferenças estatística. O carvão, uma doença de importância secundária na cultura do milho (SILVA *et al.*, 2016), mostrou-se superior estatisticamente na secunda época de semeadura no índice de severidade, enquanto em termos de incidência praticamente não houve diferença. Quanto à podridão de Giberela não houve interferência de época de semeadura, apresentando apenas traços de incidência.

Figura 4.11. Incidência de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Figura 4.12. Severidade de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

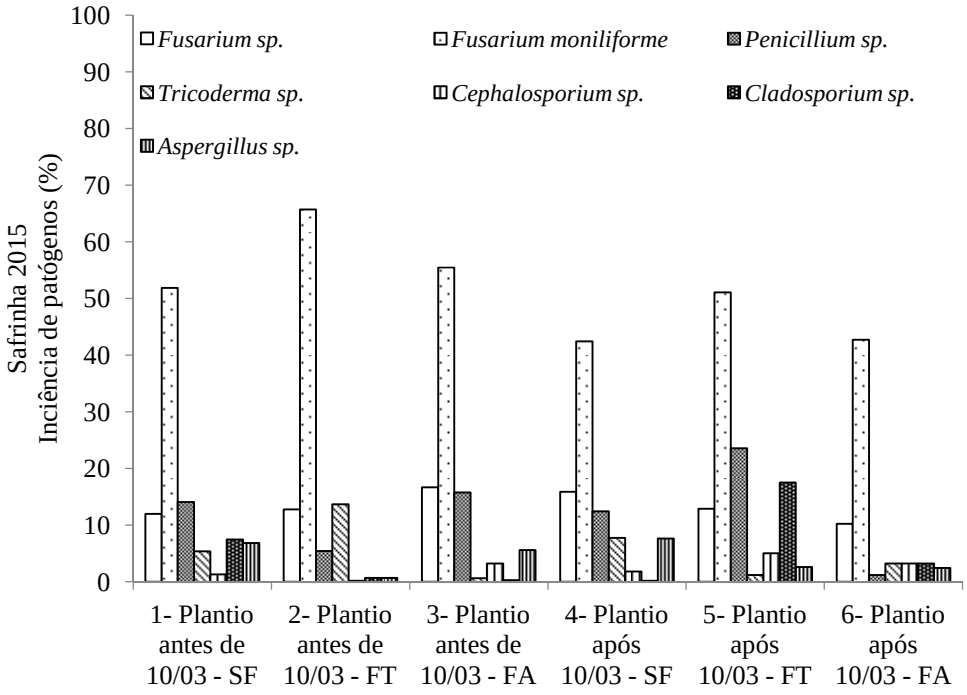
Após a maturidade fisiológica, ou no armazenamento, a presença de micro-organismos patogênicos reduz o potencial fisiológico e a qualidade sanitária das sementes (Barbosa *et al*., 2013). O armazenamento de sementes constitui problema quanto à multiplicação de patógenos, pelo fato de que as mesmas condições de armazenamento que permitem a manutenção da viabilidade das sementes podem, também, favorecer a sobrevivência de muitos patógenos importantes para a cultura (TANAKA *et al*., 2001), reduz o poder germinativo e causar menor desenvolvimento de plântulas nos seus primeiros estádios de desenvolvimento e transmitir do patógeno para a parte aérea e sistema radicular da planta (Muniz *et al*., 2004).

As sementes do milho são suscetíveis a vários fungos, podendo estes causar prejuízos para o estabelecimento da planta, redução do estande e debilitação das plântulas (PINTO, 1998).

Os resultados das análises de fungos de sementes nas várias situações avaliadas estão apresentados na Figura 4.13. O complexo de fungos presentes nas sementes se distribuiu de forma praticamente equivalente em todas as situações avaliadas. Para os chamados fungos do campo de produção (PINTO, 1998) foram registrados *Fusarium moliniforme* e *Fusarium* sp. No caso do *Fusarium moniliforme*, responsável pela podridão de Fusarium da espiga, foi registrado em todas as situações e com índices elevados, variando de 40 a 50 % de incidência nas sementes. *Fusarium* sp também sempre presente, porém na faixa dos 10 % de incidência. Ainda dentre os fungos classificados como de campo foram detectados *Cladosporium* sp e *Cephalosporium* sp, também distribuídos em todo o espectro

analisado, porém com incidência bem menor, geralmente abaixo de 5 %. Outros fungos mais relacionados a armazenamento (PINTO *et al.*, 1998) do milho também foram detectados distribuídos praticamente em todas as situações avaliadas. Foi o caso de *Penicillium* e *Aspergilus*, com variações de 1 a 10% de incidência. Salgado e Carvalho (1980) realizaram um estudo no Estado de Santa Catariana sobre fungos presentes em sementes e diagnosticou que 90% das sementes de milho, trigo e arroz eram contaminadas por *Fusarium moniliforme e Fusarium graminearum*. Os gêneros mais encontrados foram *Fusarium* sp, *Pennicillium* e *Aspergilus* quando pesquisa realizada por Corrêa, 1995.

Figura 4.13. Incidência de fungos em sementes do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da data de plantio, uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea) no ano de 2015.

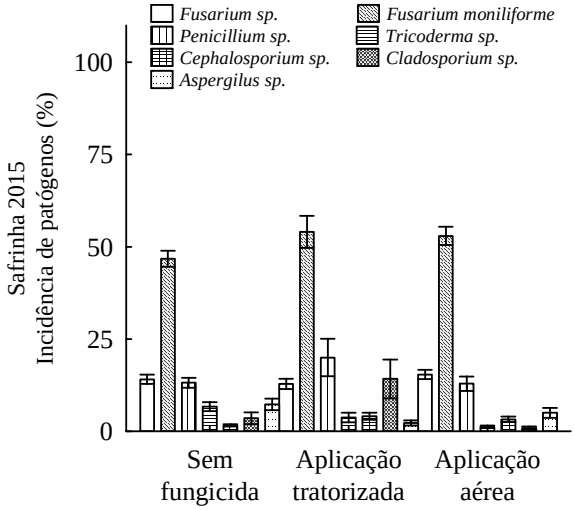


Sobre a influência do uso de fungicidas para controle na incidência de fungos nas sementes, seguem os dados agrupados na Figura 4.14. Praticamente não se observou influência do uso de fungicidas foliares na redução de fungos nas sementes de milho. Também no caso da época de semeadura não se observou interferência na incidência de fungos nas sementes, Figura 4.15. Juliatti *et al*., (2007) mencionou que as épocas de aplicações de fungicidas aos 45 e 60 dias após a semeadura não influenciaram na incidência de grãos ardidos.

Poderia se esperar que nas semeaduras após 10/03, por consequência de colheitas mais tardias, uma provável maior presença de inóculos advindas das lavouras mais precoces, o que geraria maior carga de fungos nos grãos, pelo menos naqueles fungos considerados de campo. Essa influência não foi observada e provavelmente as condições de ambiente, atraso para a colheita a partir das condições adequadas de umidade nos grãos, sejam fatores mais preponderantes.

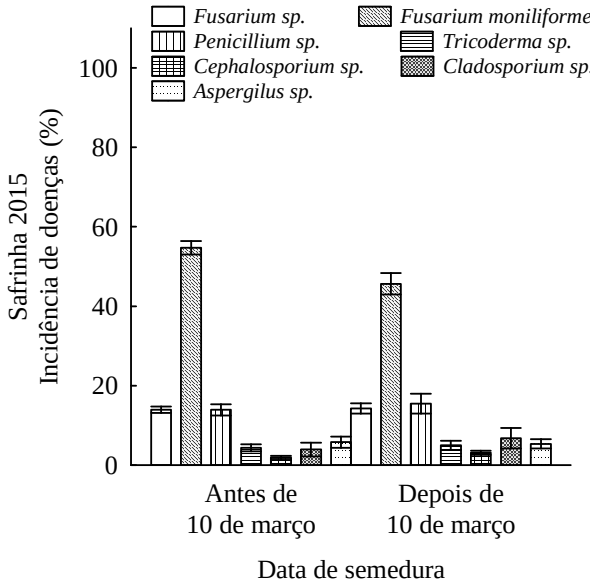
De uma maneira geral os fungos de campo invadem os grãos durante a fase de amadurecimento. Os de armazenamento podem infectar grãos ainda no campo, porém já mais ao final da safra, Pezzini *et al.,* (2005). Os fungicidas normalmente são usados mais precocemente, e por isso não tenham influência na sanidade das sementes.

Figura 4.14. Incidência de fungos em sementes do milho na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicida e método de aplicação, no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

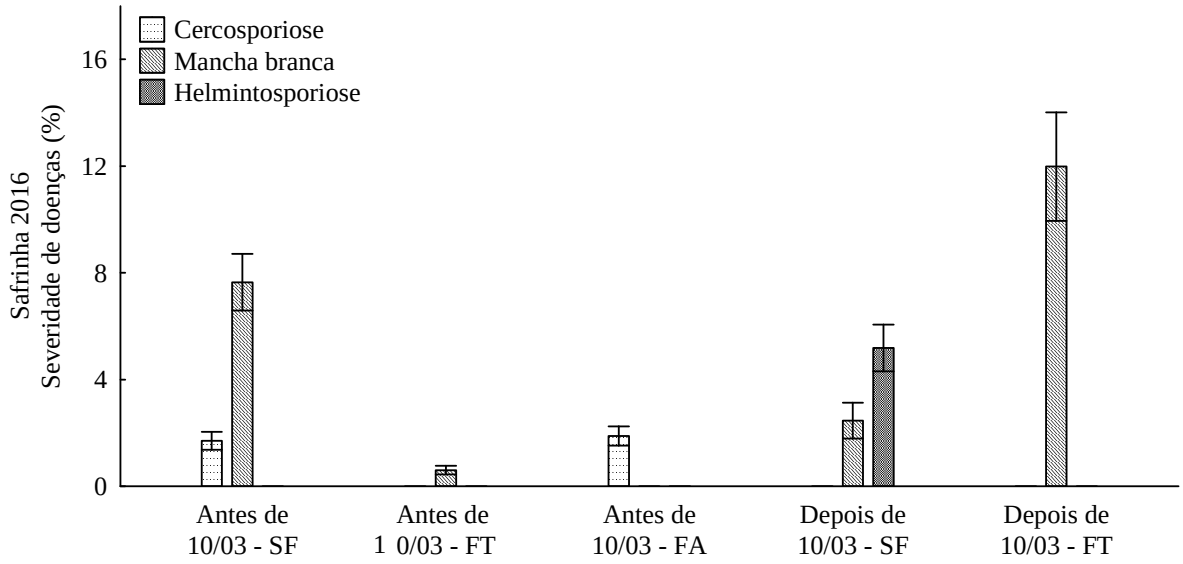
Figura 4.15. Incidência de fungos em sementes do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2015.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Para a segunda safra do ano de 2016, os resultados sobre as doenças foliares, uso de fungicidas e épocas de semeadura estão apresentados na Figura 4.16.

Figura 4.16. Severidade média de doenças foliares das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, do uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea) na safrinha de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

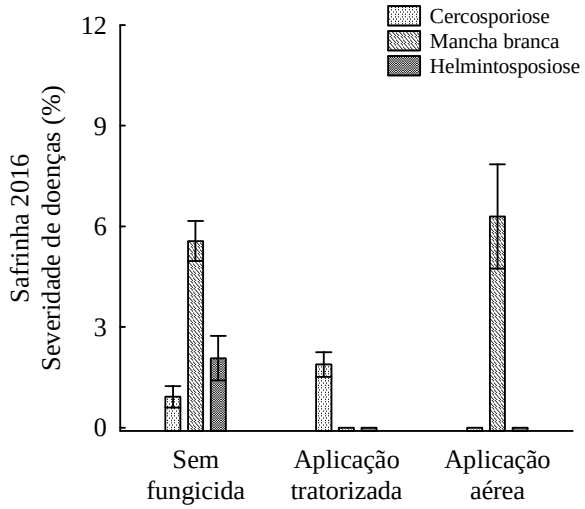
Nessa safra foram acompanhadas / avaliadas 13 lavouras no total. Sendo sete lavouras com semeadura até 10 de março, das quais cinco sem uso de fungicidas, uma

com aplicação terrestre e uma com aplicação por aeronave. Na segunda época de semeadura, após 10 de março, foram avaliadas seis lavouras, sendo cinco sem o uso de fungicidas e uma com aplicação terrestre. Não foi encontrada nenhuma área com semeadura realizada após 10 de março e que tenha recebido aplicação de fungicida aérea, dadas as condições mais difíceis do ponto de vista climático na região, menor investimento pelos produtores quanto ao uso de fungicidas. Esses investimentos seguem geralmente as perspectivas de produtividade das lavouras, e variam de ano para ano.

Na Figura 4.17 estão os dados de severidade média para as três doenças registradas na segunda safra de 2016 em função do uso de fungicida e método de aplicação. A mancha branca foi registrada na maioria das situações avaliadas. A cercosporiose em dois momentos, ao passo que a helmintosporiose foi registrada em apenas um cenário. Praticamente as mesmas doenças registradas por Shioga *et al*, (2016), para a mesma safra de milho, segunda safra do ano de 2016, na estação de Cambará/PR.

São praticamente as mesmas doenças registradas nesta pesquisa para segunda safra do ano de 2015, porém com inversão na ordem de importância e severidade, para as doenças cercosporiose e mancha branca. Em 2015 a doença mais prevalente e com maior severidade foi a cercosporiose, Figuras 4.1, e nesta safra prevaleceu a mancha branca.

Figura 4.17. Severidade média de doenças foliares das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

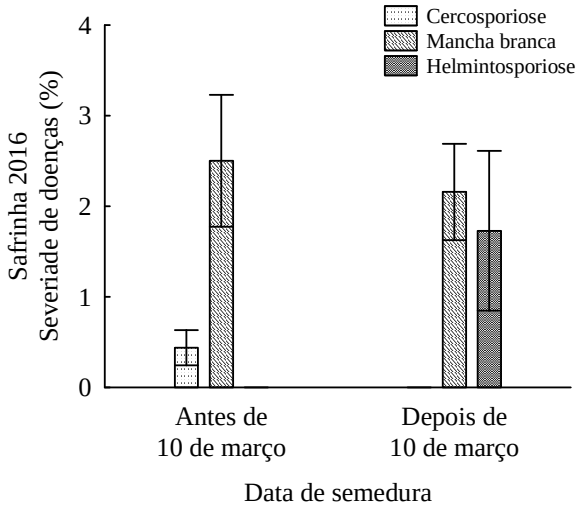
No caso do uso dos fungicidas houve redução significativa da severidade, com diferenciação estatística, para os casos da mancha branca e helmintosporiose, na aplicação tratorizada, e helmintosporiose e de cercosporiose, na aplicação por aeronave. Para

a mancha branca não houve efeito dos fungicidas por aplicação por aeronave, ao passo que para a cercosporiose não houve influência na aplicação por trator com equipamento de arrasto.

Esses resultados, no caso dos fungicidas, mostraram-se pouco consistentes. No ano anterior, segunda safra de 2015, contraditoriamente, os dados mostraram maior eficiência da aplicação por aeronave na redução da severidade da mancha branca, e no caso da cercosporiose, nenhuma das formas de aplicação dos fungicidas reduziram a severidade, Figura 4.2. Além das diferenças climáticas entre as duas safras, Figura 3.1, os dados coletados nesta safra, especialmente para o caso do uso de fungicidas, provavelmente estejam sub-representados, pois foram apenas duas lavouras com aplicação tratorizada e uma por aeronave, contra onze sem uso de fungicidas. Embora em termos de mercado as expetativas eram atrativas, boas perspectivas de preços, as condições climáticas se mostraram não favoráveis desde o início da safra, como também relatado por Shioga etl al., (2016), desencorajando os agricultores a maiores investimentos e cuidados com a lavoura. Sendo assim, a dificuldade de amostrar números mais representativos de lavouras no ano de 2016.

Considerando os dados agrupados para épocas de semeadura, os registros estão na Figura 4.18.

Figura 4.18. Severidade média de doenças foliares das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2016.



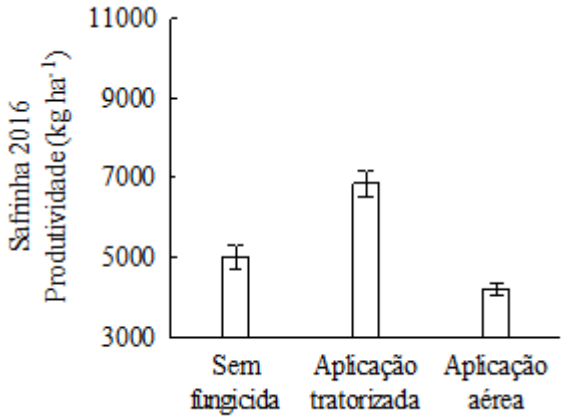
Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

A mancha branca aparece de forma equivalente nas duas épocas. A cercosporiose foi registrada apenas na primeira época, enquanto helmintosporiose apenas na segunda época. Nesse caso o número de lavouras amostradas foi equilibrado, sendo sete na

primeira época e seis na segunda. Comparativamente a 2015, Figura 4.3, os dados mostram diferenças acentuadas, demostrando que, no caso das doenças foliares, altamente dependentes das condições ambientais, cada ano apresenta as suas especificidades. Enquanto que em 2015 a ferrugem polissora mostrou presença importante na primeira época, em 2016 não foi constatada. A Cercosporiose, igualmente importante nas duas épocas na safra de 2015, nesta safra de 2016 foi registrada apenas na primeira época e com severidade bem menos significativa. A mancha branca estatisticamente equivalente nas duas épocas nesta safra de 2016, na segunda safra de 2015 foi significativa apenas na primeira época. E por fim helmintosporiose, importante nesta safra de 2016 apenas na segunda época de semeadura, em 2015 foi registrada nas duas épocas, ainda que com mais significância na segunda época. Essas diferenças, aparentes contradições, indicam que o manejo das doenças foliares na cultura do milho é complexo, e a intercorrência das doenças mostra-se variável de ano para ano, sempre relacionadas às condições climáticas.

O registro dos dados de produtividade para a segunda safra do ano de 2016 estão assinalados na Figura 4.19 e 4.20 sob a influência do uso de fungicidas e de épocas de semeadura, respectivamente.

Figura 4.19. Produtividade média das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicida e método de aplicação, no ano de 2016.



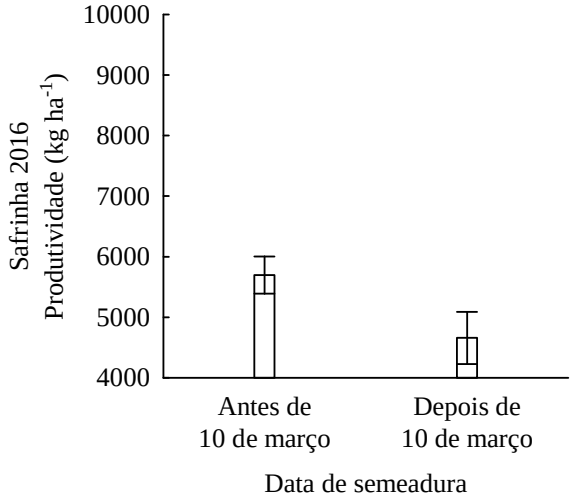
Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Pelos dados registrados, a aplicação dos fungicidas de forma tratorizada mostrou-se estatisticamente superior a aplicação de forma aérea, e superior à testemunha, situação sem uso de fungicidas. Já a amostra das lavouras com aplicação aérea apresentou produtividade inferior mesmo à testemunha, sem uso de fungicidas. As adversidades climáticas da safra 2016 foram bastante acentuadas, dados já referenciados na Figura 3.1. Isso

não afeta objetivamente todas as lavouras de forma homogênea. Como os dados, nesse caso, referem-se a onze lavouras sem fungicidas, duas com aplicação tratorizada e apenas uma com aplicação por aeronave, possivelmente essa única situação esteja sub-representada nas amostras, somadas à adversidade climática, possam explicar essas contradições. Quando comparamos esses dados com os equivalentes na safra 2015, Figura 4.4, estão com maior homogeneidade climática e com número de amostras mais representativas, desta maneira os resultados se mostraram mais consistentes, apontando claramente maior produtividade com o uso dos fungicidas.

Na comparação de épocas de semeadura, Figura 4.20, a safra 2016 apresentou a mesma tendência comparativamente a de 2015. Ou seja, a primeira época de semeadura, até 10 de março, a produtividade mostrou-se superior estatisticamente, em relação à segunda época, posterior a 10 de março. A produtividade foi de 5,8 e 4,8 t/ha aproximadamente, respectivamente, para a primeira e segunda época. As diferenças de produtividade entre as duas safras deve-se claramente às diferenças climáticas. No entanto a superioridade em termos de produtividade para a primeira época de semeadura mostrou-se muito consistente nas duas safras avaliadas, o que demonstra o quanto o zoneamento climático para a cultura do milho, quando considerado, pode contribuir para a estabilidade da produção da cultura.

Figura 4.20. Produtividade média das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2016.

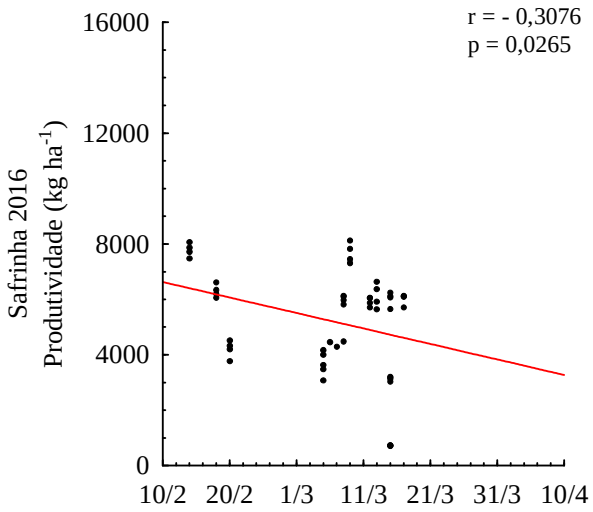


Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

No mesmo sentido, e reforçando a consistência dessa observação de forma explicita, segue a curva de correlação entre produtividade e épocas de semeadura, Figura 4.21, demonstrando a diminuição da produtividade à medida que a semeadura vai se prolongando

além da data de referência. Semelhante correlação obtida na safra 2015, ainda mais forte, demostrando que esse fator não sofre influência das intercorrências anuais entre as safras.

Figura 4.21. Correlação da produtividade média das plantas do milho na região norte do Estado do Paraná, em função das épocas de semeadura, no ano de 2016.



Incidência e severidade de doenças de espiga estão relacionadas nas Figuras 4.22 e 4.23, respectivamente.

Figura 4.22. Incidência de doenças na espiga do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, do uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea), no ano de 2016.

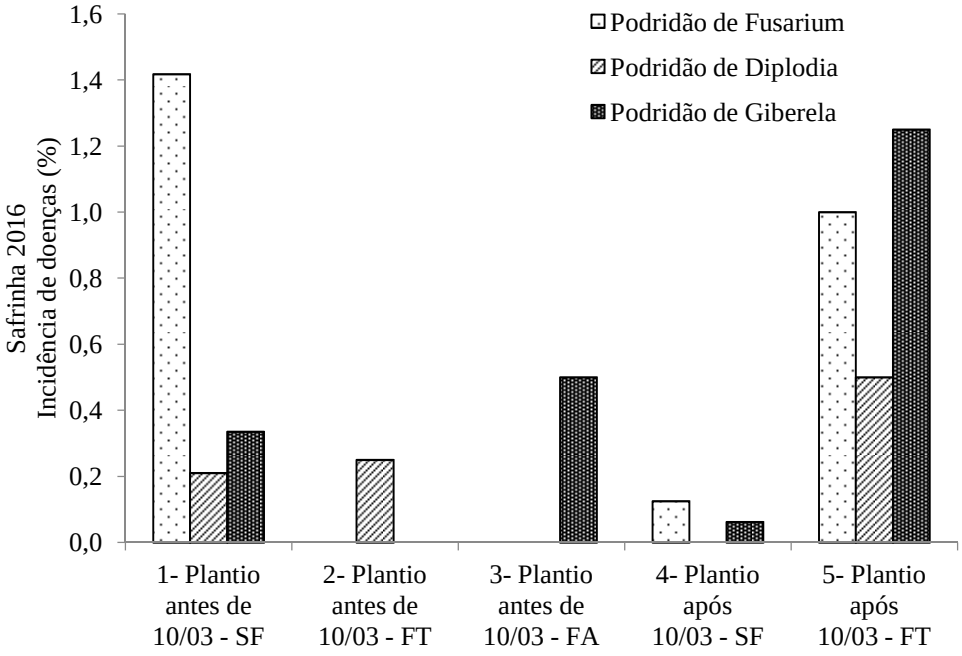
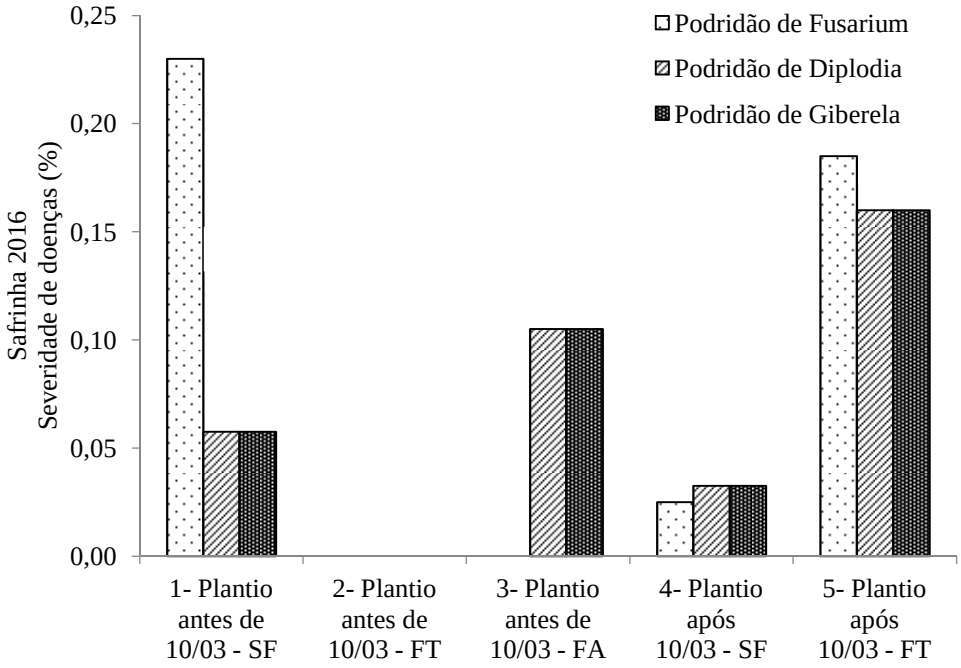


Figura 4.23. Severidade de doenças na espiga do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, do uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea), no ano de 2016.

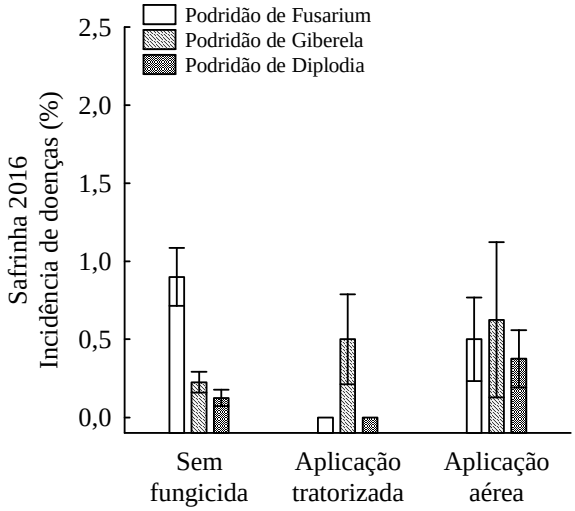


Novamente as principais doenças de espiga registrada nas avaliações na segunda safra de 2016, foram às podridões de Fusarium, Diplodia e de Giberela. A podridão de Giberela apareceu de forma um pouco mais intensa, comparativamente à safra de 2015, e a podridão de Carvão não foi registrada em 2016. As variações climáticas na safra 2016 foram bastante acentuadas como já discutido, Figura 3.1, com as médias das temperaturas mínimas abaixo de 10 º C, a partir do mês de abril, estendendo-se até o mês de agosto. A podridão de Giberela é uma doença com tendência de maior ocorrência em ambientes mais frios, ou amenos (GALVÃO e MIRANDA, 2004, CASELA *et al*., 2006).

Os resultados sobre a influência do uso de fungicidas para doenças foliares nas doenças de espiga estão representados nas Figuras 4.24 e 4.25, incidência e severidade, respectivamente. Para a podridão de Fusarium os dados mostraram redução na incidência e severidade da doença na aplicação tratorizada, e sem influência na aplicação por aeronave. Contraditoriamente, para as podridões de Diplodia e de Giberela, houve aumento na incidência e na severidade das doenças. Provavelmente essas contradições estejam relacionadas, como mencionado, às diversidades climáticas da safra e, principalmente, na questão da baixa representatividade numérica das lavouras amostradas para os casos de uso dos fungicidas.

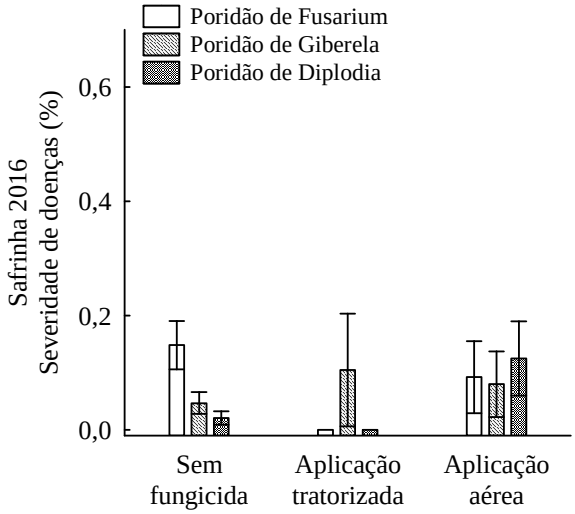
De qualquer forma esses dados da safra 2016 seguem compatíveis com a safra 2015, não demostrando influência objetiva na ocorrência / severidade nas doenças de espiga.

Figura 4.24. Incidência de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Figura 4.25 Severidade de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicidas e método de aplicação, no ano de 2016.



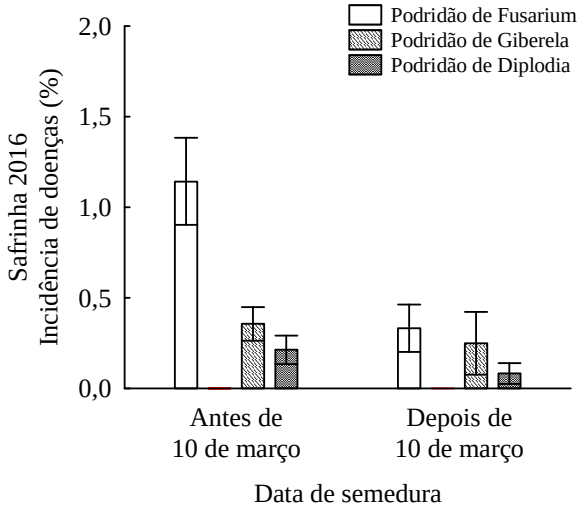
Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Com relação à época de semeadura relacionada à ocorrência das doenças de espiga, os dados da safra 2016 encontram-se descritos nas Figuras 4.26 e 4.27, incidência e severidade, respectivamente.

Os dados demostram uma clara influência no caso da podridão de Fusarium, estatisticamente superior na primeira época, tanto na incidência quanto na severidade. Esse resultado é compatível com o registrado na safra de 2015, principalmente no caso da incidência. Pelos dados de literatura vários autores como Casela *et al*., (2006) relacionam altas temperaturas e umidade, como condições favoráveis à ocorrência da podridão de Fusarium. Essas condições geralmente ocorrem nas semeaduras de primeira época. Assim os resultados das duas safras permitem concluir pela maior importância da podridão de Fusarium na primeira época de semeadura.

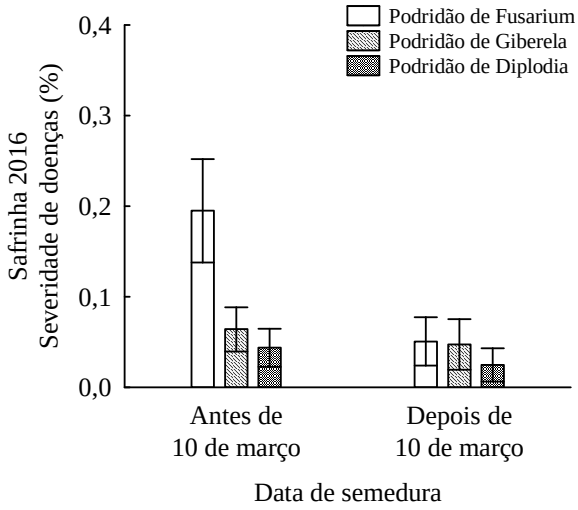
Quanto às duas outras podridões de espiga, Giberela e Diplodia, os dados de incidência do ano de 2016 mostram equivalência estatística para Giberela e redução para Diplodia, na comparação entre a primeira e segunda época de semeadura. No caso da severidade os resultados mostram equivalência estatística para as duas doenças na comparação entre as duas épocas de semeadura, ou seja, não há uma definição clara de influência de época de semeadura. Na contraposição dos dados entre as duas safras estudadas, 2015 e 2016, há contradições nos dados para essas duas doenças, não permitindo consistência suficiente para apontar influência significativa das épocas de semeadura na importância dessas duas doenças.

Figura 4.26. Incidência de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

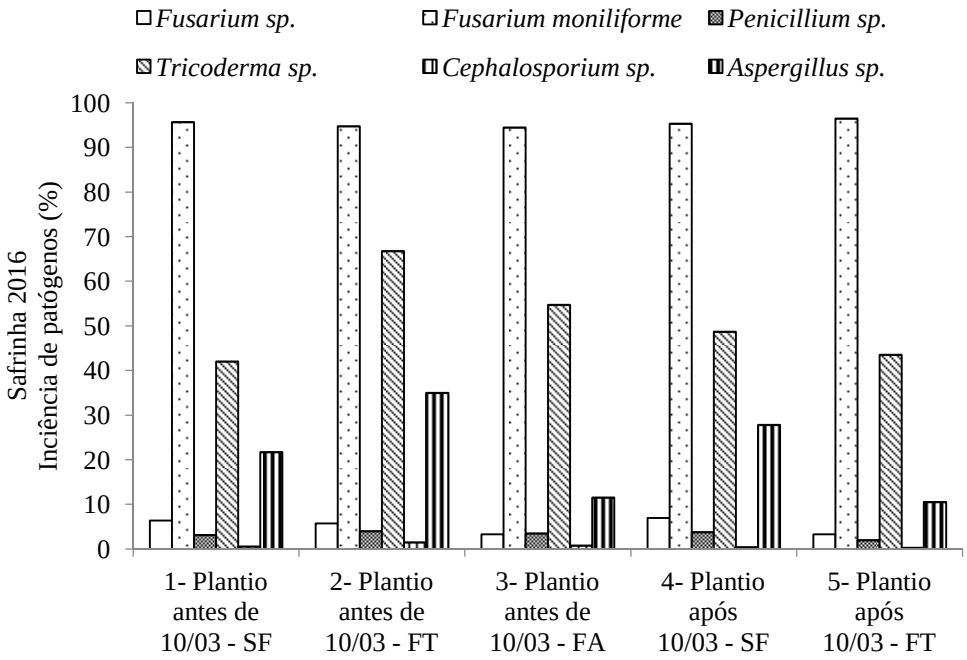
Figura 4.27. Severidade de doenças em espigas do milho cultivado na região norte do Estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

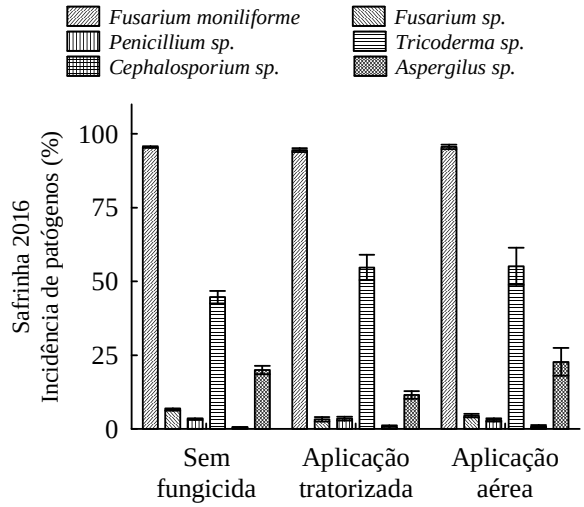
Os resultados de fungos de sementes do ano de 2016 encontram-se relatados na Figura 4.28. Foram registrados praticamente o mesmo complexo de fungos encontrados na safra anterior, apenas com alguma variação de intensidade. Assim consolidaram-se como os principais fungos de campo *Fusarium moniliforme* e *Fusarium* sp, e fungos de grãos armazenados *Aspergillus* e *Penicilium*.

Figura 4.28. Incidência de fungos em sementes do milho na região norte do Estado do Paraná, em função da data de semeadura, uso de fungicidas e método de aplicação (tratorizada e aérea) no ano de 2016.



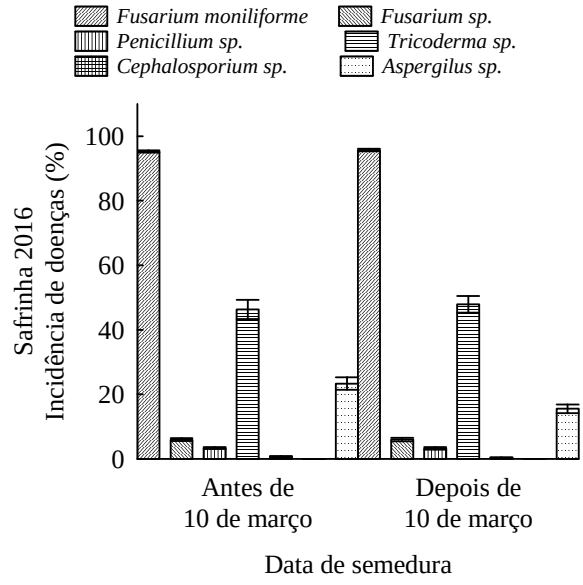
Os dados agrupados no caso do uso de fungicidas e métodos de aplicação para doenças foliares na influência nos fungos de sementes estão registrados na Figura 4.29, e época de semeadura na Figura 4.30 Em ambos os casos, fungicidas para controle de doenças foliares e época de semeadura, assim como observado na safra 2015, não foi constatado interferência significativa desses fatores no complexo de fungos encontrados nas sementes de milho, nem na sua amplitude, espectro e incidência.

Figura 4.29. Incidência de fungos em sementes do milho na região norte do Estado do Paraná, em função do uso de fungicida e método de aplicação, no ano de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

Figura 4.30. Incidência de patógenos em sementes do milho na região norte do estado do Paraná, em função da época de semeadura, no ano de 2016.



Barras verticais: diferença mínima significativa por intervalo de confiança (IC95%).

5. CONCLUSÃO

Cercosporiose, mancha branca e helmintosporiose foram as principais doenças foliares observadas nos dois anos consecutivos na região norte do Estado do Paraná, enquanto podridão de Fusarium, Giberela e Diplodia foram as principais doenças da espiga.

Uma única aplicação de fungicida reduziu a severidade de algumas doenças do milho, mas não foi eficiente no controle de todas as doenças foliares.

O uso de fungicidas para doenças foliares não influenciou no controle das doenças de espiga.

Aplicação de fungicidas tratorizado (arrasto), em geral, mostrou-se mais eficiente do que a aplicação aérea no controle das doenças foliares.

Nas semeaduras realizadas até 10/03 ocorreram maiores severidades de ferrugem polissora e mancha branca, enquanto helmintosporiose foi mais acentuada em semeaduras após 10/03. Para cercosporiose a época de semeadura não demonstrou ter efetiva influência. Em geral, para doenças de espiga, podridão de Fusarium apresentou maiores índices de incidência e severidade em semeadura no cedo.

Áreas com aplicação de fungicida via trator possibilitou com que a cultura expressasse seu maior potencial produtivo, nas duas safras analisadas.

Na média dos dois anos as semeaduras realizadas precocemente apresentaram os maiores índices de produtividade.

A época de semeadura e a aplicação de fungicidas não influenciaram os fungos em sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 4. ed. San Diego: Academic Press, 1997, p. 310

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Oxford: Academic, 2005, p. 922.

ALISSON, J. C. S.; WATSON, D. J. The production and distribuition of dry matter in maize after flowering. **Ann. Bot.** London, v. 30, p. 365 - 381, 1996.

ALMEIDA, A.C.L. **Detecção, caracterização e aspectos epidemiológicos do complexo viral do mosaico comum do milho (*Zea mays* L.).** 1998. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília. 1998.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.) **Manual de fitopatologia**, São Paulo: Ceres, 1995, p. 647-671.

AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. **Manual de fitopatologia. Princípios e conceitos.** São Paulo: Ceres, v. 1, cap. 37, 2011, p. 647-666.

ANTONIAZZI, N.; HILARIO, J.M.N. **Reação de Híbridos de Milho à *Cercospora Zeae-Maydis***. In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2008, Londrina. Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Embrapa Milho e Sorgo. Londrina, IAPAR, 640 p, 2008.

ARAUJO, C. **Grão em grão**. Jornal eletrônico. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas- MG. Ano 02. Edição 07. maio de 2008.

ARTHUR, J. C. **The grass rusts of South America; based on the Holway collections. Proceedings of the American Philosophical Society**, Philadelphia, v. 64, p. 131-223, 1925.

BAMPI, D.; CASA, R. T.; WORDELL FILHO, J. A.; KUHNEM JUNIOR, P. R.; PILETTI, G. **Relação entre a mancha de macrospora na folha da espiga e o rendimento e a sanidade de grãos de milho**. In: Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão, 8., 2011, Chapecó. Resumos... Chapecó: Epagri, p. 7-12, 2011.

BARBOSA, R. M.; SANTOS, J. F.; LOPES, M. M.; PANIZZI, R. C.; VIEIRA, R. D. Chemical control of pathogens and the physiological performance of peanut seeds.

International Journal of Food, **Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 11, n. 2, p. 322-326, 2013.

BASCOPÉ, J. B. O. **Agente causal de la llamada "raza mesa central" del achaparramiento del maiz.** 1977. 55 p. Dissertação (Mestrado) - Escuela Nacional de Agricultura-Colégio de Post graduados, Chapingo, México, 1977.

BAYER, T. **Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado.** 2011. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, UAEA, Campina Grande, 2010.

BERGSTROM, G. C.; NICHOLSON, R. L. The biology of corn anthracnose: knowledge to exploit for improved management. **Plant Disease**, v. 83, p. 596-608, 1999.

BOOSALIS, M. G.; SUMMER, D. R.; RAO, A. S. **Overwintering of conidia de *Helminthosporium turcicum* on corn residues and in the soil in Nebraska.** Phytopathology. v. 57, p. 990-996, 1967.

BOOTH, C. **The genus *Fusarium***. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1971, p. 237.

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

BRITO, A. H.; PINHO, R. G.; SOUZA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da Cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, p.19-31, 2008.

BRUNELLI, K. R. ***Cercospora zeae-maydis*: esporulação, diversidade morfo-genética e reação de linhagens de milho**. 2004. 105 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

CARLSON, G. A.; MAIN, C. E. Economics of disease loss management. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 14, p. 381- 403, 1976.

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

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

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 414 - 416, 2002.

CASELA, C.R.; FERREIRA A. S. **A cercosporiose na cultura do milho**. Brasília: Embrapa 2003. 5 p. (Circular Técnica, 24).

CASELA, C. R.; FERREIRA A. S. A., PINTO, N. F. J. **Doenças da cultura do milho**. Brasília: Embrapa, 2006. 5 p. (Circular Técnica, 83).

CESSA, R. M. A.; SOUZA, F. R. Estresse hídrico e o manejo de irrigação na cultura do milho. **Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas, v. 178, p.10-12, 2014.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: V. 4 - Safra 2016/17- N. 12 – Décimo segundo levantamento, 2017**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br >. Acesso em: 21 out. 2017.

CORRÊA, B. Fungos toxigênicos em grãos e rações: biologia, ocorrência e controle. In: **Simpósio internacional sobre micotoxinase micotoxicoses em aves.** 1995, Curitiba. Anais... Curitiba: Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia Avícolas, p.15-20, 1995.

COSTA, A. F. S. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio.** 1994. 109 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

COSTA, F.M. **Análise da curva de progresso temporal de doenças foliares na cultura do milho *Zea mays L.*, sob a aplicação da mistura de fungicidas triazóis e estrobirulinas.** 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2007.

COSTA, R. V.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R.; SILVA, D. D. **Podridões fúngicas de colmo na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 8 p. (Circular técnica, 100).

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; CASELA, C. R. Doenças. In: CRUZ, J. C. **Sistema de produção de milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; LANZA, F. E. **Recomendações para o controle químico da mancha branca do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Circular técnica 167).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F.; PLANA, U. G. P.; CASELA, C. R. First report of pathogenicity of *Pantoea ananatis* in sorghum (*Sorghum bicolor*) in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, Collingwood, v. 5, p. 120-122, 2010.

CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. F. T. C.; SANS, L. M. A.; PEREIRA FILHO, I. A. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996, 204 p.

CRUZ, J. C.; SILVA, G. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. S.; MAGALHÃES, P. C. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, p. 177- 188, 2010.

DA COSTA, R. V., COTA, L. V., DA SILVA, D. D.; LANZA, F. E.; FIGUEIREDO, J. E. F. **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha branca do milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 11, n. 3, p 291-301, 2013.

DE CARLI, M. L. **Aspectos etiológicos e epidemiológicos do complexo mancha branca do milho**. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DENTI, E. A.; REIS, E. M. Levantamento de fungos associados às podridões do colmo e quantificação de danos em lavouras de milho do planalto médio gaúcho e dos campos gerais do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p.585 – 590, 2003.

DODD, J. L. The role of plant stresses in development of corn stalk rots. **Plant Disease**, v. 64, n. 6, p. 533-537, 1980.

DOEBLEY, J. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. **BioScience**, v. 40, n. 6, p. 443 - 448, 1990.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. **Sistema de Produção.** Embrapa Milho e Sorgo: Versão Eletrônica: 7 ed., set. 2011.

DUDIENAS, C.; FANTIN G. M.; DUARTE, A. P.; TICELLI, M.; BARBARO, I. M.; FREITAS, R. S.; LEÃO, P. C. L.; FILHO CAZENTINI, G.; BOLONHEZI, D.; PÂNTANO, A. P. Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na

produtividade. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, n.1, p.16 - 23, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sp/v39n1/a03v39n1.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, p. 21 – 54, 2000.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed., 360 p., Piracicaba, 2004.

FANTIN, G. M; BALMER, E.; PASCHOLATI, S. F.; LUCON, C. M. M. Influência da temperatura no crescimento micelial *in vitro* de *Phaeosphaeria maydis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 22, p. 61, 1996.

FANTIN, G. M.; BRUNELLI, K. R.; RESENDE, I. C.; DUARTE, A. **A mancha de cercospora do milho**. Campinas: IAC 2001. 20 p. (Boletim Técnico, 192).

FANTIN, G. M.; DUDIENAS, C.; CASTRO, J. L.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A. P. Avaliação da severidade das manchas de *Phaeosphaeri*a e de *Cercospora* do milho em cultivo de safrinha. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 79, n. 1, p. 135-154, 2004.

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

FARIAS, A. X.; ROBBS, C. F.; BITTENCOURT, A. M.; ANDERSEN, P. M.; CORRÊA, T. B. S. Contaminação endógena por *Aspergillus spp*. em milho pós-colheita no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 617 - 621, 2000.

FARR, D.F.; ROSMAN, A. Y. Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, **USDA**. 2014.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N. F. J. A. Doenças do Milho. **Potafos Arquivo do Agrônomo**, 2.ed, n. 2, p 15-18, Piracicaba, set. 1995.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa – CNPMS, 2000, 80 p. (Circular Técnica, 26).

FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R. **Antracnose do milho (*Colletotrichum graminicola*)**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2001, 6 p. (Circular Técnica, 13).

FIGUEIREDO, M. B.; HENNEN, J. F. Detection of telia of *Physopella zeae* in Piracicaba, state of São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 21, n.1, p. 38 - 40, 1995.

FRANCO, A. A. N.; MARQUES, O .J.; VIDIGAL FILHO, P. S. Sistema de produção do milho safrinha no Paraná. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA**, 12, 2013, Dourados. Resumo expandido...Dourados-MS: Estabilidade e produtividade, 2013.

GALVÃO, J. C. C; MIRANDA, G. V..**Tecnologia de produção de milho**. UFV, p. 227 - 264, 2004.

GARRAWAY, M. O.; PARK, D. S.; BELTRAN, J. D. Role of light and malate in the decreased sensitivity of cms-T cytoplasm maize leaves to *Bipolaris maydis* race T toxin. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 6, p. 556 - 562, 1998.

GODOY, C. V. O clima que traz a ferrugem. **Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas, v. 20, p. 52 - 54, 2000.

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

GONÇALVES, M. C.; MAIA, I. G.; GALLETI, S.R.; FANTIN, G. M. Infecção mista pelo Sugarcane mosaic vírus e Maize rayado fino vírus provoca danos na cultura do milho no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 348 - 352, 2007.

GONÇALVES, M. R.; FIGUEIREDO, J. E. F.; PEDRO, E. S.; MEIRELLES, W. F.; JUNIOR, R. P. L.; SAUER, A. V.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; MEIRELLES, L. D. P. **Mancha-foliar-de-*Phaeosphaeria*: fungo ou bactéria?** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 79).

GUINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasi**l. Embrapa Meio Ambiente, 356 p, 2011.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. 58 p. (EMBRAPA – CPAO. Documentos, 11).

GRIGOLLI, J. F. J. Doenças do milho safrinha. **Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno.** Mato Grosso do Sul: Fundação MS, 2013, p 121 - 133.

HARLAPUR, S. I.; KULKARNI, M. S.; WALI, M. C.; SRIKANT, K.; YASHODA, H.; PATIL, B. C. Status of turcicum leaf blight of maize in Karnataka. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 21, p. 55 - 60, 2008.

HENNINGS, P. V. Fungi S. Paulenses II. **Puttermans collect: Hedwigia**, Dresden, v. 41, p. 295 - 311, 1902.

IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. **Zoneamento agrícola – Mapas - Milho**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>. Acesso em: 21 nov. 2017.

JOHNSON, K. B; Defoliation, disease and growth: a reply. **Phytopahology**, v. 77, p. 1495-1497, 1987.

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

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F.; DE SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, 2007.

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

KOSHIKUMO, É. S. M. **Epidemiologia da Mancha de *Phaeosphaeria* e da Cercosporiose em milho.** 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2007.

LAZAROTO, A.; SANTOS, I.; KONFLANZ, V. A.; MALAGI, G.; CAMOCHENA, R. C. Escala diagramática para avaliação de severidade da helmintosporiose comum em milho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 1 - 7, 2012.

LEVY, Y.; PATAKY, J. K. Epidemiology of northern leaf blight on sweet corn. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 20, p. 53 - 66, 1992.

LIPPS, P. E. Spread of corn anthracnose fron surface residues in continuous corn and corn-soybean rotation plots. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 6, p. 756 - 761, 1988.

MALAGI, G.; DOS SANTOS, I.; CAMOCHENA, R. C.; MOCCELLIN, R**.** Elaboração e validação da escala diagramática para avaliação da mancha branca do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 797 - 804, 2011.

MANGILI, F. B.; ELY, D. F. Influência das chuvas na produção de milho safrinha em Londrina-PR. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 1, p. 153 - 164, 2014.

MARIO, J. L.; REIS, E. M. Método simples para diferenciar *Diplodia macrospora* de *D. maydis* em testes de patologia de sementes de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 670 - 672, 2001.

MIRANDA, R. A.; DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.. **Sistema de Produção.** Embrapa Milho e Sorgo: Versão Eletrônica, 8. ed., out 2012.

MUNIZ, M. F. B.; GONÇALVES, N.; GARCIA, D. C.; KULCZYNSKI; S. M. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de melão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 2, p. 144 - 149, 2004.

NAYLOR, V. D.; LEONARD, K. J. Survival of *Colletotrichum graminicola* in infected corn stalks in North Carolina. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 61, n. 4, p. 382 - 383, 1977.

NAZARENO, N. R. X.; LIPPS, P. E.; MADDEN, L. V. Effect of levels of corn residue on the epidemiology of gray leaf spot of corn in Ohio. **Plant Disease**, v. 77, n. 1, p.67 - 70, 1993.

NOLDIN, J. A. **Rendimento de grãos, componentes de rendimento e outras características de planta de três cultivares de milho em duas épocas de semeadura**. Porto Alegre, 1985. 134p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1985.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES, F. T.; PAIVA, E.; REZENDE, R. O.; KITAJIMA, E. W. “Enfezamento pálido” e “Enfezamento vermelho” na cultura do milho no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 45 - 47, 1998.

OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F. T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. A.; FERREIRA, A. S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa-MG: UFV, 2004, p. 226 - 267.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M.; Controle dos enfezamentos causados por molicutes e da virose mosaico comum do milho. In: PARTENIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; TSUNECHIRO, A. (Eds.). **Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos.** Campinas: ABMS/IAC, p. 399 - 420, 2012.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; FERREIRA, A. S.; MEIRELLES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. R. Detection of a bacterium associated with a leaf spot disease of maize in Brazil. **Journal of Phytopatology**, Berlim, v. 149, n. 5, p. 275- 279, 2001.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, MG, 2006. (Circular Técnica 75).

PARLEVLIET, J. E. What is durable resistance: a general outline. In: JACOBS, T. H.; PARLEVLIET, J. E. (Ed.). Durability of disease resistance. **Dordrecht : Kluwer Academic**, 1993, p. 23-39.

PARREIRA, D. F.; ZAMBOLIM, L.; NEVES, W. D.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D. A antracnose do milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 8, n. 1, p. 11-27, 2014.

PEREIRA, J. R. **Métodos de inoculação em milho com *Colletotrichum graminicola f.sp zeae* e herança da resistência**. 1978. 32 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; **Plantio, espaçamento, densidade, quantidade de sementes.** Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção 1. Versão eletrônica, 6. ed.. ISSN 1679-012X, set. 2010.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. C.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, p. 477- 488, 2005.

PETERSON, R. F.; CAMPBELL, A. B.; HANNAH, A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Can. J. Res., Sec. C, **Bot. Sci.**, p. 496 - 500. 1948.

PEZZINI, V.; VALDUGA, E.; CANSIANI, R. L. Incidência de fungos e micotoxinas em grãos de milho armazenados sob diferentes condições. **Rev. Inst. Adolfo Lutz** (Impr.), São Paulo, v. 64, n. 1, 2005.

PINHO, R. G. V.; RAMALHO, M. A. P.; RESENDE, I. C.; POZAR, G.; OLIVATTO, A. N. D. Controle genético da resistência do milho às ferrugens polissora e tropical. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n.3, p. 394 - 399, 1999.

PINTO, N. F. J. A. **Patologia de sementes de milho**. Sete Lagoas: Emprapa- CNPMS, 1998, 40 p. (Circular Técnica, 29).

PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 01, p. 134 - 138, 2004.

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

PINTO, N. F. J. A.; SANTOS, M. A.; WRUCK, D. S. M. Principais doenças da cultura do milho. **Informe Agropecuário: Cultivo do milho no sistema de plantio direto**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p.7 - 12, jul. 2006.

RANE, M. S.; PAYAK, M. M.; RENFRO, B. L. A. *Phaeosphaeria* leaf spot of maize. **Indian Phytopatholy Society Bulletin**, v. 3, p. 6 - 10, 1965.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Lages. Graphel, 2004, 144 p.

ROBINSON, R. A. **Host management in crop pathosystems**. New York : Macmillan, 1987, 263 p.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. **Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminadas por insetos-vetores**. Sete Lagoas, MG, 2014. (Circular técnica, 205).

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

SANTIN, J. A.; REIS, E. M.; MATSUMURA, A. T. S.; MORAES, M. G. Efeito do retardamento da colheita de milho na incidência de grãos ardidos e de fungos patogênicos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 2, p. 182 - 192, 2004.

SHURTLEFF, M. C. **Compendium of corn diseases**. 2.ed. St. Paul: American Phytopathological Press, 1992 , 105 p.

SCHUELTER, A. R.; SOUZA, I. R. P.; OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, C. T. Controle genético da resistência ao mosaico comum em linhagens de milho tropical. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, 2010.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; BIANCO, R.; CUSTÓDIO, A. A. P. **Avaliação estadual de cultivares de milho segunda safra 2015**. Londrina: IAPAR, 2015, 101 p. (IAPAR. Boletim técnico, 86).

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; BIANCO, R.; BARROS, A. S. R. CUSTÓDIO, A. A. P. **Avaliação estadual de cultivares de milho segunda safra 2016**. Londrina: IAPAR, 2016, 52 p. (IAPAR. Boletim técnico, 88).

SILVA, H. P.; MENTEM, J. O. M. Manejo integrado de doenças na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997, p. 40 – 56.

SILVA, O. C.; SCHIPANSKI, C. A. **Manual de identificação e manejo das doenças do milho.** Castro: Fundação ABC, 2006.

SILVA, D. D.; COTA, V. C.; COSTA, R. C.; GUIMARÃES, E. A. **Carvão-comum-do-milho: Conheça esta doença**, Sete Lagoas, dez 2016. (Circular técnica, 222),

SILVEIRA, A. P.; FIGUEIREDO, M. F.; CRUZ, B. P. Ocorrência de antracnose do milho no Estado de São Paulo. **O Biológico**, v. 31, p. 192 - 194, 1965.

SMITH, D. R.; WHITE, D. G**.** Diseases of corn. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. 3. ed. Madison : American Society of Agronomy Press, 1988, p. 687 - 766.

SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays L.)* em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais**. Lavras, 1989. 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1989.

STEFANELLO, J.; BACHI, L. M. A.; GAVASSONI W., L.; HIRATA, L.M.; PONTIM, B. C. A. Incidência de fungos em grãos de milho em função de diferentes épocas de aplicação foliar de fungicida. **Pesquisa agropecuária tropical**. Goiânia, v. 2, n.4, p. 476 - 481, 2012.

TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; ALMEIDA, I. H. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n.3, p. 501 - 508, 2001.

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M.; SABATO, E. O.; LEITE, C. E. P.; MEIRELLES, W. F.; GUIMARÃES, C. T.; BELICUAS, S. N. J. Pré-melhoramento de milho quanto à resistência a enfezamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 51 - 58, 2013.

USDA. 2017. **United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service**. Disponível em http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf Acesso em: 20 jun. 2017.

VON PINHO, R. G**. Metodologia de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência a *Puccinia polysora* Underw. e *Physopella zeae* (Mains) Cummins e Ramachar na cultura do milho**. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

VON BULOW, J. F. W. As ferrugens (*Puccinia sorghi, P. polysora, Physopella zeae*) do milho (*Zea mays*). I. Revisão Bibliográfica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 249 - 262, 1966.

WANG, H.; XIAO, Z. X.; WANG, F. G.; XIAO, Y. N.; ZHAO, J. R.; ZHENG, Y. L.; QIU, F. Z. Mapping of HtNB, a gene conferring nonlesion resistance before heading to *Exserohilum turcicum* (Pass.), in a maize inbred line derived from the Indonesian variety Bramadi. **Genetics and Molecular Research**, v. 11, p. 2523 - 2533, 2012.

WARD, J. M. J.; LAING, M. D.; RIJKENBERG, F. H. J. Frequency and timing of fungicide applications for the control of gray leaf spot in maize. **Plant Disease**, St. Paul, v. 80, n. 1, p. 41 - 48, 1997.

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER JR., F. W. **Gray leaf** spot: a disease of global importance in maize production. **Plant Disease**, St. Paul, v. 83, p. 884 - 895, 1999.

WHITE, D. G. **Compendium of corn diseases**. 3. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2000, 78 p.