

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFICIÊNCIA DE VOLUMES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO
CENTRÍFUGA E HIDRÁULICA NA DISTRIBUIÇÃO E
DEPOSIÇÃO DA CALDA NO CONTROLE DA FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA**

Lilian Lúcia Costa
Engenheiro Agrônomo

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFICIÊNCIA DE VOLUMES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO
CENTRÍFUGA E HIDRÁULICA NA DISTRIBUIÇÃO E
DEPOSIÇÃO DA CALDA NO CONTROLE DA FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA**

Lilian Lúcia Costa

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Produção Vegetal).

2013

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

LILIAN LÚCIA COSTA – Nascida em 30 de novembro de 1983 na cidade de Ipameri, Estado de Goiás, filha de Luiz Fernando Costa e Sueli Lúcia Costa. Iniciou os estudos na sua cidade natal, cursando o ensino médio no Colégio Objetivo, concluído em 2002. No ano seguinte, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri. Participou de projetos de pesquisa e extensão, incluindo iniciação científica e estágios em empresas privadas e propriedades rurais da região, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em agosto de 2007. Neste mesmo mês iniciou o curso de mestrado em Agronomia pelo programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e desenvolveu o projeto da dissertação na linha de pesquisa em Entomologia Agrícola sob orientação do professor Dr. Antonio Carlos Busoli. Ingressou no doutorado em 2009, pelo programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela mesma universidade, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira. Foi contemplada com bolsa de estudos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Atuou em linhas de pesquisa voltadas para a qualidade das aplicações de produtos fitossanitários, cujos resultados estão descritos nesta tese.

***“Os pequenos atos que se executam
são melhores que todos aqueles
grandes que se planejam”
(George C Marshall).***

AGRADECIMENTOS

A Deus pela benção da Vida, por permitir que as portas se abram para a percepção de novos horizontes, pela oportunidade de continuar aprendendo e conhecendo mais um fragmento de Sua criação.

Aos meus pais, Luiz Fernando Costa e Sueli Lúcia Costa, pelo amor, compreensão e confiança em todas as etapas da minha vida. A você mãe, o reconhecimento de minha eterna dívida de gratidão e carinho.

Aos meus irmãos, Luiz Cláudio, Viviane e Ângela, pelo incentivo e carinho em todos os momentos.

Ao meu companheiro, Ubirajara Vaz, que soube entender minha ausência e me apoiar nesta empreitada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes, pela bolsa de doutorado e à Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo - Fapesp, pelo apoio financeiro concedido por meio do auxílio pesquisa (Processo 2010/10678-6).

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente ao Departamento de Fitossanidade e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Professor, Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pela orientação, amizade, compreensão e confiança depositada na execução deste trabalho, contribuindo para minha formação profissional.

Aos Professores, Dr. José Carlos Barbosa e Dr. Glaucio de Souza Rolim do Departamento de Ciências Exatas (FCAV/UNESP) e Profa. Dra. Andreia Cristina Peres Rodrigues da Costa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), pela orientação na interpretação das análises estatísticas.

À Professora, Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz, do Departamento de Solos e Adubos (FCAV/UNESP), pela orientação na interpretação das análises químicas.

À bibliotecária, Tiêko Takamiyra Sugahara, pela correção das referências bibliográficas.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, Maria Izabel Vitale da Costa Ferreira, Natalina Donizete Cursi, Ângela Maria Vitale Pelegrini, Jurandir de

Oliveira, pela disposição em ajudar a qualquer momento e em especial ao Gilson José Leite pela ajuda nas avaliações de campo, pela sua dedicação e boa vontade nas coisas que se dispõe a fazer.

Aos meus amigos, Henrique Borges Neves Campos, Olinto Lasmar, Giorge França Gomes de Carvalho, Sérgio Decaro, Ricardo Calore, Raphael Emilio Lemos, José Ricardo Lorençon, pela ajuda na condução dos experimentos de campo e, principalmente, pela ótima convivência e pelos bons momentos de descontração.

Às minhas grandes amigas, Érica Fernandes Leão, Cláudia Amaral Cruz, Tatiana Pagan Loeiro da Cunha, Juciléia Irian dos Santos e Giselle Feliciani Barbosa, pela cumplicidade e amizade tão sincera, pela compreensão e força nos momentos difíceis e, principalmente, pelas alegrias divididas e multiplicadas, os meus sinceros e eternos agradecimentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivos gerais	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Ferrugem da soja	4
3.2 Tecnologia de aplicação no tratamento fitossanitário	6
3.2.1 Depósito e cobertura da calda de pulverização	6
3.2.2 Bicos de pulverização e espectro de gotas	8
3.2.3 Volume de aplicação	10
4 REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 2 - Recuperação de marcadores metálicos utilizados em estudos de depósito da pulverização na cultura da soja	20
RESUMO	20
1 INTRODUÇÃO	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4 CONCLUSÃO	29
5 REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 3 - Volume de calda em pulverização por energia hidráulica e centrífuga empregado no controle da ferrugem asiática da soja	33
RESUMO	33
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 Descrições gerais	36
2.2 Avaliações	37

2.2.1 Espectro das gotas da pulverização	37
2.2.2 Depósito e cobertura da calda de pulverização	39
2.2.3 Severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura ...	40
2.2.4 Componentes da produção	42
2.3 Análise dos resultados	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1 Espectro das gotas da pulverização	43
3.2 Depósito e cobertura da calda de pulverização	45
3.3 Severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura	48
3.4 Componentes da produção	52
4 CONCLUSÃO	55
5 REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 4 - Depósito da pulverização em plantas de soja em função do volume de aplicação e da angulação de bicos de energia centrífuga	61
RESUMO	61
1 INTRODUÇÃO	62
2 MATERIAL E MÉTODOS	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4 CONCLUSÕES	76
5 REFERÊNCIAS	77

EFICIÊNCIA DE VOLUMES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO CENTRÍFUGA E HIDRÁULICA NA DISTRIBUIÇÃO E DEPOSIÇÃO DA CALDA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

RESUMO – Para o controle eficiente da ferrugem asiática da soja [*Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow)] e redução dos custos de produção, o estudo e desenvolvimento de novas técnicas e equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários tornam-se indispensáveis para se obter melhor distribuição da pulverização e colocação do produto no alvo desejado. Assim, o trabalho teve como objetivos determinar a recuperação de íons metálicos utilizados como marcadores em estudos de depósito; avaliar os depósitos e a cobertura das plantas de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] pela calda pulverizada e avaliar o controle da ferrugem asiática da soja, utilizando-se diferentes volumes de aplicação combinados a pontas de pulverização de energia hidráulica e centrífuga. Para estas avaliações foram conduzidos quatro experimentos, com a cultura da soja, em área experimental da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. O primeiro experimento foi conduzido em vasos, com plantas de soja, com o objetivo de determinar a recuperação de íons metálicos utilizados como marcadores em estudos de depósitos da calda pulverizada e, verificar as variações na tensão superficial da solução pela adição dos mesmos à calda. Os tratamentos foram constituídos por caldas com um dos seguintes marcadores: sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, hidróxido de cobre e oxicloreto de cobre. Os marcadores foram aplicados na superfície adaxial de folíolos de soja e sobre lâminas de vidro, quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e, posteriormente, comparou-se a concentração recuperada e a predeterminada. Oxicloreto de cobre, sulfato de manganês, cobre ou zinco são adequados como marcadores de calda nos estudos de depósitos da pulverização por não alterar a tensão superficial da calda e por apresentar altas porcentagens de recuperação. O hidróxido de cobre, na formulação em teste, não é recomendado como marcador para estudos de depósito porque altera a tensão superficial da calda. O segundo e terceiro experimento foram conduzidos nas safras 2009/10 e 2010/11, no delineamento de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos volumes de 50, 100 e 150 L ha⁻¹ (gotas produzidas por energia hidráulica) e 17, 35 e 50 L ha⁻¹ (gotas produzidas por energia centrífuga), mais um tratamento adicional sem aplicação do fungicida. Foram avaliados o espectro das gotas produzidas, o depósito e cobertura da calda pulverizada e o controle da ferrugem asiática da soja. Os tratamentos combinados ao bico de energia hidráulica apresentaram maior variação no seu espectro de gotas em relação ao bico de energia centrífuga. O volume de 150 L ha⁻¹, com gotas formadas por energia hidráulica, proporcionou maior controle do patógeno pelo fungicida azoxistrobina + ciproconazole e maior produtividade em relação aos demais tratamentos. O quarto experimento foi conduzido na safra 2011/12, no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4 + 1 tratamento adicional. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação de volumes de aplicação (35 e 50 L ha⁻¹) e angulação do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador (60°, 40° e 20°, voltado para trás da barra do pulverizador, e 20° no sentido de deslocamento do pulverizador). No tratamento adicional foi utilizado o bico de energia hidráulica, modelo TT11002, e volume de aplicação de 150 L ha⁻¹. Objetivou-se com este trabalho avaliar os depósitos da pulverização

entre os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga e em relação ao bico de energia hidráulica. Verificou-se que modificações no ângulo de posicionamento do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador favorece o depósito da calda de pulverização, mas são dependentes do volume de aplicação. Essas alterações não foram suficientes para reduzir a diferença de depósitos médios e pontuais da calda pulverizada em relação às aplicações utilizando bicos de energia hidráulica. Os maiores depósitos da pulverização foram obtidos com o bico de energia hidráulica e volume de 150 L ha⁻¹.

Palavras-chave: bico de pulverização, *Glycine max* (L.) Merrill, métodos analíticos, *Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow), volume de aplicação.

EFFICIENCY OF DIFFERENT VOLUMES OF THE FUNGICIDE MIXTURE SPRAYED EITHER BY HYDRAULIC OR CENTRIFUGAL ENERGY FOR THE CONTROL OF ASIAN SOYBEAN RUST (ASR)

ABSTRACT - In order to have ASR efficiently controlled with reduced costs, studying and developing new techniques and equipments is of paramount importance to get the product better distributed and placed on the chosen targets. So, the objectives of this investigation were to determine the recovery of metallic ions used as markers in deposit studies, to evaluate the deposits and the covering of soybean plants by the fungicide mixture, and to evaluate the degree to which ASR was controlled. Different volumes of the fungicide mixture were applied by either centrifugally or hydraulically moved spray nozzles. Four experiments were carried out in the Experimental Farm of the Paulista State University (UNESP) on its campus of Jaboticabal, state of São Paulo, Brazil. In the first, the soybean plants were grown in vases and the objective was to determine the recovery of metallic ions used as markers in studies of the fungicide mixture deposits and also to verify the variations in surface tension in the solution resulting from the adding of those ions to the fungicide mixture. The treatments consisted of fungicides mixtures having one of the following markers: manganese sulfate, zinc sulfate, copper sulfate, copper hydroxide, and copper oxychloride. The markers were applied onto the adaxial surface of soybean leaflets and on glass laminae and then quantified by means of atomic absorption spectrophotometry. After that, the recovered and the predetermined concentrations were compared. Copper oxychloride, manganese or copper or zinc sulfate were found to be adequate as the fungicide mixture markers in deposit studies since they do not modify surface tension and because they are highly recoverable. Copper hydroxide is not recommended because it alters the fungicide mixture surface tension. The second and the third experiments were carried out during the cropping seasons of 2009/10 and 2010/11 in which the experimental units (resulting from four replications of seven treatments) were distributed according to a randomized complete block design. The treatments were formed by the application volumes of 50, 100, and 150 L ha⁻¹ (droplets produced by hydraulic energy) and 17, 35, and 50 L ha⁻¹ (droplets produced by centrifugal energy) and a check treatment with no fungicide applied. The items evaluated were the following: the spectrum of the produced droplets, the deposit and the covering of the sprayed mixture, and the degree to which ASR was controlled by measuring soybean grain yield and yield components. The treatments applied by the hydraulic energy nozzles showed a larger spectrum of droplet sizes in comparison with the centrifugal energy nozzles. The volume of 150 L ha⁻¹ with the droplets being formed by hydraulic energy resulted in the best pathogen control by the fungicide azoxystrobin + cyproconazole and the largest grain yield when compared to the other treatments. The fourth experiment was conducted during the cropping year of 2011/12 in which the experimental units (resulting from the factorial scheme of 2 x 4 + 1 additional treatment) were distributed in the field according to a completely random design. The factor levels were formed by the combination of application volumes (35 and 50 L ha⁻¹) and the angle of inclination of centrifugal energy nozzles attached to the spray boom, forming angles of 60, 40, and 20° with the soil surface, pointing to the hind part of the spray boom and the application volume of 150 L ha⁻¹. The objective of this experiment was to evaluate the spraying deposits resulting from the centrifugal and the hydraulic

nozzles. It was verified that the deposit of the fungicide mixture at each spraying may, depending on the mixture volume, be favored by the angle between the spraying nozzle of the centrifugal type and the spray boom. On the other hand, these modifications were not sufficient to reduce the difference of random and median deposits consequent of each application in comparison with the applications with hydraulic energy nozzles. The largest deposits resulted when the volume of 150 L ha⁻¹ was applied by hydraulic energy nozzles.

Keywords: spraying nozzle, *Glycine max* (L.) Merril, analytical methods, *Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow), application volume.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Dentre as culturas produtoras de grãos, a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] constitui-se a de maior importância econômica por ser a principal fonte de concentrados proteicos e de óleo vegetal (NASCIMENTO et al., 2009). Embora, o Brasil seja o segundo maior produtor e exportador mundial de soja (CONAB, 2012), o grande número de doenças que afetam a cultura dificulta a obtenção de produtividades maiores.

O fungo, *Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow), causador da ferrugem asiática da soja, é o agente fitopatogênico mais agressivo associado à cultura, responsável por reduções significativas de produtividade, sendo necessário o uso de medidas rápidas e eficientes para o seu controle (JULIATTI et al., 2005; NAVARINI et al., 2007; CHRISTOVAM et al., 2010).

Os primeiros sintomas da doença são observados inicialmente no terço inferior das plantas e as aplicações visando o seu controle, geralmente coincidem com os maiores índices de área foliar da cultura, dificultando que as gotas atinjam as partes mais internas e inferiores do dossel da cultura (HEIFFIG et al., 2006).

Para o controle eficiente da ferrugem asiática e redução dos custos de produção da soja, o estudo e desenvolvimento de novas técnicas e equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários tornam-se indispensáveis para se obter melhor distribuição da calda pulverizada e deposição do produto no alvo, mais especificamente nas folhas localizadas no baixeiro da planta (RAETANO, 2007; CHRISTOVAM et al., 2010). A escolha correta da ponta de pulverização, proporcionando gotas de tamanhos ideais, pode contribuir para o aumento da penetração e dos depósitos de produtos fitossanitários nas plantas (CUNHA et al., 2011).

Independente da finalidade das operações de pulverização, o maior depósito no alvo depende de fatores como angulação da barra; tipo ou modelo da ponta de pulverização e volume de aplicação; além das características inerentes a cada tipo de alvo (FARINHA et al., 2009). Alguns trabalhos têm avaliado a angulação dos

bicos na barra do pulverizador para verificar se estas alterações melhoram o nível de eficiência dos tratamentos realizados devido ao aumento na quantidade de calda depositada, em proporção à quantidade aplicada (PANISSON; BOLLER; REIS, 2004; SCUDELER; RAETANO, 2006; RODRIGUES et al. 2011).

Atualmente, com o aumento nos custos de aplicação, há tendência de redução do volume de calda aplicado que resulta em menor transporte de água ao campo, menor número de paradas para abastecimento do pulverizador e aumento da capacidade de campo operacional do conjunto de aplicação (FARINHA et al., 2009; SOUZA; CUNHA; PAVANIN, 2012).

A redução do volume de aplicação requer aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, pois volumes de aplicação reduzidos são eficientes quando utilizados com bicos de geração e distribuição de gotas uniformes e nas condições meteorológicas adequadas (BAYER et al., 2011).

Para a aplicação em volume baixo, alguns estudos demonstraram que maior depósito de calda pode ser obtido com bicos de energia centrífuga, pois apresentam maior uniformidade de gotas depositadas nos terços das plantas o que é fator primordial para a distribuição dos produtos fitossanitários sobre os alvos (HOLLAND et al., 1997; DI OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010).

Entretanto, o resultado das aplicações pode ser variável. Román et al. (2009a) avaliando a cobertura de plantas de algodão proporcionada por bicos de energia hidráulica e centrífuga, verificaram que o volume de aplicação de 150 L ha^{-1} com bico de energia hidráulica proporcionou maior cobertura quando comparado com bicos de energia centrífuga.

Assim, há a necessidade de realizar novos estudos que analisem a redução do volume de aplicação de produtos fitossanitários, permitindo a utilização de volumes e bicos de pulverização que proporcionem cobertura e depósito adequado ao controle de doenças, na cultura da soja, principalmente nas partes inferiores das plantas.

2 Objetivos

2.1 Objetivos gerais

Avaliar o controle da ferrugem asiática e a produtividade da cultura da soja em função de diferentes volumes de aplicação combinados a pontas de pulverização de energia hidráulica e centrífuga.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a recuperação de íons metálicos utilizados como marcadores em estudos de depósitos da pulverização;
- Avaliar os depósitos e a cobertura das plantas de soja pela calda pulverizada;
- Analisar as características do espectro das gotas produzidas durante a pulverização;
- Avaliar a eficácia dos tratamentos no controle da ferrugem asiática da soja através da produtividade e componentes da produção;
- Avaliar o depósito da pulverização em função do volume de aplicação e angulação dos bicos de energia centrífuga em relação ao bico de energia hidráulica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ferrugem da soja

A soja é infectada por duas espécies do gênero *Phakopsora* que causam a ferrugem, *Phakopsora meibomiae* (Arthur) (ferrugem americana) e *P. pachyrhizi* (ferrugem asiática) (ONO; BURITICA; HENNEN, 1992). A espécie *P. meibomiae* é nativa do Continente Americano, ocorrendo desde Porto Rico, no Caribe, até o sul do Paraná. A espécie *P. pachyrhizi*, está presente na maioria dos países asiáticos, na Austrália, na África e nas Américas (YORINORI et al., 2002).

A partir de 1992, após comparações das espécies americana e asiática, *P. meibomiae* foi considerada pouco agressiva à soja, raramente provocando perdas, ocorrendo em condições de temperaturas amenas e umidade relativa elevada. A espécie *P. pachyrhizi* é mais agressiva, adaptada a temperaturas entre 15 e 30 °C e pode causar severas perdas na cultura da soja em regiões com períodos prolongados de molhamento foliar (CARVALHO JUNIOR; FIGUEREDO, 2000).

O ciclo de desenvolvimento de *P. pachyrhizi* inicia-se com os uredósporos, oriundos das urédias, que atingem as folhas de soja, na face superior ou inferior e germinam quando a temperatura for favorável e com pelo menos seis horas de umidade na folha (ALVES et al., 2007; TSUKAHARA; HIKISHIMA; CANTERI, 2008). Magnani e Araujo (2007) relatam que dos uredósporos germinados forma-se um tubo germinativo capaz de penetrar os tecidos foliares diretamente pela epiderme intacta ou pelos estômatos.

Os primeiros sintomas surgem no terço inferior da planta e são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza esverdeada, com correspondente protuberância (urédia) na face inferior da folha. As urédias aparecem predominantemente na superfície inferior, mas podem, esporadicamente, aparecer na superfície superior das folhas (YORINORI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004). Devido ao hábito biotrófico do fungo, as lesões não são facilmente visíveis no início da infecção (HARTMAN; WANG; HYMOWITZ, 1992).

Progressivamente, as urédias adquirem cor castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um minúsculo poro, por onde são liberados os uredósporos que são formas de disseminação do patógeno (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). Os uredósporos acumulam-se ao redor dos poros e são carregados pelo vento (YORINORI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004). Caracterizam-se por serem globosos, subglobosos, ovais ou elipsoidais, aspecto hialino de brilho amarronzado, tamanho variável, geralmente de 13 a 28 μm , dependendo do hospedeiro e das condições ambientais (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho claro (lesão do tipo TAN) a castanho-avermelhada (lesão do tipo *Reddish Brown* - RB), formando as lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha. As urédias que deixaram de esporular apresentam as pústulas com os poros abertos (SINCLAIR; HARTMAN, 1999; YORINORI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

Os sintomas da ferrugem asiática evoluem desde urédias isoladas a áreas com pronunciada coalescência quando provoca amarelecimento e prematura abscisão foliar, causando danos na formação das vagens e enchimento de grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, conseqüentemente, maior a perda de produtividade e qualidade (SOARES et al., 2004; NAVARINI et al., 2007).

A ausência de cultivares comerciais de soja resistente à ferrugem asiática faz com que o manejo da cultura por meio da aplicação de fungicidas seja o principal método de controle da doença (GARDIANO et al., 2010). Embora os fungicidas sejam eficientes, o controle da ferrugem asiática nem sempre é adequado pelo fato da doença iniciar nas partes mais baixas da cultura. Dessa forma, as aplicações de fungicida precisam vencer a barreira imposta pela massa de folhas e proporcionar cobertura e depósito da calda pulverizada uniforme em todo o dossel da planta (RAETANO, 2007; ZHU et al., 2008; CUNHA et al., 2011).

3.2 Tecnologia de aplicação no tratamento fitossanitário

A agricultura caracteriza-se pela dependência da aplicação de produto fitossanitário para o controle das populações indesejadas de insetos, patógenos e plantas daninhas. Os custos envolvidos no processo de produção, bem como a crescente preocupação ambiental, requerem o uso de produtos seguros e de técnicas de aplicação eficientes (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007).

A tecnologia de aplicação empregada atualmente nas pulverizações ainda não é adequada ao paradigma proposto por Matuo (1990) que consiste no emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, no momento adequado e com o mínimo de contaminação de outras áreas.

Muitos produtos fitossanitários foram desenvolvidos pela indústria nos últimos anos para as diversas culturas. Porém, poucas mudanças têm ocorrido na maneira como esses produtos são aplicados. Existem vários casos de aplicações ineficientes, com excesso ou déficit de ingrediente ativo no alvo (DERKSEN; BRETH, 1994). Desperdícios de produtos fitossanitários podem variar de 15 a 70% em relação ao total do produto aplicado (CHAIM et al., 2003; COSTA et al., 2008).

3.2.1 Depósito e cobertura da calda de pulverização

Para alcançar aplicações com maior eficiência, o estudo do depósito e cobertura da calda pulverizada é essencial para avaliação da efetividade da aplicação no campo, reduzir falhas no controle e contaminação ambiental (FAROOQ et al., 2001; YU et al., 2009).

O processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações de produtos fitossanitários tem sido a análise dos depósitos por meio de substâncias marcadoras (corantes alimentícios, pigmentos fluorescentes e íons metálicos), com as quais tem se tomado decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização (OLIVEIRA; MACHADO NETO, 2003; MARCHI et al., 2005). O uso de marcadores é muito atrativo em virtude da facilidade de sua

visualização e remoção das folhas ou alvos coletores e menor custo em relação ao uso de produtos fitossanitários (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007; HEWITT, 2010).

A avaliação qualitativa utilizando papéis hidrossensíveis é mais simples, rápida e adequada para determinar diferenças na cobertura obtida em pulverizações, mas é subjetiva e deve ser utilizada apenas como método comparativo entre tratamentos (SALYANI; WHITNEY, 1988).

Estudos sobre padrões de depósitos e cobertura da calda de pulverização indicam distribuição irregular do produto fitossanitário nos terços da planta, o que diminui a eficácia dos tratamentos. Boschini et al. (2008) observaram que depósitos de calda nos terços mediano e inferior de plantas de soja foram significativamente menores aos obtidos no terço superior, independentemente da ponta e do volume de aplicação utilizado. Villalba et al. (2009) também observaram depósitos em cultivares de soja, quase três vezes maiores na região apical em relação a região basal.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, Prado et al. (2010), comparando depósitos entre a parte superior e inferior da planta de soja, verificaram que em tratamento sem assistência de ar houve maiores valores de depósitos na parte superior da planta quando comparado aos obtidos na parte inferior. Em outro estudo de depósito de calda em diferentes posições da planta de soja, Alves e Cunha (2011) verificaram que em todas as formas de aplicação, a maior cobertura foi observada no terço superior.

De acordo com Raetano (2007), a eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo, principalmente quando se trata de doenças causadas por fungos, que começam suas infestações pelas partes mais internas e mais baixas da planta.

A qualidade da cobertura e a eficácia biológica das aplicações estão na dependência direta do diâmetro das gotas. Numa pulverização, o diâmetro de gotas determina o nível de cobertura, a penetração do produto no dossel da planta, estabelece o comportamento quanto à distância de deslocamento (deriva), a perda por evaporação e a uniformidade de distribuição do líquido sobre o alvo (FAROOQ et al., 2001).

Quando se trata de monitorar e avaliar a qualidade e a segurança de uma pulverização é importante caracterizar o diâmetro das gotas produzidas para adequar a tecnologia de aplicação ao controle que se deseja obter (RUAS et al., 2009).

3.2.2 Bicos de pulverização e espectro de gotas

Os bicos são considerados os componentes fundamentais em qualquer sistema de pulverização (NUYTTENS et al., 2007). Genericamente, denomina-se de bico o conjunto de peças instalado no final do circuito hidráulico, por meio do qual a calda é fragmentada em gotas (MATTHEWS, 2000).

Das peças constituintes do bico, a ponta de pulverização é a mais importante delas, por ser responsável por diversos aspectos relacionados à qualidade da aplicação, como tamanho das gotas, distribuição do líquido pulverizado, uniformidade de distribuição e vazão da calda (FERNANDES et al., 2007).

A forma tradicional de aplicação dos produtos fitossanitários ocorre por meio de pulverizadores dotados de bicos de energia hidráulica, cuja formação de gotas é desuniforme. Entretanto, são os mais comuns e tradicionais, com ampla disponibilidade no mercado mundial (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007).

Uma pulverização com espectro de gotas heterogêneas resultará por um lado, em gotas grossas que podem ser ricocheteadas ou escorrer dos alvos e por outro lado, gotas finas que serão levadas pelos ventos (deriva), representando perdas de produto e poluição ambiental e uma porcentagem pequena do volume aplicado será aproveitada (MATTHEWS, 2000; CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007; DI OLIVEIRA; FERREIRA; FENÓLIO, 2008).

Outros sistemas de formação de gotas podem ser utilizados tais como os bicos de energia centrífuga que formam gotas de tamanho mais homogêneo e pode resultar em maior eficiência de controle do alvo (NUYTTENS et al., 2007; DI OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010).

Disco rotativo é a forma mais simples de bicos de energia centrífuga. Trata-se de um disco plano, no centro do qual o líquido é liberado. Devido à pequena

superfície desses discos, o volume de líquido possível de ser pulverizado é bastante pequeno (CHRISTOFOLETTI, 2005).

Em geral, os bicos de energia centrífuga distinguem-se em aplicações de alta rotação para produzir gotas pequenas ou de baixa rotação para produzir gotas maiores, para aplicação com baixo risco de deriva (MATUO, 1990).

Uma vez que a pulverização produz gotas de diferentes tamanhos, há a necessidade de se usar critérios técnicos para sua análise e principalmente sua quantificação, podendo-se dessa forma, comparar o tamanho das gotas, produzidos por outros equipamentos. Assim, pesquisadores têm utilizado o método de difração de raios laser para estudo e análise do espectro de gotas produzidas por diferentes equipamentos (CUNHA et al., 2004; FERREIRA et al., 2007).

As características do alvo e do produto fitossanitário a ser aplicado são de fundamental importância na determinação da densidade e do tamanho das gotas de uma pulverização. A utilização de gotas finas é recomendada quando é necessária maior cobertura e penetração no dossel das plantas. Entretanto, estas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pelas correntes de ar (CROSS et al., 2001; CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007).

As gotas medianas ou grossas são melhores para aplicação em condições de maior risco de deriva. Porém, apresentam dificuldade de se fixar nas superfícies foliares e menor uniformidade de distribuição nos terços da planta (CUNHA et al., 2004).

Barber, Parkin e Chowdhury (2003), estudando os efeitos de pontas de pulverização no controle de oídio em cevada, verificaram que o controle da doença foi maior nas aplicações com gotas mais finas comparadas as aplicações com gotas de maior tamanho. Da mesma forma, Cunha, Reis e Santos (2006), avaliando o depósito de calda pulverizada na cultura da soja, constataram maior cobertura do dossel da planta quando se empregaram pontas que geram gotas de menor tamanho.

Halley et al. (2008) também afirmaram que o maior depósito de calda foi obtido quando gotas finas foram utilizadas em comparação com gotas grossas. Contudo, estes resultados não corroboram com o trabalho realizado por Villalba et al. (2009), avaliando diferentes modelos de pontas e cultivares de soja, verificou que

o emprego de gotas finas não proporcionaram depósito de calda adequado na parte basal da planta.

Para o controle da ferrugem asiática da soja, utilizando diferentes modelos de pontas de pulverização, Nascimento et al. (2009) apontaram maior eficiência de penetração de gotas finas no terço inferior da cultura. Entretanto, De Oliveira e Antuniassi (2011) relataram que gotas médias foram mais eficientes no controle da doença do que gotas finas ou grossas.

3.2.3 Volume de aplicação

A busca por maior eficiência de campo dos equipamentos, com consequente diminuição dos custos de aplicação, tem mostrado tendência dos agricultores diminuir os volumes de calda aplicada (FARINHA et al., 2009). A redução do volume de aplicação representa expressiva inovação tecnológica, entretanto, requer aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, pois menor volume implica no uso de gotas finas, com maior risco de perdas por deriva e evaporação, além de menor quantidade de calda depositada (BAYER et al., 2011).

Trabalhos pioneiros com volume reduzido foram desenvolvidos para a aplicação de herbicidas na cultura da soja. Ferreira, Machado Neto e Matuo (1998) reduziram o volume de aplicação de 300 L ha⁻¹ para 75 e 150 L ha⁻¹, e obtiveram sucesso no tratamento fitossanitário com herbicidas quando estes foram aplicados em condições meteorológicas adequadas à aplicação.

Em trabalho mais recente, realizado por Ferreira et al. (2005), comparando baixos volumes de aplicação de fungicidas na cultura do algodoeiro, com o bico de energia centrífuga (22,2 L ha⁻¹) e bico de energia hidráulica (200 L ha⁻¹), observaram que o nível de produtividade na cultura foram equivalentes. Camargo, Romagnole e Bonelli (2004), também obtiveram sucesso no controle da ferrugem asiática da soja, utilizando volumes de 20 a 30 L ha⁻¹ com bico de energia centrífuga e 120 L ha⁻¹ utilizando o bico de energia hidráulica.

Cunha, Reis e Santos (2006), utilizando bico de energia hidráulica não constataram diferenças entre os volumes de aplicação de 115 e 160 L ha⁻¹ no controle da ferrugem asiática na cultura da soja, embora o maior volume apresentou

maior uniformidade no depósito da pulverização. Román et al. (2009b), também não contataram diferença entre os volumes de aplicação de 100, 150 e 200 L ha⁻¹ na porcentagem de cobertura pela calda fungicida na cultura da soja.

A redução do volume de aplicação nem sempre se correlacionam com uma eficiência adequada, visto que normalmente a cobertura do alvo é diretamente proporcional ao volume (COURSHEE, 1967). Assim, em estudo realizado por Cunha, Teixeira e Vieira (2005) com os volumes de aplicação de 125 e 250 L ha⁻¹ em feijoeiro, observaram que o maior volume de aplicação proporcionou maior depósito de calda de pulverização e também maior uniformidade de cobertura das plantas.

4 REFERÊNCIAS

ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Deposição de calda em diferentes posições da planta e produtividade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com o uso de barra auxiliar de pulverização. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011.

ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; FERREIRA, J. B.; ARAÚJO, D. V.; COSTA, J. C. B.; DEUNER, C. C.; MUNIZ, M. F. S.; ZAMBENEDETTI, E. B.; MACHADO, J. C. Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 239-244, 2007.

BARBER, J. A. S.; PARKIN, C. S.; CHOWDHURY, A. B. M. N. U. Effect of application method on the control of powdery mildew (*Bulmeria graminis*) on spring barley. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 22, n. 7, p. 949-957, 2003.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i2.1789>>.

CAMARGO, T. V.; ROMAGNOLE, E. W. C.; BONELLI, M. A. P. O. Controle da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) em aplicações tratorizadas com bicos hidráulicos e centrífugo (baixo volume oleoso). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** p. 88-91.

CARVALHO JUNIOR, A. A.; FIGUEREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 197-200, 2000.

CHAIM, A.; BOTTON, M.; SCRAMIN, S.; PESSOA, M. C. P. Y.; SANHUEZA, R. M. V.; KOVALESKI, A. Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 889-892, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000700014>>.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Desempenho dos bicos de pulverização em aeronaves agrícolas**. 2. ed. Sorocaba, 2005. 48 p.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: décimo primeiro levantamento. Agosto 2012. Brasília, 2012.

COSTA, N. V.; RODRIGUES, A. C. P.; MARTINS, D.; CARDOSO, L. A.; SILVA, J. I. C. Efeito de pontas de pulverização na deposição e na dessecação em plantas de *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 923-933, 2008.

COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 5, p. 327-52, 1967. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.05.010160.001551>>.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v. 20, n. 4, p. 333-343, 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000500003>>.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 10-15, 2007.

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.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-85, 2004.

DE OLIVEIRA, M. A. P.; ANTUNIASI, U. R. Eficácia do flutriafol e do flutriafol + tiofanato metílico aplicados com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 94-112, 2011.

DERKSEN, R. C.; BRETH, D. I. Orchard aircarrier spray application accuracy and spray coverage evaluations. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v. 10, n. 4, p. 463-470, 1994.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p.92-99, 2010.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; FENÓLIO, L. G. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: conceitos básicos. In: **Tópicos em Entomologia Agrícola**. ARAÚJO, E. S. et al. (ed.). Ribeirão Preto: Maxicolor Gráfica e Editora Ltda. 2008. Cap. 12, p. 178-185.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S010384782009000600016>>.

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

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bico na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERREIRA, M. C.; MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T. Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em pós-emergência na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 25-36, 1998.

FERREIRA, M. C.; IAMAMOTO, M. M.; ROCHA, F. G. F.; LOST, C. A. R.; LEITE, G. J. Cobertura da cultura do algodoeiro por caldas fungicidas aplicadas com pulverizadores de pressão constante (CO₂) e com bico rotativo, avaliada com papel sensível a água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Esphera, 2005. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 497-504, 2010.

HALLEY, S.; VAN EE, G.; HOFMAN, V.; PANIGRAHI, S.; GU, H. Fungicide deposition measurement by spray volume, drop size and sprayer system in cereal grains. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 24, n. 1, p. 15-21, 2008.

HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; HYMOWITZ, T. Sources of resistance to soybean rust in perennial *Glycine* species. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 4, p. 396-399, 1992.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HEWITT, A. J. Tracer and collector systems for field deposition research. In: ASPECTS 99: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION. ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY, 2010, Cambridge, U. K. **Proceedings....** p. 283-289.

HOLLAND, J. M.; JEPSON, P. C.; JONES, E. C.; TURNER, C. A comparison of spinning disc atomisers and flat fan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereal crops. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 179-185, 1997.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; BALARDIN, R. S.; VALE, F. X. R. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 351-395, 2005.

MAGNANI, E. B. Z.; ARAUJO, D. V. Eventos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p.156-160, 2007.

MARCHI, S. R.; MARTINS, D., COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MATTHEWS, G. A. Hydraulic nozzles. In: _____. (Ed.). **Pesticide application methods**. 3. ed. London: Blackwell, 2000. Cap. 5, p. 103-131.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

NASCIMENTO, J. M.; SOUZA, C. M. A.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; FENGLER, G. W. Controle de ferrugem asiática da soja utilizando-se de diferentes pontas de pulverização em Maracaju-MS. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, La Habana, v. 18, n. 1, p. 17-22, 2009.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

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

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Flórida, v. 70, n. 3, p. 415-21, 2003.

ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J. F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycological Research**, New York, v. 96, n. 10, p. 825-850, 1992.

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E. M. Avaliação da deposição de calda em anteras de trigo, para o estudo do controle químico de giberela (*Gibberella zeae*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 111-120, 2004.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RODRIGUES, A. C. P.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; PEREIRA, M. R. R. Avaliação qualitativa e quantitativa da deposição de calda de pulverização em *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 465-471, 2011.

ROMÁN, R. A. A.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J.; CARVALHO, G. G.; PARREIRA, R. S. Pulverização de inseticida na cultura do algodão com baixo volume de calda. 1: Cobertura das plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009a. p. 1366-1372.

ROMÁN, R. A. A.; CORTEZ, J. W.; FERREIRA, M. C.; DI OLIVEIRA, J. R. G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 223-232, 2009b.

RUAS, R. A. A.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; SILVA, A. A.; VIEIRA, R. F. Desenvolvimento e avaliação de um sistema experimental de pulverização visando a determinação de parâmetros para aplicação de agrotóxicos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 31-41, 2009.

SALYANI, M.; WHITNEY, J. D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 31, n. 2, p. 390-395, 1988.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G. Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 6, p. 515-521, 2006.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1999. p. 25-26.

SOARES, R. M.; RUBIN, S. A. L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELARNE, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. R. A.; PAVANIN, L. A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1; p. 78-85, 2012.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.

TSUKAHARA, R. Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 47-52, 2008.

VILLALBA, J. F.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil**: evolução, importância econômica e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 36 p. (Documentos, 247).

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; FERNANDEZ, P. F. T. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2000/01 e 2001/02. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** p. 94.

YU, Y.; ZHU, H.; FRANTZ, J.; REDING, M. E.; CHAN, K. C. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 1-11, 2009.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

CAPÍTULO 2 - Recuperação de marcadores metálicos utilizados em estudos de depósito da pulverização na cultura da soja

RESUMO - A confiabilidade de um marcador pode ser indicada pela taxa de recuperação, ou seja, quanto maior, mais exata é a quantificação da calda depositada. Objetivou-se com este trabalho determinar a recuperação de íons metálicos utilizados como marcadores de calda de pulverização e verificar as variações na tensão superficial da calda pela adição dos marcadores, a fim de adequá-los aos estudos de depósito da pulverização. O experimento foi conduzido em vasos com plantas de soja, cultivar “BRS Valiosa RR”, em área experimental do Departamento de Fitossanidade, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. Os tratamentos foram constituídos por caldas contendo um dos seguintes marcadores: sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, hidróxido de cobre ou oxicloreto de cobre. As caldas foram aplicadas na superfície adaxial de folíolos de soja e sobre lâminas de vidro e, posteriormente, os marcadores foram extraídos com solução de HCl 0,2 mol L⁻¹, e a concentração recuperada foi quantificada por espectrofotometria de absorção atômica. As medições da tensão superficial, determinada pelo método da gota pendente, foram realizadas a cada segundo, durante 180 segundos, através de tensiômetro automático. Oxicloreto de cobre, sulfato de manganês, cobre e zinco são adequados como marcadores de calda nos estudos de depósitos da pulverização por não alterar a tensão superficial da água e por apresentar altas porcentagens de recuperação. O hidróxido de cobre, na formulação em teste, não é recomendado como marcador para estudos de depósito porque altera a tensão superficial da água.

Palavras-chave: eficiência de aplicação, espectrofotometria, métodos analíticos, tensão superficial.

1 INTRODUÇÃO

A soja, [*Glycine max* (L.) Merrill], é uma das culturas de maior importância econômica mundialmente (CONAB, 2012). Trata-se de uma cultura com inúmeros desafios para uma produção com qualidade e alta produtividade e, dentre estes, está o controle eficaz de pragas e, principalmente, doenças foliares fúngicas, que normalmente demandam duas a três aplicações de fungicidas (CUNHA et al., 2011).

Nas pesquisas sobre tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, a quantificação dos depósitos da calda pulverizada sobre as plantas são importantes para avaliar a eficácia da aplicação no controle de pragas, doenças e plantas daninhas; reduzir falhas no controle e contaminação ambiental (YU et al., 2009).

A análise de depósitos de calda mais representativa para entender os aspectos relacionados à pulverização de produtos fitossanitários é baseada na detecção e recuperação de elementos químicos ou substâncias, a partir da própria superfície das plantas, de alvos artificiais ou por equipamentos específicos de amostragem (PALLADINI; RAETANO; VELINI, 2005). Cada tipo de alvo utilizado apresenta vantagens e desvantagens, sendo as superfícies naturais as mais recomendadas, por representar melhor as condições reais de uma aplicação a campo (MILLER, 1993).

Os estudos de depósitos da calda de pulverização podem ser realizados com os próprios produtos fitossanitários ou com marcadores. A grande desvantagem do uso de produtos fitossanitários é a dificuldade em obter métodos de alta reprodutibilidade e baixo custo que possam ser utilizados para a sua determinação (MARCHI et al., 2005).

O uso de marcadores de caldas de pulverização nos estudos de depósitos é uma prática amplamente empregada devido a maior facilidade de visualização e remoção das folhas ou alvos coletores e menor custo em relação ao uso de produtos fitossanitários. Contudo, deve ser levada em conta a possibilidade da não representatividade dos dados em relação à aplicação do produto fitossanitário (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007; HEWITT, 2010).

Existem vários trabalhos na literatura em que os pesquisadores optaram pelo uso de marcadores para estudos de depósito da pulverização, tais como íons

metálicos (CROSS et al., 2001; OLIVEIRA; MACHADO NETO, 2003; RAMOS et al., 2007; CHRISTOVAM et al., 2010), pigmentos fluorescentes e corantes alimentícios (PINTO et al., 2007; SIMÕES; TEIXEIRA; FARONI, 2009; CUNHA et al., 2011; COSTA et al., 2012).

A principal vantagem do uso de íons metálicos como marcadores de calda de pulverização em relação aos compostos fluorescentes e corantes visíveis é a estabilidade a degradação sob a luz solar (HERMOSILLA et al., 2008). Além disso, são facilmente detectáveis por espectrofotometria de absorção atômica, o que confere maior estabilidade e segurança nas análises (ZABKIEWICZ; STEELE; PRAAT, 2008). Podem ocorrer problemas na quantificação de íons metálicos se houver absorção pelas folhas, mas esse efeito é minimizado pela seleção adequada dos íons (MURRAY; CROSS; RIDOUT, 2000).

Alguns requisitos descritos por Yates e Akesson (1963) e ratificados por Palladini, Raetano e Velini (2005) e por Hewitt (2010) devem ser considerados na escolha do marcador, tais como: apresentar estabilidade a luz solar, temperatura, armazenamento e pH; não ser absorvido pelas folhas; manter a solução na mesma tensão da água; ser solúvel quando misturado à calda, com efeito físico mínimo na pulverização e evaporação das gotas; ser detectável nas medições; ter propriedades distintas para diferenciar de outras substâncias; atóxico e ter custo moderado.

No entanto, em muitos trabalhos, ao selecionar marcadores para estudos de depósitos da pulverização, não são avaliadas a recuperação dos mesmos, assim como as variações físico/químicas na calda. Assim, objetivou-se com este trabalho determinar a recuperação de íons metálicos utilizados como marcadores de calda e verificar as variações na tensão superficial da calda pela adição dos marcadores, a fim de adequá-los aos estudos de depósito da pulverização para a cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos plásticos com plantas de soja, cultivar “BRS Valiosa RR”, no período de abril a junho de 2012, em área experimental do Departamento de Fitossanidade, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP.

Os tratamentos foram constituídos por caldas contendo um dos seguintes marcadores: sulfato de manganês (10 g L^{-1} - $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 31% Mn^{2+}), sulfato de zinco (13 g L^{-1} - $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$, 23% Zn^{2+}), sulfato de cobre (12 g L^{-1} - $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$, 25% Cu^{2+}), hidróxido de cobre (9 mL L^{-1} - $\text{Cu}(\text{OH})_2$, 35% Cu^{2+}) e oxicloreto de cobre (6 g L^{-1} - $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$, 50% Cu^{2+}). As caldas foram preparadas para obter aproximadamente 3.000 mg L^{-1} do respectivo cátion metálico.

O hidróxido e o oxicloreto de cobre utilizados são encontrados comercialmente, formulados como fungicidas cúpricos, de nome comercial Supera[®] e Cuprogarb 500[®], respectivamente, ambos fabricados pela empresa Oxiquímica Agrociência Ltda. Os sulfatos de manganês, de cobre e de zinco empregados foram do tipo “puro para análise” (p.a.).

A aplicação dos marcadores foi realizada com microseringa (Hamilton, DS500/GT) na quantidade de 0,025; 0,050; 0,075 e 0,100 mL de cada solução/suspensão preparada a partir de cada produto, e o tratamento testemunha (sem aplicação). As gotas foram distribuídas sobre a superfície adaxial do folíolo central de cada folha de soja, ainda presos à planta, aos 50 e 70 dias após a emergência da soja (Figura 1 A) e sobre lâminas de vidro (Figura 1 B), em cinco repetições para cada volume.



Figura 1. Aplicação dos marcadores sobre folíolos de soja (A) e sobre lâminas de vidro (B). Tamanho das gotas e distribuição do depósito da calda aplicada pela microseringa (C).

As aplicações foram realizadas nos estádios de desenvolvimento da planta de soja R1 e R4 (RITCHIE; HANWAY; THOMPSON, 1982) para verificar a repetitividade dos resultados, nestas fases em que comumente são realizadas aplicações na cultura da soja.

Avaliou-se a taxa de recuperação dos íons metálicos também em lâminas de vidro, porque de acordo com Iost e Raetano (2010), em experimentos envolvendo

estudos com calda de pulverização, este alvo constitui-se em superfície hidrofílica padrão para comparações.

A aplicação utilizando microseringa simulou o depósito da calda pulverizada, embora o tamanho e a distribuição das gotas foram mais uniformes em relação ao que se verifica nas pulverizações de campo (Figura 1 C). Considera-se, porém, que este aspecto não interfere nos resultados, uma vez que a quantificação se dá em termos absolutos do total depositado e se relaciona diretamente com a concentração da calda.

As aplicações das caldas foram realizadas no período da manhã (entre 10 e 12 horas), dentro de casa-de-vegetação, com temperatura média de 28 e 25 °C, umidade relativa de 68 e 61% e ausência de ventos, respectivamente, para a primeira e segunda aplicação.

Após as aplicações, esperou-se a secagem das gotas depositadas nos folíolos de soja e nas lâminas de vidro (± 120 min) e, de acordo com o método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003), as amostras foram colocadas em sacos de polietileno, aos quais foram adicionados 100 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) 0,2 mol L⁻¹, seguindo-se repouso por 60 minutos para extração dos marcadores.

A quantificação das concentrações dos marcadores depositados nos folíolos de soja e nas lâminas de vidro foi determinada em espectrofotômetro de absorção atômica iCE 3000, com lâmpada de catodo oco de multi-elemento com comprimentos de onda de 324,8; 279,5 e 213,9 nm, respectivamente, para Cu²⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺. Nas curvas-padrão dos cátions Cu²⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺ foram utilizados padrões com as concentrações de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 mg L⁻¹. Os coeficientes de determinação das curvas foram acima de 0,99.

A partir da equação aferida na curva de calibração, obtida por meio das soluções-padrão dos respectivos elementos, os valores de absorbância foram transformados em concentração (mg L⁻¹ ou µg mL⁻¹). A partir da concentração da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a quantidade recuperada de cada marcador.

A concentração recuperada de cada marcador foi comparada à concentração predeterminada pela análise de regressão a 5% de probabilidade. Posteriormente,

utilizando-se planilha eletrônica, foram obtidas as equações de regressão linear passando pela origem ($a = 0$, portanto, $\hat{y} = bx$).

Nas avaliações da tensão superficial das caldas com os marcadores foram utilizadas as mesmas caldas empregadas no teste de recuperação. Água ultrapura foi utilizada como testemunha. De cada tratamento foram obtidas quatro gotas, cada uma representando uma repetição. As gotas foram formadas com o auxílio de microseringa graduada com capacidade para 500 μL , dispensando-se volumes de aproximadamente 5 μL para cada repetição.

As medições da tensão superficial de cada tratamento foram realizadas a cada segundo num tempo total de cinco minutos, através de um tensiômetro automático, modelo OCA-15 plus, da Dataphysics Germany, no qual a tensão superficial é determinada pelo método da gota pendente. A imagem da gota é capturada por uma câmera e o equipamento analisa o formato da gota pendente na extremidade de uma agulha acoplada à seringa de emissão do líquido a ser analisado por assimetria de eixos (ADSA - axisymmetric drop shape analysis).

Um software específico que utiliza uma posição ideal como linha de referência no campo de imagem é utilizado para que se identifique o ponto chave para o início da gravação das imagens. A tensão superficial é determinada através da digitalização e análise do perfil da gota, utilizando para ajuste a equação de Young-Laplace.

Os dados de tensão superficial obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância e quando significativo ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), as médias da tensão superficial das caldas foram comparadas à tensão superficial da água, utilizando-se o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. Para análise estatística foram considerados apenas os dados de tensão superficial obtidos nos tempos 1, 90 e 180 segundos, caracterizando o início, o meio e o final da avaliação da cinética da tensão superficial de cada tratamento. Na apresentação gráfica, considerou-se o resultado obtido durante todo o tempo de avaliação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à concentração recuperada em relação à concentração predeterminada dos marcadores submetidos à análise de regressão se ajustaram ao modelo linear, apresentando equações que permitiram obter estimativas da recuperação dos marcadores que foram aplicados sobre os folíolos de soja e nas lâminas de vidro (Tabela 1 e 2). Na equação de regressão, “ $\hat{y}$ ” corresponde à concentração recuperada ($\mu\text{g mL}^{-1}$ ou mg L^{-1}) e “ x ” à concentração predeterminada ($\mu\text{g mL}^{-1}$ ou mg L^{-1}).

A recuperação dos marcadores em folíolos de soja e em lâminas de vidro, nas duas avaliações, apresentou coeficiente de determinação acima de 0,96, indicando que mais de 96% dos valores observados estão incluídos na estimativa de recuperação dos marcadores obtidos pelas equações (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Equação de regressão, coeficiente de determinação (R^2), teste F (F) e coeficiente de variação (CV), obtidos no estudo da recuperação de marcadores aplicados em folíolos de soja.

Marcador	Avaliação	Equação	R^2	F	CV (%)
Sulfato de Manganês	50 DAE	$\hat{y} = 1,033 x$	0,998	17.099,42**	2,71
	70 DAE	$\hat{y} = 1,066 x$	0,998	14.555,78**	2,96
Sulfato de Zinco	50 DAE	$\hat{y} = 0,986 x$	0,994	3.991,23**	5,65
	70 DAE	$\hat{y} = 1,007 x$	0,968	865,86**	12,02
Sulfato de Cobre	50 DAE	$\hat{y} = 1,010 x$	0,993	3.523,77**	5,89
	70 DAE	$\hat{y} = 1,004 x$	0,992	5.858,65**	4,46
Hidróxido de Cobre	50 DAE	$\hat{y} = 0,919 x$	0,987	2.733,85**	7,08
	70 DAE	$\hat{y} = 0,978 x$	0,996	6.802,01**	4,33
Oxicloreto de Cobre	50 DAE	$\hat{y} = 0,941 x$	0,993	4.664,23**	5,33
	70 DAE	$\hat{y} = 0,982 x$	0,993	3.910,97**	5,63

DAE - dias após a emergência das plantas de soja. Pelo teste F: ** significativo a 1% de probabilidade.

Em folíolos de soja, verificou-se 100% de recuperação de Mn e de Cu quando aplicados na forma de sulfato, nas duas avaliações (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Zabkiewicz, Steele e Praat (2008) em experimento utilizando cátions metálicos como marcadores.

A recuperação do zinco foi de 98,2 e 100%, na primeira e segunda avaliação, respectivamente (Tabela 1). Xu et al. (2006) para quantificar o depósito de pulverizações em folhas e frutos de macieira utilizaram o zinco quelatado como

marcador e relataram taxa de recuperação do zinco maior que 92%, sendo este valor, condizente com os resultados observados neste estudo.

Na primeira avaliação, a recuperação do cobre aplicado nas formas de hidróxido e oxicloreto foram de 91,9 e 94,1%, respectivamente (Tabela 1). Entretanto, dentro da porcentagem mínima de 80% de recuperação para validação de métodos analíticos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2002).

A recuperação verificada para o hidróxido e oxicloreto de cobre, na segunda avaliação, foram acima de 97% (Tabela 1). Estes resultados se aproximaram ao observado por Prado et al. (2010). Os autores, para mensurar os depósitos da calda pulverizada na cultura da soja, utilizaram um fungicida cúprico à base de oxicloreto de cobre (Cobox 50%) e encontraram valores médios de recuperação para o elemento cobre superiores a 99%.

O cobre, nas formas de hidróxido e oxicloreto, tanto em folíolos de soja como nas lâminas de vidro, apresentaram menores porcentagens de recuperação em relação aos demais marcadores. Além disso, houve maior variação da taxa de recuperação entre a primeira e segunda avaliação para estes marcadores (Tabelas 1 e 2). Este resultado, não se deve a idade dos folíolos de soja, nem se relaciona à absorção do marcador pela planta, porque nas lâminas de vidro ocorreu de forma semelhante.

O cobre, na forma de hidróxido e oxicloreto, quando adicionados à calda, não formaram uma solução homogênea como os demais marcadores na forma de sulfato, e o que foi aplicado sobre os folíolos de soja e nas lâminas de vidro estavam na forma de suspensão, o que, provavelmente, resultou nesta variação da taxa de recuperação.

Com base nos resultados precedentes, considerando-se apenas o método de extração empregado e a taxa de recuperação dos cátions utilizados como marcadores de calda, pode-se afirmar que os mesmos foram adequados para os estudos de depósitos da calda pulverizada na cultura da soja. Para a cultura da macieira, Travis, Sutton e Skroch (1985) também selecionaram o cobre, o zinco e o manganês como marcadores adequados nos estudos de depósitos nas

pulverizações porque os valores de recuperação calculados e medidos foram semelhantes.

Tabela 2. Equação de regressão, coeficiente de determinação (R^2), teste F (F) e coeficiente de variação (CV), obtidos no estudo da recuperação de marcadores aplicados em lâminas de vidro.

Marcador	Avaliação	Equação	R^2	F	CV (%)
Sulfato de Manganês	50 DAE	$\hat{y} = 0,998 x$	0,999	30.850,47**	2,01
	70 DAE	$\hat{y} = 1,052 x$	0,999	29.241,00**	2,09
Sulfato de Zinco	50 DAE	$\hat{y} = 1,036 x$	0,999	26.862,87**	2,18
	70 DAE	$\hat{y} = 1,057 x$	0,997	10.544,24**	3,40
Sulfato de Cobre	50 DAE	$\hat{y} = 0,997 x$	0,990	4.430,57**	5,43
	70 DAE	$\hat{y} = 1,063 x$	0,999	30.617,77**	2,01
Hidróxido de Cobre	50 DAE	$\hat{y} = 0,887 x$	0,994	6.025,95**	4,69
	70 DAE	$\hat{y} = 0,973 x$	0,993	4.586,73**	5,38
Oxicloreto de Cobre	50 DAE	$\hat{y} = 0,860 x$	0,979	1.091,72**	10,95
	70 DAE	$\hat{y} = 0,985 x$	0,994	3.911,81**	5,69

DAE - dias após a emergência das plantas de soja. Pelo teste F: ** significativo a 1% de probabilidade.

É importante também que as características físicas e químicas da calda não sejam alteradas pela adição do marcador. Entretanto, pelos dados obtidos da cinética da tensão superficial da calda após a adição dos marcadores, verificou-se que o hidróxido de cobre reduziu a tensão superficial da água. Os demais marcadores mantiveram a tensão da água praticamente inalterada (Figura 2 e Tabela 3).

Tabela 3. Cinética da tensão superficial da água e dos marcadores utilizados nos estudos de depósitos da pulverização.

Marcadores	Tensão superficial (mNm^{-1})		
	Tempo (s)		
	0	90	180
Sulfato de Manganês	76,09	76,77	76,87
Sulfato de Zinco	75,25	75,73	75,93
Sulfato de Cobre	74,63	74,77*	74,48
Oxicloreto de Cobre	74,99	75,08	75,14
Hidróxido de Cobre	34,57*	33,85*	33,14*
Água ultrapura	75,12	75,96	75,71
F	3.716,97**	3.504,66**	1.882,83**
DMS	1,06	1,13	1,56
CV(%)	0,80	0,84	1,17

*As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha (água) ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett. Pelo teste F, ** significativo a 1% de probabilidade.

Deve-se considerar, de acordo com Palladini, Raetano e Velini (2005), que inseticidas, acaricidas e fungicidas podem alterar as propriedades físico-químicas das caldas. Assim, essa redução da tensão superficial proporcionada pelo hidróxido de cobre, possivelmente, deve-se à atuação de adjuvantes presentes na sua formulação, visto que este produto, utilizado como marcador de calda, é um fungicida na sua forma comercial líquida.

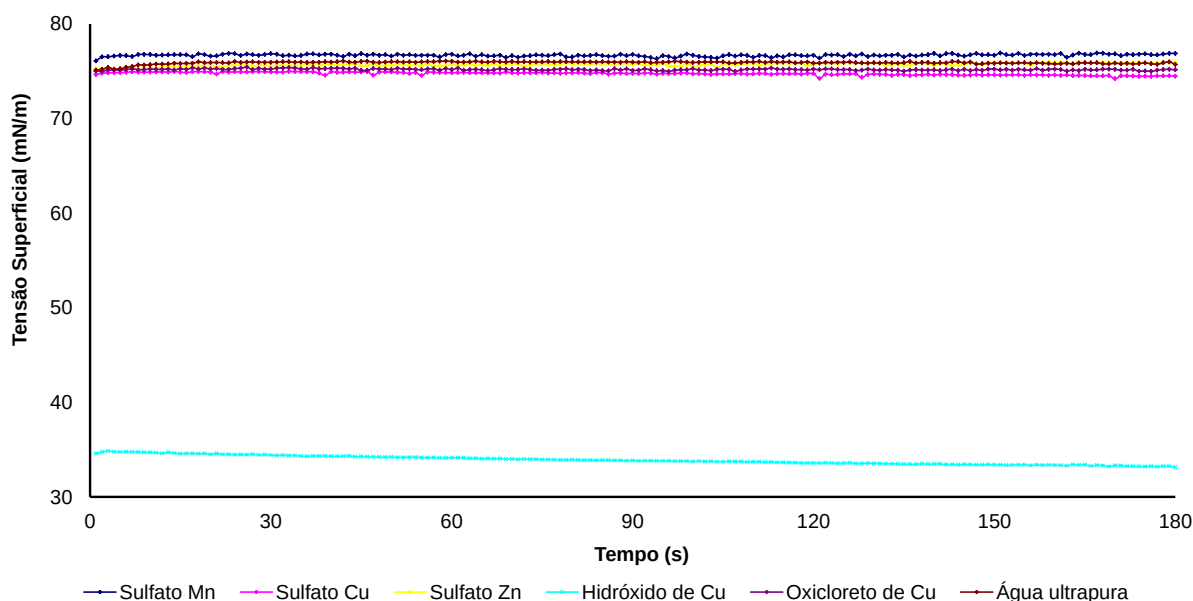


Figura 2. Cinética da tensão superficial da água e dos marcadores utilizados nos estudos de depósitos da pulverização.

Considerando a característica de tensão superficial, exceto o hidróxido de cobre, os demais marcadores são ideais para as avaliações de depósitos da pulverização na cultura da soja, de acordo com um dos requisitos descritos por Yates e Akesson (1963) para seleção de marcadores.

4 CONCLUSÃO

Oxicloreto de cobre, sulfato de manganês, cobre e zinco são adequados como marcadores de calda nos estudos de depósitos da pulverização por não alterar a tensão superficial da água e apresentar altas porcentagens de recuperação. O hidróxido de cobre, na formulação em teste, não é recomendado como marcador porque altera a tensão superficial da água.

5 REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 475, de 19 de março de 2002**: guia para validação de métodos analíticos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 08 set. 2012.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; COSTA, A. C. P. R.; CARDOSO, L. A. Deposição de glyphosate com diferentes pontas de pulverização na dessecação de plantas de *Panicum maximum*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Jaboticabal, v. 11, n. 1, p. 96-107, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v11i1.135>>.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v. 20, n. 4, p. 333-343, 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

HERMOSILLA, J. S.; MEDINA, R.; RODRIGUEZ, F.; CALLEJON, A. Use of food dyes as tracers to measure multiple spray deposits by ultraviolet visible absorption spectrophotometry. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 51, n. 4, p. 1177-1186, 2008.

HEWITT, A. J. Tracer and collector systems for field deposition research. In: ASPECTS 99: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION. ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY, 2010, Cambridge, U. K. **Proceedings....** p. 283-289.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 670-680, 2010.

MARCHI, S. R.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection**. Trowbridge: CAB International, 1993. p. 101-122.

MURRAY, R. A.; CROSS, J. V.; RIDOUT, M. S. The measurement of multiple spray deposits by sequential application of metal chelate tracers. **Annals of Applied Biology**, Chichester, v. 137, n. 3, p. 245-252, 2000.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Flórida, v. 70, n. 3, p. 415-21, 2003.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

PINTO, J. R.; LOECK, A. E.; SOUZA, R. T.; LOUZADA, R. S. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 105-107, 2007.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, SP, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 56-65, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000200009>>.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1982. (Cooperative Extension Service, Special Report, 53).

SIMÕES, R. O.; TEIXEIRA, M. M.; FARONI, L. R. D. A. Determinação da uniformidade de distribuição de agroquímicos em grãos de trigo utilizando a técnica da espectrofotometria do UV/visível. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 130-134, 2009.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.

TRAVIS, J. W.; SUTTON, T. B.; SKROCH, W. A. A technique for determining the deposition of heavy metals in pesticides. **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, n. 7, p. 783-785, 1985.

XU, X.; WU, P.; THORBEK, P.; HYDER, K. Variability in initial spray deposit in apple trees in space and time. **Pest Management Science**, Chichester, v. 62, n. 10, p. 947-956, 2006.

YATES, W. E.; AKESSON, N. B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analysis. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 6, n. 2, p. 105-114, 1963.

ZABKIEWICZ, J. A.; STEELE, K. D.; PRAAT, J. P. Determination of spray drift using multiple metal cations as tracers. **New Zealand Plant Protection**, Hastings, v. 61, p. 159-163, 2008.

CAPÍTULO 3 - Volume de calda em pulverização por energia hidráulica e centrífuga empregado no controle da ferrugem asiática da soja

RESUMO - A ferrugem asiática [*Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow)] é uma das doenças mais impactantes na produtividade e nos custos de produção da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] requerendo expressivo investimento na aplicação de fungicidas, atualmente, a principal forma de controle. Para tanto, o objetivo da realização deste trabalho foi avaliar o controle da ferrugem asiática da soja em função do uso de diferentes volumes de aplicação combinados a bicos de pulverização de energia hidráulica e centrífuga. Foram conduzidos dois experimentos com a cultura da soja, cultivar “BRS Valiosa RR”, em área experimental da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, no delineamento de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos volumes de 50, 100 e 150 L ha⁻¹ (gotas produzidas por energia hidráulica) e 17, 35 e 50 L ha⁻¹ (gotas produzidas por energia centrífuga), mais um tratamento adicional sem aplicação do fungicida. Os tratamentos combinados ao bico de energia hidráulica apresentaram maior variação no seu espectro de gotas em relação ao bico de energia centrífuga. Aplicações com o volume de 17 L ha⁻¹, com gotas formadas por energia centrífuga, foi menos eficiente, com maior severidade da ferrugem asiática, resultando em redução do tamanho dos grãos e produtividade. O volume de 150 L ha⁻¹, com gotas formadas por energia hidráulica, proporciona maior controle do patógeno pelo fungicida azoxistrobina + ciproconazole e maior produtividade em relação aos demais tratamentos.

Palavras-chave: bico de pulverização, cobertura, depósito, *Glycine max* (L.) Merrill, *Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow), severidade da doença.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal oleaginosa produzida e consumida no mundo (CONAB, 2012). Todavia, devido à alta incidência de doenças, o máximo potencial produtivo da cultura dificilmente é alcançado (JULIATTI et al., 2005).

Dentre as doenças que afetam a sojicultura no Brasil, a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow) é um dos patógenos mais agressivos, responsável por reduções significativas de produtividade, sendo necessário o uso de medidas rápidas e eficientes para o seu controle (NAVARINI et al., 2007; CHRISTOVAM et al., 2010). A ausência de cultivares comerciais de soja resistentes à ferrugem asiática faz com que o manejo da cultura por meio da aplicação de fungicidas seja o principal método de controle da doença (GARDIANO et al., 2010).

Os primeiros sintomas da ferrugem asiática são observados inicialmente no terço inferior da planta, geralmente, a partir do florescimento da cultura. Assim, as técnicas de aplicação precisam oferecer a máxima capacidade de penetração das gotas pela massa de folhas e a melhor cobertura possível, mesmo para aplicação de fungicidas com característica de ação sistêmica (RAETANO, 2007; CUNHA et al., 2011).

Observações em áreas comerciais e em experimentos evidenciam distribuição irregular do produto fitossanitário nos terços da planta. De maneira geral, o depósito da calda pulverizada é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas (BOSCHINI et al., 2008; VILLALBA et al., 2009; DI OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010). Isto pode resultar em baixa eficácia no controle de doenças, tais como a ferrugem asiática da soja, cujos primeiros sintomas são observados inicialmente no terço inferior da planta.

A escolha correta da ponta de pulverização, proporcionando gotas de tamanhos ideais, pode contribuir para o aumento da penetração e depósito dos produtos fitossanitários no terço médio e inferior da cultura da soja (CUNHA et al., 2011). As pulverizações são realizadas predominantemente com equipamentos que operam com pressão hidráulica, cuja formação de gotas é desuniforme, dificultando,

muitas vezes, cobertura adequada do alvo (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007).

Para aumentar esta uniformidade, outros sistemas de formação de gotas podem ser utilizados tais como os bicos de energia centrífuga que formam gotas de tamanho mais homogêneo e pode resultar em maior eficiência de controle do alvo (NUYTTENS et al., 2007; DI OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010).

Outra variável é o volume de aplicação, parâmetro importante para a cobertura e depósito da pulverização a campo. Atualmente, busca-se reduzir o volume de calda nas pulverizações objetivando aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores por reduzir o número de paradas e o tempo gasto para reabastecimento do pulverizador e diminuir custos devido à coleta e transporte de água ao campo (FARINHA et al., 2009; SOUZA; CUNHA; PAVANIN, 2012).

As pulverizações com volumes de aplicação reduzidos representam expressiva inovação tecnológica, entretanto, implica no uso de gotas finas ou muito finas com maior risco de perdas por deriva e evaporação, além de menor quantidade de calda depositada (BAYER et al., 2011). Para aplicação em baixo volume, estudo realizado por Di Oliveira, Ferreira e Román (2010) observaram que para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) o maior depósito da calda foi obtido utilizando-se bicos de energia centrífuga.

Apesar de haver pouca informação científica disponível na literatura sobre a eficiência do bico de energia centrífuga, a hipótese que originou o presente trabalho é de que as pulverizações utilizando bicos de energia centrífuga, por proporcionar gotas de tamanho mais homogêneo, resultariam em cobertura e depósito mais uniformes nos terços da planta em relação ao sistema de pulverização convencional, mesmo com menores volumes de aplicação.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o controle da ferrugem asiática da soja em função do uso de diferentes volumes de aplicação combinados a bicos de pulverização de energia hidráulica e centrífuga.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrições Gerais

Foram conduzidos dois experimentos, safras 2009/10 e 2010/11, em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e extensão (FEPE) da UNESP - Câmpus de Jaboticabal, SP (latitude de 21° 15' 17" S, longitude de 48° 19' 20" W e altitude média de 575 m), com a cultura da soja, cultivar "BRS Valiosa RR", de ciclo médio e hábito de crescimento determinado.

A semeadura foi realizada no sistema convencional nos dias 03/12/2009 e 24/11/2010, utilizando-se o espaçamento de 0,45 m entrelinhas, densidade de 18 sementes por metro de sulco e estande final de 355.000 plantas de soja por hectare. Cada unidade experimental foi constituída por 10 linhas de 25 m de comprimento, com área total de 112,5 m² e área útil de 27 m².

Os tratos culturais e aplicações de herbicidas e inseticidas foram realizados de acordo com as recomendações indicadas para a cultura da soja (EMBRAPA, 2011). Para o controle da ferrugem asiática, optou-se pela mistura fungicida azoxistrobina + ciproconazole (Priori Xtra® - 0,3 L p.c ha⁻¹) + óleo mineral (Nimbus® 0,5% v/v) na primeira e segunda aplicação.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por uma testemunha sem aplicação do fungicida e os demais, resultaram da combinação do bico de pulverização de energia hidráulica combinado aos volumes de 50, 100 e 150 L ha⁻¹ e o bico de energia centrífuga combinado aos volumes de 17, 35 e 50 L ha⁻¹. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador foi de 2 m s⁻¹ e a pressão utilizada foram compatíveis ao tipo de ponta e volume de calda utilizado para cada tratamento (Tabela 1).

Nas aplicações do fungicida foi utilizado um trator Ford, modelo 4610, para deslocamento do pulverizador montado tratorizado, fabricado pela K.O. Máquinas Agrícolas, com barra de pulverização de 12 m em que foi utilizado apenas um lado da barra. O espaçamento entre bicos de energia centrífuga foi de 1,40 m e de 0,50 m em relação ao alvo. A rotação dos discos utilizada foi de 103,33 Hz (posição do

controlador de rotação em gotas médias de acordo com classificação do fabricante). As pontas de energia hidráulica foram espaçadas de 0,5 m e altura de aplicação de 0,5 m em relação ao alvo.

Tabela 1. Características das condições necessárias para obtenção dos tratamentos em estudo.

SAFRA 2009/10 e 2010/11					
Bico de energia hidráulica			Bico de energia centrífuga		
Volume (L ha ⁻¹)	Pressão (kPa)	Ponta	Volume (L ha ⁻¹)	Pressão (kPa)	Núcleo/Disco
50	200	TT11001	17	200	13/D2
100	200	TT11002	35	150	25/D2
150	400	TT11002	50	350	25/D2

A temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento observadas durante as aplicações estão apresentadas na Tabela 2. A escolha do horário da aplicação foi em função de condições operacionais e do efeito que a umidade relativa na cultura poderia causar no papel hidrossensível em horários mais amenos, como nas primeiras horas da manhã.

Tabela 2. Condições meteorológicas observadas durante as aplicações realizadas visando o controle da ferrugem asiática da soja. Jaboticabal, SP.

SAFRA 2009/10						
Aplicação/Data	ED	Horário		Temp. (°C)	U.R (%)	V.V (m s ⁻¹)
		Começo	Final			
Primeira - 01/02/2010	R1	13h00min	15h30min	31,3-33,0	65-73	0,30-0,80
Segunda - 24/02/2010	R4	10h00min	12h40min	33,6-36,8	55-63	0,55-1,66
SAFRA 2010/11						
Primeira - 19/01/2011	R1	14h00min	16h50min	28,1-29,6	65-74	0,80-2,22
Segunda - 10/02/2011	R4	14h00min	17h10min	29,6-30,7	57-68	0,30-0,80

ED - Estádio de desenvolvimento da planta de soja com base na escala fenológica de Ritchie; Hanway;Thompson (1982). U.R - Umidade relativa do ar. Temp. - Temperatura do ar. V.V - Velocidade do Vento.

2.2 Avaliações

2.2.1 Espectro das gotas da pulverização

A análise do espectro das gotas produzidas pelos tratamentos aplicados no campo (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Análise de Partículas (LAPAR) do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), Câmpus de Jaboticabal.

Os parâmetros analisados foram o diâmetro mediano volumétrico ($Dv_{0,5}$), o coeficiente de uniformidade das gotas pulverizadas (Coef. Unif.) e a porcentagem de volume em gotas com diâmetros menores que 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$). O coeficiente de uniformidade foi obtido através da equação:

$$\text{Coef. Unif.} = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}}$$

em que:

Coef. Unif. = Coeficiente de Uniformidade (adimensional); $Dv_{0,1}$; $Dv_{0,5}$ e $Dv_{0,9}$ referem-se ao diâmetro da gota (μm), tal que 10, 50 e 90%, respectivamente, do volume aspergido é composto por gotas de diâmetro inferior a ele.

De acordo com Viana et al. (2010), esses parâmetros são os de maior importância para a determinação da população das gotas pulverizadas porque em conjunto definem o tamanho, a homogeneidade e o potencial de deriva das gotas produzidas pelas pontas de pulverização.

O diâmetro das gotas foi determinado por difração de raio laser durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem de um analisador de tamanho de partículas (Mastersizer, Malvern Instruments Limited), ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm . O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (FERNANDES et al., 2007). A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro das gotas por difração de raio laser foram processados e tabelados diretamente pelo programa Mastersizer S[®], versão 2.19.

As caldas de pulverização foram preparadas em um tanque de aço inoxidável com capacidade de 10 litros. O tanque foi pressurizado por meio de ar comprimido controlado com regulador de pressão de precisão, operado manualmente, munido de manômetro analógico calibrado para a função. O acionamento do fluxo de calda foi realizado simultaneamente por meio de interruptor elétrico que comanda a válvula solenóide do circuito hidráulico.

O bico de energia hidráulica foi instalado em um transportador radial posicionado a 0,4 m do feixe do laser de acordo com normas da FAO (1998). O bico

de energia centrífuga foi instalado num suporte estático que permitiu a leitura representativa das gotas pulverizadas.

Foram utilizadas três amostras das pontas de energia hidráulica para as análises e para cada uma delas foram realizadas quatro repetições das leituras dos jatos aspergidos. Para o bico de energia centrífuga foram utilizados dois exemplares e seis leituras de cada bico, totalizando 12 repetições por tratamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, uma vez que as condições operacionais e meteorológicas entre as repetições foram padronizadas. As condições ambientais no momento da realização deste experimento foram: temperatura do ar 27 °C, umidade relativa do ar de 63% e ausência de ventos.

2.2.2 Depósito e cobertura da calda de pulverização

Para quantificar o depósito da calda pulverizada, em cada terço da planta de soja, na primeira aplicação de fungicida visando o controle da ferrugem asiática, adicionou-se à calda um marcador metálico formulado à base de sulfato de manganês (31% de Mn^{2+}), na concentração de 6 g L⁻¹ (concentração fixa para os diferentes volumes estudados).

Após as aplicações da calda com o marcador coletou-se, em quatro plantas por parcela, um folíolo do terço superior, médio e inferior. De acordo com o método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003), as amostras foram colocadas em sacos de polietileno, aos quais foram adicionados 100 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) 0,2 mol L⁻¹, seguindo-se repouso por 60 minutos para extração do sal aplicado.

Após este período o extrato foi filtrado e no qual se quantificou o íon metálico (Mn^{2+}) recuperado em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo iCE 3000. Os folíolos coletados foram lavados e digitalizados para estimar a área foliar por meio de um medidor de área foliar LI-COR (Modelo LI 3100C).

As concentrações em µg mL⁻¹ de manganês obtido das leituras do espectrofotômetro foram relacionadas às áreas foliares medidas, e posteriormente transformadas em volume por unidade de área (µL cm⁻²) através da expressão matemática:

$$C_i.V_i = C_f.V_f$$

em que:

C_i = concentração inicial na calda de aplicação (mg L^{-1});

V_i = volume retido pelo alvo (mL);

C_f = concentração detectada em densidade óptica (mg L^{-1}); e

V_f = volume de diluição da amostra de cada planta (mL).

O produto dessa expressão matemática foi multiplicado por 1.000 para transformação do volume retido pelo alvo de mL para μL por folíolo de soja, e dividido pela área foliar do respectivo folíolo.

Nas avaliações da cobertura da pulverização foram utilizados papéis hidrossensíveis colocados em quatro plantas por parcela, nos terços da planta. Os papéis foram fixados diretamente sobre as folhas de soja utilizando-se grampos metálicos, sendo retirados imediatamente após a secagem da calda pulverizada e acondicionados em sacos de papel para mantê-los fora da exposição da umidade.

Posteriormente, os papéis foram digitalizados em escâner de mesa, com resolução de 300 dpi, para processamento das imagens pelo programa computacional QUANT v.1.0.0.22 (FERNANDES FILHO; VALE; LIBERATO, 2002). De acordo com Matuo (1990), a cobertura das gotas pulverizadas pode ser expressa em porcentagem ou por meio do número de gotas por centímetro quadrado que atingem o alvo. Este software fornece a informação da porcentagem de área coberta pelas gotas pelo contraste de cores entre a área intocada do papel e a mancha proporcionada pela gota depositada nele.

2.2.3 Severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura

A avaliação da eficácia dos tratamentos no controle da ferrugem asiática foi realizada mediante comparação da severidade da doença e da produtividade de grãos. A severidade da ferrugem asiática da soja foi obtida pela estimativa visual da porcentagem da área foliar com sintomas visíveis da doença em 10 folíolos de cada

terço da planta, em cada parcela, tomando-se por base a escala diagramática proposta por Godoy, Koga e Canteri (2006) (Figura 1).

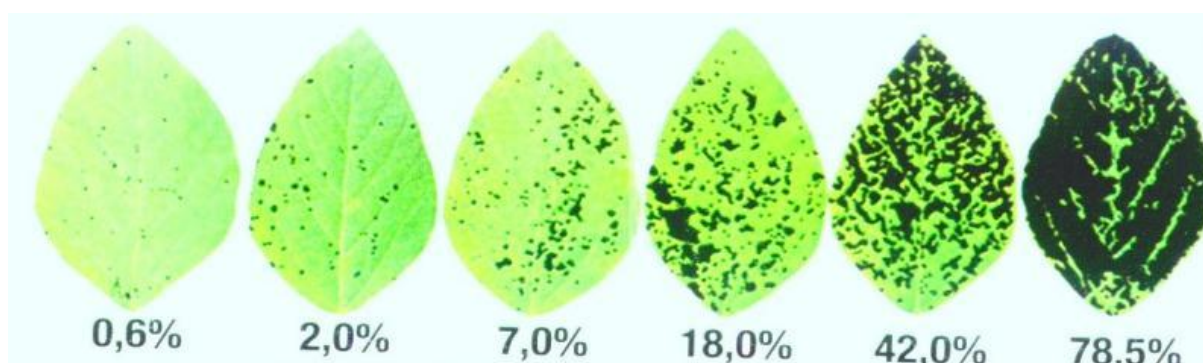


Figura 1. Escala diagramática de severidade da ferrugem asiática da soja.

Foram realizados levantamentos semanais, observando-se o início da ocorrência da ferrugem asiática. Confirmado os primeiros sintomas da doença, com severidade abaixo de 0,6%, procedeu-se às aplicações de fungicida de controle curativo, repetindo-se a aplicação após o término do período residual do produto e de acordo com as condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento da doença.

As avaliações de severidade da ferrugem asiática iniciaram-se após a constatação da doença, no estágio de desenvolvimento da planta de soja em R1 (RITCHIE; HANWAY; THOMPSON, 1982), em intervalos de aproximadamente sete dias, estendendo-se até a senescência das folhas, totalizando oito avaliações no primeiro experimento (2009/10) e sete avaliações no segundo (2010/11).

Foi discriminada das avaliações de severidade de ferrugem quaisquer outras doenças foliares tais como doenças de final de ciclo (DFC), oídio e míldio. Com os dados de severidade obtidos nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, procedeu-se à determinação da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), a partir da equação matemática proposta por Campbell e Madden (1990) que sintetiza todas as avaliações de severidade em um único valor.

Para avaliação dos tratamentos sobre a produtividade, realizou-se a colheita dos grãos de soja na parcela útil no dia 12/04/2010 (safra 2009/10) e 04/04/2011 (2010/11), com auxílio de uma colhedora de parcelas. Em seguida, determinou-se o teor de umidade nos grãos de soja de cada tratamento pelo método da estufa descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e, posteriormente,

fez-se a correção da produtividade estipulada em kg ha^{-1} para umidade de 13% (base úmida).

2.2.4 Componentes da produção

Os componentes da produção avaliados foram massa de mil grãos (MMG), número médio de vagens e grãos por planta e classificação do tamanho de grãos por peneiras.

A MMG foi avaliada utilizando-se oito subamostras de 100 grãos, os quais foram contados manualmente, com auxílio de um gabarito, pesados em balança de precisão e posteriormente, foram calculados a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos nas pesagens, seguindo critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em gramas, considerando-se a correção para teor de água de 13% (base úmida).

Por ocasião da colheita foram coletadas 10 plantas ao acaso por parcela e realizada a contagem do número de vagens e de grãos por planta determinado por meio de contagem direta de todas as vagens com grãos formados pela planta e de todos os grãos encontrados nas plantas.

Para a classificação da semente por tamanho foi separada uma amostra de 200 g de grãos por parcela, num total de quatro repetições por tratamento, os quais foram colocados em uma sequência de peneiras manuais com crivos circulares, superpostas em ordem decrescente de diâmetro: $\geq 7,0$; 6,5; 6,0; 5,5; 5,0; 4,5 e $<4,5$ mm, agitadas por aproximadamente um minuto. Os grãos retidos pela peneira indicada e que tenham passado pela malha imediatamente superior, foram separados, pesados e calculado o seu percentual em cada classe de tamanho (BRASIL, 2009).

2.3 Análise dos resultados

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e quando significativo ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), as médias das parcelas tratadas foram

comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey, e com a testemunha, utilizando-se o teste de Dunnett, ambos a 5% de probabilidade. Os dados de severidade da doença (AACPD) também foram submetidos à análise de correlação linear dois a dois com o depósito e cobertura da calda aplicada.

Para atender os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância da ANOVA, os dados de depósitos obtidos na safra 2010/11 foram transformados em $1/\sqrt{x}$; os de cobertura (safras 2009/10 e 2010/11) em $\log x + 1$ e os dados de severidade da doença, nas safras 2009/10 (terços superior e médio) e 2010/11 (terço superior) em $\log x$, mantendo-se, nas figuras e tabelas, as médias originais dos tratamentos.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JR, 2011) e Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espectro das gotas da pulverização

O diâmetro mediano volumétrico das gotas formadas pelo bico de energia centrífuga (Dv0,5) foi significativamente menor em relação ao bico de energia hidráulica (Tabela 3). Entretanto, este resultado não condiz com a recomendação do fabricante, em que o dispositivo para seleção da rotação de trabalho foi posicionado para produção de gotas médias.

O menor diâmetro das gotas formadas pelo bico de energia centrífuga implicou em maior porcentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$) e, portanto, mais sujeitas à deriva (Tabela 3). A interpretação dos dados de porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm permite a estimativa do potencial de deriva da aplicação (CUNHA et al., 2003).

De acordo com os mesmos autores não existe valor-padrão indicativo de risco de deriva, mas sugerem que valores abaixo de 15% de volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , em geral, são mais adequados para aplicações

ambientalmente mais seguras. Assim, os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga apresentaram-se mais suscetíveis à deriva do que os tratamentos combinados ao bico de energia hidráulica (Tabela 3). É possível que este resultado tenha contribuído para reduzir a eficiência dos depósitos da calda pulverizada com os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga conforme discutido adiante.

Tabela 3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis: Diâmetro mediano volumétrico (Dv0,5); Porcentagem de gotas menores que 100 micrometros ($\% < 100 \mu\text{m}$) e Coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.).

Safrá 2009/10 e 2010/11			
Tratamentos	Dv0,5 (μm)	$\% < 100 \mu\text{m}$	Coef. Unif.
BH 50	191,63 a	16,52 a	1,54 c
BH 100	190,82 a	15,97 a	1,51 c
BH 150	158,94 b	24,03 b	1,46 bc
BC 17	88,31 d	60,63 d	1,21 a
BC 35	103,27 c	47,63 c	1,33 ab
BC 50	101,56 c	49,01 c	1,34 ab
F	469,97**	233,85**	15,49**
CV (%)	5,18	11,66	7,44

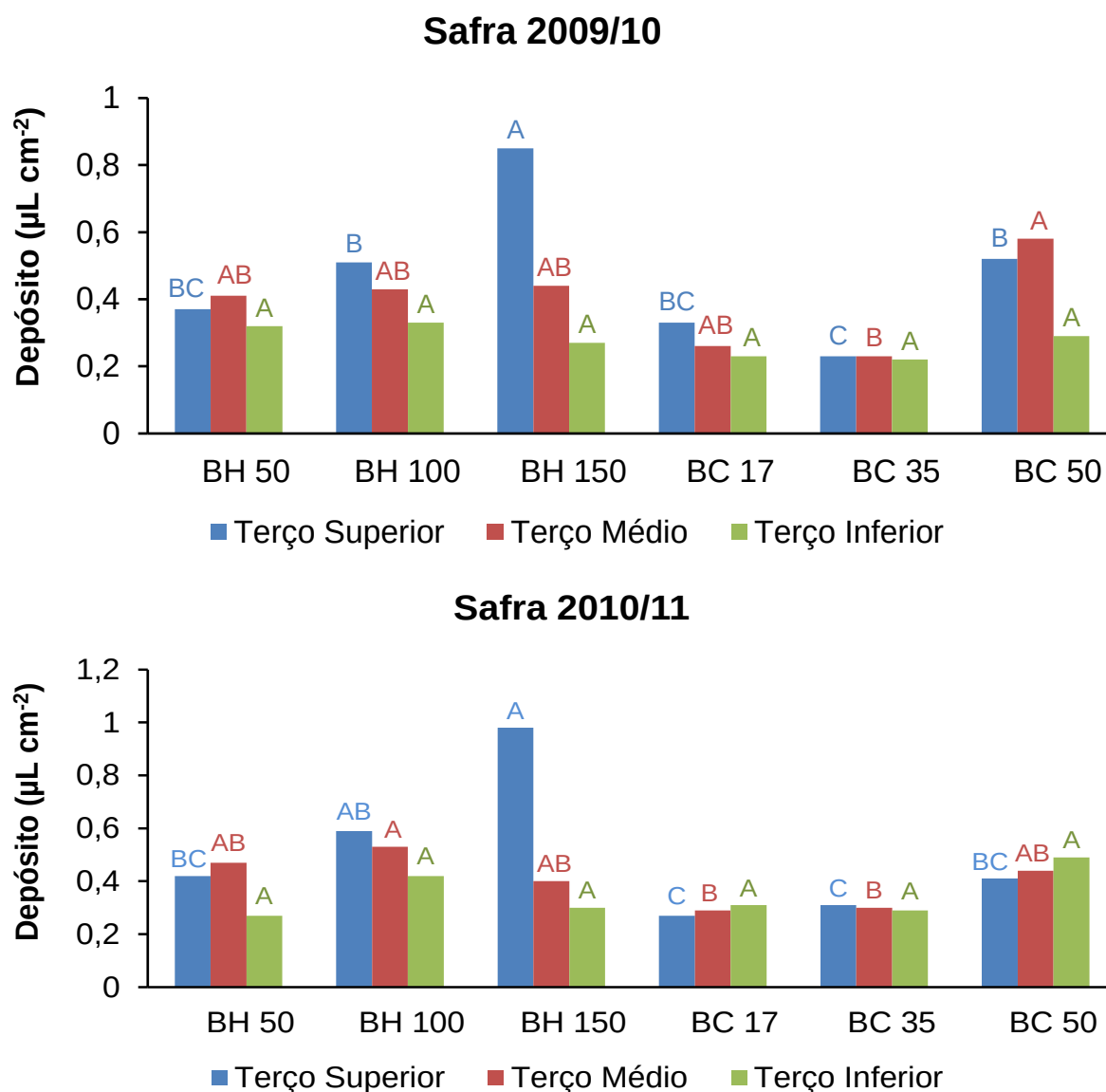
BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. CV - Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelo teste F, ** significativo a 1% de probabilidade.

O coeficiente de uniformidade expressa a uniformidade do espectro das gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneo tem valor deste coeficiente mais próximo de zero (VIANA et al., 2010). Neste estudo, os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga apresentaram maior uniformidade no seu espectro de gotas em relação aos tratamentos combinados ao bico de energia hidráulica, confirmado pelo menor valor do coeficiente de uniformidade (Tabela 3).

Vale ressaltar que a uniformidade observada nos tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga foi menor do que àquela encontrada em outros trabalhos utilizando a mesma tecnologia (DI OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010; BARBOSA et al., 2011; BUENO; CUNHA; ALVES, 2011).

3.2 Depósito e cobertura da calda de pulverização

Nas duas safras, o depósito da calda pulverizada não foi proporcional ao aumento do volume de aplicação. Ao comparar, por exemplo, nos terços da planta, o maior e o menor volume de calda utilizados neste trabalho, observa-se que o volume de 150 L ha⁻¹, embora 8,8 vezes maior do que o volume de 17 L ha⁻¹, o depósito não foi proporcional aos diferentes volumes utilizados (Figura 2).



BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. Médias seguidas de mesma letra entre tratamentos, em cada terço, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 2. Depósito de calda (µL cm⁻² de folha) nos terços superior, médio e inferior das plantas de soja.

Pode-se afirmar que o bico de energia centrífuga apresentou proporcionalmente maiores depósitos da calda pulverizada em relação ao bico de energia hidráulica. Este fato se explica pela homogeneidade do espectro de gotas que o bico de energia centrífuga é capaz de propiciar, fazendo com que as gotas consigam atingir o alvo mais eficientemente, proporcionando maior uniformidade da pulverização nos terços da planta. Assim, a análise estatística explica apenas o valor absoluto de depósito encontrado, sem levar em consideração que a proporção entre os volumes estudados são diferentes.

Pelos resultados obtidos na análise estatística, na safra 2009/10 e 2010/11, os maiores depósitos de calda no terço superior foram obtidos quando se utilizou o bico de energia hidráulica e o volume de 150 L ha⁻¹ (Figura 2). Porém, isto não se repetiu nos terços médio e inferior.

No terço médio, o volume de calda retido foram semelhantes entre os tratamentos, constatando-se diferença significativa apenas entre os volumes de 35 e 50 L ha⁻¹ associado ao bico de energia centrífuga (safra 2009/10) e entre os volumes de 17 e 35 L ha⁻¹ combinados ao bico de energia centrífuga com o volume de 100 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia hidráulica (safra 2010/11) (Figura 2).

No terço inferior, mesmo para os tratamentos com maior volume de aplicação, não houve diferenças nos depósitos da calda pulverizada, nas duas safras estudadas (Figura 2). Este resultado pode ser explicado porque os folíolos da porção superior das plantas de soja interceptam a maior parte das gotas produzidas e, portanto, houve maior dificuldade de penetração das gotas pulverizadas pela massa de folhas, independente do volume utilizado. Resultados semelhantes foram relatados por Prado et al. (2010) e Christovam et al. (2010) ao avaliar o depósito de fungicida na cultura da soja.

Souza, Castro e Palladini (2007) afirmaram que além da sobreposição das folhas existentes no caminho da gota, também, há possibilidade de perdas por evaporação e/ou deriva das gotas menores, em condições ambientais adversas e pela maior distância percorrida, implicam em menor número de gotas nesta parte da planta e, conseqüentemente, em irregularidade no volume depositado.

Embora a distribuição da calda pulverizada pelo bico de energia centrífuga tenha sido mais uniforme entre os terços da planta em relação ao bico de energia

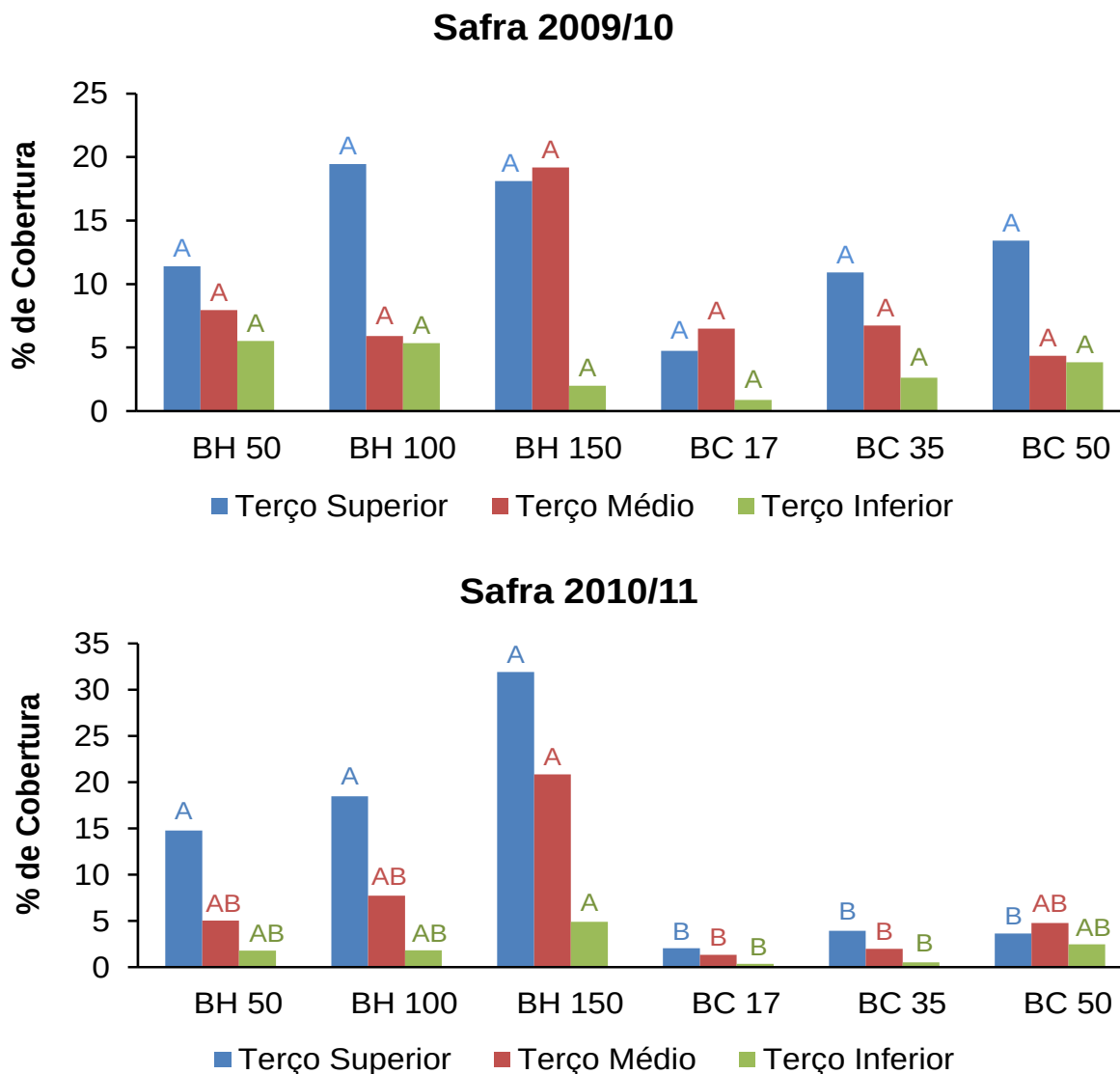
hidráulica, o depósito de calda no terço superior, de modo geral, foi maior do que no terço inferior, independente do volume de aplicação e da energia utilizada no processo de formação das gotas (Figura 2). Boschini et al. (2008) avaliando pontas de pulverização e volumes de calda na cultura da soja também observaram que os depósitos, nos terços mediano e inferior das plantas de soja, foram significativamente inferiores às obtidas no terço superior.

A análise dos valores da porcentagem de cobertura verificadas nos papéis hidrossensíveis na safra 2009/10 não mostraram diferenças significativas entre volumes e bicos testados, dentro de cada terço da planta. Isso evidencia significativa economia nas pulverizações com bicos que utilizam a energia centrífuga para a produção de gotas.

Na safra 2010/11, no terço superior, os tratamentos combinados ao bico de energia hidráulica apresentaram maior porcentagem de cobertura em relação ao bico de energia centrífuga. No terço médio e inferior, os tratamentos mais contrastantes foram o bico de energia hidráulica combinado ao volume de 150 L ha^{-1} e o bico de energia centrífuga combinado aos volumes de 17 e 35 L ha^{-1} (Figura 3).

Os volumes de aplicação combinados ao bico de energia centrífuga não apresentaram porcentagens de cobertura e depósitos da calda pulverizada superior ao bico de energia hidráulica, inclusive com mesmo volume de aplicação (50 L ha^{-1}) (Figuras 2 e 3). O menor diâmetro das gotas e a maior porcentagem do volume em gotas menores que $100 \mu\text{m}$ produzidas pelo bico de energia centrífuga (Tabela 3), provavelmente influenciaram de forma prejudicial à eficiência deste bico. Murphy, Miller e Parkin (2000) ressaltam que gotas finas evaporam com facilidade, além do maior risco de deriva.

Assim como para os dados de depósito da calda pulverizada, independente do volume de aplicação e da energia utilizada no processo de formação das gotas, a porcentagem de cobertura no terço inferior foi menor em relação ao terço médio e superior da planta (Figura 3). De acordo com Heiffig et al. (2006), as aplicações visando o controle da ferrugem asiática da soja coincidem com os maiores índices de área foliar da cultura (IAF) e o efeito de sombreamento ou “guarda-chuva” provocado pelas folhas dos terços superior e médio dificultam que as gotas atinjam as partes mais internas da cultura.



BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. Médias seguidas de mesma letra entre tratamentos, em cada terço, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 3. Porcentagem de cobertura dos papéis hidrossensíveis nos terços superior, médio e inferior das plantas de soja.

3.3 Severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura

Ao analisar separadamente os tratamentos combinados ao bico de energia hidráulica e centrífuga observou-se, na safra 2009/10, nos terços da planta de soja, que a severidade da ferrugem asiática não diferiu significativamente entre os volumes avaliados. Houve resultado semelhante na safra 2010/11, exceto para o terço inferior, no qual o volume de 50 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia centrífuga diferiu significativamente do volume de 17 L ha⁻¹ (Tabela 4).

O volume de 150 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia hidráulica e o volume de 17 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia centrífuga, nas duas safras avaliadas, foram os tratamentos mais contrastantes, sendo que o maior volume proporcionou menor severidade da ferrugem asiática e o menor volume a maior severidade da doença (Tabela 4). Este resultado refletiu diretamente na produtividade da cultura da soja (Figura 4).

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) calculada com base na severidade da doença, nos terços superior, médio e inferior, obtida após a aplicação dos tratamentos.

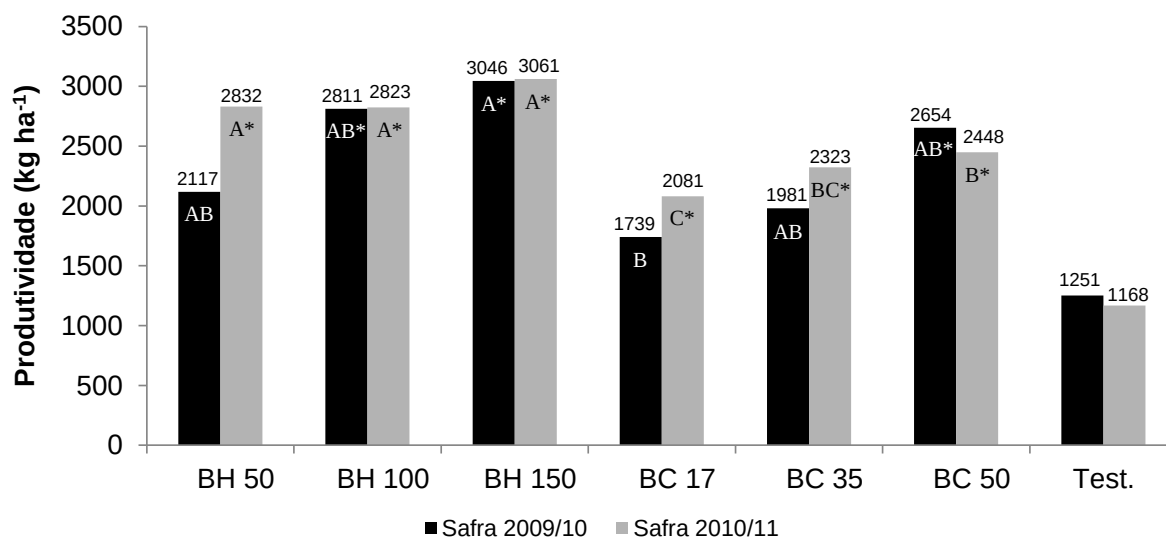
Tratamentos	Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD)					
	SAFRA 2009/10			SAFRA 2010/11		
	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior
BH 50	136,94 abc	469,69 ab	1262,54 a	64,42 ab	277,32 ab	766,86 ab
BH 100	94,61 ab	381,73 a	1182,78 a	43,84 a	162,80 a	715,45 ab
BH 150	46,15 a	359,13 a	1088,37 a	38,82 a	185,05 a	556,05 a
BC 17	403,63 c	1277,50 c	1968,15 b	326,04 c	633,06 c	1500,33 c
BC 35	226,58 bc	878,46 bc	1465,94 ab	156,49 bc	587,26 bc	1235,06 bc
BC 50	234,83 bc	756,94 bc	1569,59 ab	103,44 abc	357,83 abc	895,53 ab
Testemunha	1238,78	1912,51	2379,59	777,75	1588,62	2598,41
F _{Trat.}	7,68**	14,79**	7,89**	8,78**	8,57**	8,19**
CV (%) _{Trat.}	11,12	4,26	16,07	12,95	37,41	26,26
F _{Test. x Trat.}	17,84**	24,33**	19,20**	18,29**	51,62**	31,53**
CV (%) _{Test. x Trat.}	9,90	4,08	13,62	11,38	25,53	21,23

BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. CV - Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma barra (|) diferem significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Pelo teste F, ** significativo a 1% de probabilidade. F e CV_{Trat.} referem-se aos valores encontrados para as comparações entre as parcelas tratadas com o fungicida azoxistrobina + ciproconazole. F e CV_{Test. x Trat.} referem-se aos valores encontrados para comparações entre as parcelas tratadas com o fungicida azoxistrobina + ciproconazole e a testemunha.

Altos coeficientes de correlação negativa foram observados por Gasparetto et al. (2011) quando os valores de área abaixo da curva de progresso da doença foram confrontados com os índices de rendimento e massa de mil grãos. Navarini et al. (2007) e Barros et al. (2008), também admitiram existir correlação negativa significativa entre os níveis de severidade de *P. pachyrhizi* e a produtividade da soja.

Na safra 2009/10, apenas a produtividade obtida com o volume de 17 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia centrífuga diferiu estatisticamente do volume de 150 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia hidráulica. A maior concentração do fungicida azoxistrobina + ciproconazole na calda de aplicação utilizando o volume de 17 L ha⁻¹ não proporcionou controle adequado da ferrugem asiática, provavelmente porque este volume de aplicação foi insuficiente para distribuir adequadamente o produto sobre o alvo (Figura 4). Serra, Chaim e Raetano (2008) afirmaram que quanto maior

a quantidade de produto depositado na superfície, de forma homogênea, maior poderá ser a sua ação.



BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. Test. - Testemunha. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. *As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Figura 4. Produtividade da soja (kg ha⁻¹) tratada com fungicida e da testemunha (sem aplicação).

Na safra 2010/11, os volumes combinados ao bico de energia hidráulica proporcionaram produtividades semelhantes entre si e maiores estatisticamente em relação às obtidas com os volumes combinados ao bico de energia centrífuga (Figura 4). Ressalta-se que a produtividade obtida com o bico de energia hidráulica e volume de 150 L ha⁻¹ foi mais vantajosa em relação aos demais tratamentos, nas duas safras observadas, com pelo menos 230 kg ha⁻¹ a mais que a segunda maior produtividade.

A severidade da doença no terço inferior foi mais acentuada em relação aos terços médio e superior da planta, independente do volume de aplicação, provavelmente, devido ao menor depósito e cobertura da calda pulverizada verificados neste terço da planta, conforme já relatado anteriormente (Tabela 4).

Os resultados precedentes podem ser confirmados pelos dados de correlação entre severidade da ferrugem asiática com o depósito e cobertura. A severidade da ferrugem asiática da soja (AACPD) quando apresentaram correlações significativas com as variáveis estudadas, estas foram negativas (Tabela 5). Isso significa que

quanto maior a cobertura e depósito da calda pulverizada, nos terços da planta, menor a severidade da doença, nos respectivos terços.

Tabela 5. Coeficiente de correlação entre severidade da ferrugem asiática da soja (AACPD) com o depósito (Dep.) e cobertura (Cob.) da calda pulverizada, nos terços superior (S), médio (M) e Inferior (I).

	SAFRA 2009/10			SAFRA 2010/11		
	AACPDS	AACPD M	AACPD I	AACPDS	AACPD M	AACPD I
Dep. S	-0,25 ^{ns}	---	---	-0,53**	---	---
Dep. M	---	-0,29 ^{ns}	---	---	-0,45*	---
Dep. I	---	---	-0,15 ^{ns}	---	---	-0,10 ^{ns}
Cob. S	-0,28 ^{ns}	---	---	-0,50*	---	---
Cob. M	---	-0,07 ^{ns}	---	---	-0,38 ^{ns}	---
Cob. I	---	---	-0,27 ^{ns}	---	---	-0,37 ^{ns}

⁽¹⁾ número de pares utilizados na correlação igual a 24. Pelo teste F, ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade, * significativo a 5% de probabilidade.

Pela análise de correlação e também pelos resultados de severidade da doença obtidos no terço inferior, provavelmente, o terço superior e médio é que permitiram diferenciar os melhores tratamentos em relação ao controle da doença e, conseqüentemente, da produtividade (Tabelas 4 e 5).

Outro aspecto a ser considerado, é que entre os estádios fenológicos R4 e R6 relacionado por Heiffig et al. (2006), intensifica-se a demanda da planta por água, nutrientes e fotoassimilados. Estes fatores, essenciais à produção, são preferencialmente direcionados aos grãos em formação. Assim, o IAF pode ser considerado um parâmetro indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002).

À medida que o IAF aumenta, as folhas inferiores são mais sombreadas pelas folhas mais altas, onde se verifica a maior concentração da folhagem da soja e a maior atividade fotossintética (ZHU et al., 2008). Assim, a manutenção das folhas de soja mais sadias nos terços superior e médio, observados pelos menores valores da AACPD é que provavelmente proporcionaram maiores produtividades (Tabela 4 e Figura 4). De acordo com Juliatti et al. (2005), quando a área fotossinteticamente ativa é mantida, a planta apresenta mais meios de produção de fotoassimilados para serem armazenados nos grãos, garantindo aumento de produtividade.

Comparando-se os tratamentos com aplicação de fungicida e o tratamento testemunha, verificou-se, na safra 2009/10, no terço médio e inferior, que o bico de energia centrífuga combinado ao volume de 17 L ha⁻¹ foi o único tratamento que a severidade da doença não diferiu da testemunha (Tabela 4).

Na safra 2010/11, independente do volume de aplicação ou tipo de bico de pulverização utilizado, houve maior controle da doença nas parcelas que receberam o fungicida azoxistrobina + ciproconazole em relação à testemunha (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha, Reis e Santos (2006). Esses autores também observaram diferença significativa nos tratamentos que receberam aplicação de fungicidas com o tratamento testemunha.

Com relação à produtividade dos tratamentos, na safra 2009/10, o bico de energia hidráulica combinado ao volume de aplicação de 50 L ha⁻¹ e o bico de energia centrífuga combinado aos volumes de 17 e 35 L ha⁻¹ não diferiram da testemunha. Na safra 2010/11, todos os tratamentos apresentaram produtividades estatisticamente superiores à testemunha (Figura 4).

3.4 Componentes da produção

Nas avaliações relacionadas à produção, verificou-se, nas duas safras, que não houve diferença significativa entre os tratamentos testados para o número médio de vagens e de grãos por planta (Tabela 6).

Ogle, Byth e McLean (1979) mencionam que os danos relativos à ferrugem asiática estão associados com a redução do número de vagens, número de grãos cheios e massa de grãos por planta. Esta afirmação é confirmada em partes com os valores encontrados neste trabalho onde é apresentada a massa de mil grãos (MMG) significativamente diferenciados entre os tratamentos (Tabela 6). Os tratamentos que proporcionaram maior MMG foram as aplicações com volumes de 100 e 150 L ha⁻¹ combinados ao bico de energia hidráulica.

Na safra 2009/10 não se verificou diferenças entre as parcelas tratadas com o fungicida e a testemunha para o número médio de vagens e de grãos por planta. Na safra 2010/11, apenas o volume de 50 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia centrífuga diferiu significativamente da testemunha (Tabela 6).

Tabela 6. Número médio de vagens por planta (NMVP), Número médio de grãos por planta (NMGP) e Massa de mil grãos (MMG) em função dos tratamentos aplicados no controle da ferrugem asiática da soja.

Tratamentos	Safr 2009/10			Safr 2010/11		
	NMVP	NMGP	MMG	NMVP	NMGP	MMG
BH 50	87,45 a	145,96 a	136,77 ab I	40,80 a	85,37 a	127,05 ab I
BH 100	74,62 a	155,75 a	141,16 a I	45,97 a	85,82 a	131,50 a I
BH 150	79,37 a	161,50 a	141,59 a I	49,87 a	102,60 a	131,24 a I
BC 17	61,80 a	110,25 a	119,32 b	45,97 a	90,02 a	107,30 d I
BC 35	69,76 a	132,00 a	123,64 ab	46,72 a	97,42 a	116,59 c I
BC 50	78,99 a	157,25 a	125,60 ab I	56,32 a I	107,65 a I	120,87 bc I
Testemunha	70,63	131,25	108,44	40,62	77,17	93,27
F _{Trat.}	1,09 ^{ns}	2,20 ^{ns}	5,05**	1,73 ^{ns}	1,41 ^{ns}	26,82**
CV (%) _{Trat.}	22,41	18,29	6,55	16,50	16,39	2,98
F _{Test. x Trat.}	1,11 ^{ns}	2,34 ^{ns}	9,24**	2,05 ^{ns}	2,11 ^{ns}	63,89**
CV (%) _{Test. x Trat.}	21,00	16,99	6,35	16,20	16,02	2,96

BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. CV - Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma barra (I) diferem significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Pelo teste F, ** significativo a 1% de probabilidade. F e CV_{Trat.} referem-se aos valores encontrados para as comparações entre as parcelas tratadas com o fungicida azoxistrobina + ciproconazole. F e CV_{Test. x Trat.} referem-se aos valores encontrados para comparações entre as parcelas tratadas com o fungicida azoxistrobina + ciproconazole e a testemunha.

Com relação à MMG, na safra 2009/10, o bico de energia centrífuga combinado aos volumes de 17 e 35 L ha⁻¹ proporcionaram valores semelhantes ao obtido na parcela testemunha. Na safra 2010/11, todos os tratamentos proporcionaram MMG estatisticamente superiores à testemunha (Tabela 6).

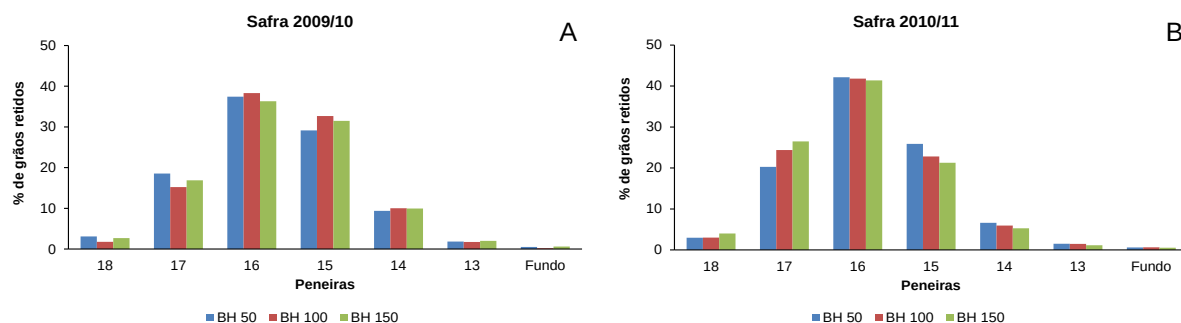
Os resultados obtidos na classificação dos grãos de soja por tamanho mostraram maior percentual de retenção de grãos na peneira 16 (6,0 mm) para o bico de energia hidráulica independente do volume de aplicação, nas duas safras avaliadas (Figura 5 A e 5 B). Christovam et al. (2010) encontraram resultados semelhantes com a cultura da soja utilizando bico de energia hidráulica e volume de 125 L ha⁻¹.

A maior porcentagem de retenção de grãos, com o bico de energia centrífuga, na safra 2009/10, foi na peneira 15 (5,5 mm) (Figura 5 C). Entretanto, na safra 2010/11, os maiores volumes de aplicação combinados ao bico de energia centrífuga (35 e 50 L ha⁻¹) proporcionaram maior retenção de grãos na peneira 16 (Figura 5 D).

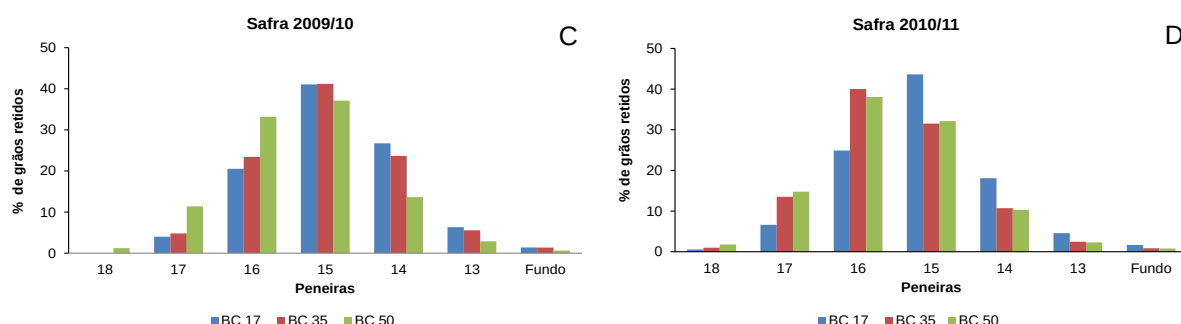
O volume de 17 L ha⁻¹ manteve nas duas safras maior porcentagem de grãos retidos na peneira 15 (Figura 5 C e 5 D). De acordo com McNew (1960), a ferrugem asiática é uma doença que promove redução na atividade fotossintética devido à destruição do tecido foliar. Assim, a maior severidade da doença neste tratamento

resultou em maiores níveis de desfolha, refletindo diretamente na fotossíntese líquida e, conseqüentemente, na redução do tamanho dos grãos.

BICO DE ENERGIA HIDRÁULICA



BICO DE ENERGIA CENTRÍFUGA

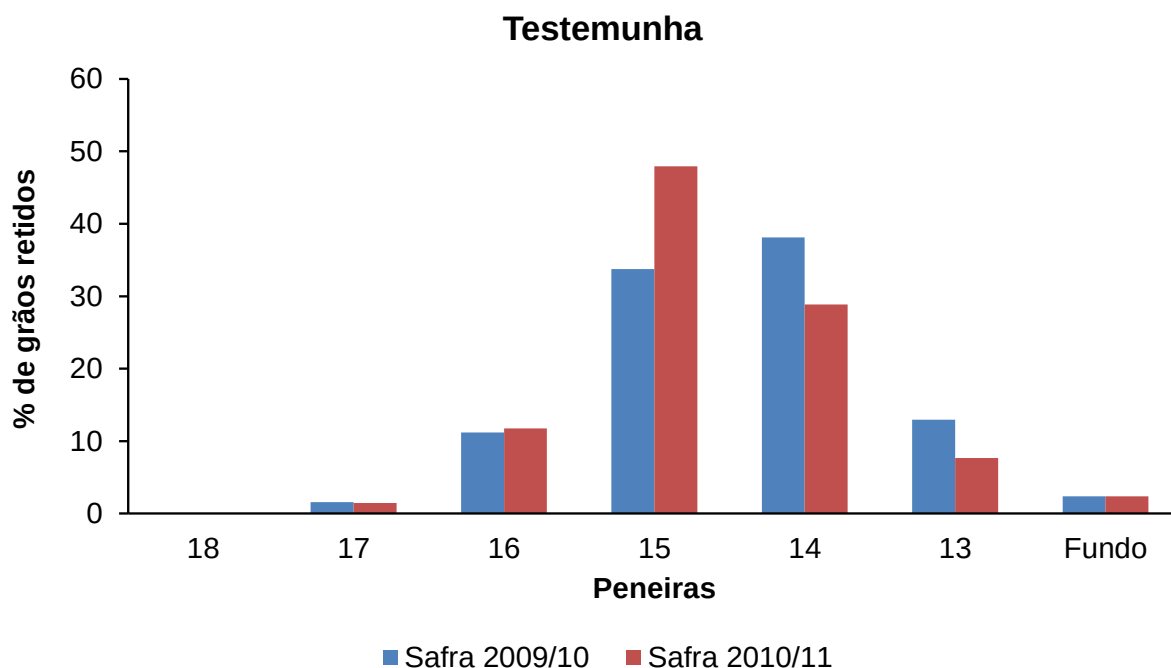


BH - Bico de energia hidráulica. BC - Bico de energia centrífuga. 50; 100; 150; 17; 35 e 50 L ha⁻¹. Peneiras: 18 (7,0 mm), 17 (6,5 mm), 16 (6,0 mm), 15 (5,5 mm), 14 (5,0 mm), 13 (4,5 mm) e fundo (< 4,5 mm).

Figura 5. Porcentagem média da retenção dos grãos de soja em peneiras obtidos após a aplicação dos tratamentos nas safras 2009/10 e 2010/11.

A maior porcentagem de retenção de grãos nas parcelas sem aplicação de fungicida foi na peneira 14 (5,0 mm) e 15 (5,5 mm), respectivamente, nas safras 2009/10 e 2010/11 (Figura 6), indicando que as parcelas tratadas com fungicida proporcionaram maior qualidade dos grãos de soja. Na safra 2010/11, o volume de 17 L ha⁻¹ combinado ao bico de energia centrífuga foi o tratamento mais semelhante a testemunha.

Nos experimentos realizados neste trabalho verificou-se que o volume de aplicação foi importante para o controle satisfatório da ferrugem asiática da soja e que reduções no volume de aplicação podem colocar em risco a quantidade e qualidade da produção obtida.



Peneiras: 18 (7,0 mm), 17 (6,5 mm), 16 (6,0 mm), 15 (5,5 mm), 14 (5,0 mm), 13 (4,5 mm) e fundo (< 4,5 mm).

Figura 6. Porcentagem média da retenção dos grãos de soja em peneiras obtidos nas parcelas sem aplicação de fungicida (testemunha).

Desta forma, visando atender à demanda do setor produtivo, para reduzir volume de aplicação e, conseqüentemente, custos operacionais, sugere-se que outras pesquisas sejam realizadas com variações na forma de aplicação tais como: alterações do diâmetro das gotas aplicadas, avaliação dos ângulos de instalações dos bicos na barra do pulverizador, uso de adjuvantes na calda, entre outros. Estes fatores podem oferecer bases para atitudes mais seguras a campo, tanto no tocante à produtividade da soja quanto para a sustentabilidade social e ambiental desta importante cultura.

4 CONCLUSÃO

O bico de energia hidráulica combinado ao volume de aplicação de 150 L ha⁻¹ proporciona maior controle da ferrugem asiática da soja pelo fungicida azoxistrobina + ciproconazole e maior produtividade.

5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, B. F. F.; FERREIRA, M. C.; SILVA, J. L.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTONHA, R. S.; CUSTÓDIO, A. A. P. Controle de *Ipomoea nil* utilizando ponta centrífuga de pulverização em diferentes volumes de aplicação com e sem adjuvante. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 10, n. 3, p. 277-290, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat** - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.1.0.694, 2011.

BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; REIS, M. S. CECON, P. R. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 239-245, 2008.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i2.1789>>.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 54, n. 3, p. 225-234, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/rca.2012.018>>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional da Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley e Sons, 1990. 532 p.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: décimo primeiro levantamento. Agosto 2012. Brasília, 2012.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000500003>>.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 10, p. 325-332, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000200019>>.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 10-15, 2007.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p.92-99, 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção 15**: tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja/ Embrapa Cerrados/ Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 261 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural pesticide sprayers**. Rome, 1998. v. 2, p. 62.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S010384782009000600016>>.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bico na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERNANDES FILHO, E. I.; VALE, F. X. R.; LIBERATO, J. R. **QUANT** v.1.0.0.22: quantificação de doenças de plantas. Viçosa, MG: UFV, 2002. 1 CD-ROM.

GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 497-504, 2010.

GASPARETO, R.; FERNADES, C. D.; MARCHI, C. E.; BORGES, M. F. Eficiência e viabilidade econômica da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja em Campo Grande, MS. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 251-260, 2011.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; BALARDIN, R. S.; VALE, F. X. R. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 351-395, 2005.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

McNEW, G. L. The nature, origin and evolution of parasitism. In: HORSFALL, J. G.; DIMOND, A. E. Ed.). **Plant pathology**, New York: Academic Press, 1960. v. 2, p. 2-66.

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. 2, p. 127-137, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1006/jaer.1999.0491>>.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

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

OGLE, H. J.; BYTH, D. E.; McLEAN, R. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in South-eastern Queensland. **Australian Journal of Agricultural Research**, London, v. 30, p. 883-893, 1979.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Flórida, v. 70, n. 3, p. 415-421, 2003.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1982. (Cooperative Extension Service, Special Report, 53).

SERRA, M. E.; CHAIM, A.; RAETANO, C. G. Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 479-485, 2008.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, João Pessoa, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. R. A.; PAVANIN, L. A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1; p. 78-85, 2012.

SOUZA, R. T.; CASTRO, R. D.; PALLADINI, L. A. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 75-82, 2007.

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 de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000200024>>.

VILLALBA, J. F.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

CAPÍTULO 4 - Depósito da pulverização em plantas de soja em função do volume de aplicação e da angulação de bicos de energia centrífuga

RESUMO - O estudo e desenvolvimento de novas técnicas e equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários tornam-se indispensáveis para se obter melhor distribuição da pulverização e colocação do produto no alvo desejado. Para isso, volumes baixos e bicos de energia centrífuga podem ser utilizados, entretanto, carecem de informações científicas sobre a sua eficiência. Objetivou-se com este trabalho avaliar o volume de aplicação e alterações na angulação dos bicos de energia centrífuga na barra do pulverizador, de modo a verificar a quantidade e qualidade dos depósitos da pulverização em relação ao bico de energia hidráulica. O experimento foi conduzido na safra 2011/12, em área experimental da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, com a cultura da soja, cultivar “BRS Valiosa RR”. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$ tratamento adicional e dezesseis repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação de volumes de aplicação (35 e 50 L ha⁻¹) e angulação do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador (60°, 40° e 20° voltado para trás da barra do pulverizador, e 20° no sentido de deslocamento do pulverizador). No tratamento adicional foi utilizado o bico de energia hidráulica, modelo TT11002, e volume de aplicação de 150 L ha⁻¹. Para as avaliações de depósito da calda pulverizada adicionou-se à calda um marcador metálico formulado à base de sulfato de manganês (31% de Mn²⁺), na concentração de 6 g L⁻¹. Imediatamente após a aplicação da calda com o marcador, procedeu-se a coleta dos folíolos de soja, nas posições superior e inferior das plantas, para extração e quantificação do sal aplicado. Verificou-se que modificações no ângulo de posicionamento do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador favorece o depósito da pulverização, mas são dependentes do volume de aplicação. Essas alterações não foram suficientes para reduzir a diferença de depósitos médios e pontuais da calda pulverizada em relação às aplicações utilizando bicos de energia hidráulica. Os maiores depósitos da pulverização foram obtidos com o bico de energia hidráulica e volume de 150 L ha⁻¹.

Palavras-chave: baixo volume de calda, bico rotativo, *Glycine max* (L.), tecnologia de aplicação.

1 INTRODUÇÃO

Na aplicação de produtos fitossanitários por via líquida, o tamanho da gota é um dos fatores mais importantes para a eficácia do produto no controle do alvo (NUYTTENS et al., 2007). Mais de um terço dos produtos fitossanitários aplicados nas pulverizações são perdidos para o ambiente devido a não utilização de gotas de tamanhos adequados (SCRAMIN et al., 2002).

O grande desperdício das atuais técnicas de aplicação têm estimulado o estudo e desenvolvimento de alternativas para se obter melhor distribuição da pulverização e colocação do produto no alvo desejado (RAETANO, 2007; CHRISTOVAM et al., 2010).

Uma das formas de se obter maior depósito do ingrediente ativo sobre alvos biológicos é a seleção correta das pontas de pulverização (CUNHA et al., 2008). As pontas são os componentes mais significativos dos pulverizadores, por ser responsável por vários aspectos relacionados com a qualidade da aplicação, tais como tamanho das gotas, uniformidade de distribuição do líquido pulverizado e volume de calda (FERNANDES et al., 2007; NUYTTENS et al., 2007).

As pulverizações são realizadas predominantemente com pontas hidráulicas, cuja formação de gotas é desuniforme (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007). Entretanto, novas técnicas de aplicação de produtos fitossanitários, usando volumes baixos e bicos de energia centrífuga estão sendo utilizados.

Esses bicos são caracterizados pela produção de gotas de tamanho mais homogêneo e distribuição mais uniforme dos produtos fitossanitários no dossel da planta em relação aos bicos de energia hidráulica (NUYTTENS et al., 2007; DI OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010). Alguns estudos já realizados com bicos de energia centrífuga comprovaram essa maior uniformidade das gotas pulverizadas (COOPER et al., 1998; DI OLIVEIRA et al., 2010; GUEDES et al., 2012).

Os bicos de energia centrífuga pertencem à categoria dos sistemas denominados CDA (Controlled Droplet Application). De acordo com Combellack e Harris (1978), CDA indica a "produção e aplicação de gotas de tamanho adequado ao controle, com pequena variação no tamanho delas, independente do equipamento e volume de aplicação".

Johnstone (1978) propôs que o coeficiente de dispersão (r) das gotas representado pela razão entre o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o diâmetro mediano numérico (DMN), deve ser menor que 1,4 para caracterizar uma aplicação pelo processo CDA. Esse tipo de pulverização possui vantagens importantes, uma vez que, eliminam-se as gotas muito pequenas, causadoras de deriva e, as muito grandes que se perdem por escoamento (LEFEBVRE, 1989).

Devido à pequena superfície dos discos dos bicos de energia centrífuga, o volume de líquido possível de ser pulverizado é baixo, geralmente menor que 50 L ha⁻¹ (WALTON; PREWETT, 1949). Menores volumes de aplicação tem como consequência negativa a diminuição do depósito e cobertura da calda pulverizada (FARINHA et al., 2009; CHRISTOVAM et al., 2010).

Os bicos de energia centrífuga, mesmo apresentando vantagens importantes sobre os bicos de energia hidráulica, ainda carecem de informações científicas sobre a sua eficiência. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o volume de aplicação e alterações na angulação dos bicos de energia centrífuga na barra do pulverizador, de modo a verificar a quantidade e qualidade dos depósitos da pulverização em relação ao bico de energia hidráulica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola 2011/12 em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, com a cultura da soja, cultivar BRS Valiosa RR, de ciclo médio e hábito de crescimento determinado.

A semeadura da soja foi realizada no sistema convencional no dia 29/11/2011, utilizando-se o espaçamento de 0,45 m entre linhas e 18 sementes por metro de sulco, totalizando estande final de 355.000 plantas por hectare. Cada unidade experimental foi constituída por dez linhas de 25 m de comprimento, com área total de 112,5 m² e área útil de 27 m². Os tratos culturais e aplicações de herbicidas e inseticidas foram realizados de acordo com as recomendações indicadas para a cultura da soja (EMBRAPA, 2011).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$ tratamento adicional e dezesseis repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação de volumes de aplicação de 35 e 50 L ha⁻¹ e angulação do bico de energia centrífuga, modelo TurboTrator® TT-88B da empresa CBB (Centro Brasileiro de Bioaeronáutica), na barra do pulverizador, com os ângulos de 60° (indicado pelo fabricante), 40° e 20° em relação ao plano do solo, voltado para trás e, 20° no sentido de deslocamento do pulverizador (20°F), medidos com goniômetro (Figura 1).

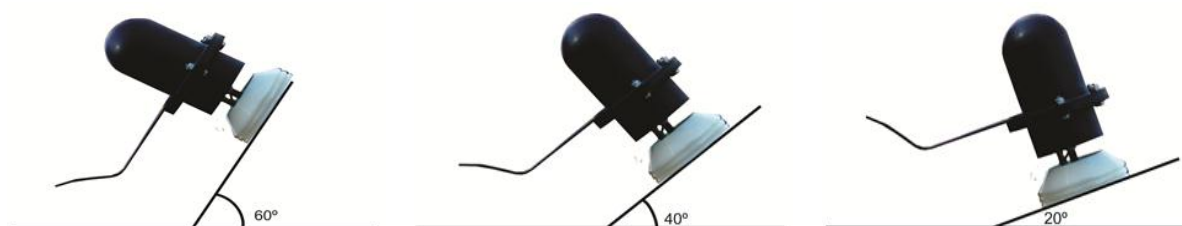


Figura 1. Posicionamento do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador.

Na aplicação dos volumes de 35 e 50 L ha⁻¹, o disco utilizado foi o modelo D2 com núcleo número 25 e vazão de 0,60 e 0,84 L min⁻¹, respectivamente, operando na pressão de 150 e 350 kPa, e para qual foi utilizada a velocidade de deslocamento do conjunto de 2 m s⁻¹. O espaçamento entre bicos utilizado foi de 1,40 m e de 0,50 m em relação ao alvo. A rotação do disco utilizada foi de 103,33 Hz, utilizando a posição do controlador de rotação em gotas médias, classificada pelo fabricante.

No tratamento adicional (testemunha) foi utilizado o bico de energia hidráulica modelo TT11002 operando na pressão de 400 kPa com vazão de 0,9 L min⁻¹ para aplicação do volume de 150 L ha⁻¹, com velocidade do conjunto de 2 m s⁻¹. O espaçamento entre bicos na barra foi de 0,5 m e altura de aplicação de 0,5 m em relação ao alvo.

Realizou-se aos 64 dias da emergência da soja, no estágio de desenvolvimento R4 (RITCHIE; HANWAY; THOMPSON, 1982), uma aplicação de água e óleo mineral (Nimbus®) a 0,6% para as avaliações de depósito da calda de pulverização. O pulverizador utilizado para aplicação foi um modelo montado tratorizado, fabricado pela K.O. Máquinas Agrícolas, com adaptação dos bicos rotativos na barra de pulverização. A aplicação foi realizada entre as 10 e 16h30min

com as condições de temperatura do ar variando de 29 a 33 °C, umidade relativa do ar de 50 a 64% e velocidade do vento de 0,60 a 1,2 m s⁻¹.

Adicionou-se à calda um marcador metálico formulado à base de sulfato de manganês (31% de Mn²⁺), na concentração de 6 g L⁻¹ (concentração fixa para os volumes estudados) para quantificação do depósito da pulverização. Imediatamente após as aplicações da calda com o marcador, procedeu-se a coleta dos folíolos de soja, nas posições superior e inferior das plantas, para extração e quantificação do sal aplicado, de acordo com o método de Oliveira e Machado-Neto (2003), descrito no Capítulo 3.

Os dados de depósitos da calda pulverizada (μL cm⁻²) obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e quando significativo (p<0,01 ou p<0,05), as médias dos tratamentos utilizando-se o bico de energia centrífuga foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, e com a testemunha (bico de energia hidráulica), utilizando-se o teste de Dunnett, ambos a 5% de probabilidade. Estas análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Os depósitos da calda pulverizada obtidos para os diferentes tratamentos também foram submetidos à análise de regressão ajustada ao modelo de Gompertz para representar as frequências acumuladas em porcentagem (Y) (Equação 1) e frequências não acumuladas (derivada primeira do referido modelo) (Y') (Equação 2), o que permitiu avaliar a uniformidade da distribuição da calda de pulverização.

Com o mesmo modelo foram calculados os valores de moda, mediana e os percentis 1, 5 e 10%. A precisão do ajuste dos dados do modelo de Gompertz foi avaliada através dos coeficientes de determinação (R²) e pelas somas dos quadrados de resíduos das equações.

Modelo de Gompertz:

$$Y (\%) = e^{(a - e^{(-b - c \cdot X)})} \text{ (Equação 1)}$$

$$Y' (\%) = c \cdot e^{(a - b - c \cdot X - e^{(-b - c \cdot X)})} \text{ (Equação 2)}$$

Adotou-se o valor 4,60517 para o parâmetro “a” do modelo, o qual representa a assíntota máxima da curva, de modo que “ e^a ” = 100, conforme modelo ajustado por Velini (1995). O deslocamento da curva ao longo do eixo x é representado pelo parâmetro “b”, e a inclinação ou concavidade da curva em relação às respectivas frequências (Y e Y’) pelo parâmetro “c”. O X corresponde ao depósito em $\mu\text{L cm}^{-2}$.

O modelo de Gompertz proporciona melhor visualização das informações obtidas, uma vez que o ponto máximo ($-b/c$) da derivada primeira do modelo corresponde à moda do depósito da calda pulverizada (VELINI, 1995), ou seja, à dose pontual mais frequente que atingiu o alvo, sendo mais preciso que a comparação pela média dos depósitos.

A mediana representa as frequências acumuladas a 50% e foi calculada pela expressão: $[b + \ln(a - \ln 50)] / (1 - c)$, no qual a, b e c são os parâmetros do modelo de Gompertz. Os percentis foram calculados igualando-se a expressão de frequência acumulada a cada um destes valores, estimando a quantidade que recebe essa proporção de menor depósito da calda pulverizada.

Para realizar as análises de regressão ajustada ao modelo de Gompertz foi utilizado o programa estatístico Sigmastat 2.0 (JANDEL CORPORATION, 1995).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas posições superior e inferior das plantas de soja, verificou-se interação significativa entre o volume de aplicação e angulação do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador (Tabela 1). Isso significa que alterações no ângulo do bico incrementa o depósito da calda, mas são dependentes do volume de aplicação. Rodrigues et al. (2010) ao avaliar depósitos da calda de pulverização em *Commelina benghalensis* também verificaram interação significativa entre volumes de aplicação e angulação dos bicos de energia hidráulica.

O depósito da calda de pulverização com o volume de 35 L ha^{-1} foi maior quando se modificou o ângulo do bico de energia centrífuga. O menor depósito de calda foi obtido com o ângulo de 60° , indicado pelo fabricante do bico. Entretanto, com o volume de 50 L ha^{-1} o mesmo ângulo foi um dos tratamentos que proporcionou maiores depósitos de calda (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Tomazela et al. (2006) com bicos de energia hidráulica. Os autores observaram que a movimentação do ângulo tradicional de incidência do jato de pulverização proporcionaram maiores depósitos em *Brachiaria plantaginea*.

Tabela 1. Efeito do volume de aplicação e angulação do bico de energia centrífuga no depósito médio da calda de pulverização nas posições superior e inferior das plantas de soja.

Depósito (µL cm ⁻²)				
Ângulos	Posição Superior		Posição Inferior	
	Volumes (L ha ⁻¹)			
	35	50	35	50
60°	0,110 b B	0,184 a A	0,099 b B	0,153 ab A
40°	0,156 ab A	0,096 b B	0,154 ab A	0,092 c B
20°	0,138 ab A	0,175 a A	0,112 ab B	0,171 a A
20°F*	0,199 a A	0,156 a B	0,170 a A	0,099 bc B
Teste F				
Volume (V)	0,04 ^{ns}		0,16 ^{ns}	
Ângulo (A)	4,89**		0,55 ^{ns}	
V x A	10,65**		9,48**	
Fatorial x Testemunha	416,71**		97,05**	
CV (%)	29,87		43,59	
DMS de V (5%)	0,0386		0,0458	
DMS de A (5%)	0,0508		0,0603	

* 20°F = 20° no sentido de deslocamento do pulverizador. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Pelo teste F: **significativo a 1% de probabilidade, ^{ns} não significativo.

Comparando-se os volumes de aplicação em cada ângulo, verificou-se que os maiores depósitos da pulverização, nas posições superior e inferior da planta de soja, com os ângulos de 40 e 20°F foram obtidos com o volume de 35 L ha^{-1} . O ângulo de 60° proporcionou maior depósito quando combinado ao volume de 50 L ha^{-1} (Tabela 1).

Na tabela 2, tem-se o efeito do volume de aplicação e ângulo do bico de energia centrífuga no depósito da calda pulverizada comparado à testemunha (bico de energia hidráulica e volume de 150 L ha^{-1}). O depósito da calda pulverizada, nas posições superior e inferior das plantas de soja, em todas as combinações de volumes e ângulos foram inferiores à testemunha.

O bico de energia centrífuga apesar de apresentar vantagem importante sobre o bico de energia hidráulica que é a maior uniformidade do espectro das gotas pulverizadas, conforme relatado por Nuytens et al. (2007) e Di Oliveira, Ferreira e Román (2010), e devido ao ângulo de lançamento das gotas poderia proporcionar

maiores depósitos da calda pulverizada, principalmente na posição inferior da planta. Porém, isto não foi constatado estatisticamente (Tabela 2).

A menor diferença de depósito da calda pulverizada observada entre o tratamento convencional e os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga foi de 44%, na posição superior e, 56%, na posição inferior das plantas de soja (Tabela 2). Román et al. (2009) também constataram que o volume de aplicação de 150 L ha⁻¹ com bico de energia hidráulica proporcionou maior depósito quando comparado com bicos de energia centrífuga e volume de 40 L ha⁻¹.

Tabela 2. Efeito do volume de aplicação e angulação do bico de energia centrífuga no depósito médio da calda de pulverização nas posições superior e inferior das plantas de soja comparado à testemunha.

Depósito (µL cm ⁻²)			
Tratamentos		Posição de amostragem	
Volumes	Ângulos	Superior	Inferior
35 L ha ⁻¹	60°	0,110	0,099
	40°	0,156	0,154
	20°	0,138	0,112
	20°F*	0,199	0,170
	60°	0,184	0,153
50 L ha ⁻¹	40°	0,096	0,092
	20°	0,175	0,171
	20°F*	0,156	0,099
	Testemunha	0,451	0,302

* 20°F = 20° no sentido de deslocamento do pulverizador. As médias seguidas por uma barra (|) diferem significativamente da testemunha ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de dunnett.

Holland et al. (1997) não encontraram resultados concordantes ao obtido neste estudo. Ao avaliar o controle de insetos na cultura de trigo, os autores verificaram que maiores depósitos de calda foram obtidos utilizando bicos de energia centrífuga (40 L ha⁻¹) em comparação com bicos de jato plano (200 L ha⁻¹), independente do estágio de desenvolvimento da cultura.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, Di Oliveira, Ferreira e Román (2010) observaram que para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens* na cultura da soja o maior depósito da calda foi obtido utilizando-se bicos de energia centrífuga. Da mesma forma, Guedes et al. (2012), ao avaliar três sistemas de aplicação de inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatilis* na cultura da soja, constataram maior eficiência de controle dos tratamentos aplicados com bicos de

energia centrífuga, diferindo estatisticamente do sistema bicos hidráulicos em todas as avaliações realizadas.

A qualidade da aplicação em relação ao depósito da calda pulverizada foi analisada através de regressões, sendo os valores ajustados pelo modelo de Gompertz, os quais apresentaram coeficiente de determinação (R^2) entre 0,94 e 0,99 para os tratamentos avaliados (Tabela 3). Isso significa baixos valores de soma de quadrado de resíduos e, portanto, elevada precisão dos ajustes efetuados pelo uso do modelo de Gompertz.

Tabela 3. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e valores de moda e mediana dos depósitos da calda pulverizada nas posições superior e inferior de plantas de soja.

Frequência Acumulada (%) = $e^{(a-e^{(-b-c*X)})}$										
Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) - Posição Superior										
Modelo	35 (L ha^{-1})				50 (L ha^{-1})				150 (L ha^{-1})	
	60°	40°	20°	20°F*	60°	40°	20°	20°F*		
Estimativa dos parâmetros	a	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605
	b	-2,535	-5,059	-3,249	-2,486	-3,559	-1,925	-2,469	-4,124	-2,525
	c	26,765	38,629	27,745	14,409	22,890	25,647	17,506	31,093	6,574
F Regressão		160,76**	226,17**	222,57**	186,12**	163,99**	144,18**	174,05**	184,96**	218,06**
SQ Resíduo		358,13	278,34	264,50	329,59	349,46	390,95	332,90	323,02	265,03
R ²		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98
Moda		0,09	0,13	0,12	0,17	0,16	0,08	0,15	0,13	0,38
Mediana		0,11	0,14	0,13	0,20	0,17	0,09	0,17	0,14	0,44
Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) - Posição Inferior										
Modelo	35 (L ha^{-1})				50 (L ha^{-1})				150 (L ha^{-1})	
	60°	40°	20°	20°F*	60°	40°	20°	20°F*		
Estimativa dos parâmetros	a	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605	4,605
	b	-2,256	-1,772	-3,442	-3,845	-2,792	-1,688	-3,630	-1,770	-3,039
	c	34,700	11,884	36,994	28,239	21,029	26,458	26,263	19,843	10,997
F Regressão		291,93**	379,91**	356,41**	176,11**	334,96**	165,40**	401,29**	140,70**	66,91**
SQ Resíduo		202,69	153,76	172,63	342,00	179,52	346,95	151,43	429,29	967,58
R ²		0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,97	0,94
Moda		0,07	0,15	0,09	0,14	0,13	0,06	0,14	0,09	0,28
Mediana		0,08	0,18	0,10	0,15	0,15	0,08	0,15	0,11	0,31

* 20°F = 20° no sentido de deslocamento do pulverizador. a, b e c são estimativas dos parâmetros do modelo. X = quantidade de depósito da calda pulverizada em plantas de soja ($\mu\text{L cm}^{-2}$).
Pelo teste F, **Significativo a 1% de probabilidade.

De acordo com Tofoli (2001) a análise de depósitos de aplicações de produtos fitossanitários a partir da média não é suficiente, sendo necessária a análise da dispersão das deposições, indicando que a moda é mais adequada para comparar depósitos. A média, normalmente não é um valor muito confiável por ser composta de valores extremos, podendo muitas vezes, dar idéias contraditórias devido a maior ou menor dispersão de valores (VELINI, 1995).

Com base nestas informações, utilizando a moda como parâmetro de comparação dos depósitos obtidos com os diferentes tratamentos estudados observou-se que o tratamento convencional (bico hidráulico e volume de 150 L ha⁻¹) proporcionou os maiores valores de moda, o que determina maiores valores pontuais de depósitos nas plantas de soja quando comparadas aos tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga, tanto na posição superior quanto inferior da planta (Tabela 3).

Comparando-se os valores da moda dos tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga, na posição superior da planta de soja, o volume de 35 L ha⁻¹ combinado ao ângulo de 20° e o volume de 50 L ha⁻¹ combinado ao ângulo de 60° proporcionaram maior valor de moda em relação aos demais ângulos. Contudo, na posição inferior da planta, os maiores depósitos foram observados com o ângulo de 40° e volume de 35 L ha⁻¹ e, 20° combinado ao volume de 50 L ha⁻¹ (Tabela 3).

A representação gráfica dos resultados de depósitos da pulverização, nas posições superior e inferior das plantas de soja, foi confeccionada a partir das frequências acumuladas e não acumuladas obtida pelo modelo de Gompertz. Nos gráficos de frequência acumulada as curvas são avaliadas através da sua maior ou menor inclinação. Pelo parâmetro “c” do modelo de Gompertz, maiores valores correspondem às menores inclinações das curvas e maior uniformidade de depósito da pulverização (Figura 1 e Tabela 3). Isso também pode ser visualizado por meio das frequências não acumuladas (Figura 2).

De acordo com Velini (1995), os picos presentes nas curvas mostra a frequência de valores extremos, isso pode ser entendido da seguinte maneira: quanto mais plano é a extremidade da curva, maior a quantidade desses valores e, conseqüentemente, mais desuniformes apresentam-se.

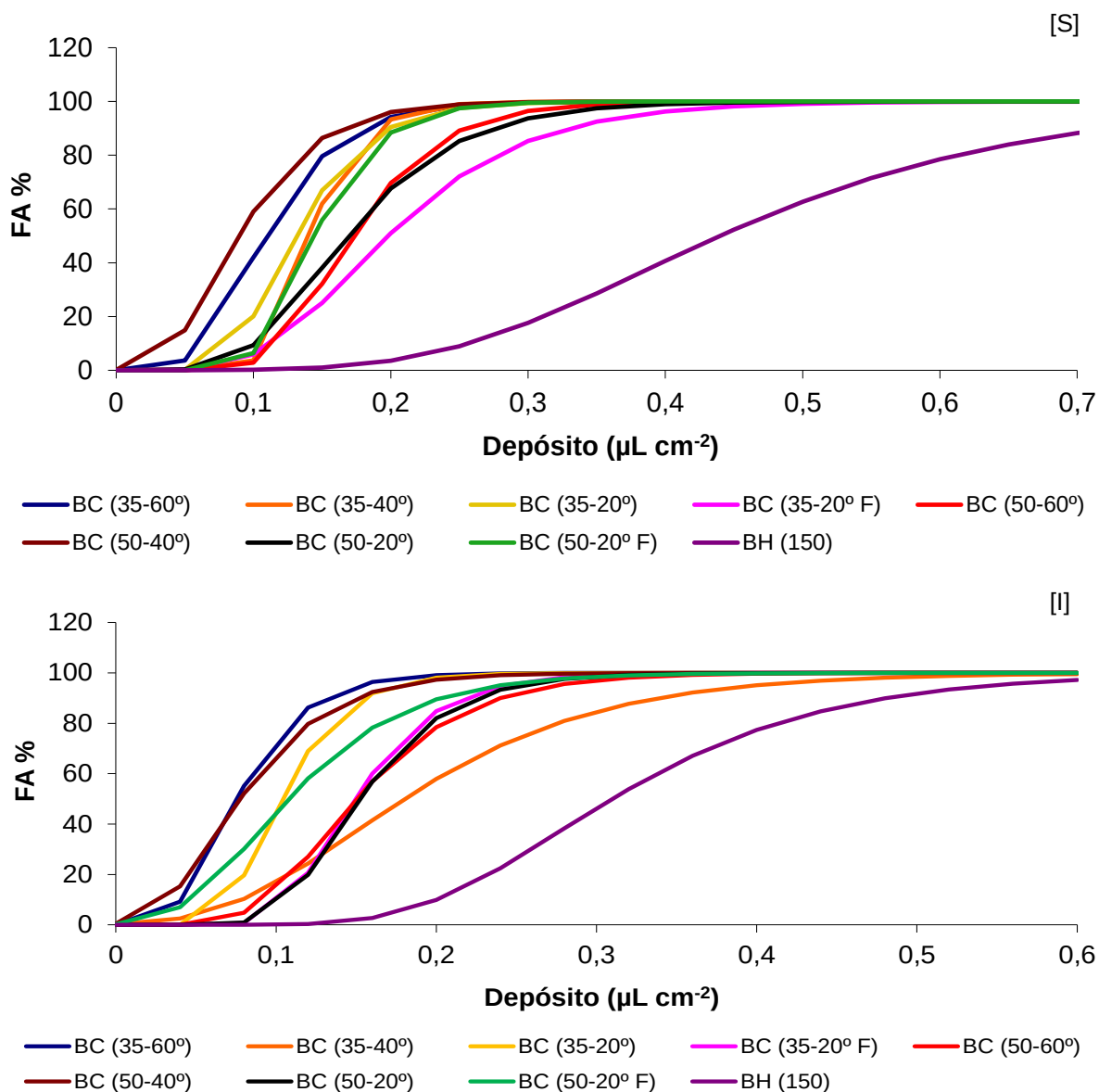


Figura 1. Frequências acumuladas (FA%) relativas ao depósito da calda pulverizada ($\mu\text{L cm}^{-2}$) nas posições superior (S) e inferior (I) das plantas de soja.

Assim, observou-se que houve maior irregularidade na quantidade depositada pela pulverização nas plantas de soja, tanto na posição superior quanto inferior, no tratamento convencional em relação aos tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga, representado pelas disposições mais planas das curvas ajustadas ao modelo de Gompertz, e através do menor valor do parâmetro “c” do modelo (Figura 2 e Tabela 3).

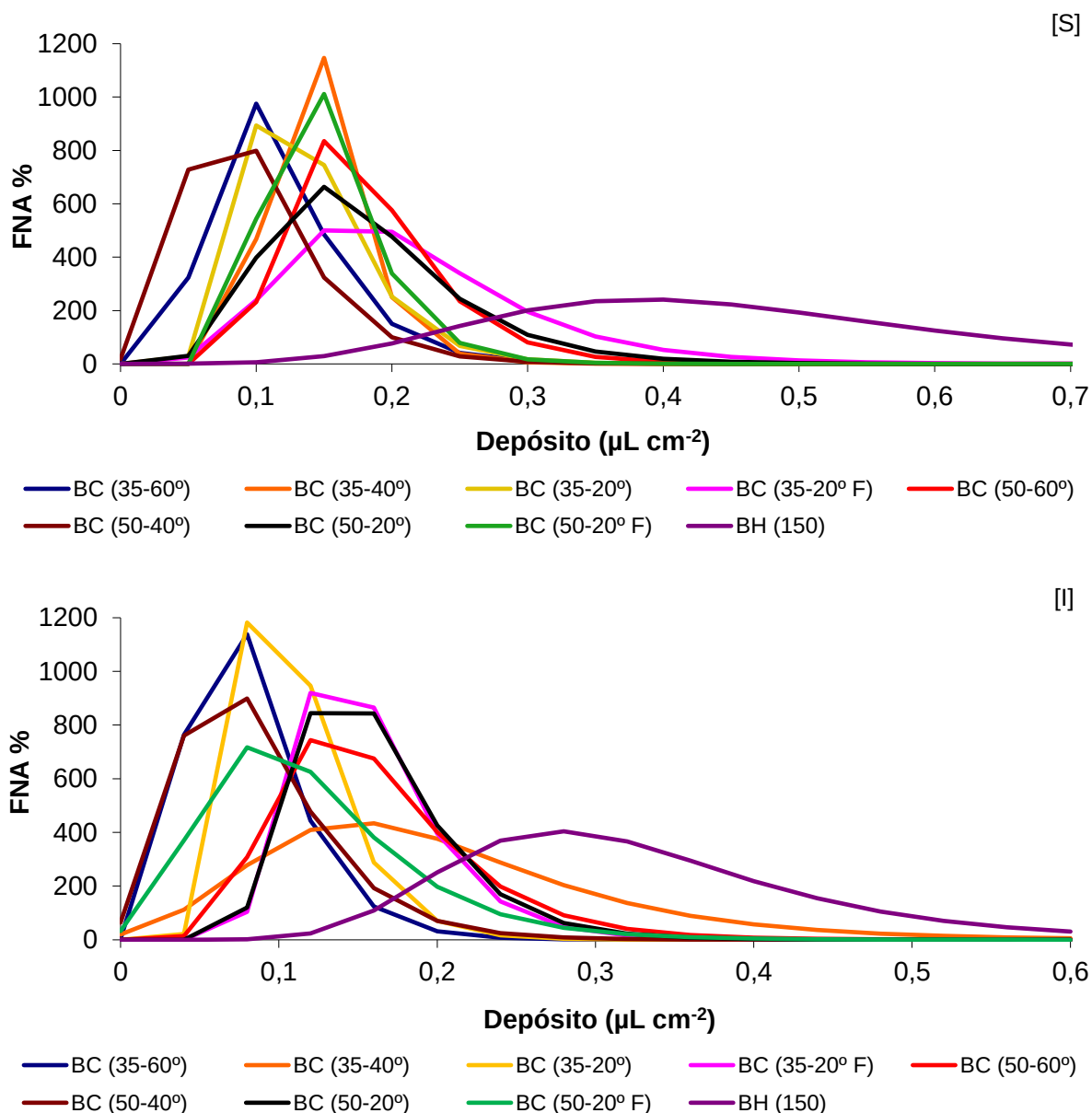


Figura 2. Frequências não acumuladas (FNA%) relativas ao depósito da calda pulverizada ($\mu\text{L cm}^{-2}$) nas posições superior (S) e inferior (I) das plantas de soja.

Ressalta-se que o tratamento convencional proporcionou maiores valores de depósitos médios e pontuais (moda) em relação aos demais tratamentos testados, demonstrando, portanto, que maiores depósitos de calda não significam, necessariamente, maior uniformidade de distribuição das gotas (Tabelas 2 e 3). Farinha et al. (2009) e Constantin, Sales e Maciel (2012) obtiveram dados concordantes a esses resultados, em que se ressalta a contradição da ocorrência

dos tratamentos com maior depósito da calda de pulverização terem sido os de menor uniformidade de distribuição.

Utilizando-se ainda o parâmetro “c” para avaliar a uniformidade de depósito da pulverização dos tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga, verificou-se que o volume de 35 L ha⁻¹ combinado ao ângulo de 40°, na posição superior das plantas de soja, e ao ângulo de 20°, na posição inferior, foram os tratamentos que proporcionaram os depósitos de calda mais uniformes (Tabela 3).

De acordo com Rodrigues-Costa, Martins e Costa (2011), a uniformidade do depósito da pulverização destaca-se como fator importante no desempenho dos produtos fitossanitários, sobretudo quando se consideram os produtos de ação de contato, que exigem maior área de cobertura do alvo.

As plantas pulverizadas com bico de energia hidráulica e volume de aplicação de 150 L ha⁻¹ também proporcionaram os maiores depósitos nos 1, 5 e 10% dos folíolos de soja em que menos ocorreram depósitos, nas posições superior e inferior das plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Depósito da calda pulverizada ($\mu\text{L cm}^{-2}$), nas posições superior e inferior das plantas de soja, em que menos ocorreram depósitos para os diferentes ângulos e volumes de aplicação.

Porcentagem (%)	Depósito (µL cm ⁻²) - Posição Superior								
	60°	40°	20°	20°F*	60°	40°	20°	20°F*	----
	35 (L ha ⁻¹)				50 (L ha ⁻¹)				150 (L ha ⁻¹)
1	0,04	0,09	0,06	0,07	0,09	0,02	0,06	0,08	0,15
5	0,05	0,10	0,08	0,10	0,11	0,03	0,09	0,10	0,22
10	0,06	0,11	0,09	0,11	0,12	0,04	0,10	0,11	0,26
Porcentagem (%)	Depósito (µL cm ⁻²) - Posição Inferior								
	60°	40°	20°	20°F*	60°	40°	20°	20°F*	----
	35 (L ha ⁻¹)				50 (L ha ⁻¹)				150 (L ha ⁻¹)
1	0,02	0,02	0,05	0,08	0,06	0,01	0,08	0,01	0,14
5	0,03	0,06	0,06	0,10	0,08	0,02	0,10	0,03	0,18
10	0,04	0,08	0,07	0,11	0,09	0,03	0,11	0,05	0,20

* 20°F = 20° no sentido de deslocamento do pulverizador.

O bico de energia centrífuga, em aplicação com o volume de 35 L ha⁻¹ e angulação na barra de 40° (posição superior) e 20°F (posição inferior), e o volume de 50 L ha⁻¹ e ângulo de 60° (posição superior) e 20° (posição inferior), apresentaram os maiores valores de depósitos da pulverização, nos 1, 5 e 10% dos folíolos de soja que menos receberam depósitos (Tabela 4).

Nas posições superior e inferior das plantas de soja, os menores depósitos da calda de pulverização foram obtidos com os ângulos de 60 e 40° combinados aos volumes de 35 e 50 L ha⁻¹, respectivamente, considerando-se os 1, 5 e 10% dos folíolos em que menos ocorreram depósitos (Tabela 4). De acordo com Negrisoli et al. (2002), menores depósitos de calda pulverizada podem ser responsáveis pelo insucesso da aplicação de produtos fitossanitários.

Os resultados precedentes mostram mais uma vez a dependência dos volumes de aplicação utilizados neste estudo em relação à angulação dos mesmos na barra do pulverizador. Assim é fundamental a utilização de ângulos que proporcionem maior depósito e uniformidade da calda pulverizada e, portanto, menor risco de falhas no controle do alvo visado.

As alterações realizadas na angulação do bico de energia centrífuga não foram suficientes para reduzir a diferença de depósitos médios e pontuais da calda pulverizada em relação às aplicações utilizando bicos de energia hidráulica, nas condições em que foi realizado este experimento.

Vale ressaltar que os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga resultaram em gotas muito finas ($\cong 100 \mu\text{m}$) de acordo com classificação da norma ASAE S-570 (ASAE, 2000) (Capítulo 3). Esse resultado não condiz com a recomendação do fabricante, em que o dispositivo para seleção da rotação de trabalho foi posicionado para produção de gotas médias.

De acordo com Balan et al. (2008), gotas finas são mais propícias a perdas por deriva e evaporação, reduzindo a eficiência dos depósitos da aplicação e aumentando os riscos de contaminação ambiental, principalmente sob condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar. Desta forma, o espectro de gotas muito finas combinados com temperatura do ar, em torno de 30°C, possivelmente influenciou de forma mais prejudicial nos resultados de depósitos da calda pulverizada com os tratamentos combinados ao bico de energia centrífuga em relação ao bico hidráulico.

Sugere-se a realização de novos estudos, em outras condições, com o bico de energia centrífuga, visto que, são poucos trabalhos científicos relacionados a esta tecnologia visando melhorar a eficiência das aplicações.

4 CONCLUSÕES

Modificações no ângulo de posicionamento do bico de energia centrífuga na barra do pulverizador favorece o depósito da pulverização, mas são dependentes do volume de aplicação.

Menores depósitos da pulverização são obtidos com bicos de energia centrífuga quando comparado ao bico de energia hidráulica.

5 REFERÊNCIAS

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. S572. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. In: ASAE Standard, AUG99. St. Joseph, 2000. p. 389-391.

BALAN, M. G.; ABI-SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G.; RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

COMBELLACK, J. H.; HARRIS, R. V. Field trials with CDA spot sprayers. In: 5^o CONFERENCE OF THE COUNCIL OF AUSTRALIAN WEED SCIENCE SOCIETIES, 1978, Victória. **Proceedings...** p. 39-49.

CONSTANTIN, J.; SALES, J. G. C.; MACIEL, C. D.G. Características da deposição e distribuição da calda de pulverização na cultura da soja em estágio fenológico V₆. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 530-541, 2012.

COOPER, J. F.; JONES, K. A.; MOAWAD, G. Low volume spraying on cotton: a comparison between spray distribution using charged and uncharged droplets applied by two spinning disc sprayers. **Crop Protection**, London, v. 17, n. 9, p. 711-715, 1998.

CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeitos de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n.esp., p. 10-15, 2007.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 92-99, 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção 15:** tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja/ Embrapa Cerrados/ Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 261 p.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S010384782009000600016>>.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bico na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

GUEDES, J. V.C.; FIORIN, R. A.; STÜRMER, G. R.; PRÁ, E. D.; PERINI, C. R.; BIGOLIN, M. Sistemas de aplicação e inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatilis* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 910-914, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000800014>>.

HOLLAND, J. M.; JEPSON, P. C.; JONES, E. C.; TURNER, C. A comparison of spinning disc atomisers and flat fan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereal crops. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 179-185, 1997.

JANDEL CORPORATION. SigmaScan and SigmaScan Pro for Windows. User's manual. San Rafael, CA, Jandel Corporation, 1995.

JOHNSTONE, D. R. Statistical description of spray drop size for controlled drop application. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APPLICATION, Reading, 1978. **Proceedings...** p. 7-21.

WALTON, W. H.; PREWETT, W. C. Atomization by spinning discs. **Proceedings of Physical Society**, v. 62, p. 341-350, 1949.

LEFEBVRE, A. H. **Atomization and sprays**. International Series: Combustion. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421 p.

NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; PALLADINI, L. A. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem surfactante em plantas de *Salvinia molesta*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 51-56, 2002. (Edição especial).

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

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Flórida, v. 70, n. 3, p. 415-21, 2003.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1982. (Cooperative Extension Service, Special Report, 53).

RODRIGUES, A. C. P.; FILHO, S. I. B. S.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; ROCHA, D. C.; SOUZA, G. S. F. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em *Commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 421-428, 2010.

RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; MARTINS, D.; COSTA, N. V. Uniformidade de deposição de gotas de pulverização em plantas de amendoim e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 939-951, 2011.

ROMÁN, R. A. A.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J.; CARVALHO, G. G.; PARREIRA, R. S. Pulverização de inseticida na cultura do algodão com baixo volume de calda. 1: Cobertura das plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1366-1372.

SCRAMIN, S.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; PAVAN, L. A.; ALVARENGA, N. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 43-50, 2002.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, João Pessoa, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

TOFOLI, G. R. **Efeito do tamanho do alvo e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizadores em pré-emergência**. Botucatu, SP, 2001. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

TOMAZELA, M. S.; MARTINS, D.; MARCHI, S. R.; NEGRISOLI, E. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea*, do volume e do ângulo de aplicação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 183-189, 2006.

VELINI, E. D. **Estudos e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. Jaboticabal, SP, 1995. 250 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.