

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PRODUTIVIDADE DE MILHO SEGUNDA SAFRA APÓS A APLICAÇÃO DE FUNGICIDA
POR VIA AÉREA E TERRESTRE**

WAGNER MENECHINI

CASCAVEL – PARANÁ

2015

WAGNER MENECHINI

**PRODUTIVIDADE DE MILHO SEGUNDA SAFRA APÓS A APLICAÇÃO DE FUNGICIDA
POR VIA AÉREA E TERRESTRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos Agroindustriais.

Orientador: **Dr. Marcio Furlan Maggi**

Coorientador: **Dr. Sidnei Osmar Jadoski**

CASCADEL – PARANÁ

MAIO/2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M498p

Menechini, Wagner

Produtividade de milho segunda safra após a aplicação de fungicida por via aérea e terrestre./Wagner Menechini. Cascavel, 2015.

46 p.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Furlan Maggi

Coorientador: Sidnei Osmar Jadoski

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola

1. Avião agrícola. 2. Doenças e pragas. 3. Pulverização. I. Maggi, Marcio Furlan. II. Jadoski, Sidnei, Osmar. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

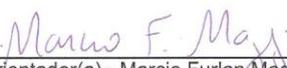
CDD 21.ed.633.15

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9º/965

WAGNER MENECHINI

Produtividade de milho segunda safra após a aplicação de fungicida por via aérea e terrestre

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação stricto sensu em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas biológicos e agroindustriais, linha de pesquisa Geoprocessamento, estatística espacial e agricultura de precisão, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:


Orientador(a) - Marcio Furlan Maggi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)


Alcir José Modolo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná


Sílvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 26 de maio de 2015

BIOGRAFIA

Wagner Menechini nasceu em 25 de setembro de 1975, na cidade de Engenheiro Beltrão no estado do Paraná. Formou-se em Engenheiro Agrônomo no ano de 2000, na Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel, Bandeirantes - PR. Trabalhou no departamento técnico da Cooperativa Agroindustrial Copagril em 2001 a 2003, concluindo o curso de especialização em agronegócio em 2003. De 2004 a 2006 trabalhou no departamento de vendas na empresa Agrosilo Santa Catalina S.A. Após, assumiu o cargo de gerente de vendas regional na indústria agrícola Sipcam Isagro Brasil S.A, permanecendo até no ano 2008. A partir de 2009, até o presente, administra a propriedade da família na produção rural no município de Goioerê - PR. Em 2013 Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIOESTE, na área de Engenharia de Sistemas Biológicos Agroindustriais, na linha de pesquisa de Agricultura de Precisão.

“Nada é permanente, se não a mudança”.
Heráclito de Éfeso (540 – 480 A.C)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me ilumina e se faz presente em tudo que faço.

Ao Professor Dr. Marcio Furlan Maggi, pela idealização, orientação, confiança, oportunismo e compreensão das minhas limitações, possibilitando o desenvolvimento deste projeto.

Ao Sr. Maurício Agulhó, proprietário da fazenda São Bento, na qual nos forneceu a área para a pesquisa, juntamente com seu equipamento de pulverização terrestre, colaborando com a atividade de campo inerente ao projeto.

A todos os amigos, colegas e colaboradores que me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho a campo, em especial a Guilherme Barcelos da Cunha e Fábio Rigolon, por suas contribuições nas atividades de laboratório.

A todos os amigos que fiz durante o curso de mestrado, com os quais dividi momentos de dificuldade e alegria.

A todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, colaboraram para o término de mais uma etapa da minha formação.

Ao programa de Pós-Graduação Stricto Sensu – PGEAGRI / UNIOESTE representada pelo seu corpo docente, técnicos administrativos, discentes e por toda sua contribuição no referente trabalho.

PRODUTIVIDADE DE MILHO SEGUNDA SAFRA APÓS A APLICAÇÃO DE FUNGICIDA POR VIA AÉREA E TERRESTRE

RESUMO

A aplicação de fungicida (aérea e terrestre) para o controle de doenças fúngicas na cultura do milho de segunda safra foi realizada nos anos agrícolas 2013 e 2014, com o objetivo de avaliar a qualidade de aplicação. O trabalho foi realizado na fazenda São Bento, município de Goioerê, Noroeste do Paraná, de acordo com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 24°13'04.14" Sul e longitude 52°56'08.36" Oeste e altitude de 521 metros. O híbrido utilizado foi PIONEER 30K75 BT HERCULEX, para que fossem avaliadas a severidade de doenças antes e depois da aplicação do fungicida (estrobilurina + triazol), a deposição de calda e a produtividade. A aplicação aérea foi realizada com uma aeronave modelo Ipanema, nos volumes de calda de 7,5; 13,5; 20 e 30,3 L h⁻¹, com bicos atomizadores rotativos. Na aplicação terrestre, foi utilizado o pulverizador o autopropelido da marca Stara, modelo Gladiador com os volumes 90; 110; 130 e 150 L ha⁻¹, e pontas de jato plano uniforme com indução de ar. Um tratamento sem aplicação de fungicida foi utilizado como testemunha. O delineamento foi conduzido em faixas e o estudo de deposição da calda foi realizado com o uso de papéis hidrossensíveis, fixados nos terços superior, médio e inferior das plantas de milho. Os tratamentos aéreo e terrestre apresentaram controle satisfatório de doenças no milho, para os dois anos consecutivos da pesquisa. As maiores coberturas de gotas foram obtidas nos volumes de 30,3 L ha⁻¹ para aplicação aérea e 150 L ha⁻¹ na aplicação terrestre. Os rendimentos médios do milho na aplicação terrestre foram de 3.400 e 3.976 Kg ha⁻¹, respectivamente, para os anos de 2013 e 2014. Todavia, para a aplicação aérea obtiveram-se 3.392 e 4.293 Kg ha⁻¹, para os anos 2013 e 2014, respectivamente. Os rendimentos do milho nas testemunhas foram 3.100 e 2.800 Kg ha⁻¹ para 2013 e 2014, respectivamente, na aplicação terrestre. Na aplicação aérea o rendimento da testemunha foi de 2.200 Kg ha⁻¹ no ano de 2013 e 3.100 Kg ha⁻¹ para o ano de 2014. Não houve diferença significativa na produtividade da cultura do milho, nos diferentes volumes testados para as duas técnicas de aplicação, quando comparados entre si, entretanto, todos os tratamentos foram superiores à testemunha.

Palavras-chave: Avião agrícola. Doenças e pragas. Pulverização.

SECOND SEASON MAIZE YIELD AFTER FUNGICIDE APPLICATION BY AIR AND GROUND

ABSTRACT

The fungicide application (aerial and terrestrial) was carried out to control fungal diseases in the second season maize crop in 2013 and 2014 agricultural years in order to evaluate the its application quality. The study was conducted at São Bento Farm, municipality of Goioerê, Northwestern Paraná, according to the following geographical coordinates: latitude 24°13'04.14" South and longitude 52°56'08.36" West and altitude of 521 meters. The hybrid PIONEER 30K75 BT HERCULEX was used to evaluate the diseases severity before and after fungicide application (strobilurin + triazole), liquid mixture deposition and productivity. The aerial application was carried out with an Ipanema aircraft model in spray volumes of 7.5; 13.5; 20 and 30.3 L h⁻¹ with rotary atomizing nozzles. In the terrestrial application, it used the self-propelled spray of Stara brand, Gladiator model, with the following volumes: 90; 110; 130 and 150 L ha⁻¹, and even flat spray ends with air induction. One treatment without fungicide application was used as a control. The experimental design was carried out in groups and the study of liquid mixture deposition was carried out with the use of hydro sensitive papers that were set in the third upper, middle and lower part of maize plants. The aerial and terrestrial treatments showed a satisfactory control on maize disease for two consecutive years of research. The greatest drops coverings were obtained in 30.3 L ha⁻¹ for aerial application and 150 L ha⁻¹ volumes on terrestrial application. Average maize yields on terrestrial application were 3,400 and 3,976 kg ha⁻¹, respectively, in 2013 and 2014. However, for aerial application, 3,392 and 4,293 kg ha⁻¹ were recorded in 2013 and 2014, respectively. Maize yield of controls were 3,100 and 2,800 kg ha⁻¹ for 2013 and 2014, respectively, in the terrestrial application. In aerial application, the control yield was 2,200 kg ha⁻¹ in 2013 and 3,100 kg ha⁻¹ in 2014. There was no significant difference in maize productivity according to the different volumes tested for both techniques of application, when compared among themselves, however, all treatments were superior to the control.

Keywords: Agricultural planes. Diseases and plagues. Pulverization.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Produção mundial do milho e aspecto econômico.....	4
3.2 Milho de segunda safra.....	5
3.3 Doenças da cultura do milho, controle e produtos químicos.....	6
3.3.1 Doenças fúngicas.....	6
3.3.2 Métodos de avaliação de doenças fúngicas na cultura do milho	7
3.3.3 Uso de escalas para quantificação de doenças	8
3.3.4 Controle de doenças	10
3.4 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.....	11
3.4.1 Aspectos a serem considerados em uma aplicação.....	11
3.4.2 Tamanho de gotas	12
3.4.3 Condição de clima ideal para pulverização	13
3.4.4 Perdas por deriva.....	14
3.4.5 Fatores que interferem nas características da calda	14
3.4.6 Utilização de baixos volumes na aplicação	16
3.5 Aplicação aérea x aplicação terrestre.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Condução experimental	19
4.2 Delineamento experimental.....	19
4.3 Avaliações das doenças.....	20
4.4 Equipamentos, materiais utilizados e procedimentos de aplicação	22
4.5 Avaliação dos componentes de rendimentos e produtividade	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Condições climáticas	25

5.2	Severidade de doenças.....	26
5.3	Qualidade de aplicação.....	29
5.4	Componentes de rendimento	36
6	CONCLUSÕES.....	39
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição da faixa de aplicação do fungicida, conforme taxa de aplicação utilizada	20
Tabela 2	Bicos utilizados nas pulverizações terrestres e aéreas para os dois anos de pesquisa (2013 e 2014)	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Escala diagramática para avaliação de severidade de helmintosporiose comum em milho (<i>Zea mays</i>), causada por <i>Exserohilum turcicum</i>	9
Figura 2	Croqui da área experimental para os dois anos de pesquisa 2013 e 2014.	21
Figura 3	Escala para avaliação da severidade de doenças foliares em milho.....	21
Figura 4	a) Precipitação anual (mm) e número de dias com chuva para o ano 2013; b) Precipitação anual (mm) e número de dias com chuva para o ano 2014; c) Umidade relativa (%) e temperatura (°C) para o ano de 2013; d) Umidade relativa (%) e temperatura (°C) para o ano de 2014.....	25
Figura 5	Severidade de doenças foliares (%) avaliada no dossel da cultura do milho, nos diferentes volumes testados, antes da aplicação de fungicida com pulverizador terrestre, para o ano 2013.	27
Figura 6	Severidade de doenças foliares (%) avaliada no dossel da cultura do milho, nos diferentes volumes testados, antes da aplicação de fungicida para aplicação aérea, no ano de 2013.....	27
Figura 7	Severidade de doenças (%) para o ano de 2014, nos diferentes volumes testados, antes e depois da aplicação de fungicida, para aplicação terrestre. ...	28
Figura 8	Severidade de doenças (%) para o ano de 2014, nos diferentes volumes testados, antes e depois da aplicação de fungicida, para aplicação aérea.	28
Figura 9	Amostra de papel sensível, após pulverização terrestre com bico AVI 11002, com indução de ar para análise de diâmetro mediano volumétrico, densidade de gotas, volume de cobertura e cobertura de gotas na avaliação 2013.	30
Figura 10	Cobertura de gotas (%); Densidade de gotas (gotas cm ²); Volume de cobertura (Lha ⁻¹); DMV (µm), após a pulverização terrestre nos terços superior e inferior da cultura do milho para o ano 2013.....	31
Figura 11	Cobertura de gotas (%); Densidade de gotas (gotas cm ²); Volume de cobertura (L ha ⁻¹); DMV (µm), após a pulverização aérea nos terços superior e inferior da cultura do milho para o ano 2013.....	32
Figura 12	Coleta de gotas com papel sensível, após pulverização aérea utilizando atomizadores rotativos para análise de diâmetro mediano volumétrico, densidade de gotas, volume de cobertura e cobertura de gotas na avaliação 2013.....	32
Figura 13	Cobertura de gotas (%); Densidade de gotas (gotas cm ²); Volume de cobertura (L ha ⁻¹); DMV (µm), após a pulverização terrestre nos terços superior, médio e inferior no dossel da cultura do milho para o ano 2014.....	34

Figura 14	Cobertura (%); Densidade de gotas (gotas cm ²); Volume de cobertura (L ha ⁻¹) DMV (μm), após a pulverização aérea nos terços superior, médio e inferior no dossel da cultura do milho para o ano 2014.	35
Figura 15	Médias dos componentes de produtividade (peso de 100 sementes g; tamanho de espiga cm; produtividade kg ha ⁻¹) na cultura do milho para pulverização terrestre 2013 e 2014 – Análise de regressão.	37
Figura 16	Médias dos componentes de produtividade (peso de 100 sementes g; tamanho de espiga cm; produtividade kg ha ⁻¹) na cultura do milho para pulverização aérea 2013 e 2014 – Análise de regressão.	37

1 INTRODUÇÃO

O desafio atual para os técnicos responsáveis pelo cultivo em áreas agrícolas é a utilização de produtos químicos e, ao mesmo tempo, o atendimento às necessidades de preservação do meio ambiente e a produção de alimentos a baixo custo, livres de resíduos de agrotóxicos, garantindo a sustentabilidade do sistema agrícola. Para atender a essas necessidades, é primordial que o produtor disponha de parâmetros técnicos que permitam monitorar e avaliar a qualidade de aplicação do agroquímico.

No Brasil, há, aproximadamente, 10 anos, o milho era considerada uma cultura rústica, no que se refere à ocorrência de doenças. Dentre os tratos culturais dispensados à cultura do milho nessa época, o manejo de doenças praticamente não era uma preocupação por parte dos técnicos e produtores. Essa realidade sofreu uma grande mudança nos últimos anos, principalmente a partir do final da década de 1990, pois as doenças passaram a ser um dos principais fatores limitantes da produtividade, e têm causado grandes preocupações nos agentes envolvidos no agronegócio da cultura do milho no Brasil, em razão das perdas que têm ocasionado à produção.

Assim, a utilização de fungicidas tem aumentado nas últimas duas décadas, porém a sua aplicação, tal como se pratica hoje, difere no essencial daquela praticada no início da ciência, que era caracterizada por desperdícios de energia e de produto químico (BERTELSEN; NEERGAARD; SMEDEGAARD-PETERSEN, 2001).

A utilização de fungicida é um dos meios mais eficientes para o controle de doenças nas mais diversas culturas e a tecnologia de aplicação possuiu papel fundamental para que aconteça tal eficiência, pois tem por objetivo depositar o agroquímico no alvo desejado, em quantidade correta, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ambiental.

No passado, isso só poderia acontecer quando a cultura recebia grandes volumes de calda por área. No entanto, a tendência é a redução nos volumes a serem aplicados, evitando a oneração nos custos de aplicação, perdas por escorrimentos e redução na contaminação do solo.

Mudanças no sistema de implantação das culturas ocorreram. Para o cultivo do milho não foi diferente, modificações genéticas e culturais estão exigindo mais eficiência na deposição de calda sobre a cultura, garantindo o controle satisfatório de doenças. Tais fatores se tornam alvo de estudos mais avançados, com objetivo de analisar a eficiência sobre a deposição do agroquímico no ponto desejado.

Dentre as tecnologias de pulverização, utilizadas em grande escala no setor agrícola, temos as aplicações aéreas, utilizando aviões agrícolas e os pulverizadores terrestres, equipados com barras.

Pulverização agrícola por aeronave é uma realidade no país, principalmente devido à sua maior capacidade operacional em relação à aplicação terrestre. Por outro lado, tal tecnologia leva a questionamentos, principalmente entre os produtores, quanto ao volume utilizado pela aeronave, pela capacidade de penetração e deposição de gotas do agroquímico no dossel da planta, pois são taxas relativamente menores, em relação aos volumes utilizados pelos pulverizadores terrestres.

Diante da expressiva necessidade de informações sobre a eficiência técnica das pulverizações aérea e terrestre de fungicida na cultura do milho de segunda safra, decidiu-se realizar esse estudo, na região noroeste do Paraná, com objetivo de obter e levar ao produtor rural e extensionistas, resultados técnicos, extraídos da sua região, fazendo apontamentos e esclarecendo dúvidas, comparativamente entre as duas formas de aplicação (aérea e terrestre), auxiliando na tomada de decisão, sobre qual tecnologia utilizar, qual melhor se enquadra em sua propriedade e qual irá apresentar maior viabilidade econômica.

Escolher entre tecnologia aérea ou terrestre tem a ver, especialmente, com as opções operacionais do agricultor e com as características gerais de sua propriedade. Tanto a aplicação aérea como a terrestre são eficientes e eficazes ferramentas na pulverização, porém, os equipamentos utilizados devem estar devidamente ajustados, o maquinário em boas condições de uso, para que o objeto da pulverização seja atingido, sem causar dano e ultrapassar os limites ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito das aplicações aérea e terrestre de fungicida no controle de doenças na cultura do milho (*Zea mays* L.) e na deposição de calda sobre a cultura.

2.2 Específicos

Escolher a vazão que proporcione o melhor controle das doenças fúngicas do milho segunda safra, tanto para aplicação aérea quanto terrestre.

Avaliar os parâmetros relacionados à tecnologia da aplicação: DMV (diâmetro mediano volumétrico), densidade de gotas (número de gotas/cm²), cobertura de gotas (%) e volume de cobertura em diferentes posições no dossel da planta (L ha⁻¹).

Quantificar os componentes do rendimento (tamanho de espiga, peso de 100 sementes e produtividade) como resultado final do controle para as diferentes técnicas aplicadas ao controle das doenças.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção mundial do milho e aspecto econômico

A cultura do milho conquistou grande importância dentro do sistema produtivo, não apenas sob o aspecto econômico, mas também como componente do sistema de rotação de culturas. Sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação animal até a industrial de alta tecnologia. Sua produção, juntamente com a soja, contribui com cerca de 80% da produção de grãos no Brasil (EMBRAPA, 2009).

O uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo deste cereal, isto é cerca de 70% da produção mundial. Nos Estados Unidos cerca de 50% é destinado a esse fim, no Brasil esse índice varia de 60 a 80% (AGEITEC, 2012).

A produção mundial de milho é de, aproximadamente, 969 milhões de toneladas em uma área de 176,8 milhões de hectares (USDA, 2014). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, depois de Estados Unidos e China, com uma produção de 78,7 milhões de toneladas, distribuídas em 15,4 milhões de hectares (CONAB, 2014).

Juntamente com a expansão no sistema produtivo e econômico, a cultura do milho obteve crescimento na sua produção no país. Esse crescimento ocorreu em função de vários fatores, como o aumento no potencial genético assim como, o crescimento da área cultivada, principalmente com o plantio de segunda safra (ALVAREZ; PINHO; BORGES, 2006).

Segundo a Alvarez *et al.*, (2012), a produção do milho no Brasil é caracterizada pela semeadura em duas épocas: primeira safra (verão) e segunda safra ou safrinha (inverno). A segunda safra foi introduzida pelos agricultores com o objetivo de ter mais uma opção de cultivo para o período do inverno. Levando os produtores a optarem pelo cultivo da soja no verão e do milho na segunda safra, o que a tornou cada vez mais importante no cenário brasileiro.

O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, sendo uma produção menor para Norte (2,0%) e Nordeste (6,0%) e mais de 90% da produção está concentrada nas regiões Centro-Oeste (43,5%), Sudeste (15,6%) e Sul (32,9%). A participação dessas regiões, em área plantada e produção, vêm se alterando ano a ano, com destaque para a região Centro-Oeste (CONAB, 2014).

3.2 Milho de segunda safra

O milho de segunda safra é caracterizado pelo cultivo em sequeiro, com semeadura realizada nos meses de janeiro a março, após a cultura de verão, geralmente após a soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. O termo safrinha tem origem na baixa produtividade dos primeiros cultivos desse cereal no Estado do Paraná, na década de 1970, que obtinha produtividade muito menor, quando comparada à obtida na safra de verão (CRUZ *et al.*, 2010).

Segundo a Conab (2014), no ano agrícola de 2014, o cultivo de segunda safra de milho no país, confirmou uma produção acima de 51 milhões de toneladas, correspondendo a, aproximadamente, 62% da safra total produzida (81 milhões de toneladas).

No Paraná, por sua extensa cadeia produtiva, seu valor bruto de produção e área cultivada, o milho tem grande importância econômica e social, sendo o cereal mais produzido no estado. Com área total plantada acima de 3 milhões de ha⁻¹ e produção de 17 milhões de toneladas, o estado, ano a ano, vem aumentando suas estimativas de plantio e colheita (CONAB, 2014).

Em 2013, a segunda safra atingiu cerca de 10 milhões de toneladas, com área de, aproximadamente, 2 milhões e 100 mil ha⁻¹. Equivalente a 58% da produção total do estado. As regiões Norte, Oeste, Centro-Oeste e Noroeste são responsáveis por 37, 35, 16 e 8% da produção de segunda safra do estado, respectivamente (PARANÁ, 2014).

Por ser implantado no final da época regular, o milho de segunda safra tem sua produtividade bastante afetada pelas limitações de água, radiação solar e temperatura, em estádios avançados de desenvolvimento (CRUZ; GARCIA; PEREIRA FILHO, 2012).

No Centro-Oeste, os objetivos iniciais começaram a tomar formas diferentes aos do início do cultivo das primeiras lavouras, quando da chegada de variedades de soja mais precoces e períodos de chuvas mais longos, em determinados anos, principalmente em meados dos anos 1990. Deu-se um grande salto de área cultivada e produção obtida em várias microrregiões do Centro-Oeste brasileiro, difundindo cada vez mais seu cultivo, consolidando uma segunda safra para essa região (ÁVILA; GÓMEZ; DEGRANDE, 2001).

No Paraná, nem mesmo as fortes geadas de 1994 impediram o aumento de área cultivada nos anos subsequentes. Os trabalhos foram redobrados para consolidar a tecnologia e difundir o zoneamento para a época mais adequada ao plantio do milho em segunda safra. No Centro Oeste Brasileiro, as grandes empresas de produção de semente lançavam, a cada ano, novos materiais geneticamente mais produtivos e precoces, fatores

que ao longo dos anos possibilitaram maiores investimentos por parte dos produtores, não somente em sementes, mas em adubação e tratos culturais, com o objetivo de alcançar maiores índices de produtividade e rentabilidade (DEMÉTRIO *et al.*, 2008).

3.3 Doenças da cultura do milho, controle e produtos químicos

3.3.1 Doenças fúngicas

O milho, apesar de ser considerada uma planta tolerante à ação de agentes de estresse, tem manifestado significativa vulnerabilidade à incidência de patógenos. A ocorrência de doenças no milho passou a ganhar maior destaque a partir da década de 1990. É importante entender que a evolução das doenças do milho está estreitamente relacionada à evolução do sistema de produção desta cultura no Brasil. Modificações ocorridas no sistema de produção como melhoramento genético, precocidade dos híbridos e plantios sucessivos resultaram no aumento da produtividade da cultura do milho, mas foram também responsáveis pelo aumento da incidência e severidade das doenças (COLAÇO; INOUE, 2007).

O aumento do ataque de doenças fúngicas na cultura do milho tem sido recorrente e motivo de preocupação para produtores e especialistas no assunto, que atribuem à origem dessas epidemias, fatos como a utilização de cultivares suscetíveis em extensas áreas, plantio direto e aumento significativo das áreas destinadas ao cultivo de milho de segunda safra, sem a rotação de culturas e respeito às condições ambientais, entre outros. Associados, esses fatores contribuíram e ainda contribuem para romper a estabilidade do sistema e, conseqüentemente, para a multiplicação e a preservação de inóculo de diversos patógenos, submetendo a cultura ao desenvolvimento de inúmeras doenças (VIANA *et al.*, 2010).

Até a década de 1990, a utilização de controle químico (fungicida) para o manejo de doenças na cultura do milho era restrita a campos de produção de sementes e de milhos especiais, como o milho doce e milho de pipoca. Com o sucessivo cultivo da cultura, principalmente como lavoura principal de inverno, a pressão das doenças passou a ser mais intensa, obrigando os produtores a adotarem a prática de tratamento com fungicidas para a cultura, a que, até então, era desconhecido pela maioria (OLIVEIRA, *et al.*, 2011).

Entre as doenças foliares de maior importância tem-se: a mancha branca (*Phaeosphaeria maydis*), que pode apresentar perdas de 60% na produtividade; a

cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*) que pode acarretar perdas de 80%; já foram determinados danos de 45% na produtividade pela ferrugem polissora (*Puccinia polysora*); ferrugem tropical ou ferrugem branca (*Physopella zea*); A Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) que pode causar perdas de até 50%; A mancha de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*) as doenças que causam podridões dos colmos e das raízes: Antracnose do colmo (*Colletotrichum graminicola*); Podridão de Diplodia (*Stenocarpella maydis*; *Stenocarpella macrospora*); Podridão de Fusarium (*Fusarium moniliforme* e *Fusarium graminearum*); Podridão de Macrophomina (*Macrophomina phaseolina*) e Podridão por Pythium (*Pythium aphanidermatum*) (BRITO *et al.*, 2012).

3.3.2 Métodos de avaliação de doenças fúngicas na cultura do milho

Segundo Azevedo (1997), a quantificação de doenças de plantas, também denominada fitopatometria, visa avaliar os sintomas causados pelos agentes patogênicos nas plantas e seus sinais, como estruturas do patógeno associadas aos tecidos doentes. Para quantificar a intensidade de uma doença é tão importante na fitopatologia quanto à diagnose, sendo que sem quantificar uma doença, nenhum estudo em epidemiologia ou suas aplicações seriam possíveis. Portanto, a fitopatometria é uma ferramenta muito utilizada na fitopatologia e/ou em suas diversas especialidades, pois possui significativa importância quando se estuda a curva de progresso da doença ou ainda quando se deseja quantificar os danos provocados à determinada cultura por um referido patógeno e até mesmo para o estudo de medidas de controle, na determinação da eficiência de um fungicida.

Deve-se atentar aos principais objetivos da fitopatometria, entre eles: estudar a prevalência e a importância das doenças na cultura; determinar danos ou perdas de rendimento; comparar a eficiência de fungicidas; determinar a época de aplicação de fungicidas; verificar o efeito de práticas agrícolas no controle; avaliar a resistência de genótipos aos patógenos no melhoramento; estudar o progresso da doença ou de epidemias (primeiros sintomas, curvas de desenvolvimento ou evolução da doença) e elaborar modelos de previsão de doenças (AMORIN, 1995).

Segundo Moraes (2007), existem dois métodos para determinar a quantidade de doenças em uma cultura: o método direto e o indireto. Para o método direto a avaliação tem como base os sintomas e sinais, através da proporção de tecido doente, como a incidência, severidade e a intensidade da doença. O método indireto parte do princípio de determinação da população do patógeno, sua distribuição espacial, seus efeitos na produção (danos e/ou perdas) e a desfolha causada.

No método direto, a incidência é o método quantitativo mais comum de medição de doença, por ser fácil e rápido, sendo obtida pela contagem de plantas ou órgãos doentes, pelo número e/ou porcentagem de folhas, folíolos, frutos e ramos infectados, sem considerar a quantidade de doença em cada planta ou órgão individualmente. Considera-se este método pouco preciso para doenças foliares, porque aponta uma correlação duvidosa com a severidade (área do tecido doente) em fases avançadas da epidemia. Só pode ser usado para doenças que afetam a planta toda (patógenos do solo, causadores de murchas e podridões de raízes) ou quando uma única infecção impede a comercialização, pela podridão dos frutos (NUNES; ALVES, 2011).

A severidade é outro método utilizado dentro do sistema direto de identificação de doenças. É um método quantitativo e qualitativo, que procura determinar a porcentagem da área de tecido doente (sintomas e/ou sinais visíveis), através da medição direta da área afetada. Tem a vantagem de ser um método mais preciso, pois expressa um dano real, causado pelo patógeno, expressando com maior fidelidade a intensidade da doença no campo e os danos causados.

Intensidade é o terceiro método direto de avaliação. É um termo mais amplo que pode ser expresso como incidência ou severidade. Significa o quanto é intensa a doença ou o quão doente está a planta. A incidência é um parâmetro satisfatório para avaliar a intensidade de doenças, como murchas e viroses, pois a correlação é alta entre incidência e severidade, isso se dá pelo fato da doença afetar a planta toda. Para maioria das doenças foliares esta correlação é baixa (incidência de 100% de plantas com ferrugem, não reflete a intensidade real no campo, pois apesar de todas as plantas apresentarem pústulas de ferrugem, a quantidade de pústulas por folha pode ser baixa, causando pouco dano). Ao contrário da incidência, a intensidade está estreitamente relacionada à perda de produção (VALE; ZAMBOLIM, 1997).

3.3.3 Uso de escalas para quantificação de doenças

Para a quantificação precisa da severidade das doenças foliares na cultura do milho, o sistema que mais tem sido utilizado é o uso de escalas diagramáticas, as quais tratam de representações ilustradas de uma série de plantas, folhas ou partes de plantas com sinais de doenças em diferentes níveis de severidade. Em termos gerais, escalas diagramáticas devem apresentar níveis de severidade reproduzíveis em campo, representar o padrão de evolução das doenças pela estimativa de níveis de danos representativos de todos os estágios de desenvolvimento das doenças e permitir avaliações imediatas (MALAGI *et al.*, 2011).

Para as principais doenças do milho, já foram elaboradas escalas diagramáticas de avaliação. É importante ressaltar que, para cada doença é desenvolvida e validada uma escala, por profissionais da área, a qual traz do modo o mais real possível o sintoma da doença, representado exponencialmente para que a vista humana os diferencie (AMORIM, 1995).

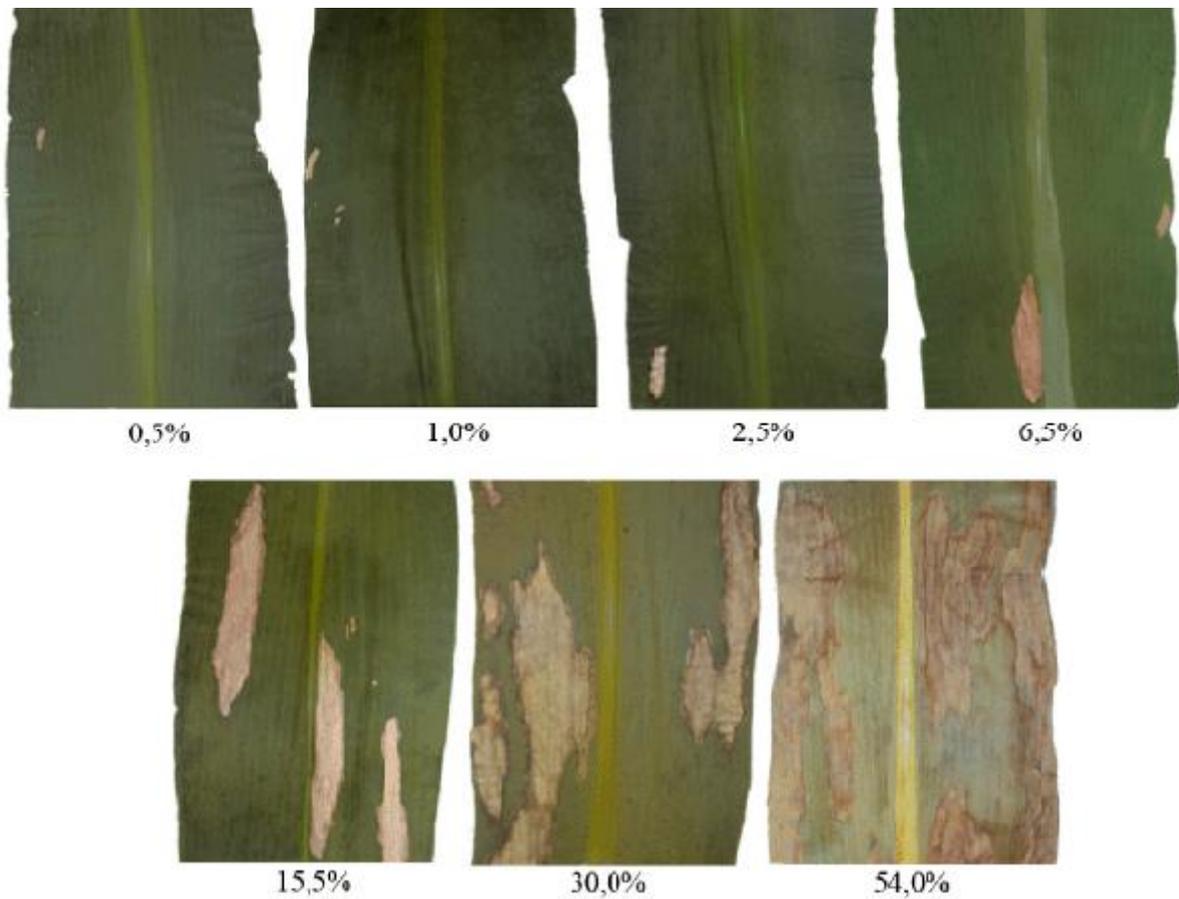


Figura 1 Escala diagramática para avaliação de severidade de helmintosporiose comum em milho (*Zea mays*), causada por *Exserohilum turcicum*.

Nota: Valores em percentual de área foliar com sintomas.

Fonte: Lazaroto *et al.* (2012).

Para a elaboração, das escalas diagramáticas, alguns aspectos devem ser priorizados, tais como: os limites superiores e inferiores da escala, os quais devem corresponder, respectivamente, à quantidade máxima e mínima da doença encontrada no campo; a representação dos sintomas deve estar tão próxima quanto possível aos observados na planta; para os níveis intermediários da severidade da doença, deve considerar as limitações de acuidade da visão humana, definidas pela lei de estímulo visual de Weber-Fechner (CAMOCHENA; SANTOS; MAZARO, 2008).

3.3.4 Controle de doenças

As doenças foliares apresentam correlação negativa com a produtividade, ou seja, com o aumento da doença acontece a redução no rendimento de grãos, fato constatado por Pires (2011), em trabalho desenvolvido em Montividiu (GO) com milho safrinha.

A obtenção de maiores níveis de produtividade em lavouras de milho, atribuída à inclusão de aplicações de fungicidas no sistema de produção, tem sido relatada por parte dos agricultores, cooperativas e fundações científicas em várias regiões produtoras do país, com incrementos de 25 a 30 sacas ha⁻¹ (COTA *et al.*, 2013).

Resultados de pesquisas no Brasil têm confirmado efeitos positivos da aplicação de fungicidas e redução de perdas na produtividade, ocasionadas pelo ataque de doenças. Esses resultados têm sido visualizados, com bons olhos, por acréscimo de produtividade em relação a áreas não pulverizadas (JULIATTI *et al.*, 2007).

A maioria dos produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o manejo de doenças no milho pertencem aos grupos químicos dos triazóis e das estrobilurinas, formulados puros ou em misturas. As características desses produtos também devem ser consideradas, quando da sua utilização, visando à maior eficiência no controle das doenças. As estrobilurinas atuam na respiração mitocondrial, sendo mais efetivas nas fases iniciais do ciclo de vida dos fungos, ou seja, na germinação dos esporos e nos processos iniciais de infecção (FAGAN *et al.*, 2010).

Segundo a Embrapa (2010), fungicidas do grupo triazol inibem a biossíntese de ergosterol, um componente da membrana celular dos fungos, e promovem o controle de patógenos fúngicos em fases mais avançadas do seu ciclo, como a colonização (crescimento micelial) e a pré-esporulação.

Para Juliatti *et al.* (2007), as aplicações de produtos pertencentes a esses dois grupos químicos apresentam maior eficiência quando aplicados simultaneamente (Triazol + Estrobilurina) nos sintomas iniciais das doenças. Normalmente, as aplicações realizadas em situações de elevada intensidade de doenças são menos efetivas.

Segundo Dallagnol *et al.* (2006), o uso em conjunto desses fungicidas (Triazol e Estrobilurina) melhora o controle e neutraliza os problemas de desenvolvimento de resistência dos fungos. A utilização frequente de triazóis, muitas vezes sob condições impróprias (subdoses e tecnologia inadequada), tem resultado em diminuição da sensibilidade do patógeno a este grupo de fungicidas. Este comportamento já foi observado em algumas regiões de cultivo de soja no país.

Para o emprego de fungicidas, em condições de safrinha, deve-se analisar alguns pontos importantes, tais como: alvo principal, referente à doença mais limitante à produção; época de aplicação e dose do fungicida; potencial produtivo e valor do milho no mercado atual e futuro; estágio fenológico da cultura; e custo da aplicação. É importante ressaltar que

o custo com as medidas de controle deve ser sempre inferior à perda ocasionada pela doença (SILVA; SCHIPANSKI, 2006).

Conforme Ferreira (2006), a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos mais multidisciplinares campos da agricultura, uma vez que se reporta ao controle de agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, química e da economia.

Um dos fatores mais importantes para obter a aplicação eficiente é a escolha correta das pontas de pulverização, que são responsáveis pela qualidade de aplicação, visto que interferirá na vazão, cobertura do alvo e uniformidade de distribuição da calda. Outra variável importante na aplicação é o volume de calda, pois se pode trabalhar com volumes reduzidos aumentando a eficiência na pulverização e diminuindo custo operacional. Grande parte dos fungicidas sistêmicos registrados apresenta movimentação no sentido da base para o ápice da folha, com mínima chance de ocorrer o contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra. Devido a isso, são de grande importância a penetração eficiente e a cobertura satisfatória. Aplicar no momento adequado, com as melhores gotas, evitar problemas de escorrimento ou por deriva, são apenas algumas das faces que envolvem toda essa tecnologia (EMBRAPA, 2010).

3.4 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

3.4.1 Aspectos a serem considerados em uma aplicação

Para Barcellos, Carvalho e Silva (1998), os agroquímicos, embora desempenhem papel de fundamental importância dentro do sistema de produção agrícola vigente, têm sido alvo de crescente preocupação por parte dos diversos segmentos da sociedade, em virtude de seu potencial de risco ambiental.

Tradicionalmente, há na sociedade consenso de que os agroquímicos são prejudiciais ao homem, devido às notícias de contaminação de animais e seres humanos. No entanto, o seu uso tem contribuído para a prática agrícola, pela redução de mão de obra e aumento da produção, abaixando os custos e melhorando a qualidade dos alimentos. Porém, sua utilização deve ser feita de maneira racional, dentro do contexto mais amplo da proteção integrada de plantas. Evitam-se, assim, a contaminação do solo e da água, os danos à saúde humana e animal (CUNHA *et al.*, 2003).

Segundo Faggion e Antuniassi (2010), a tecnologia de aplicação tem como princípio básico a divisão do líquido a ser aplicado em gotas (processo de pulverização),

multiplicando o número de partículas (gotas) que carregam os princípios ativos em direção aos alvos da aplicação. Conforme esses autores, para o planejamento de uma pulverização, devem ser levados em conta o volume e o tamanho das gotas a serem aplicadas, pois elas são fatores básicos, de suma importância para início de uma pulverização.

Para Matuo, Pio e Ramos (2002), tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas.

É importante saber diferenciar o que é pulverização e aplicação. Pulverização é o processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em partículas ou gotas. E aplicação é a deposição de gotas sobre um alvo desejado, com tamanho e densidade adequada ao objetivo proposto (RAMOS *et al.*, 2010).

3.4.2 Tamanho de gotas

Para Santos (2005), as gotas de pulverização são geradas e liberadas pelos bicos de pulverização. Este processo resulta da “explosão” rápida e violenta de um fluxo líquido sobre pressão, através de um orifício calibrado, gerando uma grande quantidade de gotas de diâmetros variados, pesos diferenciados, trajetórias e velocidades diferentes entre si, sob maior ou menor influência das condições meteorológicas ambientais, refletindo-se em uma maior ou menor coleta das gotas pelo alvo a ser atingido. Por outro lado, a situação, dimensões ou posição deste mesmo alvo, poderá ou não facilitar a deposição das gotas em superfícies imediatamente abaixo do ponto de geração ou serem desviadas a grandes distâncias ou desaparecerem por completo.

Durante uma aplicação de defensivos, uma ponta de pulverização não produz um único tamanho de gota. Dessa forma, o tamanho de gotas utilizado na classificação da pulverização foi denominado como: fino, médio ou grosso. Portanto, temos o conceito que o diâmetro ou tamanho da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais é denominado de diâmetro mediano volumétrico (DMV). Outra forma, para análise do diâmetro das gotas de uma amostra, é o diâmetro mediano numérico (DMN). O DMN é o diâmetro de gota que divide a massa de gotas em duas partes, sendo que 50% das gotas (em número) têm diâmetro maior que o DMN e 50% (em número) têm diâmetro menor que o DMN. Neste caso, de maneira análoga ao DMV, a tendência é que o DMN seja influenciado pelas gotas menores (grande número), induzindo a um baixo valor para o DMN. Como ambos os parâmetros acabam sendo muito influenciada pela proporção de gotas grandes e pequenas, a relação entre estes fatores fornece um bom parâmetro para análise da homogeneidade do espectro de gotas produzidas (CHECHETTO; ANTUNIASSI, 2012).

São consideradas gotas grandes aquelas que apresentam tamanhos acima de 400 μm . Têm como característica menor perda por deriva e menores problemas de evaporação, o que acontece entre o ponto de saída da gota e o alvo. Porém, possui menor cobertura da superfície a ser tratada (gotas cm^{-2}) e baixa capacidade de penetração na cultura, com elevada possibilidade de escorrimento do produto nas folhas. O tamanho das gotas médias fica entre 200 a 400 μm . São consideradas intermediárias, pois seu tamanho fica entre gotas grandes e pequenas. As gotas com tamanho inferior a 200 μm são consideradas pequenas, pois são arrastadas facilmente pelo vento, possuem grandes perdas pela evaporação, mas, por outro lado, consegue atingir boa cobertura da superfície, melhor penetração entre as folhas da cultura e menor perda por escorrimento (ANTUNIASSI, 2009).

3.4.3 Condição de clima ideal para pulverização

Segundo Faggion e Antuniassi (2010), um parâmetro fundamental para o sucesso do tratamento é a adequação da tecnologia de aplicação às condições climáticas. Deve-se respeitar a temperatura: mínima de 10 °C; a ideal entre 20 e 30 °C; a máxima de 35°C. E também a umidade relativa do ar: mínima de 60%; ideal de 70 a 90%; máxima de 95%. No caso do vento, o ideal é que as aplicações sejam realizadas com vento entre 3 e 10 km h^{-1} . A ausência de vento também pode ser prejudicial, em função da chance de ocorrer ar aquecido ascendente, o que dificulta a deposição das gotas pequenas. Estes limites, entretanto, devem ser considerados e de forma flexível, de acordo com a tecnologia de aplicação que será utilizada. Como exemplo, o uso de gotas grossas ou muito grossas pode facilitar o trabalho um pouco além dos limites, quando se encontra uma condição de vento acima do recomendado, tendo sempre o cuidado para que a aplicação não seja feita em condições muito extremas com relação ao clima. Mesmo dentro das faixas de trabalho relativas a estes limites, as características da técnica utilizada devem ser consideradas no momento da tomada de decisão.

As melhores condições de aplicação se encontram no período da manhã, final da tarde e a noite. Geralmente, esses horários apresentam uma temperatura menor e umidade relativa do ar maior. Considerando-se que, nesses horários, a condição climática está ideal, recomenda-se então, o uso de gotas pequenas na pulverização, para uma melhor cobertura de superfície do alvo. Porém, não se deve descuidar do monitoramento das condições ambientais, à medida que a mesma vai se alterando, como por exemplo, o aumento de temperatura, o padrão de gotas também deve ser mudado, nesse caso para maior, assim não sofrerá efeito negativo na aplicação (SÔNEGO; GARRIDO, 2013).

Para Antuniassi (2012), a chuva e o orvalho são fatores climáticos que também requerem atenção no momento do planejamento das aplicações. No caso da chuva,

recomenda-se bastante cuidado na observação do intervalo mínimo de tempo entre a aplicação e a ocorrência da chuva, visando permitir o tempo mínimo para a penetração e absorção dos ingredientes ativos. No caso do orvalho, a presença de água nas folhas pode causar interferência na técnica de aplicação. O risco de um eventual escorrimento está ligado ao uso de espalhantes (surfactantes) nas caldas. Entretanto, existem situações, dependendo da técnica empregada e do tipo de defensivo utilizado, em que a ação do orvalho pode ser benéfica (muitos fungicidas se posicionam nesta situação). A aplicação noturna apresenta vantagens no que se refere às condições climáticas (umidade, temperatura e vento mais adequadas à aplicação de gotas mais finas), mas esta opção deve considerar a possível existência de limitações técnicas relativas aos próprios defensivos, às questões de eficiência e velocidade de absorção/penetração nas situações de ausência de luz ou baixas temperaturas.

3.4.4 Perdas por deriva

A deriva representa um dos problemas mais sérios que podem ocorrer durante as aplicações de defensivos agrícolas. As gotas de pulverização, ao percorrerem a distância entre o pulverizador e o alvo, podem ser arrastadas pelo vento e pelas correntes aéreas ascendentes. Quanto menor o diâmetro das gotas, maior a sua suscetibilidade à deriva, sendo a resistência do ar à queda de uma gota inversamente proporcional ao seu diâmetro (COSTA *et al.*, 2012).

O vento em excesso causa deriva, prejudicando a qualidade da aplicação e ocasionando perdas do produto aplicado. Pouco vento (velocidade $< 2 \text{ km h}^{-1}$) não permite uma adequada distribuição das gotas da calda sobre a folhagem e pode ocasionar perdas por inversão térmica. Sendo assim, o vento pode interferir negativa ou positivamente em uma aplicação.

Numa aplicação, sobre condições de vento excessivo, a utilização de gotas de categorias grossas a extremamente grossas pode ser uma solução, porém, isso vai depender das exigências do produto a ser aplicado (BOLLER; FORCELINI; HOFFMANN, 2007).

3.4.5 Fatores que interferem nas características da calda

Para Chechetto (2011), os adjuvantes são produtos inertes que são adicionados na calda de pulverização para aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos, melhorando sua aderência sobre a superfície foliar, aumentando a absorção do ingrediente

ativo pelas plantas. Porém, o uso de adjuvantes de calda tem se tornado muito popular, havendo necessidade de ampla discussão sobre as reais funções dos produtos disponíveis no mercado. Os adjuvantes podem atuar em todas as etapas do processo de aplicação de um produto fitossanitário, desde a formação das gotas (pulverização), até a ação biológica do princípio ativo no alvo.

Os adjuvantes mais comumente utilizados são os “espalhantes” que têm a função de reduzir a tensão superficial do líquido, permitindo que a gota se espalhe sobre a superfície foliar, aumentando assim, a área de cobertura e o contato com o limbo foliar (ARAÚJO; RAETANO, 2011).

Os óleos tem como função principal, melhorar a penetração e adesão dos defensivos nas folhas. Os óleos atuam também no processo de formação de gotas, induzindo o aumento em seu tamanho médio e a redução da formação de gotas muito finas no espectro, atuando desta maneira como um agente redutor de deriva. Os tipos de óleos adjuvantes se encontram nas seguintes categorias: óleo mineral formulado: contendo de 43 a 93% de óleo mineral + inertes (surfatantes, emulsionantes, etc.); óleo vegetal formulado: de 80 a 93% de óleo vegetal + inertes (surfatantes, emulsionantes, etc.); óleo vegetal modificado (MSO): 72 a 80% de ésteres metilados ou etilados + inertes (surfatantes, emulsionantes, etc.); óleo vegetal puro (ex.: óleo degomado de soja ou algodão): são óleos vegetais não modificados que precisam ser usados em conjunto com emulsionantes para que possam ser misturados na calda (SOUZA; PAZINI; FERREIRA, 2013).

A pureza da água é um aspecto importante a se considerar na tecnologia de aplicação, pois se refere à ausência de detritos capazes de causar entupimentos nos componentes das máquinas aplicadoras. Argila e compostos orgânicos em suspensão podem adsorver ingredientes ativos de produtos fitossanitários e inativar os mesmos no interior do depósito do pulverizador, mesmo antes da sua aplicação. O pH da água interfere no grau de acidez ou de alcalinidade das caldas de produtos fitossanitários e tende a influenciar na estabilidade destas e nos resultados dos tratamentos, uma vez que na hidrólise, que degrada diversos ingredientes ativos de defensivos, o nível de dissociação do ingrediente ativo e a estabilidade física da calda dependem do pH (FARIAS *et al.*, 2014).

A neutralização de íons, presentes na água, e o abaixamento do pH podem ser realizados acrescentando-se alguns adjuvantes, antes da colocação dos defensivos no depósito das máquinas aplicadoras. Muitos produtos comerciais já contêm na sua formulação substâncias tamponantes, que se destinam a manter o pH da calda mais próximo do ideal, independentemente do pH da água utilizada (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

A dureza da água refere-se à presença de cátions como o Ca^{++} e o Mg^{++} e pode interferir no comportamento das caldas, causando floculação e originando aglomerados que podem entupir os filtros e as pontas das máquinas aplicadoras ou, reagindo com os

componentes dos ingredientes ativos, formar compostos insolúveis, afetando a atividade biológica. Essa dureza pode ser corrigida, adicionando-se um tensoativo não iônico à calda ou acrescentando-se um quelatizante (composto que isola a carga elétrica e suprime a reatividade de íons) na água, antes da preparação da calda (BOLLER; FORCELINI; HOFFMANN, 2007).

3.4.6 Utilização de baixos volumes na aplicação

As aplicações fitossanitárias são preocupações de pesquisadores e agricultores nas últimas duas décadas, não apenas pela importância que as doenças ganharam sobre as diversas culturas, mas também pela variação de volumes de vazões recomendadas, que confunde a interpretação de muitos, pois, muitas vezes, o agricultor tem dificuldade de entender que um mesmo tratamento pode ser realizado com volume de 400, 300, ou 130 L ha⁻¹. Uma variação no volume de calda expressiva, com resultados positivos em ambos os casos. Algumas vezes, com vantagem para os menores volumes. Isso sem considerar a inclusão da aplicação aérea que, num tratamento semelhante, isto é, com o mesmo princípio ativo, pode ser realizada com volume de 30 litros e até de 5 litros por hectare (REZENDE, 2010).

Estas distorções presentes no campo revelam que a presença da água, embora importante, não é fator principal para um tratamento adequado. Não é a água que irá ditar se o controle será melhor ou pior. A água eventualmente poderá ser a responsável por um tratamento menos eficaz, quando usada de forma exagerada. Grandes volumes, geralmente estão associados à presença de gotas desuniformes, de espectro maior e pior cobertura, além, de escoamento ou do efeito guarda-chuva.

Muitas propriedades já fazem uso de volume de vazão terrestre ultrabaixo há tempos: 30 L ha⁻¹ – 40 L ha⁻¹ – 60 L ha⁻¹ e com absoluto êxito, quando comparados com áreas vizinhas que utilizam volumes tradicionais. Para trabalhar com baixos volumes, os maiores obstáculos estão relacionados ao treinamento do operador e às condições técnicas das máquinas: pessoal devidamente treinado e equipamentos em condições de uso, ou seja, revisados. E, numa escala menor, as condições ambientais: temperatura, umidade e vento (BALAN; ABI SAAB; SASAKI, 2008).

3.5 Aplicação aérea x aplicação terrestre

Há um questionamento frequente da maioria dos técnicos e agricultores sobre qual a melhor tecnologia para a aplicação de defensivos agrícolas. As aplicações por vias aérea e terrestre não são necessariamente concorrentes, mas complementares, pois cada uma apresenta características próprias, tanto do ponto de vista técnico como operacional, sendo, portanto, de suma importância o conhecimento dos seus diferenciais para a tomada de decisão sobre quando adotar uma ou outra tecnologia (SCHRÖDER, 2007).

As aplicações por via aérea não podem ser efetuadas junto a cidades, nem em áreas perigosas sobre determinadas redes elétricas, requerendo a adoção de equipamentos terrestres. Por outro lado, a topografia plana da maioria das áreas e a presença de pistas de pouso nas propriedades agrícolas são fatores que contribuem para essa modalidade de aplicação. O tratamento por via aérea não causa danos diretos à cultura, como amassamento, ou indiretos, como a compactação do solo e, pelo fato de não entrar em contato com a cultura, não contribui para a disseminação de patógenos de uma área para outra, o que é comum nas aplicações por via terrestre (CUNHA; TEIXEIRA; VIEIRA, 2005).

A aviação agrícola se destaca por ser uma atividade que proporciona aos produtores rurais diversos benefícios, pois permite que o controle químico ou biológico, necessários ao processo de produção agrícola, seja realizado em curto espaço de tempo, com precisão e eficácia. Como o avião aplica em velocidade praticamente constante e sofre pouca influência das condições do terreno (irregularidades, umidades), há uniformidade na distribuição das gotas pulverizadas, pois a grande maioria das aeronaves é equipada com sistemas DGPS para orientação do voo. A utilização de pessoal especializado: piloto agrícola, coordenador em aviação agrícola, técnico executor em aviação agrícola, Engenheiro Agrônomo como responsável técnico e, ainda, uma completa regulamentação e fiscalização da atividade fazem da aviação agrícola uma ferramenta segura e eficaz para a aplicação de agrotóxicos, com menores possibilidades de contaminação ambiental (CARVALHO, 2007).

Dentre as limitações da aplicação por via terrestre destacam-se: a limitação do trânsito dos pulverizadores terrestres pelo excesso de umidade no solo; a baixa capacidade de trabalho da maioria dos equipamentos, principalmente, quando se necessita de um controle rápido de doenças com acentuada disseminação, como, por exemplo, a ferrugem da soja (*Phakospora pachyrhizi*) ou de uma praga; os danos causados pelo amassamento da cultura que podem variar de 0,80 % até 10%, dependendo do cultivar e do manejo adotado (ARAÚJO, 2006; CAMARGO *et al.*, 2008).

Por falta de regulamentação e fiscalização, muitos equipamentos terrestres encontram-se desregulados, com vazamentos e sucateados, o que contribui, em parte, para

a contaminação do meio ambiente. A utilização de pessoal não especializado, muitas vezes, semianalfabetos, sem a orientação de um técnico especializado ou Engenheiro Agrônomo, na aplicação de defensivos por via terrestre, acaba potencializando todas as desvantagens acima descritas, reduzindo ainda mais a lucratividade da lavoura e aumentando as possibilidades de contaminação ambiental (GANDOLFO, 2002; BOLLER; FOORCELINI; HOFFMANN, 2007).

As duas tecnologias tornam-se complementares a partir do momento que as vantagens de uma tornam-se desvantagens para a outra e vice-versa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Condução experimental

O experimento foi realizado na fazenda São Bento, no município de Goioerê, Noroeste do estado do Paraná, apresentando as coordenadas centrais de latitude 24°12'57.48" S e longitude 52°56'06.58" O. Com uma altitude média de 519 metros, topografia suavemente ondulada e solo classificado como Latossolo Vermelho, textura média arenosa (EMBRAPA, 2006), em área de milho de segunda safra (safrinha). Realizou-se o plantio no sistema direto, após a colheita da soja, posteriormente ao controle das plantas invasoras, realizado com o herbicida Roundup WG (Glifosato 792,5 g L⁻¹) na dose de 1,2 kg ha⁻¹. O híbrido utilizado foi o Pioneer 30K75 Herculex, no espaçamento de 0,45 m entre fileiras e 2,5 plantas por metro linear, totalizando uma população final de 55.500 plantas ha⁻¹. No tratamento de semente, utilizou-se o produto Standak Top (Fipronil 250 g L⁻¹; Tiofanato metílico 225 g L⁻¹; Piraclostrobina 25 g L⁻¹), em mistura pronta na dosagem de 0,2 litros do produto comercial para cada 100 kg de semente. No primeiro ano de pesquisa a semeadura da cultura foi realizada nos dias 17 a 19 de março de 2013, no segundo ocorreu no período de 21 a 24 de fevereiro de 2014.

A adubação de base foi realizada com o formulado NPK 10-28-16 na dose de 250 kg h⁻¹, conforme a análise de solo (N=22 g/dm³; P=15,8 mg/dm³; K=0,23 cmol/dm³; Ca²⁺=3,26 cmol/dm³; Mg²⁺=0,89 cmol/dm³) e recomendação técnica. O controle das plantas invasoras foi realizado aos dez dias após a emergência da cultura (D.A.E), com o herbicida Primólio (Atrazina 400 g L⁻¹) na dose 3,5 L ha⁻¹ para os dois anos de ensaio (2013 e 2014).

4.2 Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em faixas, no sentido horizontal do terreno, contendo, aproximadamente, 800 metros de comprimento. Cada parcela de tratamento foi representada pelos diferentes volumes testados para aplicações aérea e terrestre. O experimento constou de nove tratamentos, quatro repetições, sendo testados, na aplicação

aérea, quatro volumes de calda (7,5; 13,5; 20; e 30,3 L ha⁻¹) e, para a aplicação terrestre, outros quatro volumes (90; 110; 130 e 150 L ha⁻¹). O nono tratamento foi a testemunha sem fungicida. Cada parcela com o tratamento aéreo foi formada por quatro passadas da aeronave. Cada parcela apresentou tamanho distinto (m²), pois a largura da faixa de cada parcela se altera com a mudança do volume aplicado (Tabela 1). No equipamento terrestre o tamanho de cada parcela foi única 21.600 m² (27x800), representada por uma única passada do equipamento. Ao contrário das aeronaves, os pulverizadores terrestres não alteram as faixas de aplicação com a mudança do volume.

Tabela 1 Descrição da faixa de aplicação do fungicida, conforme taxa de aplicação utilizada

TRATAMENTO	EQUIPAMENTO	TAXA DE APLICAÇÃO	FAIXA
1	Avião Agrícola	7,5 L ha ⁻¹	20 m
2	Avião Agrícola	13,5 L ha ⁻¹	18 m
3	Avião Agrícola	20,0 L ha ⁻¹	16 m
4	Avião Agrícola	30,3 L ha ⁻¹	15 m
5	Pulverizador Terrestre	90,0 L ha ⁻¹	27 m
6	Pulverizador Terrestre	110,0 L ha ⁻¹	27 m
7	Pulverizador Terrestre	130,0 L ha ⁻¹	27 m
8	Pulverizador Terrestre	150,0 L ha ⁻¹	
Testemunha	-	-	-

4.3 Avaliações das doenças

Para o ano de 2013, o início da avaliação de doenças foi aos 21 dias que antecederam a aplicação do fungicida. A cultura implantada encontrava-se no estágio V6 a V8 (seis a oito folhas desenvolvidas). As avaliações foram realizadas da seguinte forma: foram marcadas seis plantas por parcela (com tinta spray de coloração amarela), de forma aleatória totalizando vinte e quatro plantas analisadas para aplicação aérea e vinte quatro plantas para aplicação terrestre e seis plantas na testemunha (Figura 2). Essa quantidade de plantas foi determinada de forma que viabilizasse a execução do levantamento e representatividade das parcelas. O monitoramento teve início no dia 19 de abril de 2013 e foi concluído no dia 9 de maio de 2013, com intervalos de avaliação de cinco dias, totalizando ao final, quatro avaliações.

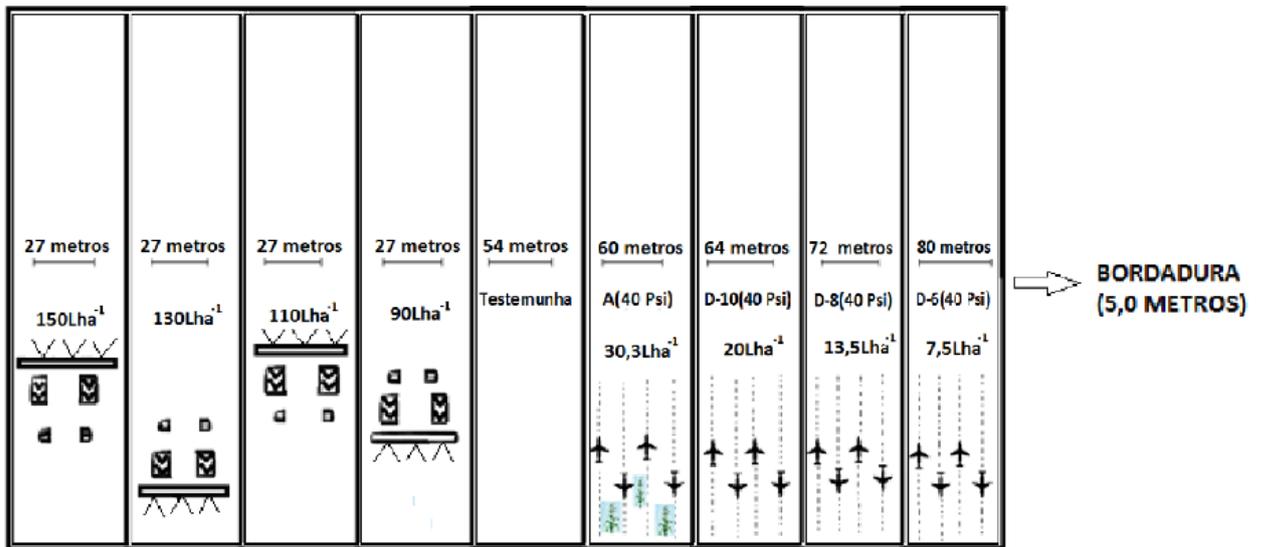


Figura 2 Croqui da área experimental para os dois anos de pesquisa 2013 e 2014.

Nota: Pulverizações terrestre e aérea de fungicida.

As avaliações de doenças foram realizadas por três profissionais da área (Engenheiro Agrônomo), que se dirigiam sozinhos para a análise, não levando a avaliação anterior, evitando, assim, a subestimação de dados.

Para a análise de doenças, os técnicos utilizaram a escala diagramática proposta por Chester (1950), com modificação feita pela Agroceres (1996), conforme a Figura 3.

Como a escala expressa a severidade de doença da planta inteira, os técnicos a avaliaram, olhando-a de baixo para cima, atribuindo uma nota de 0 a 9 na escala pela quantidade de doença encontrada por planta, convertendo depois em porcentagem (%) de área lesionada.

Escala para avaliação da severidade de doenças foliares em milho

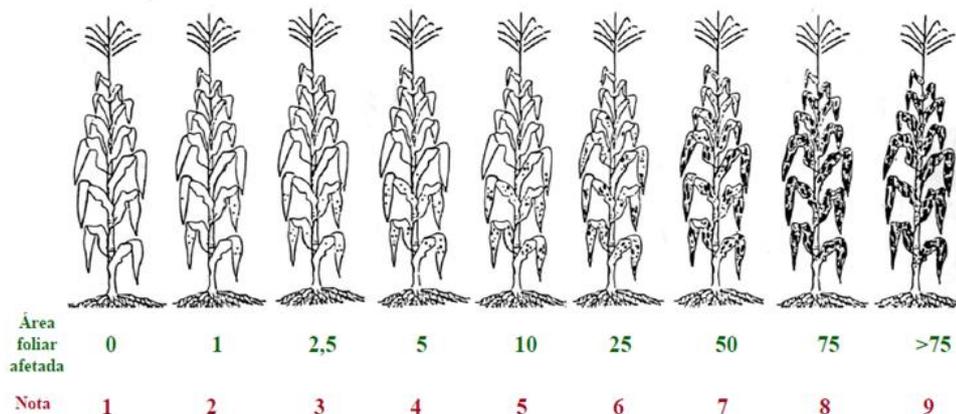


Figura 3 Escala para avaliação da severidade de doenças foliares em milho.

Fonte: Agroceres (1996).

No segundo ano de pesquisa (2014), a aplicação de fungicida na cultura do milho foi realizada no dia 9 de maio de 2014 e, para avaliação de doença, foram utilizados os mesmos critérios do ano anterior (2013). Início de avaliação aos 21 dias antecedentes da aplicação, realizado por três técnicos da área, intervalos de cinco dias até a data de aplicação, totalizando quatro avaliações e utilização da escala de Chester. Para esse mesmo ano, foi realizada também a avaliação de doenças após a aplicação do fungicida. Adotando-se o sistema de quatro avaliações após aplicação, com intervalos de cinco dias após a data de pulverização, por três técnicos da área e escala de Chester, ou seja, mesmo sistema de avaliação utilizado anteriormente.

4.4 Equipamentos, materiais utilizados e procedimentos de aplicação

O produto utilizado no tratamento foi um fungicida sistêmico, de mistura pronta, contendo estrobilurina (200 g L^{-1}) e triazol (80 g L^{-1}), na dose de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial, juntamente com óleo vegetal na dose de $0,6 \text{ L ha}^{-1}$. Para aplicação aérea, foi utilizada uma aeronave modelo Ipanema 202-A, equipada com oito atomizadores rotativos de tela, fabricados pela empresa Micronair. Para cada taxa de aplicação, utilizaram-se pontas que melhor se enquadravam ao volume proposto. Para os volumes de 7,5; 13,5; 20 e $30,3 \text{ L ha}^{-1}$ foram usados pontas D-6; D-8; D-10 e A, respectivamente, todos trabalhados à pressão de 40 Psi. Cada parcela foi representada por um volume. Em cada término de parcela, foi necessário realizar um pouso, efetuar troca das pontas, reabastecimento de calda e decolagem. Totalizando ao final, quatro decolagens e quatro pousos. A velocidade média de aplicação foi de 160 Km h^{-1} ($100 \text{ milhas h}^{-1}$) e a altura do voo, em relação ao dossel da cultura, foi de 3,5 m.

Na aplicação terrestre, foi utilizado um pulverizador autopropelido, modelo Gladiador, marca Stara, contendo 27 metros de barras, e espaçamento entre bicos de 0,5 m com controlador eletrônico de vazão. O equipamento terrestre foi configurado com cinquenta e quatro pontas de pulverização, jato plano, modelo Jacto AVI11002 (indução de ar), utilizado nas quatro taxas de aplicação (90 ; 110 ; 130 e 150 L ha^{-1}). Cada parcela foi representada por um volume. A altura de barra trabalhada foi de 0,5 m em relação à cultura e a velocidade média de aplicação foi de $8,0 \text{ Km h}^{-1}$. A pressão de trabalho ficou entre 45 e 55 Psi, ajustada automaticamente pelo sistema eletrônico, adequando a taxa aplicada em relação à velocidade de deslocamento.

Tabela 2 Bicos utilizados nas pulverizações terrestres e aéreas para os dois anos de pesquisa (2013 e 2014)

PULVERIZAÇÃO	BICO	MARCA	PRESSÃO TRABALHADA (PSI)	CONDIÇÕES DE USO DO BICO
Terrestre	AVI 11002	Jacto	45-55	Usado
Aérea	D-6	Core	35	Usado
Aérea	D-8	Core	35	Usado
Aérea	D-10	Core	35	Usado
Aérea	A	Core	35	Usado

As condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram monitoradas no momento de aplicação para os dois anos de experimento (2013 e 2014), apresentando condições favoráveis para aplicação do fungicida: temperatura de 22 °C, umidade relativa a 88% e velocidade do vento abaixo 3 5 km h⁻¹ para o primeiro ano de pesquisa. Umidade relativa de 67%, temperatura de 26 °C e velocidade do vento entre 4 e 6 km h⁻¹ para o segundo ano.

A aplicação do fungicida ocorreu entre os estádios V10 e VT (pré-pendoamento) da cultura. Para o estudo da deposição de gotas foram analisados o diâmetro mediano volumétrico (μm), a densidade de gotas (cm^2), a cobertura de gotas (%) e o volume de aplicação (L ha^{-1}), utilizando papel sensível à água e óleo (76 mm x 26 mm). Para cada parcela aplicada (aéreo e terrestre) foram escolhidos ao acaso, quatro plantas da cultura, localizadas ao centro da parcela, eliminando a bordadura, fixando o papel sensível no terço inferior, médio e superior na face adaxial da folha de cada planta. Logo, cada parcela teve doze papéis utilizados. Infelizmente, no primeiro ano de pesquisa (2013), foi possível somente a análise dos terços superior e inferior na qualidade de aplicação, pois a maior parte dos papéis sensíveis instalados no terço médio foi perdida durante a operação de coleta. Após a aplicação, os papéis foram recolhidos e depositados em embalagem térmica, e posteriormente suas imagens foram capturadas por Scanner a resolução de 600 DPI, para ser avaliado pelo *Software Gotas*[®].

4.5 Avaliação dos componentes de rendimentos e produtividade

Quando a cultura se encontrava em estágio de maturação, foram mensurados os componentes: tamanho de espiga, peso de 100 grãos e produtividade. Dentro de cada parcela, foram demarcadas de forma aleatória, com fita sinalizadora, quatro áreas (repetições), com tamanho de 2,25 m². Todas as plantas contidas nessas repetições foram avaliadas (média de 10 plantas/ repetição). Para a determinação do componente tamanho de espiga, elas foram colhidas separadamente por parcela e aferidas com uma trena

milimétrica. Após as medições, as espigas foram debulhadas, sua umidade ajustada a 13%, e para a determinação do peso de 100 grãos e produtividade por parcela, utilizou-se a somatória das quatro subamostras das quatro repetições encontradas em cada parcela.

Para fins de análise estatística e determinação da produtividade, foi aplicada a análise de variância e regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições climáticas

As precipitações pluviométricas e o número de dias no local da implantação do experimento foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação localizada no município de Campo Mourão – PR, a uma distância aproximada de 40 km do experimento. Observam-se na Figura 4 os volumes de chuvas durante os dois anos de tratamento (2013 e 2014).

Para Brito *et al.* (2012), as condições de umidade relativa (acima de 80%), tempo de molhamento de folhas (2 h – 24 h) e temperaturas entre 25 e 30 °C são fatores preponderantes no surgimento de doenças foliares.

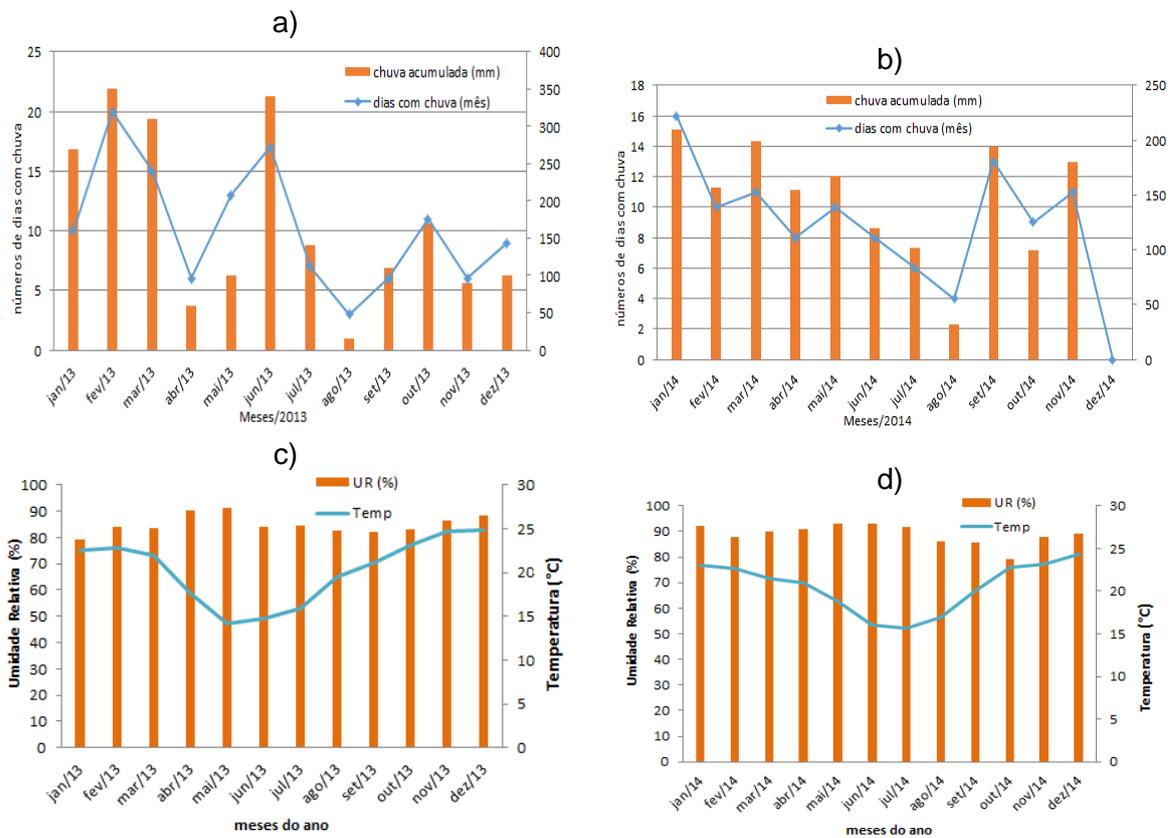


Figura 4 a) Precipitação anual (mm) e número de dias com chuva para o ano 2013; b) Precipitação anual (mm) e número de dias com chuva para o ano 2014; c) Umidade relativa (%) e temperatura (°C) para o ano de 2013; d) Umidade relativa (%) e temperatura (°C) para o ano de 2014.

Fonte: INMET (2014).

Para o primeiro ano de experimento (2013), volumes expressivos de chuva se apresentaram a partir do início do ano, principalmente para a implantação da cultura, realizada no mês de março, com precipitação acima dos 300 mm, distribuição do volume em 15 dias (número de dias com chuva). Para o desenvolvimento e ciclo vegetativo da cultura (março – maio), o regime pluviométrico foi satisfatório, ultrapassando os 400 mm acumulados e satisfazendo a exigência mínima da cultura que é de 2,5 mm dia⁻¹ (EMBRAPA, 2010). Apenas o mês de abril ficou abaixo da média anual para a região que é de 157 mm, porém, não comprometeu o ciclo. Na fase reprodutiva (junho – julho) chama a atenção o índice pluviométrico para o mês de junho, ficando próximo dos 350 mm, bem acima da média regional que é de 120 mm (INMET, 2014).

No segundo ano de avaliação (2014), os índices pluviométricos ficaram dentro das médias mensais. Os dois primeiros meses do ano apresentaram acumulados acima de 150 mm, favorecendo o plantio e a germinação das plantas no mês de fevereiro. A exceção foram os meses de abril e maio, pois apresentaram volumes acumulados de 150 mm para ambos os meses. De junho a julho os volumes permaneceram acima dos 100 mm, garantindo um bom desenvolvimento reprodutivo da cultura.

5.2 Severidade de doenças

Nos gráficos das Figuras 5 e 6, visualiza-se a severidade das doenças na cultura do milho de segunda safra, antes da aplicação de fungicida, no primeiro ano de pesquisa (2013). Verifica-se que não houve diferença significativa na severidade de doenças entre as parcelas, nas pulverizações terrestre e aérea. Esse resultado já era esperado, pois uma cultura que até o momento não sofreu nenhum tipo de tratamento para o controle de doenças foliares, naturalmente apresentaria uma uniformidade de severidade entre as parcelas.

Isso demonstra que não ocorreram fatores anteriores à aplicação do fungicida que pudessem influenciar as parcelas e provocar diferenciação das mesmas. Porém, observa-se que ocorreu o aumento na severidade de doenças nas plantas com a evolução do estágio vegetativo.

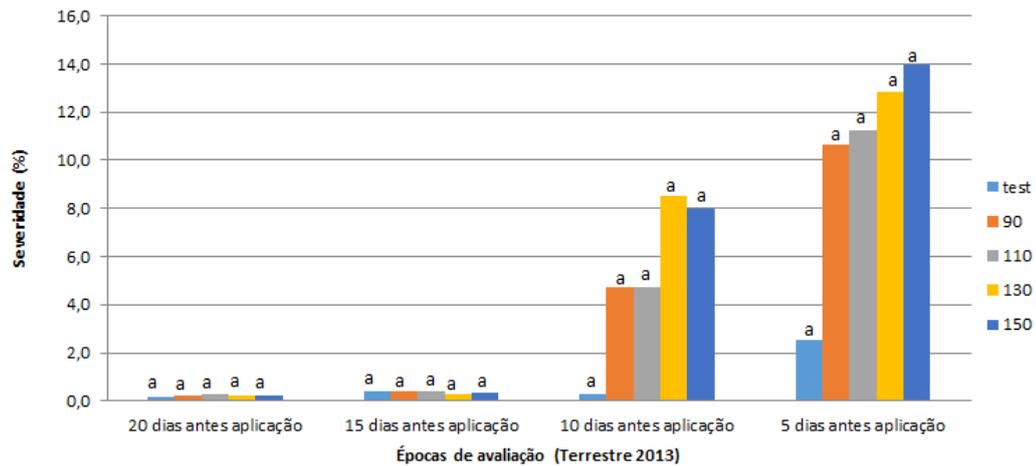


Figura 5 Severidade de doenças foliares (%) avaliada no dossel da cultura do milho, nos diferentes volumes testados, antes da aplicação de fungicida com pulverizador terrestre, para o ano 2013.

Nota: Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

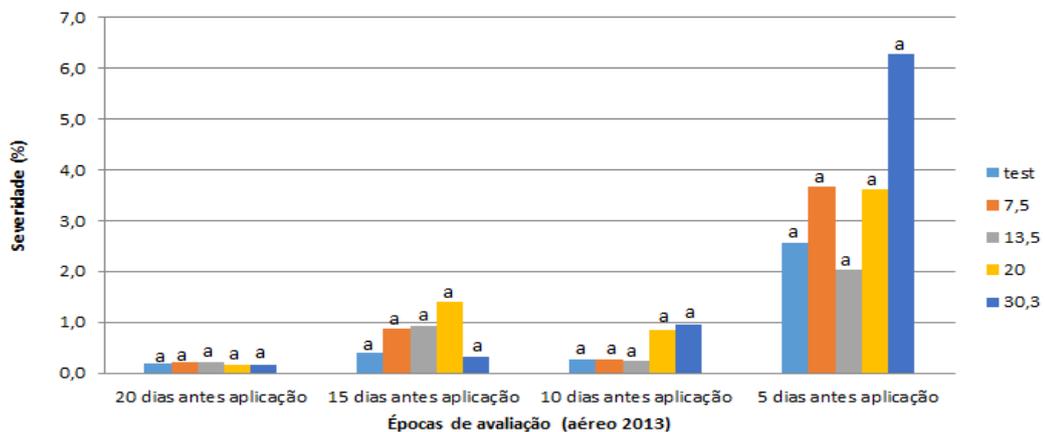


Figura 6 Severidade de doenças foliares (%) avaliada no dossel da cultura do milho, nos diferentes volumes testados, antes da aplicação de fungicida para aplicação aérea, no ano de 2013.

Nota: Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 7, observa-se que as médias da severidade de doenças não apresentaram diferenças significativas entre as parcelas na avaliação anterior à aplicação para o tratamento terrestre. Confirmando o mesmo resultado apresentado no primeiro ano de estudo (2013). Exceto a avaliação aos quinze dias antes da aplicação aérea (Figura 8), que apresentou diferença significativa no tratamento com dose de 13,5 L ha⁻¹. Possivelmente, devido ao fato de uma subestimação na avaliação das doenças realizada pelos técnicos, na qual se elevou seu índice de severidade, quando comparado com os demais tratamentos.

Analisando-se o controle de doença após aplicação, para tecnologia terrestre e aérea, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa pela análise de variância, quando comparadas com a testemunha, porém as mesmas não se diferenciaram entre si para todo intervalo de avaliação (Figuras 7 e 8).

Segundo Cunha *et al.* (2010), a obtenção de coberturas ideais na aplicação de fungicida ajuda a explicar o fato de não ter ocorrido diferença significativa entre as parcelas tratadas, pois todos os tratamentos atenderam à recomendação mínima para o controle das doenças foliares.

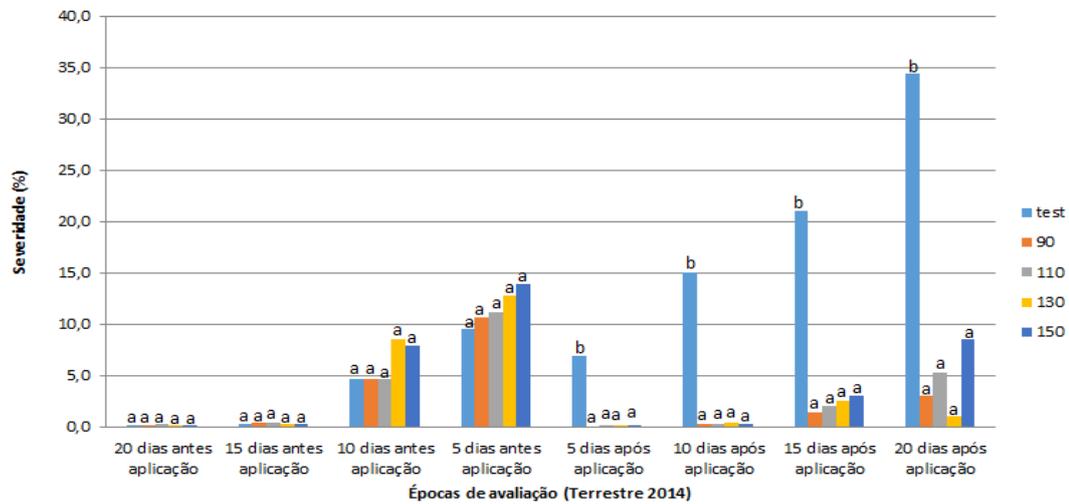


Figura 7 Severidade de doenças (%) para o ano de 2014, nos diferentes volumes testados, antes e depois da aplicação de fungicida, para aplicação terrestre.

Nota: Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey, para avaliação de severidade posteriormente à aplicação do fungicida.

Para os diferentes volumes testados (Figuras 7 e 8), observa-se que não houve diferença significativa no controle de doenças, apresentando uma severidade do patógeno inferior a 5%, até o vigésimo dia de avaliação, quando comparado com a testemunha que apresentou severidade próxima aos 35%. Essas observações estão de acordo com o trabalho realizado por Cunha e Pereira (2009), verificando que diferentes volumes testados não influenciaram no controle de doenças na cultura do milho.

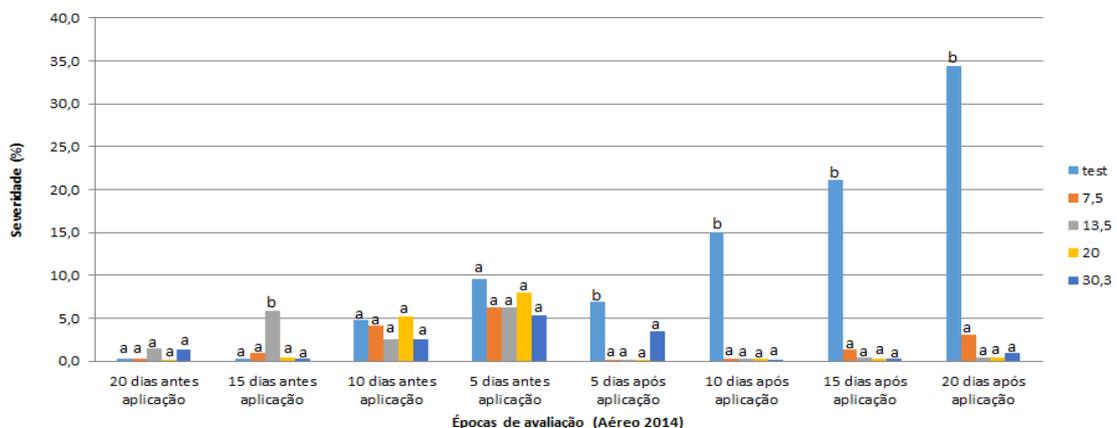


Figura 8 Severidade de doenças (%) para o ano de 2014, nos diferentes volumes testados, antes e depois da aplicação de fungicida, para aplicação aérea.

Nota: Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey, para avaliação de severidade anteriormente à aplicação do fungicida.

5.3 Qualidade de aplicação

Na Figura 10, observam-se os resultados na avaliação da qualidade de aplicação para o ano de 2013. Foi analisada a cobertura dos terços superior, médio e inferior da cultura, porém, para esse ano, a avaliação do terço médio ficou comprometida, devido à considerável perda no número de papel sensível em operação de campo, obtendo-se apenas os resultados dos terços superior e inferior.

Analisando-se o volume de cobertura ($L ha^{-1}$) e cobertura de gotas (%), para as aplicações terrestre e aérea no ano de 2013, observa-se que a maior cobertura de gotas, para aplicação terrestre, ocorreu com o volume de $130 L ha^{-1}$ para os terços superior e inferior da cultura do milho, apresentando médias de 22,5 e 9,7%, respectivamente. Isso já era esperado, pois o terço superior encontra-se mais próximo ao ponto de lançamento da gota. Deve-se levar em consideração que o efeito guarda-chuva, proporcionado pelas folhas dos terços superior e médio, pode interferir na distribuição da calda de fungicida no terço inferior, que apresentou médias de cobertura baixas (9,7%), quando comparado com o terço superior. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Cunha *et al.* (2010), que identificaram maior porcentagem de cobertura de gotas no topo das plantas de milho, em relação ao terço inferior, nas aplicações terrestre e aérea.

A maior densidade de gotas (gotas cm^{-2}) na pulverização terrestre foi encontrada na taxa de aplicação de $150 L ha^{-1}$, com uma densidade máxima de 33 gotas cm^{-2} para o terço superior da cultura do milho, apresentando diferença significativa ($P < 0,05$) dos demais volumes utilizados, com médias de 14,21 e 10,68 gotas cm^{-2} para os terços superior e inferior da cultura, respectivamente, com ponto de mínima no vértice da parábola no valor de 4,73 gotas cm^{-2} (Figura 10). Segundo Costa (2009), a densidade de gotas deve apresentar no mínimo 30 gotas cm^{-2} , para que se tenha uma boa aplicação de fungicida sistêmico, portanto, ficando as médias apresentadas abaixo do recomendado pela bibliografia.

Possivelmente, esses resultados se devam às características das pontas utilizadas na pulverização terrestre. A ponta com indução de ar possui na sua formação gotas com tamanho maior e de maior peso (Figura 9), em relação a pontas de outros modelos de mesma vazão. Gotas grandes ($>450 \mu m$) reduzem a capacidade de penetração entre os terços da cultura, sofrendo maior interferência do efeito guarda-chuva, produzida pelas folhas da cultura, diminuindo a densidade de gotas, a capacidade de penetração e a cobertura de gotas (BOLLER; FORCELINI; HOFFMANN, 2007). Possivelmente, esse fator ajude a explicar a média próxima de zero, apresentada na variável densidade de gotas, no

volume de 110L ha⁻¹, para a pulverização terrestre, e, também, para todas outras médias que se aproximaram de zero, nas demais variáveis analisadas pelo *software* (Figura 10).

Valores de DMV acima de 1000 μm foram encontrados na aplicação terrestre para o ano de 2013, em que a média do terço superior apresentou valor de 2044,48 μm e a inferior 1218,54 μm , não apresentando diferença significativa entre os terços da cultura avaliados, ao nível de 5%. Esses valores ficam muito acima das médias encontradas em trabalhos semelhantes, citados pela bibliografia sobre a pulverização de fungicida. Possivelmente, a explicação de altos valores de DMV, encontrados no presente trabalho, seja a ocorrência de gotas com tamanho extremamente grande, provocando escorrimento na superfície do papel sensível, dificultando a análise do espectro de gotas, tornando impossível uma análise com credibilidade pelo *software* utilizado, não sendo considerada a variável densidade de gotas para o primeiro ano de pesquisa (2013), para aplicação terrestre.

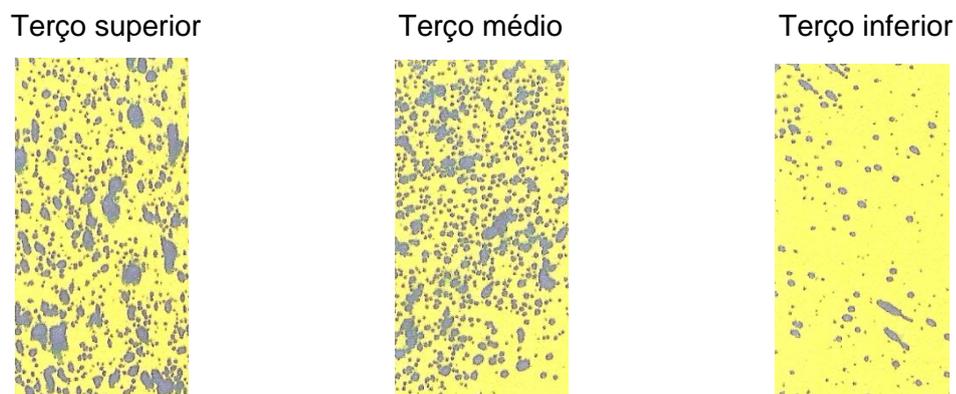


Figura 9 Amostra de papel sensível, após pulverização terrestre com bico AVI 11002, com indução de ar para análise de diâmetro mediano volumétrico, densidade de gotas, volume de cobertura e cobertura de gotas na avaliação 2013.

Nuyttens *et al.* (2007) e Viana *et al.* (2007), avaliando o tamanho de gotas das pontas de jato plano de indução de ar, encontraram DMV variando de 658 a 1.363 μm . De acordo com esses autores, gotas desse tamanho são indicadas para evitar perdas por deriva e volatilização, sendo ideais para aplicação de herbicidas em pré-emergência e herbicidas sistêmicos em pós-emergência. Em trabalho realizado, comparando diferentes vazões e adjuvantes em pulverizações aérea e terrestre na cultura do milho, Jadoski *et al.* (2009) observaram características semelhantes. Diversos trabalhos envolvendo tecnologia de aplicação demonstram que, quanto menor o DMV das gotas pulverizadas maior será a penetração no interior da cultura e, conseqüentemente, maior será a área de cobertura da superfície alvo, expressas pelo número de gotas por cm² (COSTA, 2009; LENZ, 2010).

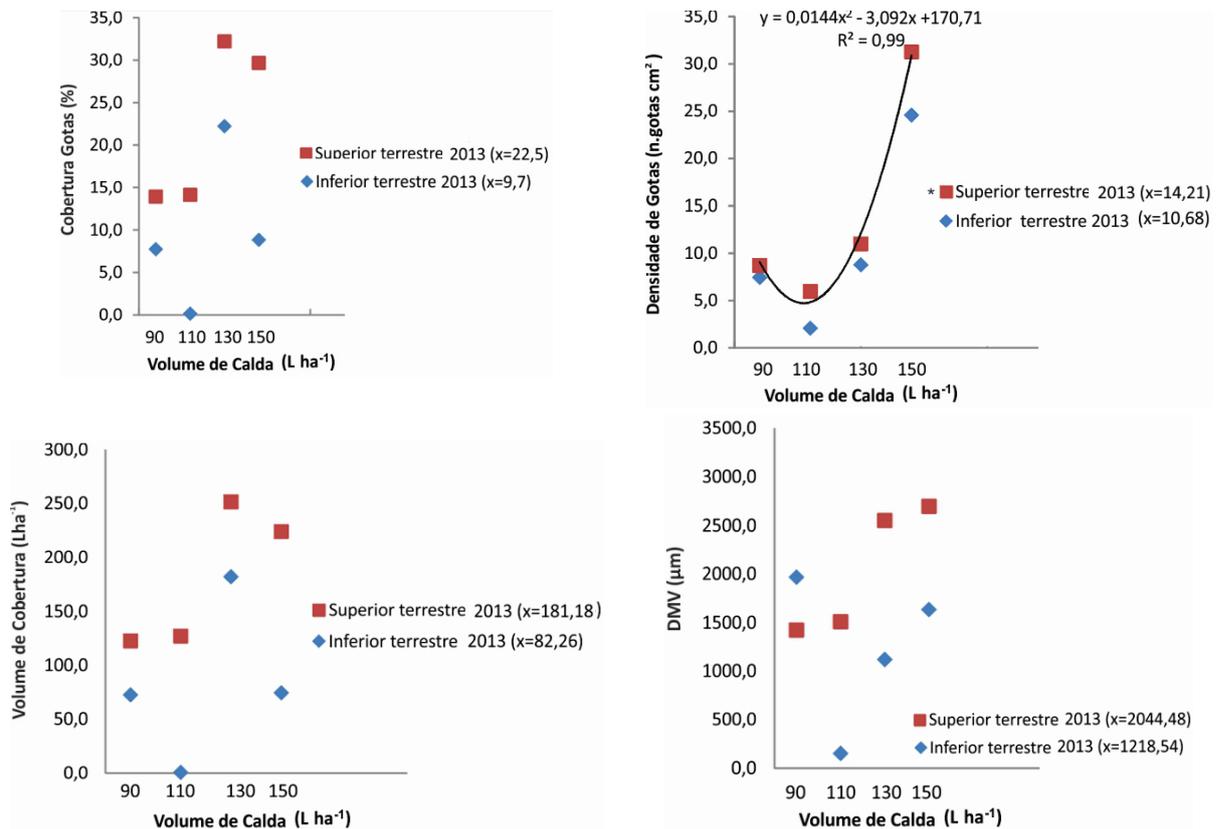


Figura 10 Cobertura de gotas (%); Densidade de gotas (gotas cm²); Volume de cobertura (Lha⁻¹); DMV (µm), após a pulverização terrestre nos terços superior e inferior da cultura do milho para o ano 2013.

Nota: * Teste de Tukey significativo a 0,05.

Na pulverização aérea de 2013, as variáveis analisadas (Figura 11) não apresentaram diferença significativa (5%) entre os terços superior e inferior da cultura do milho. As médias do volume de cobertura para os terços superior e inferior foi de 25,12 e 30 L ha⁻¹, respectivamente, apresentando maior volume de cobertura na cultura do milho, com a taxa de aplicação de 30,3L ha⁻¹. Analisando-se os resultados da variável cobertura de gotas, observa-se que o tratamento aéreo obteve as menores coberturas, nas menores taxas de aplicação (7,5; 13,3 e 20 L ha⁻¹) para os terços superior e inferior da cultura. O maior valor de cobertura de gotas observado foi de 30,3 L ha⁻¹, atingindo valores para o terço superior de 6,8 e 4,5 % para o inferior.

Analisando-se os resultados de DMV, no primeiro ano de pesquisa, notam-se altos valores na pulverização aérea, sendo que o terço superior apresentou média de 1143,85 µm e 1088,04 µm para terço inferior da cultura. Valores que não se comportam dentro de uma normalidade de gotas, diante de resultados apresentados em trabalho semelhante, como o de Cunha *et al.* (2010), que avaliou o efeito de fungicida no controle de doenças na cultura do milho e observou valores de DMV entre 109 a 122 µm.

Na Figura 12, visualizam-se os resultados da coleta de gotas pelo papel sensível, em aplicação com a aeronave. Verifica-se uma má formação de gotas na superfície do papel.

Os depósitos de gotas apresentam-se de forma espalhada, não originando em sua formação espectro de gota pulverizada, mas manchas de gotas, principalmente nos terços superior e médio da cultura do milho. Chaim, Maia e Pessoa (1999), estudando a estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas com diferentes técnicas de captação, observaram que o fator de espalhamento pode ser determinante na precisão dos resultados na classificação de gotas, juntamente com a limitação na eficiência do papel sensível, em determinadas condições climáticas.

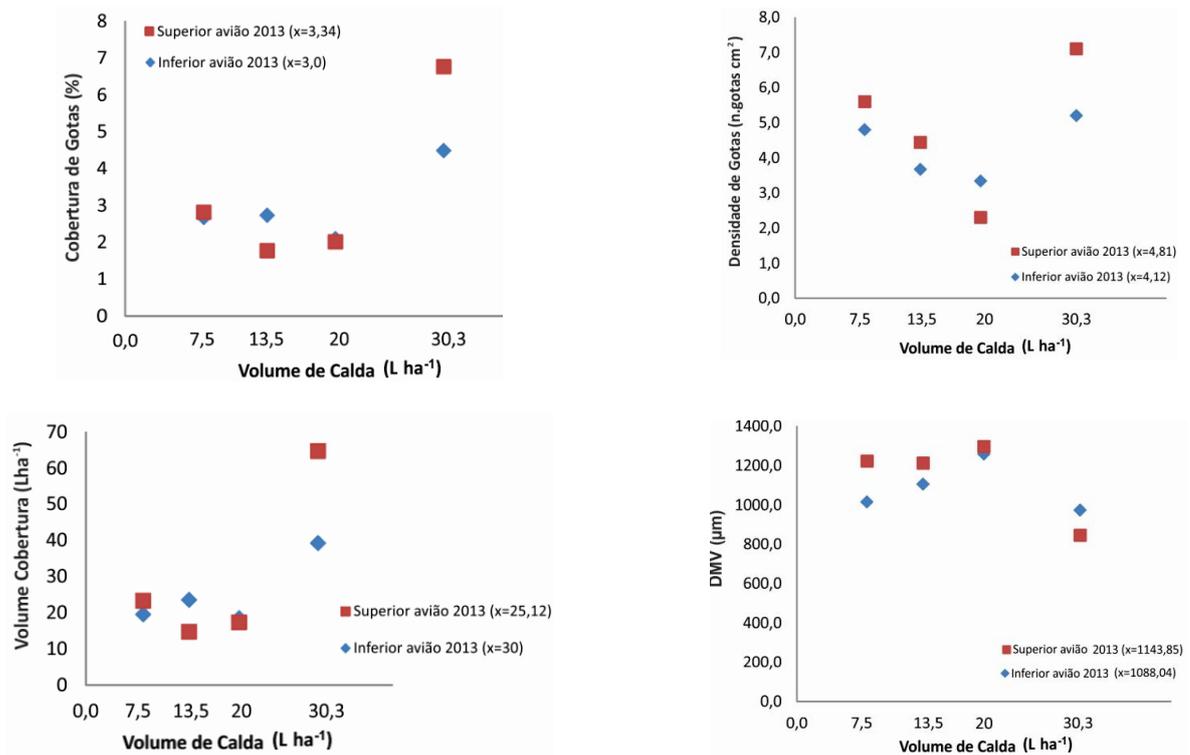


Figura 11 Cobertura de gotas (%); Densidade de gotas (gotas cm²); Volume de cobertura (L ha⁻¹); DMV (µm), após a pulverização aérea nos terços superior e inferior da cultura do milho para o ano 2013.

Nota: * Teste de Tukey significativo a 0,05.

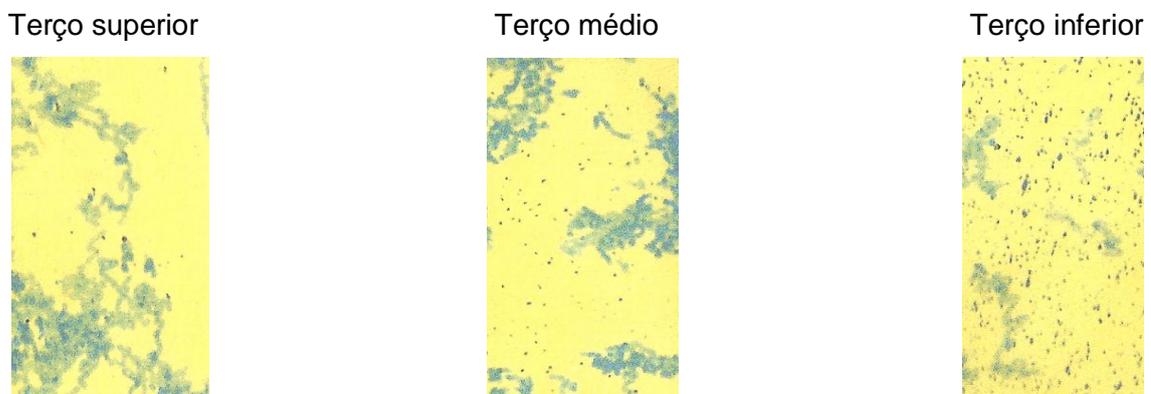


Figura 12 Coleta de gotas com papel sensível, após pulverização aérea utilizando atomizadores rotativos para análise de diâmetro mediano volumétrico, densidade de gotas, volume de cobertura e cobertura de gotas na avaliação 2013.

Verificando-se o índice de umidade relativa (UR), na data da execução do trabalho de pulverização para o primeiro ano de pesquisa, observou-se valor de UR de 88% e uma temperatura de 22 °C. Condições de clima extremamente úmido, na estação de outono, podendo tal fator, ter influenciado na qualidade da coleta de gotas pelo papel sensível, devido sua alta sensibilidade à umidade, possibilitando o mascaramento do espectro de gotas, dificultando a leitura pelo *software*, alterando significativamente os valores de DMV e da densidade de gotas.

Quando uma gota pulverizada é lançada ao ar, principalmente em alta velocidade como acontece em aplicação aérea, variáveis como vento, instabilidade atmosférica e velocidade de deslocamento do equipamento afetam sua dinâmica até o alvo (MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000; FAROOQ; BALACHANDAR; WULFSOHN, 2001); comprometendo, também, a informação sobre a densidade de gotas.

Na Figura 13, encontram-se os resultados das variáveis analisadas para o segundo ano de pesquisa (2014), para pulverização terrestre. Observa-se que, na variável volume de cobertura, a maior média apresentada foi no terço médio da cultura do milho ($x = 119,84 \text{ L ha}^{-1}$), sendo esse resultado contraditório com o obtido no primeiro ano de pesquisa, em que o terço superior apresentou valores maiores em volume aplicado. É provável que esse resultado, tenha ocorrido devido à barra do pulverizador não ter conseguido se manter acima do topo da cultura (altura de planta maior para o ano de 2014), na altura recomendada de 0,5 metros acima do alvo, ficando em alguns pontos de aplicação, abaixo do ápice da planta, supostamente favorecendo os terços médio e inferior da cultura no recebimento de gotas.

As médias apresentadas para a variável cobertura de gotas, na tecnologia terrestre, para o segundo ano de avaliação foram: $x = 9,16\%$; $16,57\%$ e $12,35\%$, para os terços superior, médio e inferior, respectivamente. O terço superior apresentou média menor, comparado ao ano anterior. Possivelmente, pelo fato de ter recebido menor volume de aplicação, em relação ao terço médio. Para o terço médio, não há comparação, pois os resultados de 2013 foram descartados. Já, o terço inferior apresentou maior cobertura, diante do resultado de 2013. Supostamente, esse fato se confirma devido à barra do pulverizador ter trabalhando abaixo do ápice da planta, não favorecendo o terço superior na cobertura de gotas e favorecendo os terços médio e inferior.

As médias da densidade de gotas na aplicação terrestre apresentaram valores superiores para o ano 2014, em relação às médias de 2013, atendendo à exigência mínima de densidade para pulverização de fungicidas sistêmicos (60 gotas cm^{-2}). O terço superior foi o que mais recebeu gotas, com $155,94 \text{ gotas cm}^{-2}$, posteriormente o terço médio com $152,25 \text{ gotas cm}^{-2}$ e o terço inferior com $68,79 \text{ gotas cm}^{-2}$, apresentando uma normalidade de distribuição na densidade de gotas entre os terços da cultura.

Na pulverização terrestre 2014, verifica-se diferença significativa a 5% nos valores de DMV. O terço superior diferenciou-se dos terços médio e inferior, apresentando valor médio de $x = 1391,85 \mu\text{m}$ e para os terços médios e inferior, médias de $x = 1093,96 \mu\text{m}$ e $x = 932,18 \mu\text{m}$, respectivamente, com o gráfico apresentando o ponto de mínima de $843,89 \mu\text{m}$, no volume de $173,82 \text{ L ha}^{-1}$.

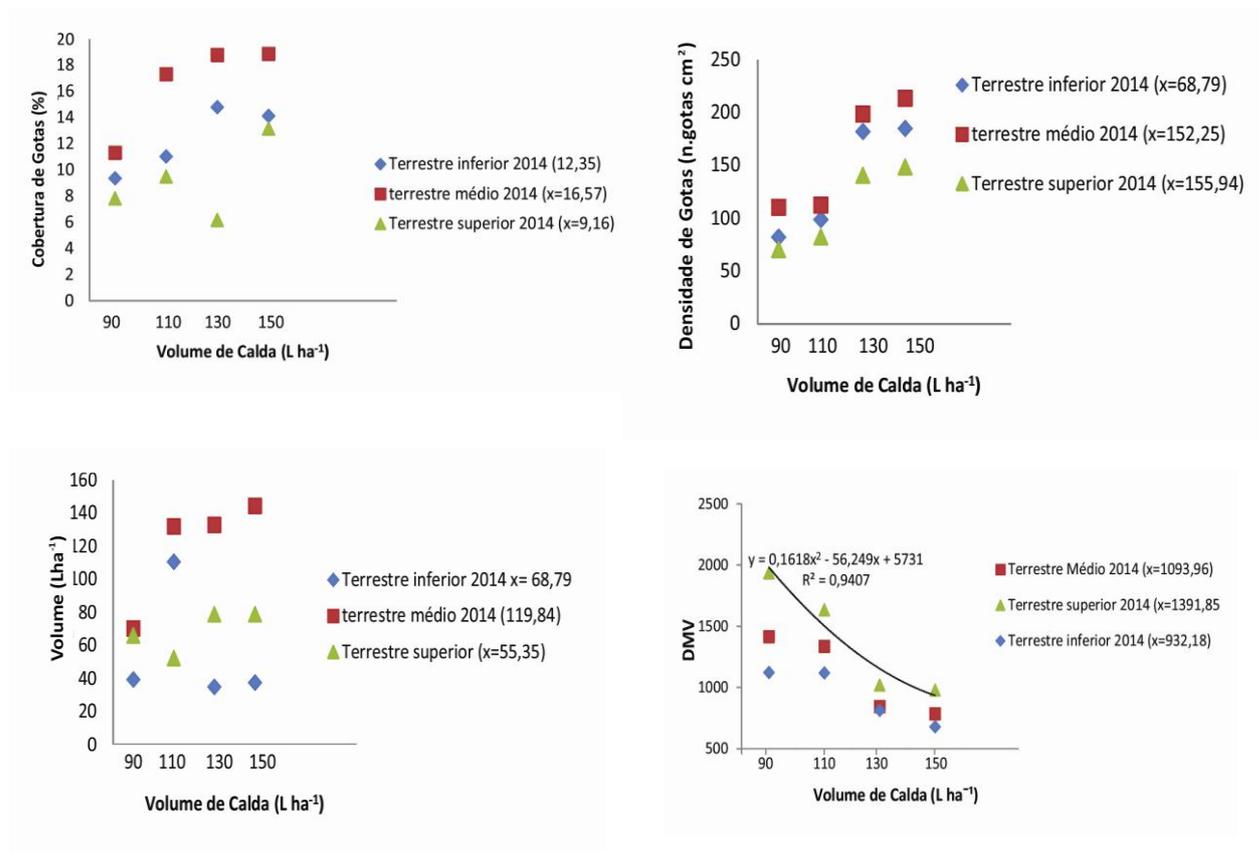


Figura 13 Cobertura de gotas (%); Densidade de gotas (gotas cm²); Volume de cobertura (L ha⁻¹); DMV (μm), após a pulverização terrestre nos terços superior, médio e inferior no dossel da cultura do milho para o ano 2014.

Nota: * Teste de Tukey significativo a 0,05.

As médias das variáveis, para pulverização aérea no ano de 2014, são visualizadas na Figura 14. Os resultados obtidos no volume de aplicação indicam que o terço superior apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), diante dos demais terços, com média $x = 93,11 \text{ L ha}^{-1}$, atingindo seu ponto de mínima de $14,46 \text{ L ha}^{-1}$, com volume de calda $21,32 \text{ L ha}^{-1}$. Após passar por esse ponto, o gráfico volta a ter uma posição ascendente, atingindo volume de cobertura aproximado de 70 L ha^{-1} . Os valores dos terços médio e inferior foram: $x = 72,8 \text{ L ha}^{-1}$ e $x = 59,78 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente.

Em relação à cobertura de gotas na tecnologia aérea, para o segundo ano de avaliação, as médias ficaram acima dos valores obtidos no ano de 2013, não apresentando diferença significativa ($< 0,05\%$) entre os terços superior, médio e inferior da cultura, com médias de 13,68, 10,38 e 9,78% para os terços superior, médio e inferior, respetivamente. A

distribuição de gotas ficou dentro do esperado, com médias maiores para o terço superior e médias menores para o terço inferior, seguindo uma tendência normal em cobertura de gotas, levando em consideração, o efeito guarda-chuva, que limita a cobertura de gota dos terços médio e inferior, influenciada pelas folhas do terço superior (CUNHA *et al.*, 2010).

Para os valores de DMV, da aplicação aérea 2014, tem-se no gráfico que apresentando valor máximo de 543,71 μm , utilizando um volume aplicado de 22,5 L ha^{-1} . Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para o terço inferior da cultura do milho, em relação aos terços médio e superior. A maior média apresentada foi no terço superior: $x = 1397,53 \mu\text{m}$, posteriormente o terço mediano com $x = 495,02 \mu\text{m}$ e inferior $x = 365,50 \mu\text{m}$. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Cunha *et al.* (2010), que obteve maiores valores de DMV no terço superior, com declínio para os terços médio e inferior. Porém, as médias de DMV se apresentaram com valores elevados, semelhantes aos resultados do ano anterior. Presume-se que os mesmos fatores que influenciaram os valores de DMV no ano de 2013, atuaram no segundo ano de pesquisa, pois deformação no formato de gotas (gotas esparramadas) influenciou na leitura do *software*, possivelmente elevando os valores de DMV, tal como o volume de cobertura.

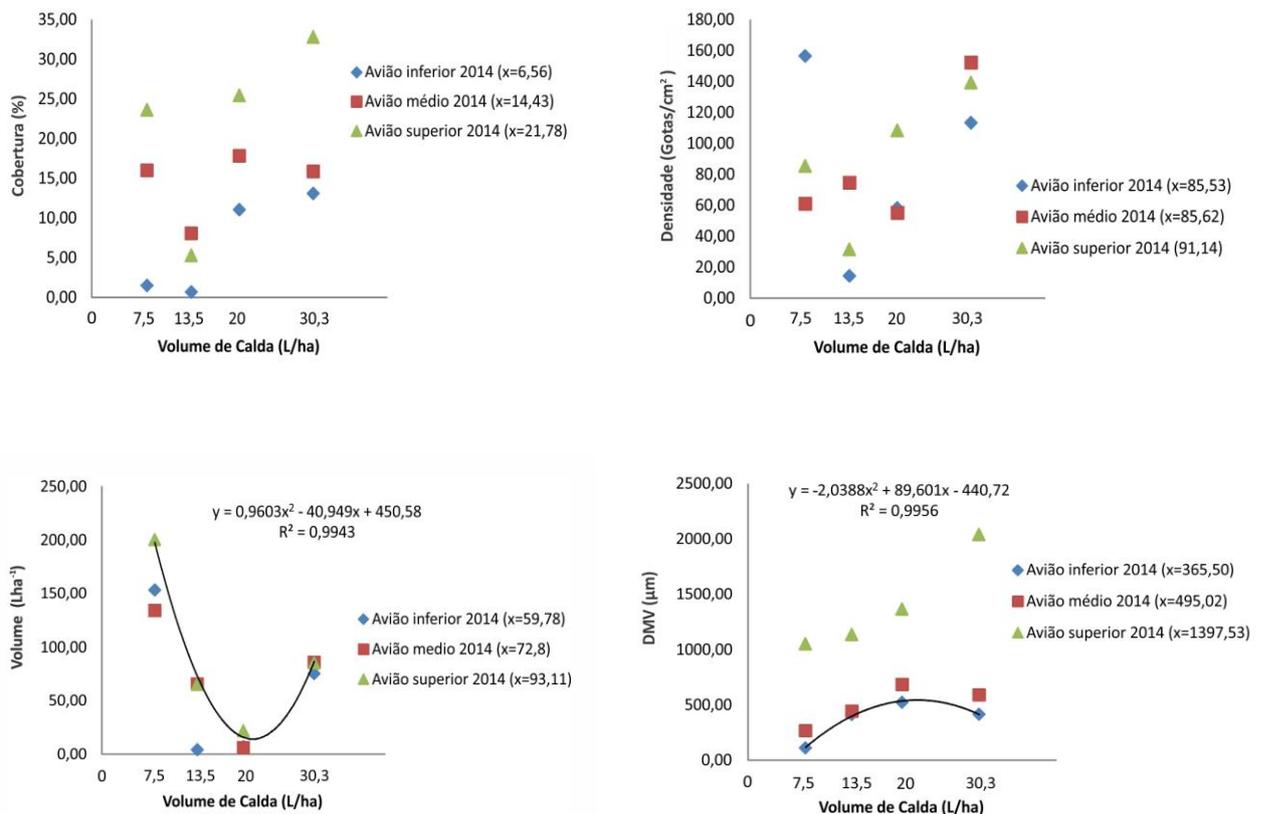


Figura 14 Cobertura (%); Densidade de gotas (gotas cm²); Volume de cobertura (L ha⁻¹) DMV (μm), após a pulverização aérea nos terços superior, médio e inferior no dossel da cultura do milho para o ano 2014.

Nota: * Teste de Tukey significativo a 0,05.

5.4 Componentes de rendimento

Nas Figuras 15 e 16, estão apresentadas as médias da avaliação dos componentes de produtividade na cultura do milho para os dois anos (2013 e 2014), em aplicações aérea e terrestre. Para todos os componentes de produtividade avaliados, houve diferença significativa ($P < 0,05$) perante a testemunha, que não sofreu tratamento fúngico. Segundo Cunha *et al.* (2010), a cultura do milho (*Zea mays L.*) está sujeita ao ataque de um grande número de patógenos que podem ocasionar perdas consideráveis em sua produtividade. No ano de 2014, apenas o componente tamanho de espiga, para os tratamentos terrestre e aéreo, não apresentou diferença significativa, quando comparado com a testemunha. Possivelmente, as parcelas onde a testemunha foi instalada, para o ano de 2014, apresentaram uma condição nutricional de solo elevada e, mesmo sem o controle de doenças, a cultura conseguiu desenvolver espigas de tamanhos semelhantes aos da área com o tratamento, não diferindo de forma significativa, a 5% pelo teste T.

Observa-se a que a produtividade apresentou correlação positiva entre peso de 100 grãos e tamanho de espiga. Esses resultados concordam com os obtidos por Cavallet *et al.* (2000), que também verificaram essa correlação entre tamanho de espiga e produtividade na cultura do milho, avaliando inoculação com *Azospirillum*. De acordo com Balbinot *et al.* (2005), o peso de grãos é um dos fatores de maior importância no resultado final da produtividade. Diante disso, considera-se que a correlação significativa entre estes três componentes de rendimento é explicada devido ao peso de 100 grãos e ao tamanho da espiga serem caracteres explicativos da produtividade.

O peso de 100 grãos, para o tratamento terrestre, apresentou diferença significativa a 5%, nos dois anos consecutivos de pesquisa, perante a testemunha, observando maior peso de grão para o ano de 2014. É importante salientar que, em todos os componentes avaliados, o ano de 2013 apresentou menores ganhos, quando comparado com o ano de 2014, tanto para tecnologia terrestre como aérea.

Os dados visualizados na Figura 4 indicam a precipitação de chuvas (mm) e o número de dias com chuva para os dois anos de pesquisa. No ano de 2013, o mês de junho apresentou, aproximadamente, 330 mm em 15 dias, quando a cultura se encontrava em fase de maturação fisiológica, acarretando grandes problemas, como grãos ardidos e brotamento de grãos, diminuição no peso e, conseqüentemente, menor produtividade.

No ano de 2014, o clima foi favorável para o desenvolvimento fisiológico da cultura, porém, apresentou volumes menores de precipitação na fase de maturação da cultura, quando comparado com o ano anterior. Isso é confirmado com a produtividade e o peso de sementes apresentados na pulverização terrestre (Figura 15), com médias de produtividade de 3.403 Kg ha⁻¹ em 2013, e 3.976 Kg ha⁻¹ para o ano de 2014, peso de 100 sementes para

2013 de 18,03 gramas e 36,38 gramas para 2014. Em relação à testemunha, as médias diferiram significativamente, a 5%, para os dois anos de pesquisa. Os diferentes volumes utilizados na pulverização terrestre não apresentaram diferença significativa perante os componentes de produtividade avaliados, para os dois anos de pesquisa.

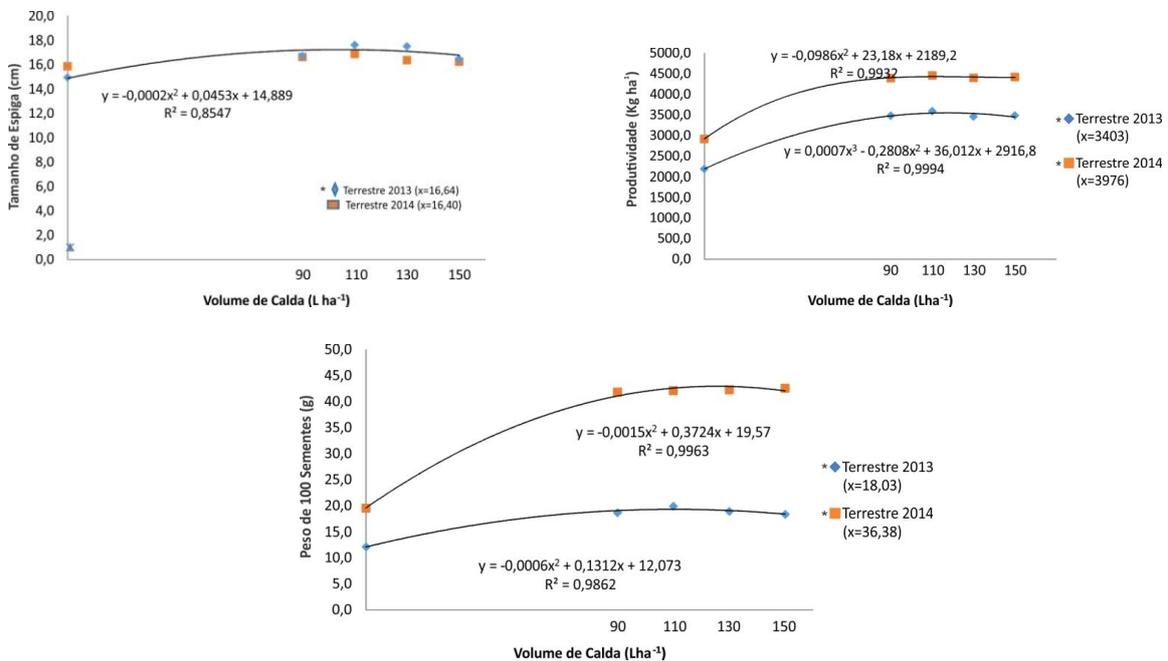


Figura 15 Médias dos componentes de produtividade (peso de 100 sementes g; tamanho de espiga cm; produtividade kg ha⁻¹) na cultura do milho para pulverização terrestre 2013 e 2014 – Análise de regressão.

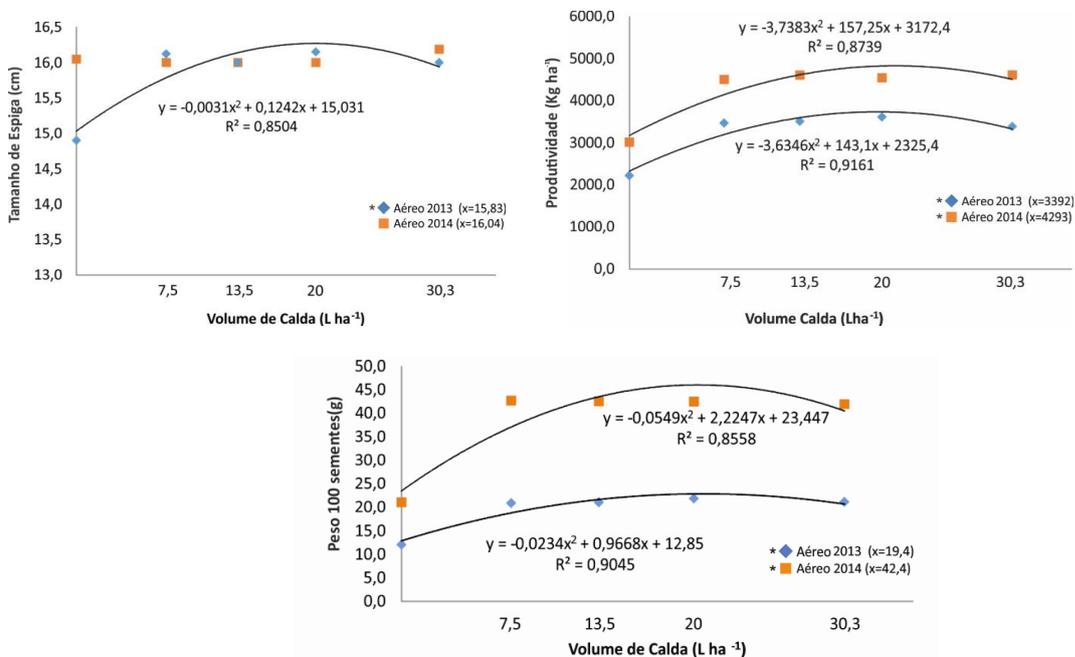


Figura 16 Médias dos componentes de produtividade (peso de 100 sementes g; tamanho de espiga cm; produtividade kg ha⁻¹) na cultura do milho para pulverização aérea 2013 e 2014 – Análise de regressão.

Na aplicação aérea, o componente tamanho de espiga apresentou diferença significativa $P < 0,05$ diante da testemunha, apenas para o ano de 2013. Nota-se que as diferentes taxas de aplicação não influenciaram no tamanho final das espigas, para os dois anos de pesquisa, sendo que a média apresentada para o ano de 2014 foi de 16,04 cm.

Com relação ao peso de grão, para as parcelas com aplicação aérea, a diferença também foi significativa, a 5%, nos dois anos de pesquisa, quando comparada à testemunha. Nota-se que o gráfico, apresenta ponto de máxima de 22,84 e 47,0 g por 100 sementes para os anos de 2013 e 2014, respectivamente. Analisando-se esses resultados, verifica-se que o peso de grão não sofreu alteração nos diferentes volumes testados, para os dois anos de pesquisa.

Na Figura 16, observam-se as produtividades apresentadas na aplicação aérea (2013 e 2014). Os dois anos de pesquisa apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre as parcelas que sofreram tratamento comparado com uma testemunha, indicando eficiência nas duas tecnologias empregadas para o controle de doenças na cultura, sendo que o segundo ano de avaliação, apresentou uma maior produtividade em relação ao primeiro, confirmando os danos apresentados na cultura pelo alto índice pluviométrico no período de maturação no ano 2013, como já foi citado anteriormente. Verifica-se nos dois anos de pesquisa, ponto de máxima de 3.653 Kg ha⁻¹ para o ano de 2013 e 3.927 Kg ha⁻¹ para 2014, com volume de aplicação de 19,68 e 21,13 L ha⁻¹, respectivamente. Contudo, a produtividade não sofreu influência, perante os quatro volumes testados para as tecnologias terrestre e aérea, nos dois anos consecutivos de pesquisa.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

- As pulverizações aérea e terrestre apresentaram controle na severidade de doenças da cultura do milho, para os dois anos de pesquisa e com os diferentes volumes utilizados.
- As melhores coberturas de gotas foram encontradas nos maiores volumes de aplicação: 30 e 150 L ha⁻¹ para as tecnologias aérea e terrestre, respectivamente.
- Para o ano de 2014, o terço superior da cultura do milho apresentou as maiores médias de DMV, volume de cobertura, porcentagem de cobertura e densidade de gotas, para as aplicações aérea e terrestre, seguido posteriormente pelos terços médio e inferior. Para o ano de 2013, os resultados foram semelhantes, com exceção do terço médio, pois não foi possível a avaliação.
- Não houve diferença significativa no rendimento do milho, nos diferentes volumes testados para as duas técnicas de aplicação (aérea e terrestre), quando comparados entre si. Entretanto, todos os tratamentos foram superiores à testemunha.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, observou-se que, na pulverização terrestre, a utilização de pontas com indução de ar promoveu gotas com DMV acima do recomendado para uma pulverização com fungicida. Pontas com indução de ar possuem em sua formação menor número de gotas grandes, diminuindo a capacidade de penetração entre os terços da cultura.

Porém, apesar de não ter apresentado diferença significativa no controle de doenças e produtividade da cultura, quando comparado com a aplicação aérea, que apresentou menores valores de DMV, recomenda-se avaliar a penetração de gotas entre os terços da cultura de milho, utilizando pontas sem a indução de ar na pulverização terrestre, em diferentes vazões, a fim de fornecer um maior número de gotas, de menor tamanho, objetivando melhor penetração, principalmente nos terços inferiores da cultura.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA - AGEITEC. **Milho**. Importância socioeconômica. 2012. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html. Acesso em: 15 mar. 2014.

AGROCERES. **Guia Agroceres de sanidade**. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 72 p.

ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produtividade de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Jaboticabal, v. 30, p. 402-408, 2006.

ALVAREZ, R. C. F. et al. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas do tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 42, n. 4, p. 397-406, 2012.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. *In*: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (ed.) **Manual de Fitopatologia**: princípios e conceitos. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1995. v. 1, cap.32, p. 645-671.

ANTUNIASSI, U. R. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfatantes em pulverizações agrícolas. **Energia na Agricultura** (UNESP. Botucatu. CD-Rom). , v.27, p.138 - 149, 2012.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja 2009**, Rondonópolis, n. 13, p. 299-315, 2009.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. *In*: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Fepaf, 2011. p. 27-50.

ARAÚJO, E. C. **Aplicação aérea no controle de doenças em soja**. Pelotas: Agrotec - Tecnologia Agrícola e Industrial, 2006. Disponível em: www.agrotec.com.br. Acesso em: 2 abr. 2014.

ÁVILA, C. J.; GOMEZ, S. A.; DEGRANDE, P. E. Pragas no Centro-Oeste. **Cultivar grandes culturas**, Santa Maria, n. 26, mar. 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=535>. Acesso em: 28 mar. 2014.

AZEVEDO, L. A. S. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. São Paulo: Embrapa Hortaliças, 1997. 114 p.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2008.

BALBINOT, J. R.; ALVADI, A.; BACKES, ROGÉRIO. L.; ALVES, ANTONIO. C.; OGLIARI,

JULIANA. B.; FONSECA, JOSÉ. A. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2. p. 161-166, 2005.

BARCELLOS, L. C.; CARVALHO, Y. C.; SILVA, A. L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Eng. Agric.**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.

BERTELSEN, J. R.; NEERGAARD, E.; SMEDEGAARD-PETERSEN, V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. **Plant Pathology**, New Jersey, v. 50, n. 2, p. 190-205, 2001.

BOLLER, W.; FORCELINI, L. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas Parte I. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

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

CAMARGO, T. V.; ANTUNIASSI, UR; VEIGA, M; OLIVEIRA, M.A.P. Perdas na produtividade da soja causadas pelo tráfego de pulverizadores autopropelidos. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., 2008. Ribeirão Preto, SP. **Artigos...** Instituto Agrônomo de Campinas, SP, 2008. 1 CD ROM.

CAMOCHENA, R. C.; SANTOS, I.; MAZARO, S. M. Escala diagramática para avaliação da severidade da Mancha Ocular em milho causada por *Kabatiella zea*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2124-2131, 2008.

CARVALHO, W. P. A. Situação atual e perspectivas da aviação agrícola no Brasil e eficácia no controle de doenças. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v. 33, p. 107-109. 2007.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P.R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum spp*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4. n. 1. p. 129-132, 2000.

CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, jun. 1999.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 3, p. 130-142, jul./set., 2012.

CHESTER, K. S. Plant disease losses: their appraisal and interpretation. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 193, p. 191-362, 1950. Supplement.

COLAÇO, L. C.; INOUE T. T. **Retorno econômico da aplicação de fungicida no controle de doenças no milho safrinha**. 2007. 15 f. Trabalho de conclusão de curso de Agronomia Faculdade Integrado de Campo Mourão, Campo Mourão, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. 2014. **Levantamento de safra 2013-2014**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 21 mar. 2015.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; ROSSI, CAIO. V. S.; CORRÊA, M.R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M. V.; SIONO, L. M. Efeito de pontas e pressões de pulverização na deriva de glyphosate + 2,4-D em condições de campo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 62-70, jan./abr., 2012. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br>. Acesso em: 26 mar. 2014.

COSTA, M. F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso - EFMT, Agosto de 2009.

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SABATO, E. O.; SILVA, D. D. Histórico e perspectivas das doenças na cultura do milho. **Circular técnica 193**, Sete Lagoas/MG, dez. 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95066/1/circ-193.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2014.

CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo do milho**. EMBRAPA milho e sorgo, Sistema de Produção 1. Versão Eletrônica. 8. ed. out. 2012. Disponível em: C Acesso em: 31 mar. 2014

CRUZ, J. C.; SILVA, G. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; NETO, M. M. G.; MAGALHÃES, P. C.; Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 9, n. 2, p. 177-188, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; PEREIRA, R. G. Efeito de pontas e volumes de pulverização no controle químico de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 533-538, out-dez, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do Milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 366-372, jul-set. 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 353-332, 2003.

DALLAGNOL, L.; NAVARINI, L.; SILVEIRO, R. B.; GOSENHEIMER, A.; MAFFINI, A. A. Dano das doenças foliares na cultura do arroz irrigado e eficiência de controle dos fungicidas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, p. 313-318, 2006.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Controle químico de doenças na cultura do milho: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, MG, dez. 2009. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2009/circular/Circ_125.pdf.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivo do Milho:

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Rio de Janeiro, 2. ed. p. 93-101, 2006.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDA, M. P.; MASSIGNAN, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; MARTINS, K. V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.

FAGGION, F.; ANTUNIASI, U. R. Desempenho de pontas de pulverização quanto à indução de ar nas gotas. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 72-82, 2010. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/91/59>. Acesso em: 3 abr. 2014.

FARIAS, M.S.; SCHLOSSER, J. F.; CASALI, A. L.; FRANTZ, U. G.; RODRIGUES, F. A. Qualidade da água utilizada para aplicação de grotóxico na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Agrarian – Comunicação Científica**, Santa Maria, v. 7, n. 24, p. 335-359, 2014.

FAROOQ, M. R.; BALACHANDAR, D.; WULFSOHN, W. T. M. Agriculture sprays in cross-flow and diff. **Journal of Agricultural Engineering Research**. Czech Republic, v.78, n.4, p.347-358, 2001.

FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. *In*: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. 1. ed. Piracicaba: Prol - Editora Gráfica, 2006. v. 1, p. 293-303.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2002. 92 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Portal**. 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 6 dez. 2014.

JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SCHIPANSKI, C. A.; REZENDE, J. L.; SUCHORONCZECK, A.; Efeito de diferentes vazões e adjuvantes na pulverização aérea e terrestre da cultura do milho. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, n. 2, mai./ago., 2009. Disponível em: <http://www.teejet.com/portuguese/home/literature/catalogs.aspx>. Acesso em: 19 dez. 2014.

JULIATTI, F. C. ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P.P.; POLIZEL, A.C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grão ardidos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília (suplemento), v. 31, p. S312, 2007.

LAZAROTO, A.; SANTOS, I.; KONFLANZ, V.; MALAGI, G.; CAMOCHENA, R. C. Escala diagramática para avaliação de severidade da helmintosporiose comum em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2131-2137, 2012.

LENZ, G. **Efeito do espectro de gotas e idade de trifólios sobre a taxa de absorção de fungicidas em soja**. 2010. 73 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

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

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H. Curso de proteção de plantas. Módulo 2 – Tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos. *In*: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

ENSINO SUPERIOR (ABEAS). **Curso de proteção de plantas**. Curso de especialização por tutoria à distância. Brasília: ABEAS, 2002. 91 p.

MORAES, S. A. **Quantificação de doenças de plantas**. 2007. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/Doencas/Index.htm. Acesso em: 8 abr. 2014.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 75, n. 3, p. 127-137, 2000.

NUNES, C. C.; ALVES, S. A. M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da severidade de entomosporiose em folhas de pereira. **Tropical Plant Pathology**, Botucatu, v. 36, p. 585-597, 2011.

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; SCHANPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, Belgium, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

OLIVEIRA, V. M.; SOUZA, L.B.; BISINOTTO, F. F.; SANTOS, F. M. Produtividade de milho em função de diferentes aplicações de fungicidas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-6, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - SEAB. **Milho paranaense – Safra 2013/14**. Departamento de Economia Rural - Deral, nov. 2014. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/MILHO_ANaLISE.pdf. Acesso em: 18 nov. 2014.

PIRES, J. M. Desempenho de cultivares de milho na safrinha de 2010. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11, 2011, Lucas do Rio Verde - MT. Fundação Rio Verde, 2011.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8-19, out./dez., 2008.

RAMOS, H.; SANTOS, J.M.F.; ARAÚJO, R.M.; BONACHELA, T.M. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Associação Nacional de Defesa Vegetal - ANDEF. Campinas, Biblioteca Nacional de Agricultura - BINAGRI, 2010.

REZENDE, J. L. **Pulverizações de defensivos... volumes de vazões terrestres... qual a melhor escolha afinal?** 2010. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/colonistas/ColunaDetalhe.aspx?CodColuna=3965>. Acesso em: 10 abr. 2014.

SANTOS, J. M. F. Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas. *In*: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 13, nov. 2005, Registro - SP. **Anais...** Registro – SP: Instituto Biológico – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. p. 108-128. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/XIII%20RIFIB/santos.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2014.

SCHRÖDER, E. P. Aplicação aérea de defensivos agrícolas com ênfase na qualidade. *In*: BORGES, L. D. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2007. p. 105-113. (Atualidades Técnicas 3).

SILVA, O. C.; SCHIPANSKI, C. A. **Manual de identificação e manejo das doenças do milho**. Castro: Fundação ABC, 2006. 97 p.

Sistema de produção, 1. **Circular Técnica**, Sete Lagoas – 6. ed. set. 2010. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/plantio.htm.

SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R. **Tecnologia de aplicação de fungicidas**. 2013. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/fungici.html>. Acesso em: 7 abr. 2014.

SOUZA, L. C.; PAZINI, W. C.; FERREIRA, M; C. Efeito da adição de surfactantes no diâmetro de gotas com o herbicida mesotrione. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 2, 2013, UNESP, Jaboticabal – SP. **Anais...** Jaboticabal - SP: Unesp, 2013. p. 714-717.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Foreign Agricultural Service. Commodities & Products, 2014. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/>. Acesso em: 15 jul. 2014.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. Curso de proteção de plantas - Módulo 5. Epidemiologia aplicada ao controle de doenças de plantas. *In*: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO SUPERIOR (ABEAS). **Curso de proteção de plantas**. Brasília: ABEAS, 1997. 118 p.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, M.C.; TEIXEIRA, M.M.; ROSELL, J.R.; TUFFI SANTOS, L.D.; MACHADO, A.F.L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L.R.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; FREITAS, F.C.L.; QUIRINO, A.L.S.; SANTOS, M.V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007.