



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

VAGNER AMADO BELO DE OLIVEIRA

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DA
FERRUGEM ALARANJADA EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Londrina
2013

VAGNER AMADO BELO DE OLIVEIRA

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DA
FERRUGEM ALARANJADA EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, para à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador(a): Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab.

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O48t	<p>Oliveira, Vagner Amado Belo de. Tecnologia de aplicação no controle da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar/ Vagner Amado Belo de Oliveira – Londrina, 2013. 99 f.: il.</p> <p>Orientador: Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2013. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Defensivos vegetais – Tecnologia de aplicação – Teses. 2. Produtos químicos agrícolas – Pulverização – Teses. 3. Fungos-da-ferrugem – Teses. 4. Cana-de-açúcar – Doenças e pragas – Teses. 5. Equipamento agrícola – Teses. I. Abi-Saab, Otávio Jorge Grigoli. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 632.982</p>
------	--

VAGNER AMADO BELO DE OLIVEIRA

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DA
FERRUGEM ALARANJADA EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador. Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Seiji Igarashi
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira
Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP

Dr. Anderson de Toledo
Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo
Universidade Estadual do Norte do Paraná –
UENP

Prof.^a Dr.^a Débora Cristina Santiago
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 28 de fevereiro de 2014

DEDICO

Aos meus pais Antonio José de Oliveira e Maria Luiza Belo de Oliveira “in memoriam”... pela vida e educação, orientações, a fé e a humildade, e ao incomensurável amor que ainda hoje, sustentam as batalhas travadas em minha vida...vitórias e derrotas, porém com a coragem herdada...do fundo do coração, meu eterno Obrigado!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta importante etapa de minha vida.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Departamento de Solos e Mecanização Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

As Faculdades Adamantinenses Integradas, pelo curso de Agronomia e Agronegócio, pelas aulas que ministro e que muito me ensinam.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos que possibilitaram a execução deste projeto.

Agradeço ao meu orientador Professor Otávio Jorge Grigoli Abi Saab não só pela constante orientação, compreensão, ensinamentos, mas sobretudo pelo sempre proveitoso e estimulante convívio e sua amizade .

Ao pesquisador e amigo Dr Éder Antonio Giglioti, pelo sempre proveitoso convívio, pelas discussões científicas e coorientação, muitas vezes aos finais de semana em sua casa e, sobretudo, pela amizade.

À Smartbio Desenvolvimento Tecnológico Ltda e todos os seus colaboradores, Fabrício Leonardo Grego, Donavan Peres Rodero, Fábio Costa dos Santos, Bruno Esdras Bassan, Cristiano Fagundes, Leticia dos Santos, Nilson Fiorentino, Kely Lana Araújo e todos os que por lá colaboraram, mas também fizeram escola.

Ao Professor Antonio Giovanetti Canteri, pelas brilhantes aulas, pelos ensinamentos e experiências de vida, pelas críticas e valiosas sugestões apresentadas.

Aos Professores Ricardo Ralisch, Seiji Igarashi, Maria Isabel Balbi Peña, Rone Batista de Oliveira e Anderson de Toledo meus sinceros agradecimentos pelas sugestões e auxílio final.

À todo o quadro de Professores da UEL, Prof. Maria Fátima Guimarães, Pedro Manuel O.J.Neves, Édison Miglioranza, Inês Cristina de Batista Fonseca, Efraim Rodrigues, os quais represento à todos os outros docentes, pelo incentivo técnico e humano e pela missão e dedicação ao ensino, pesquisa e extensão, que são a pedra angular desta grande instituição de ensino superior.

A secretária da pós graduação da Agronomia, Weda Vestim, pelas orientações acadêmicas, demonstração de amizade e apoio recebido durante todo o curso.

A Garcia, aviação Agrícola Ltda na pessoa do seu Comandante; ao Sr Jorge Benigno, Moacyr Fereira da SPRAYTECH Comercial Agrícola Ltda.

À minha maravilhosa esposa Lúcia Elena e meus filhos, Pedro, Izabela e Maria Luiza, pela compreensão, constante estímulo e apoio, amor e alegria proporcionada.

Aos colegas de curso e aos grandes amigos Gustavo Migliorini e Rafael Balan, pelo constante apoio e amizade que tornaram mais agradável e interessante essa fase de minha vida.; Wagner Igarashi, Karina Alves e Ciro Hideki Sumida, que muito me auxiliaram; Claudemir Michio, Carlos Bustolin, Francisco Mainardes e todos os discentes que me acompanharam nesta jornada de estudos e pesquisa.

Um agradecimento especial ao laboratorista de fitopatologia, José Aparecido e família, pela grande amizade convívio e apoio, pelo empenho e dedicação, pelo exemplo de vida cristã pautadas na fé, amor e esperança.

Ao Fernando Cesar Baida e Camila Torres Stroze, meus sinceros agradecimentos pelo gratificante companheirismo durante minha permanência em Londrina, pela acolhida constante, pelo companheirismo e grande amizade que foi construída.

Ao Grupo Irmãos Oliveira Neto, pelo nosso trabalho, apoio, convívio e grande amizade e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Assim também a fé: se não tiver obras, é morta em si mesma. Mostra-me a tua fé sem obras e eu te mostrarei a minha fé pelas minhas obras”.

São Tiago 2: 17-18

“Deus não escolhe os capacitados, mas capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende da nossa vontade e perseverança”

Albert Einstein

OLIVEIRA, Vagner Amado Belo de. **Tecnologia de aplicação no controle da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar**. 2013. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de tecnologias de aplicação de pulverização na qualidade da deposição da calda na cultura da cana-de-açúcar e a eficiência relativa e econômica de moléculas de fungicidas no controle e redução de perdas causadas pela ferrugem alaranjada. Para as três tecnologias, utilizou-se primeiro de um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com barra de aplicação dotada de pontas de pulverização XR110.015, com uma taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹. Um experimento utilizando trator, dois com aplicação aérea e dois com autopropelido. As imagens dos papéis hidrossensíveis foram digitalizadas para avaliação da qualidade da deposição da calda e, posteriormente, avaliar as coberturas através dos programas Conta-Gotas[®] e CIR1.5. Na aplicação terrestre foi delineado o experimento fatorial 2x2x2, duas pontas de pulverização, XR110.02 e TTJ60 110.02, duas taxas de aplicação, 120 e 160 L ha⁻¹ e duas posições dos papéis hidrossensíveis no dossel da planta, 0,8 e 0,5 m do solo, seis repetições com dez papéis cada. No dossel superior da planta observou-se maior cobertura, quando comparado ao dossel inferior, sendo que não se observaram diferenças entre as taxas de aplicação de 120 e 160 L ha⁻¹. A ponta TTJ60 110.02 promoveu cobertura superior à ponta XR 110.02 quando se utilizou 160 L ha⁻¹ (40,34 e 36,50%, respectivamente). Para a aplicação aérea em cana-de-açúcar verificou-se nas três variáveis avaliadas, (diâmetro mediano volumétrico, porcentagem de cobertura e número de gotas por cm²) que houve semelhança estatística entre as pontas de pulverização testados, bem como entre as técnicas de aplicação (taxas e ângulos) estudadas. Não foram encontradas diferenças em relação às posições das folhas na planta. Os resultados denotam a possibilidade de usar taxas de aplicação reduzidas e aplicabilidade dos bicos rotativos para este tipo de pulverização. Em outro experimento de distribuição da calda de pulverização aérea com bicos difusores hidráulico, porém com simulação na cultura do milho, com taxas de aplicação de 15, 20 e 30 L ha⁻¹, a que proporcionou melhor nível de cobertura foi 20 L ha⁻¹, independente dos difusores utilizados nos bicos hidráulicos, houve maior penetração da calda no dossel superior e mediano da cultura com uma maior cobertura de gotas por cm². Finalizando, delineou-se um fatorial com autopropelido, com três pontas (TTI 110.03, AI 110.05 e TFW 20), duas taxas de aplicação (100 e 200 L ha⁻¹) em duas posições dos papéis hidrossensíveis nas folhas +3 e +5. Denotamos que o pingente não favoreceu uma maior cobertura percentual nas folhas +3; o aumento da taxa de aplicação possibilitou uma maior cobertura e que experimentos devem ser conduzidos para a avaliar a relevância do uso ou não desta taxa de aplicação com fungicidas.

Palavras-chave: *Puccinia kuehnii*. Agrotóxicos. Volumes de pulverização. Papéis hidrossensíveis. Aplicação aérea e terrestre.

OLIVEIRA, Vagner Amado Belo de. **Technology application in control of orange rust in sugarcane**. 2013. 99 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of spraying application technologies on the quality of the spray deposition in the culture of sugarcane and the relative and economic efficiency of using molecules of fungicides to control and reduce losses caused by orange rust. For the three technologies, we firstly used a CO₂ pressured sprayer with application bar equipped with spray nozzles XR110.015 and application rate of 200 L ha⁻¹. One experiment using tractor, two with aerial application and two self-propelled. Images of water sensitive paper were scanned to assess the quality of the deposition of the spray and to evaluate its coverage through computer programs Eyedropper® and CIR1.5. In terrestrial application, it was designed a 2x2x2 factorial experiment, two spray nozzles, XR110.02 and TTJ60 110.02, two application rates, 120 and 160 L ha⁻¹, and two positions for the water sensitive papers in the plant canopy, 0.8 and 0, 5 m from the ground, six iterations with tenpapers each. The upper canopy of the plant showed higher coverage, when compared to the lower canopy, whereas no differences were observed between the application rates of 120 and 160 L ha⁻¹. The nozzle TTJ60 110.02 promoted higher coverage than the nozzle XR 110.02 when using 160 L ha⁻¹ (40.34 and 36.50%, respectively). For aerial application on sugarcane, it was observed, for the three variables researched (median volumetric diameter, percentage of coverage, and number of drops per cm²), statistical similarity between the spray nozzles tested, as well as between the application techniques (rates and angles) studied. No differences were found in relation to the positions of the leaves on the plant. The results show the possibility of using reduced application rates and applicability of rotating nozzles for this type of spraying. In another experiment of aerial distribution of spraying with hydraulic nozzle diffusers, but with simulation in the corn crop, with application rates of 15, 20 and 30 L ha⁻¹, the one which provided the best level of coverage was 20 L ha⁻¹, regardless of the diffusers used in the hydraulic nozzles, there was greater penetration of the deposition in the upper and medium canopy of the culture with greater coverage drops per cm². Finally, we outlined a self-propelled factorial design with three tips (TTI 110.03, 110.05 and AI TFW 20), two application rates (100 and 200 L ha⁻¹), at two positions of the water sensitive paper, in the leaves +3 and +5. We denoted that the pendant did not favor a higher coverage percentage in the leaves +3; that increasing application rate allowed greater coverage and that experiments should be conducted to assess the relevance of using or not this application rate with fungicides.

Keywords: *Puccinia kuehnii*. Pesticides. Spray volumes. Water sensitive paper. Aerial and terrestrial application.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Gráfico de Favorabilidade à germinação de esporos de *P.kuehnii* para a cidade de Pradópolis. O círculo indica um pequeno aumento de Favorabilidade climática a ocorrência da Ferrugem Alaranjada no mês de setembro.....20
- Figura 2** – Esquema da aplicação dos fungicidas avaliados no controle da ferrugem alaranjada38
- Figura 3** – Aplicações dos fungicidas realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com barra de aplicação dotada de três pontas de pulverização do tipo leque (XR110.015).....40
- Figura 4** – Curvas de Progresso da Ferrugem Alaranjada para os diferentes tratamentos com fungicidas.....45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos fungicidas utilizados para controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar, na variedade SP84-2025. Serra Azul, SP. Safra 2010/2011	39
Tabela 2 – Severidades de Ferrugem Alaranjada para os diferentes tratamentos fungicidas utilizados para controle	47
Tabela 3 – Valores biométricos de número de colmos por metro (Stand) e de Biomassa (peso dos colmos) e de Produtividade (tonelada de colmos por hectare) após a aplicação dos tratamentos fungicidas visando o controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar variedade SP84-2025. Serra Azul, SP. Safra 2010/2011	49
Tabela 4 – Comparativo da Produtividade (tonelada de colmos por hectare) e ATR (kg ha ⁻¹) e Retorno Econômico após a aplicação dos tratamentos fungicidas visando o controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar variedade SP84-2025	51
Tabela 5 – Pontas de pulverização, pressões de trabalho, taxas de aplicação e tamanho de gota utilizadas nos tratamentos estudados	59
Tabela 6 – Valores de probabilidade de F obtidos da análise de variância do fatorial ponta de pulverização x taxa de aplicação x posição no dossel para o percentual de cobertura nos cartões de papel hidrossensível	60
Tabela 7 – Porcentagem de cobertura nos papéis hidrossensíveis para as diferentes posições (0,8 e 0,5 metro)	61
Tabela 8 – Porcentagem de cobertura nos cartões de papel hidrossensível em função da interação entre pontas de pulverização (TTJ60 110.02, XR 110.02) e taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	62
Tabela 9 – Comparação dos diâmetros mediano volumétrico (μ) obtidos nas diferentes taxas de aplicação e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o equipamento de pulverização aérea, denominado Micronair	68

Tabela 10 – Comparação das porcentagens de cobertura obtidas nas diferentes taxas de aplicação e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o equipamento de pulverização aérea tipo rotativo Micronair	69
Tabela 11 – Comparação do número de gotas por cm ² obtidos nas diferentes taxas de aplicação e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o equipamento de pulverização aérea tipo rotativo Micronair	69
Tabela 12 – Comparação do diâmetro mediano volumétrico (DMV) obtidos nas diferentes taxas de aplicação, ângulo de pulverização e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o bico de pulverização hidráulico	70
Tabela 13 – Comparação do percentual de cobertura obtidos na interação entre taxa de aplicação x ângulo de pulverização, e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o bico de pulverização hidráulico	71
Tabela 14 – Comparação do número de gotas por cm ² obtidos nas diferentes taxas de aplicação, ângulo de pulverização e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o bico de pulverização hidráulico	71
Tabela 15 – Taxas de aplicação e tamanho de gota em função do tipo de ponta e difusor	79
Tabela 16 – Diâmetro mediano volumétrico, porcentagem de cobertura, densidade de gotas e eficiência da aplicação em pulverização aérea na cultura do milho, em função da taxa de aplicação, bico e posição de amostragem na planta. Pedrinhas Paulista, SP, 2012	80
Tabela 17 – Pontas de pulverização, pressões de trabalho, taxas de aplicação e tamanho de gota	87
Tabela 18 – Médias do diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da interação entre taxa de aplicação, pontas de pulverização e posição do dossel amostrado	90

Tabela 19 – Médias do número de gotas por cm ² em função da interação tripla entre taxa de aplicação, pontas de pulverização e posição do dossel amostrado	92
Tabela 20 – Médias da porcentagem de cobertura em função das taxas de aplicação e da interação entre pontas de pulverização e posição do dossel	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16	
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18	
2.1	A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	18	
2.2	DOENÇAS DA CANA-DE-AÇÚCAR	18	
2.3	FERRUGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR	19	
2.4	SINTOMAS E ETIOLOGIA DA FERRUGEM ALARANJADA	20	
2.5	FUNGICIDAS SISTÊMICOS UTILIZADOS PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ALARANJADA	21	
2.6	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM CANA-DE-AÇÚCAR	23	
2.7	BICOS DE PULVERIZAÇÃO	24	
2.8	COBERTURA DA PLANTA E PENETRAÇÃO DE GOTAS	26	
2.9	VOLUME DE APLICAÇÃO, DENSIDADE DE GOTAS E COBERTURA DOS ALVOS	28	
2.10	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	29	
CAPÍTULO 3 – EFICIÊNCIA E RETORNO ECONÔMICO DE FUNGICIDAS PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ALARANJADA (PUCCINIA KUHENII) DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL			34
3.1	INTRODUÇÃO	36	
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	37	
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42	
3.4	CONCLUSÃO	52	
3.5	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	52	
CAPÍTULO 4 – COBERTURA DE GOTAS DE PULVERIZAÇÃO OBTIDA COM DIFERENTES PONTAS E TAXAS DE APLICAÇÃO NA PARTE AÉREA DA CANA-DE-AÇÚCAR			55
4.1	INTRODUÇÃO	56	
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	58	
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60	
4.4	CONCLUSÃO	63	
4.5	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	63	

CAPÍTULO 5 – DESEMPENHO DE BICOS ROTATIVOS E HIDRÁULICOS NA APLICAÇÃO AÉREA DE FUNGICIDAS EM CANA-DE- AÇÚCAR.....	65
5.1 INTRODUÇÃO	66
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	67
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.4 CONCLUSÃO	73
5.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	73
CAPÍTULO 6 – APLICAÇÃO AÉREA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA CULTURA DO MILHO	76
6.1 INTRODUÇÃO	77
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	78
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
6.4 CONCLUSÃO	82
6.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	82
CAPÍTULO 7 – COBERTURA PORCENTUAL OBTIDA PELO USO DE DIFERENTES PONTAS E TAXAS DE APLICAÇÃO, COM AUTOPROPELIDO NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	84
7.1 INTRODUÇÃO	85
7.2 MATERIAL E MÉTODOS	86
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
7.3.1 Diâmetro Médio Volumétrico (DMV).....	88
7.3.2 Número de Gotas por Centímetro Quadrado (NGCQ).....	90
7.3.3 Porcentagem de Cobertura	92
7.4 CONCLUSÃO	95
7.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS	98

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui tradição no cultivo de cana-de-açúcar e atualmente é o maior produtor mundial desta cultura que é parte integrante da matriz de energia renovável do País (UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA, 2012). Para que a cadeia da cana-de-açúcar mantenha sua competitividade e sustentabilidade, além de tecnologias de ponta, como a produção de etanol de segunda geração a partir do bagaço e palha, os fatores de produção devem também ser otimizados. Um dos entraves para se lograr grandes produtividades é a ocorrência de doenças, as quais afetam a biodiversidade e a economia agrícola de um país, incluindo a Ferrugem Alaranjada da Cana-de-açúcar.

A Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar, causada pelo fungo *Puccinia kuehnii*, foi considerada uma doença de importância secundária no setor sucroalcooleiro até o final da década de 90. A doença estava restrita à Ásia e Oceania, sem registro de perdas significativas na produtividade e acúmulo de açúcar.

No entanto, na safra de 2000 na Austrália, alta severidade da doença foi observada na maioria dos campos comerciais da Q124, a variedade mais cultivada naquele país. Foram estimadas perdas de rendimento superiores a 35% Willcox e Croft (2004) perdas na colheita de 30 %, representando \$900/ha/ano.. Em julho de 2007, a doença foi encontrada na Flórida (EUA) afetando inicialmente três variedades que ocupavam 35% da área cultivada no estado. Em 2008, foram observados mais duas novas variedades com a doença, aumentando a suscetibilidade para 52% da área. Em 2009, outra variedade passou a integrar a lista e a área com genótipos suscetíveis que passou a ser de 71% (COMSTOCK, 2008).

Em outubro de 2007, a Ferrugem Alaranjada foi observada na maioria dos campos comerciais de cana-de-açúcar da América Central, incluindo Guatemala, Nicarágua e Costa Rica. A doença em 2008, foi também diagnosticada no México, no Panamá, em El Salvador e na Jamaica. Em julho de 2010, a doença foi confirmada em Valle Del Cauca, importante região canavieira da Colômbia. (OVALLE et al., 2009).

Em todos estes países, a doença causou significativa redução na produtividade, no acúmulo de açúcar, causando impacto sobre as indústrias de açúcar. A medida imediata para conter as perdas provocadas pela ferrugem

Alaranjada foi efetuar registros emergenciais de fungicidas para que os produtores tivessem uma alternativa até o conhecimento mais detalhado da epidemiologia da doença. Portanto, a substituição de variedades suscetíveis, porém, produtivas, podem ser feita de maneira segura sem a dúvida se seriam realmente resistentes ou se ainda não havia decorrido tempo necessário para o patógeno se adaptar e atacar novas variedades. O uso de até seis aplicações de fungicidas foi rotineiro na Austrália, Flórida, Costa Rica e Guatemala, dentre outros países (FLORES et al., 2009).

.No Brasil, a Ferrugem Alaranjada foi diagnosticada em dezembro de 2009, na região de Araraquara, no Estado de São Paulo. A partir de então, a doença se estabeleceu e se disseminou por todas as regiões canavieiras do país, em canaviais com as variedades SP89-1115, SP84-2025 e RB72-454, suscetíveis à doença. Porém, com o tempo, novas variedades foram apresentando a doença, a exemplo da SP81-3250, que ocupa mais que 12% da área cultivada do país, e que apresentou alta severidade em vários locais. Portanto, até que se conheça a reação das principais variedades à Ferrugem Alaranjada e que a doença se estabeleça, o uso de fungicidas e técnicas de aplicação auxiliará na redução das enormes perdas causadas neste patossistema (SCORALERT, 2010).

Todavia, não era comum a utilização de fungicidas nesta cultura, antes do aparecimento desta doença e na literatura são encontrados poucos trabalhos que estudam a influência das características de aplicação, tanto com relação à eficiência da aplicação como também na eficácia de controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. Pesquisadores da Austrália (MAGAREY et al., 2002), testaram diferentes fungicidas sistêmicos, mas não consideraram o equipamento de aplicação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a cobertura de pulverização, terrestres e aéreas e as respectivas tecnologias de aplicação para a distribuição da calda de fungicida em cana-de-açúcar, com diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação nos diferentes extratos do dossel da cultura alvo, proporcionada por diferentes tipos de equipamentos ou tecnologia de pulverização para o controle da ferrugem alaranjada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

No Brasil, desde o período em que o país era colônia de Portugal (1500 a 1822), a cultura da cana-de-açúcar vem sendo explorada comercialmente. Na década de 1580, o Brasil já havia conquistado o monopólio mundial de produção de açúcar e assegurado a Portugal elevada lucratividade. O Nordeste se destacou como um grande fornecedor de açúcar para a Europa, contribuindo para a prosperidade de lugarejos e povoados, como Salvador e Olinda (FIGUEIREDO, 2008).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, uma das mais importantes matérias-primas para fabricação do etanol e talvez a fonte de energia do futuro. O bagaço e a palha são destaque como matérias-primas sustentáveis na produção de energia. Uma tonelada de cana-de-açúcar contém a energia equivalente a 1,2 barris de petróleo, sendo que cerca de 1/3 dessa energia está armazenada quimicamente no caldo (açúcares) e o restante na biomassa de cana: metade no bagaço e metade na palha, aproximadamente (HOLLANDA, 2008).

A cana-de-açúcar é matriz energética nacional do bioetanol e o Brasil lidera a exportação mundial de açúcar (UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA, 2012). Para manter sustentabilidade e competitividade os fatores de produção devem estar bem equacionados, incluindo o manejo integrado de doenças. (ZAMBOLIM, 2003)

2.2 DOENÇAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

Nestes 500 anos de cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, foram identificadas cerca de 58 doenças, e pelo menos dez podem ser consideradas de grande importância econômica para a cultura (KIMATI et al., 2005).

As doenças mais importantes são controladas com o uso de variedades resistentes e produção de mudas sadias (BRESSIANI, 2002). Porém, o fato do controle estar embutido nas características agrônomicas da planta faz com que alguns produtores rurais desconheçam o valor da variedade. Entretanto, como a

maioria das resistências a doenças nessa cultura são de caráter quantitativo e não qualitativo, ou seja, a resistência não é absoluta, mas gradual, muitas variedades em cultivo podem apresentar certo nível de suscetibilidade a algumas doenças. Como os causadores de doenças são seres vivos, eles podem produzir, também, novas raças ou variantes que vencem essa resistência e passam a causar novo surto de doença. Em função disso e das mudanças climáticas, podem surgir surtos epidêmicos, havendo a necessidade de identificar novas doenças da cana e manter uma contínua vigilância dentro dos canaviais, nos níveis estadual e nacional (Magarey, 2010).

Dentre as principais doenças da cana-de-açúcar destacam-se a escaldadura-das-folhas (*Xanthomonas albilineans*); a estria vermelha (*Acidovorax avenae* subsp. *avenae*); o raquitismo-da-soqueira (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*); o mosaico (causado por um subgrupo de 5 espécies diferentes de vírus); o amarelinho (*Sugarcane yellow leaf virus*); o carvão da cana (*Ustilago scitaminea*); a mancha parda (*Cercospora longipes*); a podridão abacaxi (*Thielaviopsis paradoxa*); a podridão vermelha (*Colletotrichum falcatum*), a podridão de fusarium (*Fusarium moniliforme*), a ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) (Embrapa, ano) e desde 2009 a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) (MAPA, 2009). Embora seja grande o leque de doenças que assolam a cultura, medidas fitossanitárias não são tomadas de forma expressiva pelo setor sucroalcooleiro (TOKESHI, 1997). Isto, provavelmente decorra da falta do monitoramento e o uso da fitopatometria para a avaliação da doença, que se alternam conforme as condições edafoclimáticas e de manejo, dificultando a quantificação das perdas econômicas ocasionadas às culturas (BERGAMIN et al., 1995).

2.3 FERRUGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR

No Brasil, a cultura é atacada por duas espécies de *Puccinia*, a marrom causada por *P. melanocephala* H. Sydow e *P. Sydow* e a alaranjada por *P. kuehnii* (Krüger) Butler. A primeira foi detectada no final de 1986, provocando poucos danos, face a resistência ao fungo pelas maiorias das cultivares cultivadas (COPERSUCAR, 1986). A segunda foi diagnosticada pela 1ª vez em 2009 na região de Araraquara – SP, afetando clones da CV 14. Posteriormente veio a afetar outras variedades, como a RB72-454, RB 85-5156, SP84-2025, SP81-3250, SP89-1115,

CTC 9, causando perdas significativas em produtividade. Atualmente a doença já se encontra nos estados de SP, ES, GO, MG, MS e AL (GIGLIOTI et al., 2010).

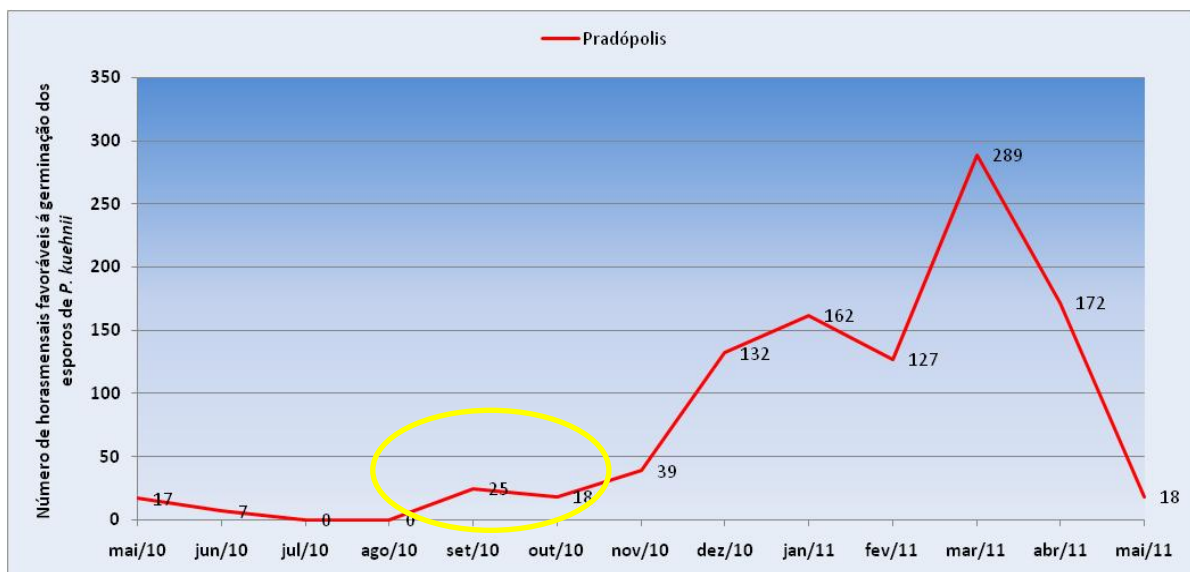
2.4 ETIOLOGIA E SINTOMAS DA FERRUGEM ALARANJADA

A presença de pústulas de coloração marrom-escura a alaranjada na face abaxial das folhas caracterizam respectivamente as duas doenças, no caso da ferrugem alaranjada os uredinósporos são mais leves, marrom-dourados e de parede celular mais espessa (MAGAREY et al., 2008; MENDES E FREITAS, 2005).

O fungo *P. kuehnii* (Krüger) Butler é um basidiomiceto da ordem Uredinales, que produz uredósporos elipsoides, densamente equinulados com pústulas alaranjadas a alaranjada amarronzada, menores e mais ovais. As condições climáticas favoráveis ocorrem durante o verão úmido e outono, da metade do ciclo até a pré-maturação da cana-de-açúcar.

A temperatura ótima para germinação de esporos é de 17°C a 24°C e a umidade relativa acima de 97% (GIGLIOTI et al., 2009). Considerando o número de horas mensais nestas condições de temperatura e umidade relativa, o pico de favorabilidade à ocorrência de ferrugem alaranjada se dá a partir de novembro até abril, como ilustra a figura 1.

Figura 1 – Favorabilidade à germinação de esporos de *P.kuehnii* para a cidade de Pradópolis, SP. O círculo indica um pequeno aumento de Favorabilidade climática, indicando o início da ocorrência da Ferrugem Alaranjada no mês de setembro.



A prática recomendada para o controle da doença é o controle genético, porém é moroso o desenvolvimento de variedades resistentes para uma doença recém-detectada no Brasil. Deve-se salientar que plantas que em determinado momento se apresentavam como moderadamente resistentes, podem apresentar elevados índices de severidade em outra época ou local. Como exemplo, pode-se citar a variedade SP81-3250 moderadamente resistente e que se apresentou altos níveis de severidade em diversas regiões canavieiras no estado de São Paulo (GIGLIOTI et al., 2010). Isso se deve ao fato de que o nível de severidade das ferrugens em cana-de-açúcar é altamente influenciado, não só pelo clima, mas também por estrutura do solo, atividades de manejo como fertirrigação com vinhaça, adubação nitrogenada e aplicação de torta de filtro (GIGLIOTI et al., 1999).

Em regiões de escape, onde janelas de favorabilidade minimizam a incidência do patógeno, variedades intermediárias e até mesmo suscetíveis podem ser utilizadas quando monitoradas, principalmente, as condições climáticas com a utilização de fungicidas sistêmicos para o controle da doença (GIGLIOTI et al., 2010).

2.5 FUNGICIDAS SISTÊMICOS UTILIZADOS PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ALARANJADA

Atualmente é reconhecido que os triazóis para o controle da doença causada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), o patógeno que ataca a soja, com o decorrer do tempo perde a sua eficiência e que a mistura com a estrobilurinas aumentam a eficácia no controle (GODOY; CANTERI, 2004).

Os fungicidas do grupo dos triazóis são de ação sistêmica, inibidores da biossíntese de lipídios (ergosterol) que compõem a membrana celular, podem agir contra a germinação de esporos, a formação do tubo germinativo e no apressório, mesmo que haja a penetração do patógeno nos tecidos tratados, o produto atuará inibindo o haustório e/ou crescimento micelial no interior dos tecidos (JULIATTI, 2005).

As estrobilurinas atuam através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c₁ (complexo III), interferindo na formação de ATP. Além da atividade de contato, eles possuem propriedades translaminar, sistêmica e como resultado de

difusão da fase de vapor, até quase sistêmicas (mesosystemic) (BALDWIN et al., 1996). As estrobilurinas favorecem no caráter “stay-green” (efeito verde), responsável pela permanência da estrutura verde da planta por um período mais prolongado de tempo, no caso do milho, até o enchimento de grãos, além de possibilitar maior fotossíntese, poderá auxiliar a planta de forma direta, no desenvolvimento de maior tolerância a presença de moléstias, principalmente necrotróficas (SILVA, 1999).

A Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar, causada pelo fungo *Puccinia kuehnii*, foi considerada uma doença de importância secundária no setor sucroalcooleiro até o final da década de 90. A doença estava restrita à Ásia e Oceania, sem registro de perdas significativas na produtividade e acúmulo de açúcar. No entanto, durante a temporada de 2000 na Austrália, alta severidade da Ferrugem Alaranjada foi observada na maioria dos campos comerciais da Q124, a variedade mais cultivada de cana no país (MAGAREY et al., 2001). Foram estimadas perdas de rendimento superiores a 35%. Em julho de 2007, a doença foi encontrada na Flórida (EUA) afetando inicialmente 3 variedades que ocupavam 35% da área cultivada com cana no estado (COMSTOCK et al, 2008). Em 2008, foram observadas mais 2 novas variedades com a doença, aumentando a susceptibilidade para 52% da área. Em 2009, outra variedade passou a integrar a lista e a área com genótipos suscetíveis passou a ser 71%. Esse aumento foi atribuído à variabilidade e à adaptabilidade do patógeno (COMSTOCK, 2008). Em outubro de 2007, a Ferrugem Alaranjada foi observada na maioria dos campos comerciais de cana da América Central, incluindo a Guatemala (OVALLE et al., 2008), Nicarágua e Costa Rica (CHAVARRÍA et al., 2009). Em 2008, a doença foi também diagnosticada no México, no Panamá, em El Salvador e na Jamaica (FLORES et al., 2009). Em julho de 2010, a doença foi confirmada em Valle Del Cauca, importante região canavieira da Colômbia (SÁNCHEZ et al., 2010).

Em todos estes países, a Ferrugem Alaranjada causou significativa redução na produtividade, no acúmulo de açúcar e, conseqüentemente, causou impacto sobre as indústrias de açúcar. Em todos esses países, a medida mais imediata para conter as perdas provocadas pela Ferrugem Alaranjada foi efetuar registros emergenciais de fungicidas para que os produtores tivessem uma alternativa até o conhecimento melhor da doença e que a substituição de variedades pudesse ser feita de maneira segura sem a dúvida se seriam realmente resistentes

ou se ainda não havia tempo para o patógeno se adaptar e atacar novas variedades. O uso de até seis aplicações de fungicidas foi comum na Austrália, Flórida, Costa Rica e Guatemala, dentre outros países (FLORES et al., 2009).

No Brasil, a Ferrugem Alaranjada foi diagnosticada em Dezembro de 2009, na região de Araraquara, no Estado de São Paulo. A partir de então, a doença se estabeleceu e se disseminou por todas as principais regiões canavieiras do país: São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais e Alagoas. De início, acreditava-se que apenas 11% da área do Centro Sul era cultivada com variedades suscetíveis a Ferrugem Alaranjada, destacando-se: SP89-1115, SP84-2025 e RB72-454. Porém, com o tempo, novas variedades foram apresentando a doença e, infelizmente, a SP81-3250, que ocupa mais 12% da área apresentou alta severidade em vários locais. Existem fortes suspeitas de ocorrência também na RB92-579, variedade plantada em mais de 25% da área em Alagoas. Já houve caso de um produtor erradicar a RB72-454 de segundo corte e plantar a SP81-3250 no lugar. O que ele deveria ter feito é o recomendado em termos científicos, técnicos e econômicos: utilizar fungicidas para reduzir as perdas até que a variedade chegasse ao momento do replantio, no quinto ou sexto corte.

A herança da resistência de variedades de cana-de-açúcar à Ferrugem Marrom (*Puccinia melanocephala*) é poligênica com presença de genes de efeito maior (MOURA, 2004). Como têm sido sugeridos, na Flórida, esses genes podem ser rapidamente quebrados por novas raças do patógeno, portanto, até que se conheça a reação de todas as principais variedades à Ferrugem Alaranjada e que a doença se estabeleça, o uso de fungicidas reduzirá as enormes perdas causadas pela doença que podem ocorrer nas variedades como SP81-3250, RB84-2025, SP72-454 e SP89-1115, dentre outras (referências).

2.6 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM CANA-DE-AÇÚCAR

Atualmente, a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehni*) é uma doença de grande risco para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil (OLIVEIRA e MENDES, 2008). Por se tratar de uma doença de grande virulência pode ocasionar perdas consideráveis de produtividade nas variedades susceptíveis, conforme foi verificado por MAGAREY et al. (2008) na região central da Austrália (perdas acima de 50%). Neste sentido, as técnicas de aplicação precisam oferecer a máxima penetração das

gotas pulverizadas no dossel da cultura, haja vista que os fungicidas sistêmicos têm translocação relativamente restrita nas folhas.

O uso de fungicidas em aplicações preventivas nas variedades de soja para o controle da Ferrugem asiática (GODOY e CANTERI, 2004) e de cana-de-açúcar para o controle da ferrugem alaranjada (MARGAREY, 2008) tem se mostrado bastante eficiente. Porém, conforme o desenvolvimento e a altura da planta, esta técnica pode ser dificultada, ou, mesmo inviabilizada.

Por estas razões, é grande a demanda por sistemas de aplicação eficientes e de alto rendimento operacional, a exemplo da aplicação aérea, visando o aproveitamento do momento mais adequado para a aplicação, ou que não permita a entrada de equipamentos pulverizadores tracionados ou auto propelidos (SOUZA et al., 2011; CAMARGO; BOMELLI, 2004; BAUER; RAETANO, 2003).

Na literatura são encontrados poucos trabalhos que estudam a influência das características de aplicação, tanto com relação à eficiência da aplicação como também na eficácia de controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. MAGAREY et al. (2002), por exemplo, testaram diferentes fungicidas sistêmicos, mas não consideraram o equipamento de aplicação. Enquanto, SCHNEIDER (2011), estudou diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação em aplicações via terrestre com pulverizador tracionado, encontrando diferenças significativas entre as técnicas testadas, sem considerar, contudo, a eficácia de controle fungicida sobre a doença.

2.7 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

O objetivo principal da pulverização é a aplicação da quantidade mínima do ingrediente ativo sobre o alvo para a obtenção de máxima eficiência, sem contaminação de áreas adjacentes (CHAIM, 2009). Embora todos os componentes de uma máquina aplicadora de produtos fitossanitários sejam essenciais, as pontas de pulverização são os elementos mais importantes de um pulverizador, também chamados de dispositivos geradores de gotas (BOLLER ; RAETANO, 2011). Para tanto, lança-se mão de equipamentos específicos, onde a energia necessária para promover a quebra do líquido, provém de duas fontes principais, pressão hidráulica e força centrífuga (CHRISTOFOLETTI, 2006).

As pontas de pulverização juntamente com as peneiras fazem parte dos componentes do bico. Nos bicos, o líquido sob pressão (fonte de energia potencial para a formação das gotas) passa pela peneira e por fim pelo orifício da ponta, produzindo uma película que vai aumentando gradativamente a sua superfície e conseqüentemente diminuindo a espessura, até romper-se em pequenas gotas (MATUO et al., 2005). A combinação de tipo de ponta e pressão de trabalho determina o tamanho de gotas aplicadas, que interfere na cobertura do dossel da planta e no potencial de deriva da gota.

As pontas de energia hidráulica nas máquinas aplicadoras, são montadas em posições (barras ou lanças) onde se finaliza o circuito hidráulico do líquido (calda) a ser pulverizado, que emerge na forma de jato. A calda, conduzida até as pontas de pulverização sob determinada pressão, é forçada a passar através de um orifício estreito, de tal maneira que a velocidade do líquido é suficiente para originar uma lâmina ou filme, que se torna instável e se desintegra na forma de gotas de diferentes tamanhos (espectro de gotas heterogêneo). A vazão de cada ponta depende principalmente do tamanho do seu orifício e da pressão do líquido. Dentro de uma mesma “família” ou série, pontas com orifício maiores apresentam maior vazão e geram gotas maiores do que aquelas que possuem orifícios menores (BOLLER; RAETANO, 2011).

Com o desenvolvimento da Aviação Agrícola após a segunda guerra mundial, os especialistas europeus em tecnologia de aplicação realizaram pesquisas para o desenvolvimento de equipamentos com capacidade de produção de neblinas com espectro homogêneo, e conseqüentemente maior densidade de gotas, de tamanho facilmente controlável especialmente para o controle de doenças. O exemplo mais importante foi o mal de Sigatoka uma doença que ocorria nos bananais da África Francesa, controlável com aplicações de óleos minerais especiais cuja aplicação com barra de bicos hidráulicos era altamente fitotóxica devido ao alto Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e pouco eficiente pela baixa Densidade de Gotas (DG) das pulverizações (CHRISTOFOLETTI, 2006). Os atomizadores rotativos, portanto, são utilizados em substituição às pontas hidráulicas na função de fracionar o líquido em gotas. Todos eles têm princípio de pulverizar o líquido que flui através do eixo, oco, do atomizador e sai encontrando uma tela ou conjunto de discos rotativos, que fazem a “quebra” das gotas. As gotas são

formadas ou pelo impacto contra uma tela rotativa ou pela força centrífuga ou ambos (MATUO, 2005; ARAÚJO; RAETANO, 2011).

2.8 COBERTURA DA PLANTA E PENETRAÇÃO DE GOTAS

A cobertura de gotas nas plantas trata-se da quantidade de superfície visada (alvo) que é atingida pela pulverização e expressa em porcentagem (COURSHEE, 1967; ROMAN et al., 2009, CUNHA et al., 2011).

A cobertura é dada pela fórmula de Courshee (1967), citado por Matuo et al. (2005):

$$C = 15 * \left(\frac{[V * R * K^2]}{A * D} \right)$$

Sendo:

C = cobertura (% da área)

V = Volume de aplicação (L ha⁻¹)

R = taxa de recuperação

K = fator de espalhamento de gotas

A = superfície vegetal existente no hectare

D = diâmetro de gotas

De acordo com os parâmetros da fórmula, para aumentar a cobertura basta aumentar o volume de aplicação (V). A taxa de recuperação (R), correspondente à porcentagem do volume aplicado captado pelo alvo, é dependente de diversos fatores inerentes à tecnologia de aplicação como momento de aplicação, tamanho de gota e arranjo de plantas adequadas. O fator de espalhamento de gotas (K) é uma função quadrática, por isso atua sensivelmente na cobertura. Entretanto, pode ser maximizado pela adição de componentes tensoativos à calda que reduzem a tensão superficial da gota diminuindo o ângulo de contato com a superfície foliar (DEBORTOLI, 2008; KISSMANN, 1998). Além de proporcionar uma maior cobertura de área por gota, a redução na tensão superficial permite que o produto penetre em locais antes impossibilitados, como epidermes com alta densidade de tricomas e

aberturas naturais de pragas. A relação é matematicamente inversa, ou seja, a cobertura será prejudicada com o aumento da área foliar por hectare, mantida as demais condições (ARAÚJO; RAETANO, 2011).

No decorrer do ciclo vegetal ocorre um aumento no Índice de Área Foliar (IAF) e desta forma, devem ser efetuados ajustes necessários nos outros parâmetros da fórmula, caso contrário a eficácia da aplicação será extremamente afetada. BALARDIN et al., (2010), verificaram melhor controle de doenças de final de ciclo com aumento do volume da aplicação à medida que se aumenta o índice foliar. Além do ajuste do volume da aplicação (V), a mudança no tamanho da gota (D) e a adição de adjuvantes à calda beneficiando o espalhamento de gotas (K) são estratégias possíveis.

Outra forma que expressa a cobertura do alvo é através da medida gotas cm^{-2} (CHRISTOFOLETTI, 2001). Esse parâmetro é mais fácil de ser determinado tanto na forma de contagem manual como através de softwares, e estabelece a quantidade mínima de gotas suficiente para expressar o efeito do produto. Contudo, essa medida varia muito conforme as características dos produtos e a adição de adjuvantes, apresentando muitas divergências entre pesquisadores. No caso específico de fungicidas, OZEKI (2006) e CHRISTOFOLETTI (2001) defendem que é necessário um mínimo de 30 a 40 gotas cm^{-2} para fungicidas sistêmicos e 50 a 70 para protetores.

Dados obtidos por SCHNEIDER et al., (2011) na cultura da cana-de-açúcar demonstraram que volumes de calda de 120 e 160 L ha^{-1} proporcionaram cobertura de gotas mínima eficiente para fungicida sistêmico de 45 e 60 gotas cm^{-2} , respectivamente.

A eficiência biológica da aplicação depende da qualidade da cobertura e penetração bem como a redução das perdas por deriva e evaporação proporcionadas pelo diâmetro de gotas. O aumento no diâmetro de gotas reduz o arraste pela deriva apresentando menos problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo, porém promovem menor cobertura da superfície a ser tratada (OZEKI; KUNZ (1998) e OLIVEIRA et al., 2011).

MATUO et al. (2005), adverte que é possível conseguir um bom grau de cobertura e redução das perdas através do aumento do volume aplicado, mesmo com gotas grandes, embora com menor rendimento operacional do equipamento. Já gotas menores têm pouco peso e inércia permanecendo por mais tempo em

suspensão no ar, ficando suscetíveis ao arraste pela deriva e evaporação durante a aplicação, porém em condições adequadas a penetração e cobertura do alvo são frequentemente maior (SANTOS, 2007; OLIVEIRA et al., 2011).

Para aplicação de fungicidas a cobertura é essencial e considerando que à medida que a planta cresce a penetração é dificultada, torna-se importante a deposição de gotas em todo o dossel da planta. O tamanho de gotas tem influência na cobertura, penetração e deposição, assim gotas pequenas proporcionam melhor cobertura, já gotas muito pequenas podem sofrer deriva ou evaporação e gotas grandes apresentam problemas devido a tendência de escorrimento e reduzido número de gotas cm^{-2} . Segundo PAULSRUD e MONTGOMERY, (2005) a meta da aplicação de fungicidas é produzir um tamanho de gotas que possibilite um bom equilíbrio da cobertura, penetração e deposição de gotas.

2.9 VOLUME DE APLICAÇÃO

O volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, do tamanho das gotas, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores. O volume de calda influencia também a eficiência operacional da aplicação, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera significativamente a capacidade operacional dos pulverizadores (número de hectares tratados por hora).

Usualmente as aplicações de volume muito pequeno acabam sendo realizado com gotas muito finas, o que aumenta o risco de perdas, principalmente por evaporação ou deriva. Por outro lado, volumes altos podem ocasionar saturação da calda por sobre as folhas e escorrimento. Em geral, recomenda-se que as aplicações em volumes muito baixos ou ultra baixo sejam realizadas com metodologias de controle da evaporação da água, ou mesmo a substituição da água por outro meio. Um exemplo desta técnica é o emprego de óleo como aditivo nas aplicações em baixo volume.

Objetivando-se a redução do custo de aplicação e aumento da capacidade operacional do equipamento de aplicação, há tendência à redução do volume de calda aplicado, que resulta em menor transporte de água ao campo e menor número de paradas para reabastecimento do pulverizador (SOUZA et al.,

2011; LIMA; MACHADO, 2001). Como exemplo, ANTUNIASSI et al. (2002) citam que o volume de calda médio usado para aplicações terrestres de herbicidas, considerando as principais regiões produtoras no Brasil, é da ordem de 120 L ha⁻¹. Entretanto, dados práticos de campo mostram que este valor varia bastante quando se trata da aplicação de inseticidas e fungicidas. Como exemplo, na aplicação de fungicidas para controle de doenças no final do ciclo das culturas, as aplicações terrestres podem consumir de 100 a 300 L ha⁻¹, dependendo da região. No caso das aplicações aéreas, os valores para os diferentes tipos de defensivos variam, em média, entre 5 e 30 L ha⁻¹ (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

2.10 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Aldeia Norte, Botucatu- SP, 2011.
- ANTUNIASSI, U.R. **Agricultura de Precisão: precisão na aplicação para controle de plantas daninhas**. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE PLANTAS DANINHAS, 3, 2002, Passo Fundo. Resumos... Passo Fundo. p.53, 2002.
- ARAÚJO, D.; RAETANO, C.G. Adjuvantes de Produtos Fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu- SP: Aldeia Norte, 2011. p.27-49.
- BALARDIN, R. S. et al. FACTORS AFFECTING FUNGICIDE EFFICACY IN THE TROPICS. IN: CARISSE, O. (ED.). **FUNGICIDES**. INTECH. RIJEKA, CROATIA. 2010. P. 23-38.
- BALDWIN, B.C.; CLOUGH, J.M.; GODFREY, C.R.A.; GODWIN, J.R.; WIGGINS, T.E. THE DISCOVERY AND MODE OF ACTION OF ICIA 5504. IN: LYR, H.; RUSSEL, P.E & SISTER, H.D. (ED.). **MODERN FUNGICIDES AND ANTIFUNGAL COMPOUNDS**. INTERCERT; ANDROVER, P.69-77, 1996.
- BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Air-assisted boom sprayer and spray deposition on bean plants. *Scientia Agricola*, Piracicaba-SP, v.60, n.2, p.211-215, 2003.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. 3.ed. São Paulo: Ed.Ave Maria, 1995. 919p.
- BOLLER, W.; RAETANO, C.G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. **Tecnologias de Aplicação para culturas anuais**: Botucatu, FEPAF, 2011. p.51-68.
- BRESSIANI, J. A. interação entre famílias de cana-de-açúcar e locais: efeito na resposta esperada com a seleção. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 1, 2002.

CAMARGO, V.T.; BOMELLI, M.A.P.O.; ROMAGNOLE, E.W.C. Aplicações aéreas visando o controle da ferrugem da soja. In.: III Sintag. Botucatu.SP, 2004.

CHAIM, A. Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Embrapa, Brasília, D. F: Embrapa Informação Tecnológica, p.15-37, 2009.

CHAVARRÍA, E.; SUBIRÓS, F.; VEGA, J.; RALDA, G. GLYNN, N.C.; COMSTOCK, J.C. E CASTLEBURY, L.A. (2009) First report of orange rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Costa Rica and Nicaragua **Plant Disease** 93 (4), 425-425.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Novas pontas de pulverização para dessecação e controle de doenças em soja. In: BORGES, L. D. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio direto eventos, 2006. p.53-63.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Pulverização ou aplicação? A Granja, Porto Alegre, n.625, p.35-37, 2001.

COMSTOCK, J. C., SOOD, S. G., GLYNN, N. C., SHINE JR., J. M., MCKEMY, J. M., E CASTLEBURY, L. A. 2008. **First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of Orange Rust of Sugarcane, in the United States and Western Hemisphere**. *Plant Disease*. 92: 175.

COPERSUCAR. 1986. **Ferrugem da cana-de-açúcar e sua constatação no município de Capivari**. Boletim Técnico Copersucar, São Paulo. 8 p. (edição especial).

COURSHEE, R.J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. DEBORTOLI. **Fungicide – An advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p.239-286.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.3, p.343-351, 2011.

DEBORTOLI, D. P. Efeito do “Rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2008.

FIGUEIREDO, P. Breve histórico da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G..de A., **CANA-DE-AÇÚCAR**: Campinas: Instituto Agrônomo, 2008.p.31-44.

FLORES, R.C.; LOYO, J.R.; OJEDA, R.A.; RANGEL, O.C.A.; CERÓN, F.A.; MÁRQUEZ, W.; GUERRA-MORENO, A.S.; HERNANDEZ-IBARRA, H.M.; GONZÁLEZ, R.E., CASTLEBURY, L.A.; DIXON, L.J.; GLYNN, N.C.; COMSTOCK, J.C.; FLYNN, J.; AMADOR, J. First report of Orange rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii*, in México, El Salvador and Panama. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 93, n.12, p.1347, 2009.

GIGLIOTI, E.A.; ARAÚJO, K.L.; CANTERI, M.G.; CARDIM, M.; CARDIM, D.; PINTO, R.G.; FAGUNDES, C.; RODERO, D.P.; BASSAN, B.E.; GOMES, E.; NEUBAUER, R.A.; RODERO, D.C.P. Warning systems for integrated management of sugarcane diseases: The example of the orange rust in Americas. **Tropical Plant Pathology**, v.35, p.60-62, 2010.

GIGLIOTI, E.A.; CANTERI, M.G.; FRANÇA, J.A.; CARDIM, M.; DEL PONTE, E.M.; ABI SAAD, O.J.G.; AGUIAR, M.S.; PINTO, R.G.; MENEGASSI, D.; RODERO, D.C.P.; RODERO, D.P. Informações básicas para o monitoramento, diagnóstico e manejo da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Scoralert**, nº1, p.1-6, 2009.

GIGLIOTI, E.A. ; ZAVAGLIA, L.P. ; MENESES, L.L. ; MOURA, G.L.; MATSUOKA, S. **Resistência e tolerância à ferrugem da cana-de-açúcar: o caso da RB835486**. Araras: CCA/UFSCar, 1999 (Boletim).

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.1, 2004.

HOLLANDA, J.B. Uma Política para o uso energético da madeira. **Revista Opiniões. Açúcar e Alcool**. Editora WDS: Ribeirão Preto. São Paulo. Jun-ago. 2008.

JULIATTI, F. C. 2005. Modo de ação dos fungicidas sobre plantas e fungos. Departamento de Fitopatologia, ICIAG/Universidade Federal de Uberlândia, Avenida Amazonas, Bloco 2E, CEP 38400-902, Uberlândia, MG, e-mail: juliatti@ufu.br

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas: 4ª Ed. Vol. 2, p.189 - São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2005.

KISSMANN, K. G. **Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários**. In: TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: NOVAS TECNOLOGIAS, 1998. SANTA MARIA, RS: DEPARTAMENTO DE DEFESA FITOSSANITÁRIA – Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.39-51

LIMA, P. R. F.; MACHADO NETO, J. G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 8595, 2001.

MAPA. 2009. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. (em linha). Consultado 21 agosto 2009. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?Operação=visualizareid=16534>.

MAGAREY, R.C. **Orange rust disease of sugarcane**. Pathology Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 27, 2010

MAGAREY, R. C., BULL, J.I.; TOMASIN, W. A. **Yield losses caused by leaf diseases: 1999 and 2003 selection trial analyses**. In: Bruce, R. C. ed. Proceedings of the 2008 Conference of the Australian Society of Sugar C Technologists.

MAGAREY, R.C., NEILSEN, W.A. E MAGNANINI, A.J. (2004). **Environmental requirements for spore germination in three sugarcane leaf pathogens.** Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, 26: (These Proceedings)., pp.303 – 321, 2008.

MAGAREY, R.C.; STAIER, T. and WILLCOX, T.G. **Fungicides for control of orange rust in the 2001 Queensland crop.** Proceedings of the Conference of the Australian Society of Sugar C. Technologists, v.24, 2002.

MAGAREY, R., WILLCOX, T., CROFT, B. AND CORDINGLEY, A. (2001). **Orange rust, a major pathogen affecting crops of Q124 in Queensland in 2000.** Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 23: 274–280.

MATUO, T. et al. **Tecnologia de aplicação e equipamentos.** Brasília, ABEAS; Viçosa, UFV; 2005. 86 p.

MENDES, M. A. S.; FREITAS, V.M. **Espécies de fungos exóticos para a cultura da cana-de-açúcar.** Brasília: Embrapa recursos genéticos e Biotecnologia, 2005. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Comunicado)

MOURA, G. L. **Análise de herança da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar *P.melanocephala*.**2004. 46 f. Tese (Mestrado em genética e Evolução) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

OLIVEIRA, I.C.S.; MENDES, M.A.S. ***Puccinia kuehnii*, um risco para a cultura da cana no Brasil.** Brasília: Embrapa Cenargem Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. (Comunicado técnico 184).

OLIVEIRA, V.A.B.de; OLIVEIRA, G.M.de; GIGLIOTI, E.Â.; IGARASHI, W.T.; ABI SAAB, O.J.G. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicidas em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.111-122, 2011.

OVALLE, W.; COMSTOCK, J.C.; GLYNN, N.C. E CASTLEBURY, L.A. (2008) First report of ***Puccinia kuehnii***, causal agent of orange rust of sugarcane, in Guatemala **Plant Disease** 92 (6), 973-973.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea.** São Paulo: Ed. do autor, 2006.

OZEKI, Y. ; KUNZ, R. P. **Manual de aplicação aérea.** Indústria Aeronáutica Neiva, São Paulo, 47p, 1998.

PAULSRUD, B. E., MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Report on Plant Disease**. n.1002, 2005.

ROMÁN, R.A.A. et al. 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, 2009.

SÁNCHEZ, J.C.A.; ORDÓÑEZ, M.C. E KAFURE, J.I.V. (2010) **Presencia de Roya Naranja (*Puccinia kuehnii* em El Valle Del Cauca y estrategias para su manejo.**

Cenicaña - Centro de Investigación de La Caña de Azúcar de Colombia. 13p. Documento de trabajo nº715.

SANTOS, R. O. **Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes**. 2007. 49 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola - Máquinas e Automação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2007.

SCHNEIDER, J.L. **Cobertura porcentual obtida pelo uso de diferentes pontas e taxas de aplicação, visando o controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar**. Universidade Estadual de Londrina (dissertação de mestrado). Londrina, PR, 2011.

SCORALERT. **Sugarcane Orange Rust Alert System**. Disponível em: <<http://www.scoralert.com>>. Acesso em 12 ago 2010.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G. et al. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

SOUZA, I. G. DE.; OLIVEIRA, G.M.DE.; OLIVEIRA, V.A.B.DE.; IGARASHI,W.; BALAN,R.; ABI SAAB, O.J.G. **Comparação dos custos de aplicação de produtos fitossanitários por via aérea e terrestre com máquinas próprias e terceirizadas**. In: V Sintag. Cuiabá, MT, 2011.

TOKESHI, H. **Doenças da cana-de-açúcar (híbridos de *Saccharum spp.*)** In: KIMATI, H.;AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.). Manual de Fitopatologia. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1997. v.2, p.207-225.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA, 2012. Disponível em <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 5 jan 2013.

ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado - Produção Integrada - Fruteiras Tropicais - Doenças e Pragas Universidade Federal de Viçosa – VIÇOSA,2003, p. 587.

CAPÍTULO 3

EFICIÊNCIA E RETORNO ECONÔMICO DE FUNGICIDAS PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ALARANJADA (*PUCCINIA KUHENII*) DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

RESUMO: A Ferrugem Alaranjada, observada no Brasil pela primeira vez em 2009, está amplamente distribuída pela região centro-sul do país, sendo observada em pelo menos 10 variedades comerciais. As perdas em produtividade nas variedades suscetíveis chegam a 50%, indicando a necessidade de substituição destas por variedades resistentes. Como isso leva tempo, pois não compensa reformar o canavial antes de pelo menos cinco cortes e muitas variedades de resistência intermediária são altamente produtivas, torna-se interessante utilizar fungicidas para o controle emergencial da doença. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de misturas de estrobilurinas e triazóis para o controle emergencial da Ferrugem Alarajada no Brasil. Para tanto, foi instalado um experimento na soca da cultivar SP84-2025, onde foram testados 23 fungicidas comparados com a testemunha sem controle. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, no esquema de parcela subdividida, com 24 tratamentos (1 testemunha + 23 fungicidas) e quatro repetições, sendo cada parcela constituída por seis linhas de cinco metros de comprimento espaçadas a 1,4 m, ou seja, 42 m². Foram realizadas quatro aplicações de cada fungicida, com intervalo de 30 dias, utilizando um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com barra de aplicação dotada de três pontas de pulverização do tipo leque (XR110015), espaçadas a 0,75 m. A pressão utilizada foi de 255 kPa conferindo volume de 200 L ha⁻¹. Constatou-se que, mesmo em período de alta favorabilidade climática ao desenvolvimento do patógeno, a severidade da doença foi sempre menor nas plantas que receberam as aplicações dos fungicidas do que nas plantas sem controle. A mistura azoxystrobin+tebuconazol na dose de 1,0 L ha⁻¹ determinou incremento de biomassa de (278 g colmo⁻¹) em relação à testemunha. As aplicações do azoxistrobina+ciproconazol (0,5L ha⁻¹), apresentou incremento no peso do colmo em relação à testemunha de 233 g/colmo, respectivamente. A trifloxistrobina+ciproconazol (0,6 L ha⁻¹) e a piraclosrobina + epoxiconazol (0,8 L ha⁻¹) apresentaram incremento de peso de colmo de 253 e 228 g colmo⁻¹, respectivamente. Portanto, além de promover o controle da doença, misturas de estrobilurinas e triazóis proporcionaram ganho em biomassa e, conseqüentemente de açúcar por área, sendo uma alternativa economicamente viável em canaviais suscetíveis à ocorrência da Ferrugem Alaranjada.

Palavras-chave: Controle químico. Acúmulo de biomassa. Biometria.

ABSTRACT: Orange Rust in sugarcane, observed in Brazil for the first time in 2009, is widely distributed throughout the south-central region of the country, being observed in at least 10 commercial varieties. The losses in susceptible varieties reach 50%, indicating the need for replacement of these by resistant varieties. As it takes time, once it does not pay to reform canebrakes by at least five cuts (and many varieties of intermediate resistance are highly productive), farmers need to use fungicides to control the disease emergency. The goal of this study was to evaluate the efficiency of mixtures of strobilurin and triazole fungicides for emergency control of Orange Rust in Brazil. An experiment was conducted in crop SP84-2025, where there were tested 23 fungicides compared with the untreated control sample. The experimental design was a randomized complete block in a split plot design, with 24 treatments (23 with fungicides and one control sample) and four replications, each plot consisting of six five-meters rows spaced by 1.4 m, totaling 42 m². There were four applications of each fungicide, with an interval of 30 days with the use of a CO₂-pressurized backpack sprayer having an application bar equipped with three spray nozzles of the type jet / fan (XR110015), spaced 0.75 m. The pressure used was 255 Kpa, giving a volume of 200L ha⁻¹. It was found that even in a period of high climatic favorability for the development of the pathogen, the disease severity was always lower in plants that received applications of fungicides than in plants left as check. The fungicide mix of azoxystrobin+tebuconazole at a dose of 1.0L ha⁻¹ determined a biomass increase of 278 g/stem in relation to the check. The applications of azoxystrobin+cyproconazole (0.5L h⁻¹ showed stem weight increases over the control of 233 g/stem. Trifloxystrobin plus cyproconazole at 0.6L ha⁻¹ and piraclosrobina plus epoxiconazole at 0.8L ha⁻¹ gave values of weight increase of 253 and 228 g/stem respectively. Therefore, in addition to promoting the disease control, mixtures of strobilurin and triazole yielded gain in biomass and consequently of sugar per area, being an economically viable alternative in sugarcane susceptible to the occurrence of Orange Rust.

Key words: Chemical control. Biomass increase. Biometrics.

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A cultura é parte integrante da matriz de energia renovável do País (FAO, 2010). Um dos entraves para se lograr grandes produtividades é a ocorrência de doenças, incluindo a Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar causada pelo fungo *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler (INFANTE et al., 2009).

A Ferrugem Alaranjada foi diagnosticada em Dezembro de 2009, no município de Rincão (SP) na região de Araraquara (SP) (BARBASSO et al., 2010) e se espalhou pelo interior de São Paulo, atingindo as regiões de Piracicaba, Assis, Araçatuba, São José do Rio Preto e norte do Paraná (MAPA, 2010). A partir de então, a doença se estabeleceu e se disseminou por todas as principais regiões

canavieiras do país: São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais e Alagoas.

Inicialmente acreditava-se que apenas 11% da área do Centro Sul era cultivada com variedades suscetíveis a Ferrugem Alaranjada, destacando-se: SP89-1115, SP84-2025 e RB72-454 (GIGLIOTI et al., 2010). Porém, com o tempo, novas variedades foram apresentando a doença e, infelizmente, a SP81-3250, que ocupa mais de 12% da área apresentou alta severidade em vários locais. A doença também já foi observada na variedade RB92-579, plantada em mais de 25% da área em Alagoas e em expansão no Centro-Sul.

Até o presente momento foram registrados três produtos e todos à base de misturas de estrobilurinas e triazóis (AGROFIT, 2012) e outras empresas estão investindo em novas moléculas fungicidas para a cana-de-açúcar devido ao mercado de mais de oito milhões de hectares.

STAIER et al. (2003) verificaram que os fungicidas ciproconazol na dose de 0,1L ha⁻¹ e tebuconazol (0,2 L ha⁻¹), apresentaram melhores resultados de controle da Ferrugem Alaranjada. MAGAREY et al. (2002) desenvolveram ensaios para o controle da ferrugem alaranjada com fungicidas na cultura da cana-de-açúcar. Dentre alguns fungicidas testados o ciproconazol, mancozeb e mistura de tebuconazole + mancozeb apresentaram maior efeito, relatando a relação custo benefício da utilização de fungicidas para o controle da doença. Na Flórida, durante a safra 2008/2009, foram avaliados 13 diferentes tratamentos fungicidas quanto à eficácia em controlar a Ferrugem Alaranjada (RAID et al., 2010). Os tratamentos fungicidas foram selecionados de duas classes: aplicação de estrobilurinas e triazóis separados, em combinação e em alternância. Os resultados indicaram que as misturas triazóis com estrobilurinas foram mais eficazes para controlar a doença e, a partir daí, utilizadas como ferramenta de manejo para reduzir as perdas na Flórida e América Central.

Em outro patossistema, soja/*Phakopsora pachyrhizi*, onde os fungicidas são utilizados desde 2003 (EMBRAPA, 2010), é reconhecido que o uso de triazóis aplicado isoladamente em suas formulações perdeu a eficácia após sucessivas aplicações. O mesmo não ocorre com a adição de estrobilurinas (GODOY e CANTERI, 2004). Atualmente, todas as pulverizações em soja para o controle da Ferrugem Asiática são feitas com fungicidas compostos de diferentes misturas de triazóis e estrobilurinas.

Os fungicidas do grupo dos triazóis são de ação sistêmica, inibidores da biossíntese de lipídios (ergosterol) que compõem a membrana celular. Podem agir contra a germinação de esporos, a formação do tubo germinativo e do apressório. Mesmo que haja a penetração do patógeno nos tecidos tratados, o produto atua inibindo o haustório e/ou crescimento micelial no interior dos tecidos (ZAUZA et al., 2008).

As estrobilurinas atuam através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c₁ (complexo III), interferindo na formação de ATP. Além da atividade de contato, eles possuem capacidade de movimentação translaminar a sistêmica, como resultado de difusão da fase de vapor (mesosystemic) (BALDWIN et al., 1996). As estrobilurinas proporcionam o efeito “stay-green” (efeito verde), responsável pela permanência da estrutura verde da planta por um período mais prolongado de tempo. No caso do milho, até o enchimento de grãos, além de possibilitar maior fotossíntese, podendo auxiliar a planta de forma direta, no desenvolvimento de uma maior tolerância a presença de moléstias (SILVA, 1999).

Com o apoio do Ministério da Agricultura e CNPq, foi criada a Rede para Prevenção de Perdas Causadas pela Ferrugem Alaranjada no Brasil – SCORALERT (GIGLIOTI et al., 2009; GIGLIOTI et al., 2010; PINTO et al., 2010). Uma das atividades iniciais da SCORALERT, e objetivo do presente trabalho, foi avaliar a efetividade de diferentes misturas de estrobilurinas e triazóis para o controle emergencial da Ferrugem Alarajada causada por *Puccinia kuehnii* e determinar os ganhos de produtividade e retorno econômico proporcionado por esse controle na cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

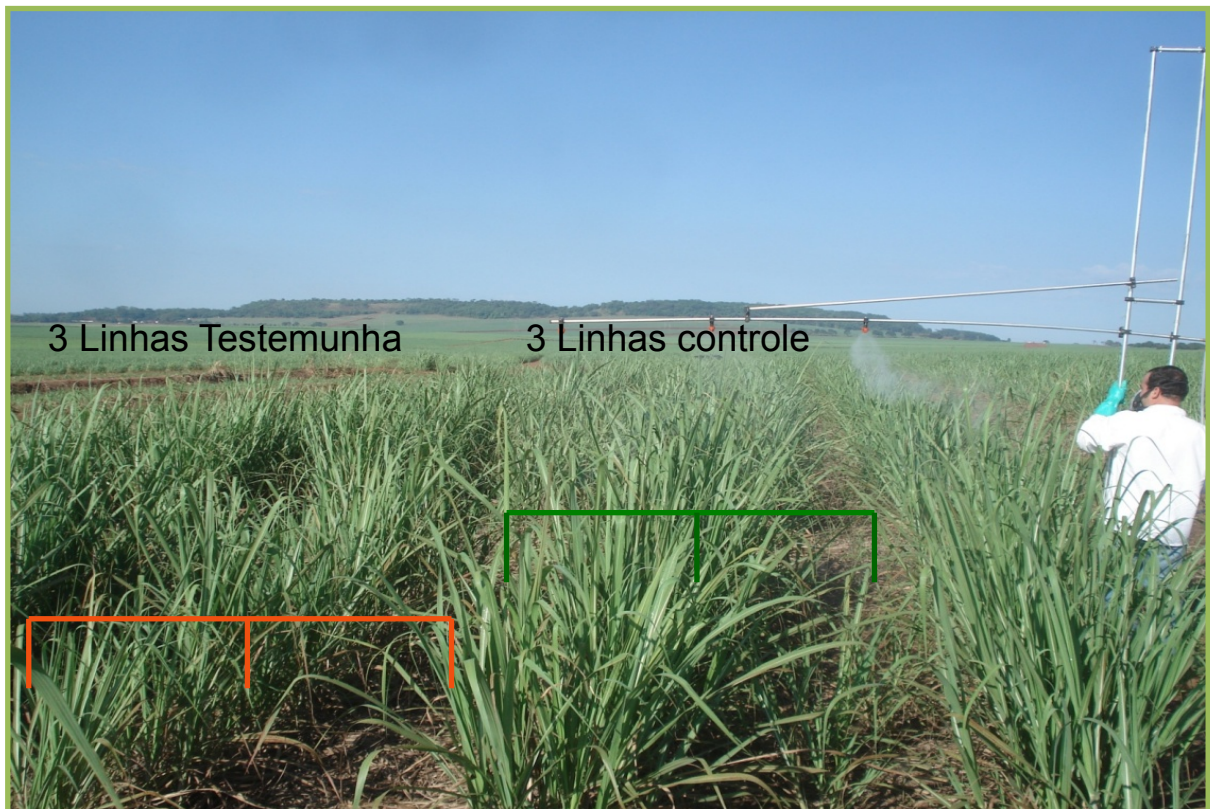
O experimento foi instalado em cana soca da cultivar SP84-2025, devido a sua alta suscetibilidade à ferrugem alaranjada, em canavial localizado na Fazenda Santa Eugênia (21°22'58.42" S e 47°31'48.88" W), município de Serra Azul - SP, de propriedade do Grupo Pedra Agroindustrial.

O talhão foi plantado no dia 27 de fevereiro de 2008. O primeiro corte das plantas ocorreu em 14 de setembro de 2009. O experimento foi iniciado cortando-se as plantas no dia 05 de maio de 2010. Sendo assim, o canavial já

estava em fase adulta, com oito meses. Apesar da idade avançada do canavial, a Ferrugem Alaranjada encontrava-se em pleno desenvolvimento, com pústulas em período infeccioso e, portanto, produzindo grande quantidade de esporos de *Puccinia kuehnii*.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com 23 tratamentos (fungicidas) e quatro repetições, sendo cada parcela constituída por seis linhas de cinco metros de comprimento espaçadas a 1,4 m, ou seja, 42 m². Os fungicidas foram aplicados apenas em três linhas (subparcela controle), deixando-se as outras três linhas sem tratamento com fungicida (subparcela testemunha), (Figura 2).

Figura 2 – Esquema da aplicação dos fungicidas avaliados no controle da ferrugem alaranjada



Na Tabela 1 estão apresentados os 23 tratamentos (fungicidas) utilizados no ensaio, com a dose do ingrediente ativo e a dose do produto comercial.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos fungicidas utilizados para controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar, na variedade SP84-2025. Serra Azul, SP. Safra 2010/2011.

Tratamentos*	Grupo Químico	Dose g/ha	Dose mL/ha
Azoxistrobina + Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	100+40	500
Picoxistrobina + Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	40+16	200
Picoxistrobina + Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	60+24	300
Picoxistrobina + Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	80+32	400
Picoxistrobina + Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	120+48	600
Trifloxistrobina+Tebuconazol	Estrobilurina+Triazol	75+150	750
Trifloxistrobina+Tebuconazol	Estrobilurina+Triazol	100+200	1000
Trifloxistrobina+Tebuconazol	Estrobilurina+Triazol	150+300	1500
Trifloxistrobina+Tebuconazol	Estrobilurina+Triazol	200+400	2000
Trifloxistrobina+Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	75+32	200
Trifloxistrobina+Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	112,5+48	300
Trifloxistrobina+Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	168,7+72	450
Trifloxistrobina+Ciproconazol	Estrobilurina+Triazol	225+96	600
Piraclostrobina + Epoxiconazol	Estrobilurina+Triazol	106.4+40	800
Piraclostrobina + Epoxiconazol	Estrobilurina+Triazol	133+50	1000
Tebuconazol	Triazol	200	1000
Cresoxim-metílico + Epoxiconazol	Estrobilurina + Triazol	125+125	1000
Azoxistrobina + Tebuconazol	Estrobilurina + Triazol	160+96	800
Azoxystrobina + Tebuconazol	Estrobilurina + Triazol	200+120	1000
Azoxystrobina + Flutriafol	Estrobilurina + Triazol	50+50	200
Azoxystrobina + Flutriafol	Estrobilurina + Triazol	75+75	300
Azoxystrobina + Flutriafol	Estrobilurina + Triazol	87,5+87,5	350
Azoxystrobina + Flutriafol	Estrobilurina + Triazol	100+100	400

* Adição de óleo mineral na dose de 600 mL por hectare.

As aplicações dos fungicidas foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂, com barra de aplicação dotada de três pontas de pulverização do tipo leque (XR110.015), espaçadas em 0,75 m. A pressão utilizada foi de 255 kPa conferindo volume de 200 L ha⁻¹. Foram realizadas quatro aplicações dos fungicidas antes da colheita, com intervalo de 30 dias entre uma e outra (Figura 3).

Figura 3 – Aplicações dos fungicidas realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com barra de aplicação dotada de três pontas de pulverização do tipo leque (XR110.015).



As datas das aplicações dos fungicidas foram definidas pelo Sistema de Aviso para o Monitoramento e Controle da Ferrugem Alaranjada da Cana-de-açúcar – SCORALERT. A primeira aplicação dos fungicidas ocorreu quando houve acúmulo de 40 horas favoráveis ao desenvolvimento da Ferrugem Alaranjada no mês, a partir da severidade da doença de 5% nas folhas +1, +2 ou +3 das plantas.

A severidade da Ferrugem Alaranjada foi estimada nas folhas +1, +2 e +3 de três plantas por subparcela, com o auxílio de uma escala diagramática. As avaliações foram realizadas mensalmente e essa atividade se repetiu até a colheita das plantas (maio/2011). A cada avaliação, os avaliadores da severidade da ferrugem alaranjada foram treinados e selecionados através do SOFTWARE COMBRO desenvolvido especificamente para treinamento e seleção de avaliadores de doenças da cana-de-açúcar (CANTERI; GIGLIOTI, 1998). Com os valores da severidade de cada folha avaliada foi calculada a severidade média por tratamento.

O experimento foi conduzido sob condições naturais de infecção. A partir da colheita da cana, o potencial de inóculo na área do experimento foi indiretamente estimado avaliando-se a severidade da Ferrugem Alaranjada nas folhas +1, +2 e +3 de algumas plantas vizinhas às parcelas do experimento. Constatou-se a presença de sintomas da doença em todas as avaliações, indicando que sempre houve inóculo (esporos) na área.

As notas de severidade das doenças permitiram a elaboração cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD). Esse modelo permite uma avaliação mais estável da doença, sendo menos afetado pelo tempo de análise e variações ambientais. A AACPD pode ser usada como descritor de uma epidemia, quando o objetivo é resumir uma curva de progresso de doença em dados que possam ser analisados e comparados (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(Y_{i+1} + Y_i) \times 0,5] \times (T_{i+1} - T_i)$$

Sendo:

Y_i : severidade da doença na época de avaliação i ($i = 1, \dots, n$)

Y_{i+1} : severidade da doença na época de avaliação $i + 1$

T_i : época da avaliação i , que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas.

T_{i+1} : época da avaliação $i + 1$

$n = n^\circ$ de avaliações

A produtividade, expressa em toneladas de colmo por hectare, foi estimada através da biometria. Para isso, realizou-se a contagem do número de colmos na linha central de cada subparcela, sendo posteriormente amostrados 10 colmos em sequência, para pesagem. Posteriormente, as amostras foram processadas em laboratório do Grupo Pedra Agroindustrial e quantificadas a porcentagem de açúcar por quilo de colmo.

Foi realizada a análise econômica da aplicação dos fungicidas para verificar a viabilidade econômica do seu uso. Para a realização do cálculo do retorno econômico foi utilizada a seguinte fórmula:

$$RE = [(ATR_{\text{trat}} - ATR_{\text{test}}) \times P_{ATR_{\text{setembro}}} - C_{\text{APLIC}}]$$

Onde:

RE = Retorno econômico com a aplicação;

ATR_{trat} = ATR (kg ha^{-1}) do Tratamento;

ATR_{test} = ATR (kg ha^{-1}) da Testemunha;

$P_{\text{ATRsetembro}}$ = Preço da ATR no mês de setembro de 2011;

C_{APLIC} = Custo da aplicação do produto;

Para o cálculo do Custo da aplicação do produto foram consideradas quatro aplicações por safra da cultura (12 meses) e o preço médio por hectare por aplicação aérea de R\$ 72,00 (produto + aplicação), ou seja, foi considerado o custo total das aplicações de R\$360,00 por hectare tratado.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a diferença entre as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As severidades de Ferrugem Alaranjada para os diferentes tratamentos fungicidas encontram-se representadas na Tabela 2. Analisando-se os resultados observou-se que a severidade da doença foi sempre maior nas folhas +3, tanto das plantas sem controle quanto das plantas que receberam as aplicações dos fungicidas.

A primeira aplicação dos produtos ocorreu no dia 11 de setembro de 2010, com severidade média 7,2% na folha +3. Na primeira avaliação de severidade da Ferrugem Alaranjada, realizada no dia 12 de outubro de 2010, 30 dias após a primeira aplicação, constatou-se que houve diminuição na severidade da doença nas plantas testemunhas e nas plantas que receberam as aplicações dos fungicidas (Tabela 2). Provavelmente, a baixa favorabilidade climática ao desenvolvimento da Ferrugem Alaranjada registrada durante Setembro e primeiros dias de Outubro na região, limitou o surgimento de novas lesões da doença. Já nos meses de Dezembro/2010 a Abril/2011, houve aumento acentuado da doença, tanto nas plantas testemunhas quanto nas plantas que receberam as aplicações dos tratamentos fungicidas (Tabela 2). Esse fato ocorreu porque as condições climáticas

durante esses meses foram muito favoráveis ao desenvolvimento da Ferrugem Alaranjada. Constataram-se 40 horas com alta umidade relativa e temperaturas entre 17 e 24°. Logo, essas condições climáticas favoráveis possibilitaram o surgimento de novas lesões da doença, o que resultou no aumento da área foliar com sintomas da doença observada a partir de Dezembro de 2010 tanto nas plantas testemunhas quanto nas plantas que receberam as aplicações dos fungicidas. Mesmo em período de alta favorabilidade climática ao desenvolvimento da Ferrugem Alaranjada, verificou-se que a severidade da doença foi sempre menor nas plantas que receberam as aplicações dos fungicidas do que nas plantas sem controle. Este efeito também foi relatado por MAGAREY et al. (2002) e STAIER et al. (2003).

Na Tabela 2 constam os valores médios da severidade da Ferrugem Alaranjada registrados nos meses de outubro/2010, novembro/2010, final de dezembro/2010, início de fevereiro/2011 e início de março/2011. No mês de Outubro, com a baixa severidade da doença no campo, todas as misturas de estrobilurinas mais triazol controlaram a doença fazendo com que a severidade da doença na folha +3 fosse significativamente ($P < 0,05$) menor que a observada nas plantas sem controle. A picoxistrobina+ciproconazol na dose de 0,30 L ha⁻¹ e a azoxistrobina+flutriafol na dose de 0,35 L ha⁻¹ não diferiam da testemunha. Em novembro seguiu o mesmo padrão, porém o melhor tratamento foi da trifloxistrobina+ciproconazol na dose de 0,6 L ha⁻¹ seguido pelo tratamento trifloxistrobina+tebuconazol na dose de 2,0 L ha⁻¹, picoxistrobina+ciproconazol na dose de 0,6 L ha⁻¹ e as azoxistrobina+tebuconazol nas doses de 0,8 e 1,0 L ha⁻¹. Já na avaliação realizada no final de Dezembro, as trifloxistrobina+ciproconazol nas doses de 0,6, 0,3 e 0,45 L ha⁻¹ e a trifloxistrobina+tebuconazol na dose de 2,0 L ha⁻¹ foram os tratamentos mais eficientes na redução da severidade da Ferrugem Alaranjada, com eficiência de controle de 74,4 a 68,7%. No início de Fevereiro de 2011, quando foram observadas as maiores severidades da doença no campo, o azoxystrobin+flutriafol nas doses de 0,4 e 0,35 L ha⁻¹ foram os melhores tratamentos, com eficiência de 53,0 a 46,4% respectivamente, embora, todos tenham sido significativamente superiores à testemunha. No início de março/2011, exceto a azoxystrobin+flutriafol, em todas as doses avaliadas nenhum tratamento diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) da testemunha.

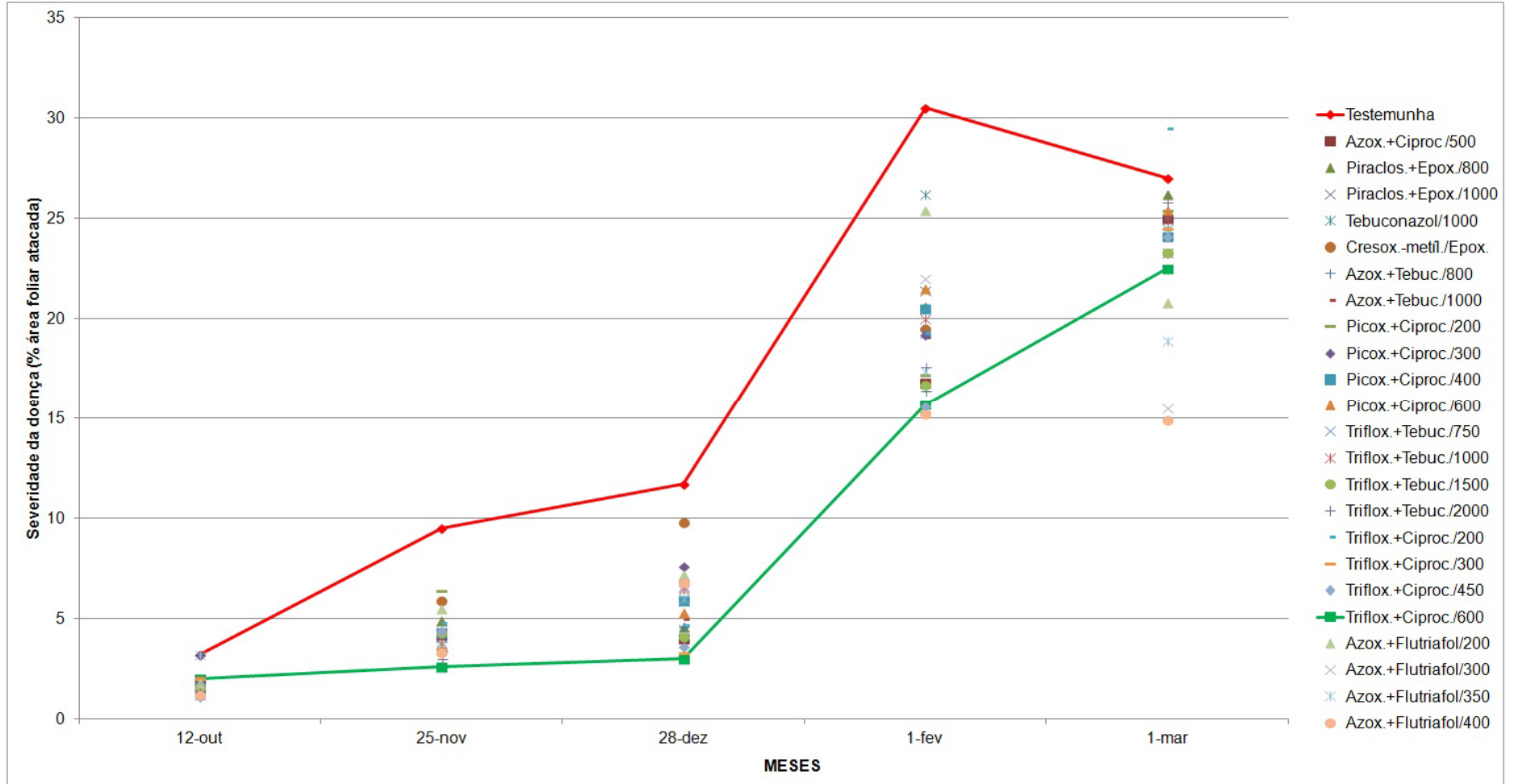
Os tratamentos com azoxystrobin+flutriafol, nas doses de 0,3 e 0,4 L ha⁻¹ foram os que apresentaram melhores porcentagens de controle em relação à testemunha no final da avaliação em março de 2011.

A curva de progresso da Ferrugem Alaranjada para os diferentes tratamentos com fungicidas, durante o período de proteção das cinco aplicações, ou seja, 150 dias, encontram-se representada na Figura 2. A severidade da Ferrugem Alaranjada foi sempre menor nas plantas que receberam as aplicações dos fungicidas do que nas plantas deixadas como testemunha. Esse fato foi evidente em todas as avaliações.

Neste experimento, na colheita em início de safra em 05 de maio de 2010, os primeiros sintomas da Ferrugem Alaranjada começaram a aparecer em Setembro (Figura1), com quatro meses de brotação e, por este motivo, a primeira aplicação ocorreu em 06 de Setembro de 2010. Com cinco aplicações com intervalo de 30 dias entre cada uma, o período de proteção foi até Fevereiro de 2011, quando ainda a severidade da doença estava acima de 25%. Portanto, para variedades precoces, com início da doença nos meses de setembro, o ideal seria ter feito seis aplicações para proteger as plantas até março, quando a favorabilidade para a ocorrência da Ferrugem Alaranjada ainda era alta no local do experimento e restariam ainda dois meses para a colheita em maio de 2011.

A curva de progresso da doença indica que, dependendo do manejo da época de colheita da cana-de-açúcar e da favorabilidade mensal para a ocorrência de Ferrugem Alaranjada de cada ano, são necessárias de quatro a seis aplicações de fungicidas para controlar a doença em níveis satisfatórios.

Figura 4 – Curvas de Progresso da Ferrugem Alaranjada para os diferentes tratamentos com fungicidas.



O efeito acumulativo das aplicações e a eficiência de controle ao longo do desenvolvimento da epidemia são observados comparando-se as áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) dos tratamentos fungicidas com as obtidas nas parcelas testemunhas (Tabela 2).

As pulverizações com Trifloxistrobina.+Ciproconazol na dose de 0,6 L ha⁻¹ possibilitaram um maior efeito residual no controle da doença.

Tabela 2 – Severidades de Ferrugem Alaranjada para os diferentes tratamentos fungicidas utilizados para controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar, na variedade SP84-2025. Serra Azul, SP. Safra 2010/2011.

Trat.*/dose (mL p.c./ha)	12/Out/2010		25/Nov/2010		28/Dez/2010		01/Fev/2011		01/Mar/2011		AACPD
	Sev. %	Ct ¹ %	Sev. %	Ct ¹ %	Sev. %	Ct ¹ %	Sev. %	Ct ¹ %	Sev. %	Ct ¹ %	
Testemunha	3,2 a	---	9,5 a	---	11,7 a	---	30,5 a	---	27,0 a	---	2637,0
Azoxistrobina+Ciproconazol /500	1,9 b	36,0	4,2 b	52,7	4,0 b	66,6	16,8 b	45,7	25,0 a	7,5	1465,5
Piraclostrobina+Epoxiconazol/800	1,5 b	54,8	4,9 b	50,8	4,6 b	60,2	20,6 b	33,3	26,2 a	2,9	1696,5
Piraclostrobina+Epoxiconazol/1000	2,0 b	42,8	4,1 b	58,3	6,6 b	43,2	21,4 b	30,9	23,3 a	13,7	1762,5
Tebuconazol/1000	1,2 c	58,3	3,7 b	58,0	5,9 b	50,6	26,2 a	15,3	24,5 a	9,1	1941,0
Cresoxim-metílico/Epoxiconazol	1,6 b	44,3	5,9 b	34,2	9,8 a	18,0	19,5 b	36,8	23,3 a	13,7	1869,0
Azoxistrobina+Tebuconazol/800	1,2 c	58,3	3,4 c	62,0	4,6 b	61,0	16,4 b	47,0	25,0 a	7,5	1440,0
Azoxistrobina+Tebuconazol/1000	1,3 c	55,6	3,5 c	60,2	5,0 b	58,3	19,1 b	38,1	24,0 a	11,2	1569,0
Picoxistrobina+Ciproconazol/200	2,1 b	33,3	6,4 b	32,4	6,9 b	41,1	17,2 b	44,7	25,4 a	6,0	1689,0
Picoxistrobina+Ciproconazol/300	3,2 a	0	4,3 b	54,3	7,6 b	34,7	19,2 b	36,7	24,1 a	10,6	1744,5
Picoxistrobina+Ciproconazol/400	1,6 b	48,7	4,3 b	54,3	5,9 b	49,6	20,5 b	34,1	24,1 a	10,6	1702,5
Picoxistrobina+Ciproconazol/600	1,7 b	46,1	3,5 c	62,2	5,3 b	54,6	21,5 b	31,1	25,4 a	6,0	1717,5
Trifloxistrobina+Tebuconazol/750	1,8 b	43,6	4,1 b	56,1	4,5 b	75,4	19,3 b	36,7	25,0 a	7,5	1596,0
Trifloxistrobina+Tebuconazol/1000	1,5 b	51,3	3,8 b	59,6	6,5 b	44,6	20,0 b	34,5	25,0 a	7,5	1704,0
Trifloxistrobina+Tebuconazol/1500	1,6 b	48,6	4,3 b	54,4	4,1 b	64,5	16,7 b	45,1	23,3 a	13,0	1438,5
Trifloxistrobina+Tebuconazol/2000	1,4 b	56,3	3,0 c	68,4	3,6 c	68,7	17,6 b	42,1	25,8 a	4,5	1452,0
Trifloxistrobina+Ciproconazol/200	1,3 c	59,0	4,8 b	49,1	4,7 b	59,5	19,3 b	36,7	29,5 a	0	1686,0
Trifloxistrobina+Ciproconazol/300	2,0 b	38,4	3,5 b	63,1	3,3 c	71,6	15,3 b	49,8	24,5 a	9,1	1339,5
Trifloxistrobina+Ciproconazol/450	1,1 c	64,0	4,4 b	53,4	3,6 c	68,7	15,6 b	48,7	24,1 a	10,6	1374,0
Trifloxistrobina+Ciproconazol/600	2,0 b	38,4	2,6 c	71,8	3,0 c	74,4	15,7 b	48,4	22,5 a	16,8	1287,0
Azoxistrobina+Flutriafol/200	1,8.b	39	5,5.b	37	7,2 b	43,2	25,4 b	21,7	20,8 b	22,1	1974,0
Azoxistrobina+Flutriafol/300	1,8.b	39	4,4.b	54	6,4 b	49,5	22,0 b	32,3	15,5 b	41,7	1669,5
Azoxistrobina+Flutriafol/350	3,2 a	38,4	3,5.b	63	6,0 b	52,2	17,4 c	46,4	18,9 b	29,2	1470,0
Azoxistrobina+Flutriafol/400	1,2.c	58	3,3.b	61	6,8 b	46,3	15,2 d	53,0	14,9 b	44,2	1330,5
C.V. (%)	54,2		26,2		14,6		23,8		13,2		

As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

*Adição óleo mineral na dose de 500 mL de produto comercial por hectare. ¹Ct = Porcentagem de controle em relação à testemunha.

Na tabela 3 estão apresentados os valores biométricos dos 23 tratamentos. Trifloxistrobina+tebuconazol proporcionou o maior número de colmos em todas as doses, variando de 14,6 a 16,1 colmos/m.

O ganho comparativo no Stand com a aplicação da trifloxistrobina+tebuconazol na dose de 0,75 L ha⁻¹ foi de 4,5 colmos/m, na dose de 1,0 L ha⁻¹ de 3,1 colmos/m, na dose de 1,5 L ha⁻¹ de 3,9 colmos/m e na dose de 2,0 L ha⁻¹ de 3,4 colmos/m.

Para a biomassa, as plantas que receberam 1,0 L ha⁻¹ de azoxystrobin+tebuconazol apresentaram incremento de 278 g/colmo em relação à testemunha. A trifloxistrobina+ciproconazol (0,6 L ha⁻¹) e a piraclostrobin+epoxiconazol na dose de 0,8 L ha⁻¹ apresentaram valores de incremento de peso de colmo de 253 e 228 g/colmo, respectivamente (Tabela 3).

Em relação à produtividade em toneladas por hectare (TCH), nem todos os tratamentos com fungicidas foram significativamente ($P < 0,05$) superiores à testemunha (Tabela 3). Porém, de modo geral, todos os tratamentos foram eficientes na redução da severidade da Ferrugem Alaranjada, mesmo no período de alta favorabilidade climática ao desenvolvimento da doença, embora alguns produtos tenham mostrado maior eficiência no controle. Além do controle da doença, as misturas de estrobilurinas e triazóis avaliadas proporcionaram incrementos relativos de produtividade da cana-de-açúcar medida através do número de colmos por metro e peso dos colmos. Os incrementos na produtividade da cana-de-açúcar com as aplicações dos fungicidas foram extremamente significativas, com ganho de até 45,4 toneladas de cana-de-açúcar por hectare.

A aplicação da mistura trifloxistrobina+tebuconazol nas doses de 0,75; 1,5 e 2,0 L ha⁻¹, propiciaram um incremento na produção de 45,4; 37,6 e 38,7 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2 – Valores biométricos de número de colmos por metro (Stand) e de Biomassa (peso dos colmos) e de Produtividade (tonelada de colmos por hectare) após a aplicação dos tratamentos fungicidas visando o controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar variedade SP84-2025. Serra Azul, SP. Safra 2010/2011.

Tratamentos*	Dose ²	Stand		Biomassa		Produtividade	
		Nº de colmo/m	Inc ¹ colmo/m	Peso colmo(g)	Inc ¹ g/colmo	t/ha	Inc ¹ t/ha
Testemunha	---	11,5 a	---	732 a	---	60,3 a	---
Azox.+Ciproc.	500	14,1 b	2,5	930 b	198	94,3 c	34,0
Piraclos.+Epox.	800	12,0 a	0,4	960 c	228	82,2 b	21,9
Piraclos.+Epox.	1000	12,5 a	0,9	765 a	33	68,8 a	8,4
Tebuconazol	1000	11,5 a	0	755 a	23	61,6 a	1,3
Cres.-met.+Epox.	1000	10,7 a	0	880 b	148	68,1 a	7,8
Azox.+Tebuc.	800	13,5 b	1,9	930 b	198	90,3 c	30,0
Azox.+Tebuc.	1000	13,1 b	1,6	1010 c	278	94,6 c	34,3
Picox.+Ciproc.	200	12,0 a	0,4	807 b	74	68,3 a	8,0
Picox.+Ciproc.	300	12,3 a	0,8	820 b	87	76,9 b	16,5
Picox.+Ciproc.	400	12,8 a	1,2	760 a	27	70,9 a	10,5
Picox.+Ciproc.	600	12,9 a	1,3	750 a	17	69,0 a	8,6
Triflox.+Tebuc.	750	16,1 c	4,5	920 b	188	105,6 c	45,4
Triflox.+Tebuc.	1000	14,6 c	3,1	855 b	123	89,3 b	29,0
Triflox.+Tebuc.	1500	15,4 c	3,9	885 b	153	97,9 c	37,6
Triflox.+Tebuc.	2000	15,0 c	3,4	925 b	193	99,0 c	38,7
Triflox.+Ciproc.	200	12,6 a	1,0	875 b	143	78,5 b	18,2
Triflox.+ Ciproc.	300	13,3 b	1,7	950 b	218	90,2 c	29,9
Triflox.+ Ciproc.	450	11,5 a	0	825 b	93	67,6 a	7,0
Triflox.+ Ciproc.	600	13,1 b	1,5	990 c	253	91,9 c	31,6
Azox.+Flutriafol	200	9,7 a	0	735 a	0	52,3 a	0
Azox.+Flutriafol	300	12,2 a	0,8	920 b	170	80,0 b	19,8
Azox.+Flutriafol	350	13,2 b	1,9	870 b	120	83,9 b	21,2
Azox.+Flutriafol	400	13,0 ab	1,6	855 b	105	79,7 b	19,0
C.V. (%)		11,0		12,2		17,4	

As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

* Adição de óleo mineral na dose de 600 mL de produto comercial por hectare;

¹Inc = Incremento em relação à testemunha;

²ml p.c./ha= mililitros de produto comercial por hectare.

Portanto, a ferrugem alaranjada pode ser economicamente controlada nas variedades suscetíveis e/ou intermediárias, em condições climáticas e de manejo conducivas à doença, se o correto fungicida for selecionado, quando a aplicação ocorrer no início do ciclo de infecção, e com uma boa cobertura das folhas afetadas (OLIVEIRA et al., 2011). Todos estes aspectos devem ser observados em consonância aos valores da cana, do açúcar ou álcool. Segundo GIGLIOTI et al. (1999), mesmo variedades moderadamente resistentes podem, em condições de

plântio com torta de filtro, adubação orgânica, fertirrigação com vinhaça e clima favorável, apresentar altos níveis de severidade, sendo economicamente viável o uso de fungicidas para o controle das ferrugens que atacam a cana-de-açúcar. Portanto, fungicidas a base de misturas de estrobilurinas e triazóis se constituem em excelentes ferramentas para o controle emergencial da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar no Brasil, enquanto não compensar a substituição de variedades suscetíveis por resistentes.

Na tabela 4 estão apresentados os valores comparativos da produtividade da cana-de-açúcar (TCH), das ATR (açúcares redutores totais em quilograma de ATR por hectare) e os respectivos retornos econmicos após a aplicação dos tratamentos fungicidas visando o controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar na variedade SP84-2025. Foram quatro aplicações dos produtos durante a safra da cultura (12 meses) e um preç médio de R\$72,00 (produto + aplicação) por aplicação aérea por hectare.

Tabela 3 – Comparativo da Produtividade (tonelada de colmos por hectare) e ATR¹ (kg ha⁻¹) e Retorno Econômico após a aplicação dos tratamentos fungicidas visando o controle da Ferrugem Alaranjada da cana-de-açúcar variedade SP84-2025.

Tratamentos	Produtividade t ha ⁻¹	kg ATR/ha	Inc ² .(%)	Retorno Econômico (R\$)
Testemunha	60,3 a	6503,46 a	0,00	0,00
Azox.+Ciproc /500	94,3 c	8349,99 b	22,17	584,32
Piraclos.+Epox./800	82,2 b	8433,97 b	29,79	373,89
Piraclos.+Epox./1000	68,8 a	7426,47 b	14,28	0,00
Tebuconazol/1000	61,6 a	6442,57 a	0,00	0,00
Cresox. -metil./Epox.	68,1 a	7221,92 a	10,01	0,00
Azox.+Tebuc./800	90,3 c	9726,97 b	33,19	1286,58
Azox.+Tebuc./1000	94,6 c	10939,04 b	40,59	1904,74
Picox.+Ciproc./200	68,3 a	7907,81 b	21,69	725,86
Picox.+Ciproc./300	76,9 b	8806,91 b	35,53	1188,90
Picox.+Ciproc./400	70,9 a	7359,28 b	13,25	443,37
Picox.+Ciproc./600	69,0 a	7907,21 b	21,68	725,55
Triflox.+Tebuc./750	105,6 c	12833,00 c	97,46	2870,00
Triflox.+Tebuc./1000	89,3 b	9581,00 b	51,57	1349,52
Triflox.+Tebuc./1500	97,9 c	10201,00 b	56,96	1528,02
Triflox.+Tebuc./2000	99,0 c	11402,00 c	75,44	2140,53
Triflox.+Ciproc./200	78,5 b	8280,00 b	27,40	548,31
Triflox.+Ciproc./300	90,2 c	9545,00 b	46,86	1193,46
Triflox.+Ciproc./450	67,6 a	7125,00 a	9,60	0,00
Triflox.+Ciproc./600	91,9 c	10063,00 b	54,83	1457,64
Azox.+Flutriafol/200	52,3 a	5677,86 a	0,00	0,00
Azox.+Flutriafol/300	80,0 b	9072,38 b	41,33	740,53
Azox.+Flutriafol/350	83,9 b	9116,41 b	42,01	756,86
Azox.+Flutriafol/400	79,7 b	8531,67 b	32,90	540,68
C.V.(%)	17,4	14,44		

As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

¹ATR = Açúcar total recuperável

²INC = Incremento em relação a testemunha

Houve retorno econômico com a aplicação de quase todos os fungicidas (exceto cinco produtos) na cana-de-açúcar. Isso demonstra que a aplicação de fungicidas na cana-de-açúcar é viável economicamente e que pode ser utilizada como medida emergencial para diminuir, ou até mesmo evitar, as perdas causadas pela Ferrugem Alaranjada. Com isso, o produtor tem uma ferramenta a mais para o manejo integrado da doença e ganhar tempo para um melhor conhecimento do patossistema Ferrugem Alaranjada/cana-de-açúcar. O tratamento trifloxistrobina+tebuconazol nas dose de 750 e 2000 ml ha⁻¹ proporcionaram os

maiores retorno econômico nos valores de R\$ 2870,00 e R\$ 2140,53 por hectare com um incremento comparativo percentual de 97,46% e 75,44% respectivamente.

3.4 CONCLUSÃO

A misturas de estrobilurinas e triazóis são eficazes para diminuir a severidade da Ferrugem Alaranjada e evitar grande parte das consequentes perdas. Portanto, a correta relação do fungicida permitirá o controle da ferrugem alaranjada de forma econômica nas variedades suscetíveis e/ou intermediárias, em condições climáticas e de manejo conducivas à doença, se a aplicação ocorrer no início do ciclo de infecção, com uma boa cobertura das folhas afetadas, e se o preço da cana-de-açúcar, do açúcar ou álcool forem compensadores.

3.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGROFIT – **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 01 set. 2012.

BALDWIN, B.C.; CLOUGH, J.M.; GODOFREY, C.R.A.; GODWIN, J.R.; WIGGINS, T.E. The Discovery and mode of action of ICIA 5504. In: Lyr, H.; Russel, P.E & Sister, H.D. (Ed.). **Modern Fungicides and Antifungal Compounds**. Intercert; Andover, p.69-77, 1996.

BARBASSO, D.; JORDÃO, H.; MACCHERONI, W.; BOLDINI, J.; BRESSIANI, J.; SANGUINO, A. First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of orange rust of sugarcane, in Brazil. **Plant Disease**, v.94, p.1170, 2010.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Monitoring epidemics: diseases**. In: Introduction to plant disease epidemiology. New York: J. Wiley, cap.6, p.107-128.

CANTERI, M.G., ALTHAUS, R.A., VIRGENS FILHO, J.S., GIGLIOTI, E.A.; GODOY, C.V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24, 2001.

CANTERI, M.G.; GIGLIOTI, E.A. COMBRO: um software para seleção e treinamento de avaliadores de ferrugem e do complexo broca-podridões em cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica**, v.24, p.190-192, 1998.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2011**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p.

FAO - **Food and Agriculture organization of the United Nations**. Acesso em 07/05/2010. Acessado em 01 set. 2012. Online. Disponível em: <http://www.fao.org>.

GIGLIOTI, E.A.; ARAÚJO, K.L.; CANTERI, M.G.; CARDIM, M.; CARDIM, D.; PINTO, R.G.; FAGUNDES, C.; RODERO, D.P.; BASSAN, B.E.; GOMES, E.; NEUBAUER, R.A.; RODERO, D.C.P. Warning systems for integrated management of sugarcane diseases: The example of the orange rust in Americas. **Tropical Plant Pathology**, v.35, p.60-62, 2010.

GIGLIOTI, E.A.; CANTERI, M.G.; FRANÇA, J.A.; CARDIM, M.; DEL PONTE, E.M.; ABI SAAD, O.J.G.; AGUIAR, M.S.; PINTO, R.G.; MENEGASSI, D.; RODERO, D.C.P.; RODERO, D.P. Informações básicas para o monitoramento, diagnóstico e manejo da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Scoralert**, nº1, p.1-6, 2009.

GIGLIOTI, É.A. ; ZAVAGLIA, L.P. ; MENESES, L.L. ; MOURA, G.L.; MATSUOKA, S. **Resistência e tolerância à ferrugem da cana-de-açúcar: o caso da RB835486**. Araras: CCA/UFSCar, 1999 (Boletim).

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.1, 2004.

INFANTE, D.; MARTINEZ, B.; GONZALEZ, E.; GONZALEZ, N.; *Puccinia kuehnii* (KRÜGER) butler y *Puccinia melanocephala* H. sydow y *P. sydow* en el cultivo de la caña de azúcar. **Revista Protección Vegetal**. v.24. p.22-28, 2009.

MAGAREY, R.C., STAIER, T., WILLCOX, T.G. Fungicides for control of orange rust in the 2001 Queensland crop. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology**, v.24, 2002.

MAPA. 2010. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. (em linha). Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?Operação=visualizareid=16534>>. Acesso em: 11 set. 2010.

OLIVEIRA, V.A.B.de; OLIVEIRA, G.M.de; GIGLIOTI, E.Â.; IGARASHI, W.T.; ABI SAAB, O.J.G. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicidas em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.111-122, 2011.

PINTO, R.G.; ESDRAS, B.B.; FAGUNDES, C.; ARAUJO, K.L.; CARDIM, M.; CARDIM, D.; CANTERI, M.G.; GIGLIOTI, E.A. **An internet system for the weather-based temporal and spatial mapping of the favorability to sugarcane orange rust (*Puccinia kuehnii*)**. Adamantina, SP, 2009. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43., 2010, Cuiabá, MT. Anais... Tropical Plant Pathology. Brasília: Associação Brasileira de Fitopatologia, 2010. v.35. 402p.

RAID, R.N.; COMSTOCK, J.C.; GLYNN, N.C. A comparison of orange rust epidemics in Florida during 2008 and 2009 and their influence on yield. **Sugar Journal**, v.6, p.28. 2010.

SILVA, S.A. **Estimativa de herança do caráter “stay-green” em genótipos de milho hexaplóides**. 1999. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) Universidade Federal de Pelotas.

STAIER, T., MAGAREY, R.; WILLCOX, T.G. Control of orange rust in sugarcane with fungicides. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology**, v.25, 2003.

CAPÍTULO 4

COBERTURA DE GOTAS DE PULVERIZAÇÃO OBTIDA COM DIFERENTES PONTAS E TAXAS DE APLICAÇÃO NA PARTE AÉREA DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO: A aplicação de produtos fitossanitários no setor sucroalcooleiro, até recentemente, estava focada principalmente no controle de plantas daninhas. Com o aparecimento da ferrugem alaranjada, como doença de importância agrícola na cultura da cana-de-açúcar, passou a ser imperioso conhecer como a aplicação chega na parte aérea da planta. Dessa forma, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade da deposição da calda em pulverização terrestre, conduzido em esquema fatorial 2x2x2 (duas pontas de pulverização, duas taxas de aplicação e duas posições dos cartões de papéis hidrossensíveis no dossel da planta), seis repetições, com dez papéis cada. Foram utilizadas as pontas de pulverização XR110.02 (jato plano de uso ampliado) e TTJ60 – 110.02 (jato plano duplo, com ângulo de 60 graus entre si) utilizando-se as taxas de aplicação de 120 e 160 L ha⁻¹. Os cartões de papel hidrossensível utilizados para avaliar a deposição das pulverizações foram distribuídos sobre as folhas de cana-de-açúcar, em duas posições distintas em relação ao dossel da planta (parte superior e inferior, aproximadamente, 0,80 e 0,50 metros do solo, dispostos na horizontal e inclinado em relação à superfície do solo, respectivamente). A cultivar utilizada foi RB 96-6928, com altura de 0,80 m aos 120 dias do plantio. Um *scanner* de mesa foi utilizado para digitalizar as imagens dos papéis e avaliou-se as coberturas através do programa Conta-Gotas[®]. Os dados de deposição/cobertura foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. No dossel superior da cana-de-açúcar observou-se maior cobertura, quando comparado ao dossel inferior, sendo que não se observaram diferenças entre as taxas de aplicação de 120 e 160 L ha⁻¹. A ponta TTJ60-110.02 promoveu cobertura superior à ponta XR 110.02 quando se utilizou 160 L ha⁻¹ (40,34 e 36,50%, respectivamente).

Palavras-Chave: *Puccinia kuehnii*. Agrotóxicos. Tecnologia de aplicação. Volumes de pulverização. Papéis hidrossensíveis.

ABSTRACT: The ground application of agricultural defensives in the sugar-alcohol industry until recently was focused on weed control. After the appearance of orange rust, a disease of agricultural importance in sugarcane production, it has become imperative to know how the application arrives at the plant canopy. In such a way, the present study was developed with the objective of evaluating the quality of the deposition in terrestrial spraying, led in factorial project 2x2x2 (two nozzles of spraying, two rates of application, and two positions of the water-sensitive papers in the canopy of the plant), six repetitions, with ten papers each. It was used spraying nozzles XR110.02 (plain jet of extended range) and TTJ60 - 110,02 (double plain jet, with angle of 60 degrees between itself) using the rates of application 120 and 160 L ha⁻¹. The water-sensitive paper cards used to evaluate the deposition of the sprayings were distributed on the leaves of the sugar cane in two distinct heights (upper and lower, approximately 0,80 and 0,50 meters above ground level, arranged

in horizontally and inclined with respect to the soil surface, respectively). A table scanner was used to generate the digital images of the papers and to evaluated the coverings through the Conta-Gotas® program. The deposition data/covering were submitted to the variance analysis and the averages were compared with the Tukey test at 5% of significance. It was observed in the superior canopy of the sugarcane a bigger covering when compared with the inferior, and there was no difference between the application rates, 120 and 160 L ha⁻¹. The TTJ600110.02 nozzle promoted bigger covering than the XR110.02 nozzle when using 160 Lha⁻¹ (40,34 and 36,50%, respectively).

Key words: *Puccinia kuehnii*. Pesticide. Application technology. Spray volume, Water sensitive papers.

4.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar destaca-se como principal fonte de biomassa energética, no que se refere à produção de biocombustíveis, produzida no país. Vários são os fatores condicionantes e limitantes à sua produção, como, por exemplo, nutricionais, climáticos, genéticos e fitossanitários. No contexto do manejo fitossanitário da cultura, a aplicação de produtos químicos estava focada principalmente no controle de plantas daninhas e erradicação de soqueiras por herbicidas (SILVA et al., 2006) e pragas por inseticidas (PEREIRA et al., 2010). O fungo da espécie *Puccinia kuehnni* (W. Krüger) E.J. Butler é o patógeno causador da ferrugem alaranjada, que, num passado recente, apresentava distribuição limitada (Indonésia, Austrália, Índia e China), entretanto, ao final da década de 90, alastrou-se pelos canaviais da Austrália, causando sérios prejuízos ao setor açucareiro australiano (BRASIL, 2008).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) notificou recentemente a primeira ocorrência na América do Sul da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar no Brasil, em Araraquara. O Departamento de Sanidade Vegetal da Secretaria de Defesa Agropecuária do MAPA (SDA/DSV) oficializou a constatação do fungo no dia 5 de janeiro de 2010 (SCORALERT, 2010).

Dentre os métodos de controle disponíveis para a doença, o controle varietal é sem dúvida o método mais econômico e eficiente, mas, para se substituir as áreas com variedades suscetíveis, o processo não será rápido. Nesse meio tempo, faz-se necessário estudos sobre o controle químico fungicida, visando a minimizar possíveis prejuízos provocados por esse patógeno.

Os produtos sistêmicos translocam-se na planta via xilema (movimento acrópeta), ou seja, a translocação ocorre das partes inferiores para as partes superiores, seguindo o fluxo da transpiração. Esse é mais um fator que indica a importância em se atingir as partes mais baixas da planta, uma vez que as gotas que atingem as folhas mais expostas na parte superior do dossel não serão responsáveis pelo controle de doenças no baixeiro (ROMÁN et al., 2009).

GERARD et al. (1998), analisando a relação entre a arquitetura da planta de cevada e a interceptação da calda de pulverização, também verificaram que a concentração da calda na folha aumenta da folha-bandeira para as folhas mais velhas. Os autores concluem que a folha-bandeira possui maior angulação e que tal ângulo tende a se aproximar da horizontal, à medida que a folha vai envelhecendo, o que favorece a deposição de gotas.

Baseado nesses aspectos, a tecnologia de aplicação é de grande importância, pois os produtos aplicados devem atingir de forma satisfatória o agente que se deseja controlar, dependendo, assim, da técnica empregada para isso (ZAMBOLIM et al., 2003). Segundo MATTHEWS (2002), o intuito da tecnologia de aplicação é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e de maneira econômica, afetando o mínimo possível o ambiente.

A forma tradicional de aplicação de produtos fitossanitários é, por meio de pulverizadores, dotados de pontas de pulverização hidráulicas. Essas pontas são os componentes mais significativos dos pulverizadores e apresentam, como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em pequena área e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998).

O uso da pulverização na agricultura depende não somente de produtos de ação comprovada, mas também da tecnologia desenvolvida para sua aplicação. A pulverização fica, ainda, condicionada ao momento de sua realização e à influência dos fatores meteorológicos e biológicos. A eficiência da aplicação também é afetada pela forma, tamanho e posição do alvo, densidade, diâmetro e velocidade de gota e pela velocidade e direção do fluxo (BALAN et al., 2005).

Teoricamente, quanto menor o tamanho de gota produzida maior é o percentual de cobertura sobre o alvo, em função do maior número de gotas geradas, porém, também é maior o risco de evaporação e deriva para fora do alvo (ANTUNIASSI et al., 2004; TEIXEIRA, 1997). Isso torna, portanto, o tamanho de

gota um importante fator a ser considerado em aplicações de produtos fitossanitários, uma vez que se objetiva alcançar o dossel da cultura de forma relativamente uniforme.

O volume de aplicação é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. Sua definição depende das características do alvo a ser atingido, do tamanho das gotas, da cobertura necessária, dentre outros fatores. O volume de aplicação influencia também na capacidade operacional da operação, pois, quanto maior o volume de aplicação utilizado, maior será o número de paradas para reabastecimento do pulverizador e menor a área tratada por unidade de tempo pelo mesmo equipamento (SANTOS, 2007).

Tendo como hipótese a necessidade da aplicação de fungicida atingir a planta, diferente das aplicações de inseticida e herbicida, o objetivo deste trabalho foi avaliar o percentual de cobertura da calda em pulverização, em aplicação terrestre, em função de diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização, em duas posições do dossel da cultura da cana-de-açúcar, visando a auxiliar no manejo da ferrugem alaranjada.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em lavoura de cana-de-açúcar, localizada no município de Bandeirantes-PR, pertencente à Usina de Bandeirantes (23°51'18" Sul, 50°20'15" Oeste), altitude de 420 metros e clima Subtropical Cfb (KÖPPEN & GEIGER, 1928).

O estudo foi conduzido em esquema fatorial 2x2x2 (duas pontas de pulverização, duas taxas de aplicação e duas posições dos papéis hidrossensíveis no dossel da planta), seis repetições, com dez papéis cada. Cada parcela foi composta de 280 m² (14x20m).

O equipamento utilizado para aplicação foi um trator marca Valtra, modelo BM100, equipado com tração dianteira auxiliar (não utilizada na realização do experimento), potência do motor 77,2 kW, no qual foi acoplado um pulverizador marca Jacto, modelo Falcon Vortex, com tanques adicionais dispostos lateralmente ao trator, com capacidade volumétrica total de 1400 litros de calda, barra de pulverização de 14,0 m, dotada de 29 pontas hidráulicas distanciadas 0,5 m umas das outras.

As pontas de pulverização utilizadas foram das séries XR110.02 (jato plano de uso ampliado) e TTJ60 – 110.02 (jato plano duplo, com ângulo de 60 graus entre si), ambas da marca TEEJET. Durante a pulverização, a barra foi conduzida 0,50 m acima do topo da cultura. O conjunto trator pulverizador deslocou-se a velocidade constante de 6 km h⁻¹ e a calda aplicada constituiu-se somente de água. Na Tabela 5, estão descritos os tratamentos utilizados no experimento.

A cultivar de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 96-6928 e, no momento das aplicações dos tratamentos, as plantas apresentavam altura média de 0,80 m aos 120 dias do plantio. As pulverizações ocorreram no dia 09 de junho de 2010, com início às 14h30min e término às 16h30min. Os fatores climáticos foram monitorados por um termohigroanemômetro Kestrel. A temperatura oscilou de 20 a 25°C, a umidade relativa entre 40 e 50% e a velocidade do vento entre 1,5 e 4,5 km h⁻¹.

Foram distribuídos cartões de papel hidrossensível que mediam 26 X 76 mm sobre a face adaxial das folhas de cana-de-açúcar, fixados com grampeador, em duas posições distintas: no dossel superior (dispostos horizontalmente na face superior do ponto de curvatura da folha, situada a 0,80 m em relação ao solo) e inferior (dispostos inclinados na axila da folha, situada a 0,50 m em relação ao solo). Após as pulverizações, os cartões de papel hidrossensível foram recolhidos e fixados em folhas de papel sulfite, tamanho A4.

Os dados de porcentagem de cobertura dos papéis foram obtidos pela digitalização de cada cartão de papel hidrossensível em um *scanner* de mesa, com 300 dpi de resolução, sendo as imagens processadas através do programa Conta-Gotas® (CANTERI et al., 2001). Os dados de deposição foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Pontas de pulverização, pressões de trabalho, taxas de aplicação e tamanho de gota utilizadas nos tratamentos estudados.

Pontas de Pulverização	Pressões de Trabalho (kPa) ^{1/}	Taxas de Aplicação (L ha ⁻¹)	Tamanho de Gota ^{2/}
XR110.02	193	120	Média
	310	160	Fina
TTJ60-110.02	193	120	Grossa
	310	160	Grossa

^{1/} Pressão de trabalho estimada;

^{2/} Dados fornecidos pelo fabricante (TEEJET, 2011).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância do esquema fatorial indicou não existir interação tripla entre os fatores pontas de pulverização, taxas de aplicação e posições dos alvos, quanto à porcentagem de cobertura dos cartões de papel hidrossensível (Tabela 6). No entanto, ocorreu interação significativa entre os fatores pontas de pulverização e taxas de aplicação, sendo, portanto, a posição dos alvos independente dos demais fatores analisados.

Tabela 5 – Valores de probabilidade de F obtidos da análise de variância do fatorial ponta de pulverização x taxa de aplicação x posição no dossel para o percentual de cobertura nos cartões de papel hidrossensível

Fonte de variação	Porcentagem de cobertura	
	F calculado	Pr > Fc
Ponta de pulverização	1,756	0,1858 ^{ns}
Taxa de aplicação	0,001	0,9753 ^{ns}
Posição no dossel	251,475	0,0001 ^{**}
Ponta de pulverização x taxa de aplicação	6,775	0,0095 ^{**}
Ponta de pulverização x posição no dossel	0,305	0,5811 ^{ns}
Taxa de Aplicação x posição no dossel	5,862	0,0159 ^{ns}
Ponta de pulverização x taxa de aplicação x posição no dossel	1,575	0,2101 ^{ns}
CV(%)	27,32	

** Significativo a 1% de probabilidade. ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

A porcentagem de cobertura dos cartões de papel hidrossensível na parte superior do dossel das plantas (0,80m) foi significativamente maior que a 0,50m, atingindo 46,08% da área total. Já na axila da folha (0,50m), a cobertura porcentual foi de 30,65%, correspondendo a um valor de cobertura 33,50% inferior, quando comparado à posição mais elevada (Tabela 7).

Os papéis locados no dossel superior das plantas possuem probabilidade maior de serem atingidos pelas gotas pulverizadas, visto que a distância que as gotas precisam percorrer para atingir a parte inferior do dossel é maior. É importante salientar que, no presente trabalho, os cartões de papéis hidrossensíveis dispostos na região superior estavam na posição horizontal, enquanto os inferiores estavam posicionados inclinados em relação à superfície do terreno, seguindo a arquitetura das plantas. Essa configuração também pode ter

contribuído para a maior cobertura no dossel superior, decorrente da simulação da arquitetura foliar das plantas de cana-de-açúcar.

Tabela 7 – Porcentagem de cobertura nos papéis hidrossensíveis para as diferentes posições (0,8 e 0,5 metro).

Cobertura (%)	Posição (0,80 m)	Posição (0,50 m)
		46,08a
CV (%)	27,32	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo SOUZA, CASTRO E PALLADINI (2007), as folhas localizadas no terço inferior das plantas representam o alvo mais difícil de atingir em pulverizações. A sobreposição das folhas existentes no caminho das gotas e também a maior distância percorrida, além da maior possibilidade de perda por evaporação ou deriva das gotas menores, em condições ambientais adversas, implicam menor número de gotas chegando ao alvo e irregularidade no volume depositado.

Em consonância aos dados obtidos, CUNHA et al. (2010), analisando a cobertura de gotas nos diferentes terços da planta de milho, cultura com arquitetura similar à da cana-de-açúcar, afirmou que, no dossel superior da cultura do milho, ocorreu maior porcentagem de cobertura e, no terço inferior, menor cobertura de gotas, o que já era esperado, uma vez que o terço superior encontra-se mais próximo ao ponto de lançamento da gota.

A interação dupla significativa existente entre a ponta de pulverização e a taxa de aplicação (Tabela 8), apresentou redução na porcentagem de cobertura somente quando do uso da taxa de aplicação de 160L ha⁻¹ com relação a 120L ha⁻¹ para a ponta de XR 110.02, não sendo verificado o mesmo para a ponta TTJ60 110.02. Porém, a redução foi relativamente pequena, em torno de 2,5% do percentual de cobertura das gotas. Na taxa de aplicação de 120L ha⁻¹, ambas as pontas proporcionaram os mesmos percentuais de cobertura estatisticamente.

Tabela 8 – Porcentagem de cobertura nos cartões de papel hidrossensível em função da interação entre pontas de pulverização (TTJ60 110.02, XR 110.02) e taxa de aplicação ($L ha^{-1}$).

Taxa de Aplicação ($L ha^{-1}$)	Ponta de pulverização	
	TTJ60 110.02	XR110.02
160	40,34 Aa	36,50 Ba
120	37,74 Aa	38,97 Aa
CV (%)	27,32	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

ROMÁN et al. (2009), em estudos de aplicação de fungicidas na cultura da soja, utilizaram três volumes de pulverização ($100, 150$ e $200 L ha^{-1}$), não encontrando diferença significativa na porcentagem de cobertura de fungicida, entretanto, observaram tendência de aumento com o incremento na taxa de aplicação.

A isonomia de porcentagem de cobertura dos alvos com os volumes de 120 e $160 L ha^{-1}$, verificada neste estudo, permite inferir que haverá a mesma eficiência de controle, porém com rendimento operacional de 33% para o volume de $120 L ha^{-1}$, além de economia de tempo e monetária ao longo do processo. O uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, podendo ser o principal componente do desempenho operacional em diversas culturas (ROMÁN et al., 2009).

A ponta TTJ60-110.02 proporcionou maior cobertura ($P < 0,05$), em relação à ponta XR 110.02, somente na taxa $160 L ha^{-1}$. Nesse caso, a maior cobertura porcentual pela ponta TTJ60-110.02 pode ser atribuída à manutenção do espectro de gotas na faixa de pressão utilizada (193 e $310 kPa$). Nesse tipo de ponta, também é importante destacar o efeito do duplo jato plano, com ângulo de 60° entre si, na distribuição das gotas. Já no caso da ponta XR110.02, nas mesmas pressões de trabalho utilizadas, o padrão de gotas se altera de médias para finas (TEEJET, 2011), podendo comprometer a cobertura porcentual. Segundo TEIXEIRA (1997), gotas muito pequenas, na maioria das vezes, geram boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar.

WOMAC (1999) relata os fatores que influenciam o espectro de gotas produzido, dentre eles, destaca a pressão do líquido.

Dessa forma, para culturas em que o dossel é mais aberto, o uso de gotas maiores pode ser vantajoso, pois, além de requerer menor pressão, também propicia aplicação mais eficiente e ambientalmente correta. No caso deste trabalho, possivelmente a diminuição do tamanho das gotas oriundas da ponta XR 110.02 influiu negativamente na cobertura porcentual, visto o aumento de potencial de deriva e evaporação. Apesar da velocidade do vento durante a realização do experimento ser considerada adequada (entre 1,5 e 4,5 km h⁻¹), seu efeito é maior nas gotas menores. O mesmo resultado não foi observado por CUNHA et al. (2004), os quais relataram que, nos bicos de jato plano, o aumento da pressão provocou diminuição do tamanho das gotas e, conseqüentemente, aumento da densidade de gotas e da cobertura do alvo.

4.4 CONCLUSÃO

As folhas superiores receberam maiores percentuais de cobertura do que as folhas posicionados no dossel inferior da cultura. O aumento da taxa de aplicação de 120 L ha⁻¹ para 160 L ha⁻¹ resulta em pequena diminuição da cobertura somente para a ponta XR 110.02, em virtude da redução do tamanho das gotas.

4.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANTUNIASSI, U.R. et al. Avaliação da cobertura de folhas em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004. Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p.48-51. 1 CD-Rom.

BALAN, M.G. et al. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o uso do software conta-gotas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.916-919, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ferrugem laranja ameaça iminente aos canaviais brasileiros**. Brasília, 2008. (Boletim Técnico).

CANTERI, M.G. et al. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v.1, n.2, p.18-24. 2001.

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

CUNHA, J.P.A.R. et al. 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.977-985,2004.

GERARD, A.J.M. et al. Towards predicting pesticide deposition from plant phenology; a study in spring barley. **Pesticides Science**, v.53, p.252-262, 1998.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MATTHEWS, G.A. Pesticide application methods. 2.ed. London: Longman, 2002. 405p.

PEREIRA, J.M. et al. Efeito fisiológico do inseticida thiamethoxam na cultura da cana-de-açúcar. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.1, p.159-164, 2010.

ROMÁN, R.A.A. et al. 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, 2009.

SANTOS, R.O. **Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes**. 2007. 49f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola - Máquinas e Automação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras. Lavras. MG.

SCORALERT. **Sugarcane orange rust alert system**. Notícias. Acesso em: 17 nov. 2010. Online. Disponível em: Disponível em: <http://scoralert.com/listaNoticias.aspx>.

SIDAHMED, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.3, p.531-536, 1998.

SILVA, M.A. et al. Tipos de colheita e épocas de aplicação de glifosato na erradicação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.43-49, 2006.

SOUZA, R.T. et al. 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.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

WOMAC, A. R.; MAYNARD, R. A.; KIRK, I. W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, v.42, p.609-616, 1999.

ZAMBOLIM, L. et al. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. 376p.

CAPÍTULO 5

DESEMPENHO DE BICOS ROTATIVOS E HIDRÁULICOS NA APLICAÇÃO AÉREA DE FUNGICIDAS EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO: Com o surgimento epidêmico da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) causada pelo fungo *Puccinia kuehnii*, as aplicações de fungicidas tornaram-se necessárias nas variedades susceptíveis. Todavia, poucos estudos concernentes à tecnologia de aplicação são encontrados na literatura, especialmente em relação à aplicação aérea. O objetivo foi avaliar a distribuição de calda de fungicida em aplicação aérea para cana-de-açúcar com diferentes bicos de pulverização. Desenvolveu-se dois experimentos em esquema fatorial de forma inteiramente casualizado com 5 repetições. O experimento I realizou-se em um fatorial 2x4 para bico rotativo tipo Micronair, tendo como fatores taxas de aplicação (10 e 20 L ha⁻¹) e posições na planta (folha +1 ponta, folha +1 inserção da lígula, folha +3 e folha +5), respectivamente. O experimento II foi estruturado em fatorial 2x2x4 para o bico de pulverização hidráulico, envolvendo os fatores ângulo de inclinação do jato (0° e 45°), taxa de aplicação (30 e 40 L ha⁻¹) e as mesmas posições na planta do experimento I. As aplicações do fungicida azoxystrobin + cyproconazole (0,5 L ha⁻¹) com adição de óleo mineral (0,6 L ha⁻¹) foram feitas com uma aeronave modelo Ipanema. As variáveis avaliadas foram o diâmetro mediano volumétrico (DMV), porcentagem de cobertura e número de gotas por cm². Os resultados mostraram, para as três variáveis avaliadas, que houve semelhança estatística entre os bicos de pulverização testados, bem como entre as técnicas de aplicação (taxas e ângulos) estudadas. Não foram encontradas diferenças significativas em relação às posições das folhas na planta. Nesse sentido, os resultados denotam a possibilidade de usar taxas de aplicação reduzidas com monitoramento da deriva e aplicabilidade dos bicos rotativos para este tipo de pulverização.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Pontas de pulverização. Taxa de aplicação. Ferrugem alaranjada.

ABSTRACT: With the appearance of orange rust epidemic of sugarcane, fungicide applications were needed on susceptible varieties. However, few scientific studies concerning the application technology are carried out for sugarcane, especially in relation to aerial application - often used when the culture is presented with large size. The objective of this study was to evaluate the distribution of the spray volume in aerial application of fungicide to sugarcane (*Saccharum* spp) in various operating systems. Two experiments were developed in a factorial in a completely randomized design with five repetitions. In the first experiment was carried out a factorial 2 x 4 to Micronair, having as factors application rates (10 and 20 L ha⁻¹) and positions in the plant (+1 tip sheet, sheet insertion +1, +3 leaf, leaf + 5), respectively. In the second experiment was carried out a factorial 2x2x4 for Hydraulic, factors involving the angle (0 and 45), rate (30 and 40 L ha⁻¹) and the same positions in the plant. The applications were made with a model aircraft in Ipanema tracks 15 m 50 m apart from each other. All aerial spraying with water were made by addition of 0.6 L ha⁻¹ oil

adjuvant (Nimbus) and 0.5 L ha⁻¹ of the fungicide azoxystrobin + cyproconazole. The results showed no significant differences in the percentage of coverage in different positions of the leaf of the plant and the volume median diameter between the nozzles and hydraulic rotary and therefore the possibility of applying a rate of 10 L ha⁻¹ with rotary nozzles, reducing the implementation costs with monitoring the drift.

KEYWORDS: Application Technology. Droplet size. Application rate. Fungicide.

5.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehni*) é uma doença de grande risco para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil (OLIVEIRA e MENDES, 2008). Por se tratar de uma doença de grande virulência pode ocasionar perdas consideráveis de produtividade nas variedades susceptíveis, conforme foi verificado por MAGAREY et al. (2008) na região central da Austrália (perdas acima de 50%). Neste sentido, as técnicas de aplicação precisam oferecer a máxima penetração das gotas pulverizadas no dossel da cultura, haja vista que os fungicidas sistêmicos têm translocação relativamente restrita nas folhas.

O uso de fungicidas em aplicações preventivas nas variedades de cana-de-açúcar suscetíveis à ferrugem alaranjada tem se mostrado bastante eficiente (GODOY e CANTERI, 2004; MAGAREY, 2008). Porém, conforme o desenvolvimento e a altura da planta, esta técnica pode ser dificultada, ou, mesmo inviabilizada.

Por estas razões, é grande a demanda por sistemas de aplicação eficientes e de alto rendimento operacional, a exemplo da aplicação aérea, visando o aproveitamento do momento mais adequado para a aplicação, ou que não permita a entrada de equipamentos pulverizadores tracionados, ou, auto-propelidos (CAMARGO et al., 2004; SOUZA et al., 2011; BAUER e RAETANO, 2003).

Na literatura são encontrados poucos trabalhos que estudaram a influência das características de aplicação, tanto com relação à eficiência da aplicação como também na eficácia de controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. MAGAREY et al. (2002), por exemplo, testaram diferentes fungicidas sistêmicos, mas não consideraram o equipamento de aplicação. Enquanto, SCHNEIDER (2011), estudou diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação em aplicações via terrestre com pulverizador tracionado, encontrando diferenças

significativas entre as técnicas testadas, sem considerar, contudo, a eficácia de controle fungicida sobre a doença.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição da calda de fungicida em cana-de-açúcar em pulverização aérea com diferentes bicos de pulverização e taxas de aplicação em diferentes extratos do dossel da cultura.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no mês de março de 2011, na Fazenda Santa Eugênia (Grupo Usina Pedra), Serrana, Estado de São Paulo, localizada a 21°22'40,7" S e 47°30'48,1" W. A área experimental com cana-de-açúcar ocupou um talhão de 21,94 ha, plantados com a cultivar de cana SP 89-1115, que se encontrava no estágio de seis meses após o 2º corte e com severa incidência da ferrugem alaranjada.

Foram realizados dois experimentos em esquema fatorial com delineamento inteiramente casualizado e com 5 repetições. O experimento I constitui-se de um fatorial 2 x 4 para o bico de pulverização rotativo tipo Micronair, tendo como fatores taxas de aplicação (10 e 20 L ha⁻¹) e posições na planta (folha +1 ponta, folha +1 inserção da lígula, folha +3, folha +5), respectivamente.

O experimento II o delineamento experimental foi em esquema fatorial 2 x 2 x 4 para o bico de pulverização hidráulico, envolvendo os fatores ângulo do jato (0° e 45°), taxa de aplicação (30 e 40 L ha⁻¹) e posições na planta (folha +1 ponta, folha +1 inserção da lígula, folha +3, folha +5), respectivamente.

As aplicações foram feitas com uma aeronave modelo Ipanema em faixas de 15 m distanciadas 50 m uma das outras. A calda de pulverização padrão, constituía-se de mistura do fungicida azoxystrobin + cyproconazole (0,5 L ha⁻¹) + óleo mineral (0,6 L ha⁻¹).

Durante as aplicações, a umidade relativa do ar variou entre 45 e 54%, temperaturas entre 31 e 35 °C e ventos entre 3,5 e 3,7 km h⁻¹. Os papéis sensíveis utilizados para coletar gotas pulverizadas para posterior análise de suas características foram alocados nas folhas da cana-de-açúcar com uso de grampos comuns.

Após as aplicações, estes papéis sensíveis foram coletados e embalados com papel filme para a proteção contra entrada de umidade e

evaporação, e posteriormente digitalizados com scanner. As variáveis analisadas foram porcentagem de cobertura da folha pelas gotas pulverizadas, número de gotas por cm^2 e diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas. A análise foi realizada por meio do programa computacional CIR 1.5.

Os dados obtidos foram submetidos à avaliação estatística com análise de variância seguido do teste Tukey ($p < 0,05$).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados observados no experimento I, onde foi avaliado o bico de pulverização rotativo tipo Micronair, não se verificaram interações significativas entre os fatores taxa de aplicação e posição das folhas na planta e também não foram detectadas diferenças significativas para as variáveis analisadas (Tabela 9).

Tabela 9 – Comparação dos diâmetros mediano volumétrico (μ) obtidos nas diferentes taxas de aplicação e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o equipamento de pulverização aérea, denominado Micronair.

Taxa de aplicação		10 L ha ⁻¹	20 L ha ⁻¹	
DMV		101,7 a	102,96 a	
Posição na planta	Folha + 1 Ponta	Folha + 1 Inserção	Folha +3	Folha +5
DMV	118,42 a	71,48 a	124,98 a	105,36 a
CV (%)	29,89%			

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

Na avaliação da variável porcentagem de cobertura, foi verificada diferença significativa para o fator taxa de aplicação. Neste caso a aplicação com vazão de 10 L ha⁻¹ apresentou a maior porcentagem de cobertura das folhas, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Comparação das porcentagens de cobertura obtidas nas diferentes taxas de aplicação e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o equipamento de pulverização aérea tipo rotativo Micronair.

Taxa de aplicação:	10 L ha⁻¹		20 L ha⁻¹	
% cobertura	7,69 a		2,52 b	
Posição na planta:	Folha +1 Ponta	Folha +1 Inserção	Folha +3	Folha +5
% cobertura	5,79 a	6,22 a	6,18 a	5,07 a
CV (%)	33,04%			

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

Para a variável número de gotas/cm² de área de folha da planta, foram também verificadas diferenças estatísticas significativas para as taxas de vazão de aplicação, em que com a taxa de aplicação de 10 L ha⁻¹ foi a que apresentou os melhores resultados, assim como para o DMV, ocasionando um maior índice de gotas por cm² (Tabela 11).

Tabela 11 – Comparação do número de gotas por cm² obtidos nas diferentes taxas de aplicação e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o equipamento de pulverização aérea tipo rotativo Micronair.

Taxa de Aplicação	10 L ha⁻¹		20 L ha⁻¹	
Nº gotas cm ⁻²	21,09 a		11,94 b	
Posição na planta:	Folha + 1 Ponta	Folha + 1 Inserção	Folha + 3	Folha + 5
Nº gotas cm ⁻²	37,37 a	17,09 a	35,00 a	22,11 a
CV (%)	36,65%			

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

A respeito do experimento II, relativo à aplicação utilizando-se o bico hidráulico de pulverização aérea, não foi verificada interação significativa entre os fatores estudados (taxa de aplicação x ângulo de pulverização x posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar) nas diferentes variáveis analisadas, conforme apresentado na Tabela 12.

Neste experimento não se evidenciaram diferenças significativas para o diâmetro mediano volumétrico (DMV) entre as taxas de aplicação. Contudo, para as posições do papel sensível nas diferentes folhas das plantas de cana-de-açúcar, foi verificado menor valor do DMV, sendo que a presença destas gotas de

menor diâmetro foi mais significativa quando o papel estava localizado na inserção da lígula da folha +1, não havendo diferença estatística significativa entre as demais posições.

Tabela 12 – Comparação do diâmetro mediano volumétrico (DMV) obtidos nas diferentes taxas de aplicação, ângulo de pulverização e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o bico de pulverização hidráulico.

Inclinação do jato:	Ângulo 0°		Ângulo 45°	
DMV	135,01 a		144,62 a	
Taxa de aplicação:	30 L ha⁻¹		40 L ha⁻¹	
DMV	142,06 a		137,57 a	
Posição na planta:	Folha +1 Ponta	Folha +1 Inserção	Folha +3	Folha +5
DMV	140,58 a	85,85 b	139,01 a	147,49 a
CV (%)	23,13			

Médias seguida da mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os sistemas de aplicação utilizados (bico rotativo tipo Micronair e hidráulico) identificaram distintos diâmetros medianos volumétricos, ou seja, tamanho de gotas (Tabela 1 e 4), em que o bico de pulverização hidráulico apresentou, independentemente da taxa de aplicação e ângulo de pulverização, maior tamanho (DMV). Todavia, diferenças dentro de cada sistema e suas respectivas taxas de aplicação (bico rotativo tipo Micronair) e taxa de aplicação e ângulo de pulverização (bico hidráulico) não foram passíveis de identificação.

O resultado referente à interação dos fatores taxa de aplicação e ângulo de pulverização demonstra que houve redução do percentual de cobertura quando da utilização da taxa de aplicação de 30 L ha⁻¹ associada ao ângulo de pulverização de 0°. Em relação às diferentes posições do papel sensível nas folhas não foi verificado nenhuma diferença estatística entre si (Tabela 13).

Tabela 13 – Comparação do percentual de cobertura obtidos na interação entre taxa de aplicação x ângulo de pulverização, e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o bico de pulverização hidráulico.

Taxa de Aplicação		Ângulo 0°	Ângulo 45°
30 L ha ⁻¹		2,40 Ab	8,08 Aa
40 L ha ⁻¹		5,87 Aa	8,24 Aa
Folha +1 Ponta	Folha +1 Inserção	Folha +3	Folha +5
5,79 a	6,22 a	6,18 a	5,07 a
CV (%)		28,81	

Médias seguida da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

É possível verificar que houve maior número de gotas por cm² quando utilizado ângulo de 45° em relação ao 0°, bem como da taxa de aplicação de 40 L ha⁻¹ em comparação a 30 L ha⁻¹.

Os resultados foram semelhantes quanto aos percentuais de cobertura entre os sistemas de aplicação (bico rotativo tipo Micronair e bico hidráulico), valores estes, porém, relativamente pequenos (em torno de 6%), o que pode indicar novamente a baixa sensibilidade do método em identificar gotas pequenas (SCUDELER et al., 2004; SCUDELER E RAETANO, 2006).

Quanto à posição dos papéis sensíveis nas folhas os maiores índices de severidade foram observados para a ponta da folha +1, seguido da folha +3, folha +5 e da posição inerente à inserção da lígula da folha +1 (Tabela 14).

Tabela 14 – Comparação do número de gotas por cm² obtidos nas diferentes taxas de aplicação, ângulo de pulverização e posições do papel sensível nas plantas de cana-de-açúcar, para o bico de pulverização hidráulico.

Inclinação do jato:	Ângulo 0°		Ângulo 45°	
Nº gotas cm ⁻²	21,44 b		45,71 a	
Taxa de Aplicação	30 L ha ⁻¹		40 L ha ⁻¹	
Nº gotas cm ⁻²	20,33 b		46,82 a	
Taxa de Aplicação	Folha +1 Ponta	Folha +1 inserção	Folha +3	Folha +5
Nº gotas cm ⁻²	37,37 a	17,09 c	35,00 ab	22,11 bc
CV (%)		33,2		

Médias seguida da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Os resultados não demonstraram diferenças significativas nos diferentes posicionamentos dos alvos (papéis hidrossensíveis) no dossel da cultura, salvo para o papel alocado próximo a lígula da folha +1 quando do sistema hidráulico. Tais fatos podem ser decorrentes da baixa sensibilidade do método de

calcular e distinguir tamanhos de gota muito próximos, especialmente de gotas pequenas (101 a 200 μm) (MONTEIRO, 2006; CHAIM, 2009) e do local de baixo acesso referente à inserção da lígula na folha +1, respectivamente.

Contudo, o uso de papéis hidrossensíveis é um método prático para analisar a qualidade da aplicação no campo. Entretanto, para avaliações quantitativas da aplicação este pode sofrer algumas distorções, principalmente em situações em que as gotas são pequenas, como é o caso de aplicações aéreas (ANTUNIASSI, 2009).

Os resultados semelhantes entre o número de gotas por cm^2 e o percentual de cobertura solidificam a explicação proposta dos possíveis fenômenos que possam ter ocorrido durante as aplicações. Pois, menores índices de severidade foram obtidos quando do uso da menor taxa de aplicação (bico rotativo tipo Micronair) e da menor taxa de aplicação e menor ângulo de pulverização (bico hidráulico) o que possivelmente reduziu o número de gotas formadas.

Em relação ao percentual de cobertura e número de gotas por cm^2 nas diferentes folhas do dossel da cana-de-açúcar não foi verificada diferenças significativas, salvo para a posição da inserção da lígula na folha +1. Isto denota que houve pouca influência do posicionamento das folhas quanto ao percentual de cobertura, excetuando-se o ocorrido com a folha +1 na inserção da lígula, que é um local relativamente de baixo acesso para as gotas devido às características morfológicas da cultura.

Considerando uma análise geral dos resultados, foi possível verificar diferenças significativas inerentes às técnicas utilizadas dentro de cada sistema. O aumento da taxa de aplicação de 10 para 20 L ha^{-1} (bico rotativo tipo Micronair) resultou em diminuição do percentual de cobertura, ocorrendo da mesma forma para o bico de pulverização hidráulico quando se utiliza a menor taxa de aplicação (30 L ha^{-1}) associado ao ângulo de 0° .

Uma explicação para o bico rotativo tipo Micronair 10 L ha^{-1} ter sido melhor que o 20 L ha^{-1} é de que esta vazão é muito elevada para este tipo de bico, de modo que a calda, ao deparar com as ranhuras do bico, acaba por saturar os filtros dificultando a saída do líquido e a conseqüentemente formação das gotas (ANTUNIASSI E BOLLER, 2011). Em estudo de aplicações aéreas para o controle da ferrugem da soja, por exemplo, ANTUNIASSI(2009) verificaram que aplicação

aérea na taxa de 12 L ha⁻¹ apresentou o melhor controle da doença (ou agente causal).

Já para o sistema hidráulico a observação apenas de redução no percentual de cobertura quando utilizada menor taxa de aplicação associada ao ângulo de pulverização 0°, pode ser devido ao somatório dos fatores menor taxa de aplicação e maior tamanho da gota, o que possibilita, em tese, menor percentual de cobertura devido ao menor número de gotas gerado.

O uso de diferentes técnicas relativas à tecnologia de aplicação não repercutem necessariamente em melhora na eficácia de controle, conforme verificado por BONINI e BACARDIN (2002) em trabalho com pontas de pulverização em aplicações de fungicidas para o controle de doenças foliares da soja. Porém, quando se considera aspectos relacionados à eficiência da aplicação, em especial ao depósito das gotas pulverizadas sobre o alvo, podem variar dependendo da técnica empregada. Este fato é balizado, principalmente, a partir da variável acerca do número de gotas por cm² observados por FRITZ et al. (2007), BALAN et al. (2005) e CUNHA et al. (2004).

Neste sentido, aspectos relacionados a eficácia de controle de uma doença, no caso da cana-de-açúcar a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuenhii*) depende, por exemplo, de fatores além da tecnologia de aplicação, como momento de controle que está interligado com o clima (STAIER et al., 2004) e a eficiência do fungicida utilizado sobre o agente causal (MAGAREY et al., 2002).

5.4 CONCLUSÃO

O bico rotativo, com taxa de aplicação de 10 L ha⁻¹, apresentou desempenho semelhante aos hidráulicos comumente utilizados em aplicações aéreas, indicando a possibilidade de reavaliação no manejo desta técnica, no tocante à redução na taxa de aplicação de fungicidas em cana-de-açúcar.

5.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Aldeia Norte, Botucatu- SP, 2011.

- ANTUNIASSI, U. R. **Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja.** Boletim de pesquisa da soja, v.13, p.299-316, 2009.
- BALAN, M.G.; ABI SAAB, O.J.G.; FONSECA, I.C.DE B.; SILVA, SASAKI, C.G.DA., HYROYUKI. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o uso do software conta-gotas. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p. 916-919, 2005.
- BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Air-assisted boom sprayer and spray deposition on bean plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v.60, n.2, p.211-215, 2003.
- BONINI, J.V.; BACARDIN, R.S. **Pontas de pulverização utilizadas na aplicação de fungicidas para controle de doenças.** In: Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, 30, Cruz Alta. Atas e Resumos 2002... Cruz Alta:Fundacep, p.110, 2002.
- CAMARGO,V.T.; BOMELLI, M.A.P.O.; ROMAGNOLE, E.W.C. **Aplicações aéreas visando o controle da ferrugem da soja.** In.: III Sintag. Botucatu.SP, 2004.
- CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos.** Embrapa, Brasília, D. F: Embrapa Informação Tecnológica, p.15-37, 2009.
- CUNHA, J.P.A.R. DA.; 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.977-985, 2004.
- FRITZ, B.K.; HOFFMAN, W.C.; MARTIN, D.E.; THOMSON, S.J. Aerial application methods for increasing spray deposition on wheat heads. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n.6, p.709 - 715, 2007.
- GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**. n. 29, p. 97 – 101, 2004.
- MAGAREY, R. C., BULL, J.I.; TOMASIN, W. A. **Yield losses caused by leaf diseases: 1999 and 2003 selection trial analyses.** In: Bruce, R. C. ed. Proceedings of the 2008 Conference of the Australian Society of Sugar C Technologists, pp.303 – 321, 2008.
- MAGAREY, R.C.; STAIER, T. and WILLCOX, T.G. **Fungicides for control of orange rust in the 2001 Queensland crop.** Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., Vol.24, 2002.
- MONTEIRO, M.V. DE M. **Compêndio de aviação agrícola.** p. 95–205. In : Tecnologia de aplicação. CBB , Sorocaba, SP, 2006.
- OLIVEIRA, I.C.S.; MENDES, M.A.S. **Puccinia kuehnii, um risco para a cultura da cana no Brasil.** Brasília: Embrapa Cenargem Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. (Comunicado técnico 184).
- SCHNEIDER,J.L. **Cobertura porcentual obtida pelo uso de diferentes pontas e taxas de aplicação, visando o controle da ferrugem alaranjada da cana-de-**

açúcar. Universidade Estadual de Londrina (dissertação de mestrado). Londrina, PR, 2011.

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

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F.C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos de cafeeiro com etepnon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas-SP, v.63,n.1, p.129-139, 2004.

SOUZA, I. G. DE.; OLIVEIRA, G.M.DE.; OLIVEIRA, V.A.B.DE.; IGARASHI,W.; BALAN,R.; ABI SAAB, O.J.G. **Comparação dos custos de aplicação de produtos fitossanitários por via aérea e terrestre com máquinas próprias e terceirizadas.** In: V Sintag. Cuiabá, MT, 2011.

STAIER, T. N., MARGAREY, R.C. AND FINLAYSON, W.A. 2004. **Meteorological data collection, analysis and sugarcane disease forecasting for orange rust.** Proceeding Australian, Society Sugar Cane Technology, v.26, 2004.

CAPÍTULO 6

APLICAÇÃO AÉREA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

RESUMO: No Brasil, o uso de aeronaves para a aplicação de agrotóxicos vem se expandindo com o crescimento do agronegócio. A tecnologia de aplicação com taxas reduzidas em pulverização aérea envolvem questões, principalmente, sobre a qualidade da operação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição da calda de pulverização aérea em função das pontas de pulverização, e da taxa de aplicação em diferentes alturas na planta. E assim, encontrar relação sinérgica entre esses componentes, que possibilitem a minimização de perdas por evaporação e deriva; aumento da eficiência do produto aplicado, ao melhor rendimento operacional e menor impacto ambiental. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x2x3, três taxas de aplicação, dois conjuntos de bico (disco e difusor) e três alturas de amostragem na planta, com três repetições. As aplicações foram realizadas nas taxa de 15, 20 e 30 L ha⁻¹. As gotas de diferentes tamanhos foram obtidas através do recurso do equipamento de pulverização da aeronave utilizada – bicos hidráulicos com difusores core 45 e 46. As coletas foram feitas com cartões hidrossensíveis, fixados no terço superior, mediano e inferior da cultura. Os impactos das gotas nos papéis foram avaliados através de imagem digitalizada. As avaliações de porcentagem da cobertura, número de gotas por área, diâmetro mediano volumétrico e eficiência foram analisadas com o uso de programa computacional CIR 1.5. Estatisticamente, a taxa de aplicação que proporcionou a maior eficiência na recuperação do volume de calda aplicado e o melhor nível de cobertura foi de 20L ha⁻¹. Nos conjuntos de bicos e difusores testados, verificam-se diferenças no DMV e na densidade de gotas. Porém, a área de cobertura não diferiu significativamente entre os dois tipos, mostrando que os conjuntos podem ser utilizados sem grandes interferências nas aplicações de produtos fitossanitários. Quanto à penetração da calda no dossel da cultura, os patamares superior e mediano tiveram os maiores níveis de cobertura e densidade de gotas por cm², e no patamar inferior ocorreram os menores valores para essas duas variáveis.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Distribuição de calda. Taxa de aplicação.

ABSTRACT: In Brazil, the use of aircraft for the application of pesticides has been expanding increasingly to the growth of agribusiness. The application with reduced rates for aerial spraying requires special attention to the quality of the procedure.. The aim of this study was to evaluate the distribution of aerial spraying in relation to the spray nozzles and the application rate at different heights on the plant, and thus find synergistic relationship between these components, to allow the minimization of losses by evaporation and drift; increase the efficiency of the applied product to the best operating costs and lower environmental impact. The experiment was conducted in a factorial 3x2x3, three application rates, two sets of nozzle (disk and diffuser) and three heights of sampling at the plant, with three repetitions. The applications were performed in the rates of 15, 20 and 30L ha⁻¹. The droplets of different sizes were obtained by the use of spraying equipment used in aircraft - with hydraulic nozzles diffusers core 45 and core 46. The collections were made with water sensitive papers

fixed in the upper third, median and lower third of the culture. The impact of drops in the papers was assessed using scanned images. The evaluations regarding percentage of coverage, number of drops per area, median volumetric diameter and efficiency were analyzed using the computer program CIR 1.5. The application rate which provided the greatest recovery efficiency in applied spray volume and the best coverage level was 20L ha^{-1} . Regarding the sets of nozzles and diffusers tested, there were differences in the DMV and in the density of droplets. But the coverage area did not differ significantly between the two types, showing that the sets can be used without major interference in applications of pesticides. Regarding the penetration of the spray deposition in the plant canopy, the upper and median levels had the highest levels of coverage and density of droplets per cm^2 , and the lower level had lower values for these two variables.

Key words: Application technology. Distribution of spray deposition. Application rate.

6.1 INTRODUÇÃO

A aplicação aérea de produtos fitossanitários é uma ferramenta comumente utilizada no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, visando evitar perdas na produtividade nas diversas culturas agrônômicas. Neste contexto, a aplicação aérea tem consolidado o seu papel como instrumento importante dentro da tecnologia de aplicação agrícola do país.

O uso de aeronaves para aplicação na cultura do milho tem aumentado, principalmente, em virtude do porte da cultura dificultar ou mesmo impedir o deslocamento de pulverizadores terrestres, quando o controle de pragas e doenças, se faz necessário, para garantir o bom desenvolvimento da cultura. É uma importante ferramenta para a obtenção de melhores produções e produtividades, aumento da capacidade operacional, e dos níveis de qualidade da aplicação, evitando o amassamento das plantas em estágios mais avançados da cultura (SAAB & COUTO, 2007). Porém, assim como na pulverização terrestre, vários fatores relacionados à técnica de aplicação exercem efeito na forma com que as gotas pulverizadas se depositam sobre o alvo, especialmente a taxa de aplicação (L ha^{-1}) e o tamanho de gota gerado no momento da pulverização (CUNHA et al., 2010; JADOSKI et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2011; HOFFMAN et al., 1998).

Alguns fabricantes de bicos de pulverização fornecem os tamanhos de gotas para cada conjunto de disco e difusor para seus produtos, porém a maioria é para uso em aplicações terrestres, o que significa um desempenho diferente quando os mesmos são utilizados em aeronaves agrícolas, onde a velocidade de

deslocamento da aeronave interfere no processo de formação de gotas (CARVALHO, 2007; BOLLER, 2007; ANTUNIASSI, 2010).

Uma forma rápida e prática de avaliar o modo com que as gotas pulverizadas se depositam sobre a cultura é a partir da utilização de cartões de papel hidrossensível dispostos no interior do dossel da cultura. As imagens dos impactos das gotas são analisadas por meio de softwares específicos, indicando as características das gotas depositadas nas superfícies dos cartões (HOFFMAN; HEWITT, 2005; SALYANI; FOX, 1994).

Baseado no exposto, o objetivo do trabalho foi estudar a eficiência da taxa de aplicação e do difusor no bico de pulverização na deposição das gotas, provenientes de uma aplicação aérea, em diferentes extratos do dossel da cultura do milho.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda A'Liri, Pedrinhas Paulista - SP, localizada a 22°46'13,88" S e 50°49'05,46" W, e altitude de 357 metros, na safra agrícola de 2011/2012. O híbrido de milho utilizado foi o Pioneer 30K64, implantando com espaçamento entre linhas de 0,7 m e entre plantas de 0,20m, totalizando uma população de 71.428 plantas por hectare. A aplicação foi realizada quando as plantas encontravam-se no estágio fenológico R1, com altura média de plantas de 2,6 m.

O delineamento experimental inteiramente casualizado foi em esquema fatorial 3x2x3 com três repetições. Os fatores estudados foram: três taxas de aplicação (30, 20 e 15 L ha⁻¹), dois difusores (core 45 e 46) e três posições de amostragem nas plantas de milho (superior, mediana e inferior). As posições de amostragem superior, mediana e inferior referem-se a 1º, 3º e 5º folhas abaixo do pendão, respectivamente.

As diferentes taxas de aplicação foram obtidas por meio da associação de diferentes discos de pulverização e pressões de trabalho, que pulverizam as gotas na forma de jato cônico. A utilização de diferentes difusores promove diferentes tamanhos de gota, em que o core 45 resulta em gotas menores do que o core 46. (Tabela 15).

Tabela 15 – Taxas de aplicação e tamanho de gota em função do tipo de ponta e difusor.

Taxa de aplicação	Tamanho de gota	Tipo de Ponta	Difusor
30 L ha ⁻¹	Gota menor	D12	Core 45
30 L ha ⁻¹	Gota maior	D8	Core 46
20 L ha ⁻¹	Gota menor	D8	Core 45
20 L ha ⁻¹	Gota maior	D6	Core 46
15 L ha ⁻¹	Gota menor	D6	Core 45
15 L ha ⁻¹	Gota maior	D4	Core 46

A aplicação foi realizada por meio de uma aeronave modelo Ipanema 201A, na velocidade de 180 km h⁻¹, com uma faixa de aplicação de 20 metros, a uma altura de 2 metros em relação ao topo da cultura. A barra de pulverização da aeronave era composta por 37 bicos de pulverização, com angulação de 90° em relação ao solo. A calda aplicada foi constituída do fungicida (piraclostrobina + epoxiconazol) na dose de 0,3 L ha⁻¹, com adição de óleo mineral a 0,5% v v⁻¹. As médias de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade de vento durante as aplicações foram de 25°C, 65% e 5,1 km h⁻¹, respectivamente.

Foram amostradas quatro plantas por parcela, em que cada planta continha três cartões de papel hidrossensível, um para cada respectiva posição amostrada. Os cartões foram alocados no centro do limbo foliar - face adaxial. Após a aplicação, os cartões de papel hidrossensível foram coletados, armazenados e levados ao laboratório para digitalização das imagens, por meio de um scanner de mesa, à 1200 dpi de resolução. Utilizou-se software CIR 1.5[®] (Conteo y Tipificación de Impactos de Pulverización), específico para a avaliação das imagens. As variáveis mensuradas pelo software foram: porcentagem de cobertura, diâmetro mediano volumétrico (DMV), número de gotas por cm² e eficiência de cobertura (%). A variável eficiência de cobertura, calculada pelo software, foi feita a partir da relação entre a porcentagem de cobertura observada no cartão de papel hidrossensível e a porcentagem de cobertura potencial, caso todas as gotas atingissem o alvo. O cálculo da porcentagem de cobertura potencial baseia-se na multiplicação do número de gotas por cm² e o respectivo DMV observado no cartão de papel hidrossensível, considerando-se a taxa de aplicação (L ha⁻¹) utilizada para tal aplicação.

Procedeu-se a análise de variância do esquema fatorial estudado, complementado pelo teste Tukey à 5% de probabilidade para comparação das médias.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância não mostraram interação significativa entre os parâmetros avaliados: porcentagem de cobertura, número de gotas por cm², diâmetro mediano volumétrico (DMV) e eficiência.

O aumento das taxas de aplicação ocasionou uma redução no DMV, como pode ser observado na Tabela 16. Isso ocorre devido ao fato do aumento da taxa de aplicação ter sido obtido pelo aumento da pressão de trabalho, fazendo com que o líquido se fragmentasse em gotas menores, causando a redução no DMV. (BOLLER; RAETANO, 2011).

Tabela 6 – Diâmetro mediano volumétrico, porcentagem de cobertura, densidade de gotas e eficiência da aplicação em pulverização aérea na cultura do milho, em função da taxa de aplicação, bico e posição de amostragem na planta. Pedrinhas Paulista, SP, 2012.

Variável		Dmv ⁽¹⁾ (µm)	Cobertura(%)	Densidade (gotas.cm ⁻²)	Eficiência(%)
Taxa de Aplicação	30	186,69 A	2,91 A	48,85 A	30,48 A
	20	193,68 AB	3,97 B	66,02 B	61,39 B
	15	213,44 B	2,83 A	36,25 A	76,41 B
Bico	Core 45	176,61 A	3,20 ^{NS}	59,38 B	48,72 A
	Core 46	219,49 B	3,30 ^{NS}	41,60 A	63,88 B
Posição	Inferior	189,35 ^{NS}	2,33 A	35,56 A	43,80 A
	Mediana	200,10 ^{NS}	3,59 B	55,65 B	61,44 A
	Superior	204,11 ^{NS}	3,80 B	59,90 B	63,17 A
CV (%)		31,23	79,94	75,00	88,25

⁽¹⁾ DMV: Diâmetro Mediano Volumétrico; ^{NS} Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste F; Para cada variável e em cada fator, médias acompanhadas de mesma letra, não diferem significativamente entre si, na coluna, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A taxa de aplicação que proporcionou a maior eficiência na recuperação do volume de calda aplicado foi a de 15 e 20 L ha⁻¹, denotando-se que o aumento da taxa de aplicação ocasionou uma redução na eficiência. A queda na eficiência pode estar relacionada à redução do DMV, pois gotas de diâmetros menores tendem mais à deriva e evaporação. BODE(1994) considera que gotas com

diâmetro igual ou inferior a 100 micrometros podem ser consideradas perdidas por evaporação ou deriva. O assunto sobre deriva é bastante polêmico, mas a incidência e o impacto das pulverizações podem ser minimizados através da seleção e preparo dos equipamentos e do uso de boas técnicas de aplicação (CHAIM, 2009).

O maior nível de cobertura foi verificado com a taxa de aplicação de 20L ha⁻¹, confirmando os resultados obtidos por VIANA et al. (2010), em que o aumento do número de gotas por cm², tende a melhorar a cobertura. CHAIM et al. (1999), verificaram que a redução do DMV tende a aumentar a densidade das gotas. Porém, os menores diâmetros de gotas tendem a causar maior risco potencial de deriva, fato esse que pode explicar a redução de cobertura obtida na mais alta taxa de aplicação, 30L ha⁻¹, onde foram obtidos os menores tamanhos de gotas, porém as menores densidade de gotas e eficiência de recuperação do volume de calda aplicado.

Segundo CUNHA et al. (2007), uma aplicação de qualidade deve garantir que as gotas pulverizadas tenham tamanho homogêneo e distribuição uniforme. O fato da taxa de 20L ha⁻¹ ter resultado em maior porcentagem de cobertura ressalta que a formação de um padrão adequado de gotas pode atingir o alvo de maneira mais eficiente e assim resultar em um melhor aproveitamento do produto.

Além disso, o uso de menores taxas de aplicação tende a aumentar o rendimento operacional durante a aplicação, fazendo com que o avião tenha que parar um menor número de vezes para abastecimento de calda, reduzindo os custos da aplicação e diminuindo o consumo de água. Segundo CUNHA (2004) nas pulverizações, atualmente, existe a tendência de redução do volume de aplicação a fim de minimizar os custos e aumentar a eficiência operacional.

Quanto aos conjuntos de bicos e difusores testados, verificaram-se diferenças no DMV e na densidade de gotas. Porém, a área de cobertura não diferiu entre os dois tipos, mostrando que os conjuntos podem ser utilizados sem grandes interferências nas aplicações dos produtos fitossanitários. Contudo, deve-se atentar às condições climáticas no momento da aplicação para adequação do conjunto a fim de minimizar o risco de deriva (SALYANI & CROMWELL .1992).

No correspondente à penetração da calda de pulverização no dossel da cultura, vemos que os patamares superiores e medianos tiveram os maiores níveis de cobertura e densidade de gotas por cm², do que no patamar inferior.

Esse resultado também foi verificado por CHAIM (2009) e ANTUNIASSI et al., 2010. Provavelmente devido aos fatores que afetam a eficiência da aplicação; como, arquitetura do alvo biológico, índice de área foliar, aspectos relacionados à própria pulverização ou geração de gotas e dinâmica das gotas. Portanto, a grande dificuldade em alcançar os níveis inferiores da cultura, está relacionado ao grande porte e ao índice foliar das plantas de milho. Contudo, a menor taxa de aplicação 15 L ha^{-1} também possibilitou uma área de cobertura no patamar inferior estatisticamente igual à obtida com taxa de aplicação maior (30 L ha^{-1}).

No que se refere à penetração das gotas finas, existe um conceito equivocado de que as gotas pequenas possuem uma maior capacidade de penetração no interior do dossel das culturas. Na prática isso ocorre em geral, devido ao fato de que gotas finas tendem a proporcionar melhores níveis de cobertura em todos os estratos do dossel da cultura e não somente nos níveis inferiores. E, ainda, nas aplicações com gotas maiores não há evidência nenhuma de melhoria na cobertura da parte interna das plantas, demonstrando que o maior obstáculo é a massa foliar. (OZEKI, 2006).

6.4 CONCLUSÃO

A taxa de aplicação de 20 L ha^{-1} proporcionou melhor percentagem de cobertura, resultando em uma aplicação de melhor qualidade.

Os bicos utilizados tiveram resultados semelhantes, porém o conjunto de bico com o difusor core 46 mostrou melhor eficiência e menor risco potencial de deriva em função do maior diâmetro das gotas produzidas.

As posições superior e mediana do dossel da cultura têm melhor aproveitamento das aplicações à posição inferior, porém, não houve diferença na eficiência da taxa de recuperação da calda nos diferentes patamares da planta.

6.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABI SAAB, O. J. G., COUTO, D. T. A., HIGASHIBARA, L. R. Perdas de produtividade causadas pelo rodado de pulverizadores. In.: Congresso Brasileiro da Ciência Aeroagrícola 2007, **Anais**, Botucatu/SP: FEPAF, 2007, p1-4.

ANTUNIASSI, U.R. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Boletim de Pesquisa de Soja. v.14, p.347-372, 2010.

BODE, L F. **Effect of nozzle type and operation on spray drop size**. Transactions of the ASAE, Vol 37, No 5, 1994

BOLLER, W. Resposta da tecnologia de aplicação de defensivos em relação à concepção atmosférica visando o controle de doenças de plantas. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v.33, supl., p.113-116. 2007

BOLLER, W.; RAETANO, C.G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. **Tecnologias de Aplicação para culturas anuais**: Botucatu, FEPAF, 2011. p.51-68.

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

CHAIM, A. CASTRO, V. L. S. S. de; CORRALES, F. M.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R.; NICOLELLA, G. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v.34, n.5, p.741-747, 1999.

CHAIM, A. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 73 p. 2009.

CUNHA, J. P. R. DA. Quanto reduzir? Cultivar máquinas. Pelotas, 35, p.32-33, out, 2004.

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.

OLIVEIRA, V.A.B.de; OLIVEIRA, G.M.de; GIGLIOTI, E.Â.; IGARASHI, W.T.; ABI SAAB, O.J.G. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicidas em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.111-122, 2011.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Ed. do Autor, 2006. 101p.

SALYANI, M.; CROMWELL, R.P. **Spray drift from ground and aerial applications**. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.35, 1992.

VIANA, R. G.; 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-MG, v.28, n.2, p.439-446, 2010.

CAPÍTULO 7

COBERTURA PORCENTUAL OBTIDA PELO USO DE DIFERENTES PONTAS E TAXAS DE APLICAÇÃO, COM AUTOPROPELIDO EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO: A aplicação de agrotóxicos com pulverizador autopropelido é muito utilizada pelo setor sucroalcooleiro para o controle de plantas daninhas e pragas de solo, porém, pouco utilizada na aplicação de fungicidas, o que não era comum na cultura da cana-de-açúcar até o surgimento da ferrugem alaranjada no Brasil. Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a deposição da calda em pulverização com equipamento autopropelido no delineamento experimental conduzido em esquema fatorial 3x2x2, inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada parcela constituía-se de uma área de 1400 m² (14 x 100 metros). Os fatores de estudo foram: três pontas de pulverização (TTI 11003, AI 11005 e, acoplada a um pingente, a ponta TFW 20), duas taxas de aplicação (100 e 200 L ha⁻¹) e duas posições de amostragem no dossel da cultura (folhas +3 e +5). As taxas de aplicação, para cada respectiva ponta de pulverização, foram ajustadas a partir da pressão de trabalho, regulado pelo sistema eletrônico do pulverizador. A velocidade de trabalho durante as aplicações foi de 12 km h⁻¹. Os papéis hidrossensíveis (26x76 mm), utilizados para avaliar a deposição das pulverizações, foram distribuídos sobre a face adaxial das folhas de cana-de-açúcar em duas posições distintas (folha +3 e +5). Um *scanner* foi utilizado para digitalizar as imagens dos papéis hidrossensíveis e, posteriormente, avaliadas as coberturas através do programa computacional CIR 1.5. Observou-se que as folhas superiores receberam maiores percentuais de cobertura com as pontas sem pingente; o aumento da taxa de aplicação possibilitou maior cobertura. As pontas TTI 11003 e TFW 20 com pingente possibilitaram maior deposição nas folhas +5.

Palavras-chave: *Puccinia kuehnii*. Tecnologia de aplicação. Distribuição de calda. Volumes de pulverização. Papéis hidrossensíveis.

ABSTRACT: The application of pesticides with the use of self-propelled spray is widely used by the sugarcane industry to control weeds and soil pests, but little used in the application of fungicides, which was not common in the culture of sugarcane until the appearance of orange rust in Brazil. The aim of the present study was to evaluate the quality of the spray deposition with self propelled equipment. An experiment was conducted in a 3x2x2 completely randomized factorial design, with five replicates. Each plot consisted of an area of 1400 m² (14 x 100 meters). The factors studied were: three spray nozzles (TTI 11003, AI 11005, and pendant attached to a pendant, nozzle TFW 20), two application rates (100 and 200L ha⁻¹) and two sampling positions on the plant canopy (leaves +3 and +5). Application rates for each spray nozzle were adjusted from the working pressure regulated by the electronic system of the sprayer. The working speed during application was 12 km h⁻¹. The water sensitive paper (26x76 mm), used to assess the deposition of sprays, were distributed on the upper side of the leaves of the sugarcane in two different positions (leaf +3 and +5). A scanner was used to digitalize the images and, subsequently, to evaluate covers through computer program CIR 1.5. It was observed that the upper leaves received the highest percentages of coverage with no

pendant attached to the nozzle; the increase of the application rate allowed greater coverage. Nozzles TTI 11,003 TFW and 20 with pendant allowed greater deposition on leaves +5.

Keywords: *Puccinia kuehnii*. Application technology. Distribution of spray deposition. Spray volume. Water sensitive papers.

7.1 INTRODUÇÃO

Na aplicação de fungicidas são indicadas gotas de categorias fina até média, que a velocidade do vento durante uma pulverização não deveria ultrapassar 10 km h^{-1} , a umidade relativa do ar mínima deveria ser de 55% e a temperatura abaixo de 30° C (ANDEF, 2010). Todavia, estas regras muitas vezes não são seguidas devido a uma situação crítica que ocorre no campo, relacionadas cada vez mais a extensas áreas a serem pulverizadas em curto período favorável, ou, janelas de favorabilidade operacional.

Os pulverizadores autopropelidos apresentam inovações tecnológicas, tais como altura acima de 1,20 m que permite a passagem em plantas quando a cultura atingir um porte onde os danos por amassamento são inevitáveis. Além disso, apresentam maior estabilidade das barras porta-bicos e assim a velocidade de operação se eleva para valores próximos e até superiores a 16 km h^{-1} (ABI SAAB et al., 2007; COSTA et al., 2007; ANTUNIASSI e BOLLER, 2011). Todavia, esta possibilidade operacional pode ocasionar vento relativo entre a barra em deslocamento e a camada de ar existente entre a barra do pulverizador e a cultura alvo, opondo-se à velocidade de descida das gotas finas geradas nas pontas de pulverização. Este processo facilita a evaporação e a deriva das gotas mais finas de uma pulverização e dificulta a sua chegada no interior do dossel da culturas a ser tratadas (COSTA et al., 2007). Uma saída poderia ser a utilização de pingentes, e a escolha das pontas de pulverização que minimizaria o efeito das gotas médias, que conseguem manter a velocidade de descida, apesar do efeito contrário gerado pela velocidade de deslocamento da barra (BOLLER e MACHRY, 2007).

Pesquisas recentes realizadas em cereais de inverno pelo Instituto DLG na Alemanha mostram que gotas médias depositam-se, na sua grande maioria, apenas em uma face das plantas, mantendo o outro lado com falta de gotas (BOLLER e RAETANO 2011). Porém, este problema não afeta substancialmente a aplicação de fungicidas sistêmicos, pois os mesmos apresentam translocação dentro

da planta. Na mesma pesquisa de aplicação terrestre com máquinas que desenvolvem alta velocidade, verificou-se que o aumento da velocidade de deslocamento em pulverização da máquina aplicadora implica em maior depósito de gotas no terço superior das plantas e poucas gotas depositadas nas folhas inferiores. O aumento da pressão de pulverização pode compensar parcialmente este efeito, porém a pressão excessiva é um dos mais importantes fatores que predis põem as gotas de pulverização à deriva (CHAIM, 2009; ANTUNIASSI & BOLLER, 2011).

Estes aspectos são relevantes para os pulverizadores autopropelidos e aeronaves agrícolas, máquinas muito utilizadas para grandes áreas. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a aplicação da calda em pulverização por equipamento autoprope lido, com duas taxas de aplicação, três pontas, sendo uma com pingente, e duas posições da planta de cana-de-açúcar para subsidiar estratégias para o controle químico da ferrugem alaranjada no Brasil.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no dia 21/11/2012, em cana planta da cultivar CV 2, plantada em 20/02/2011, com altura aproximada de 1,80 m, em canalial da Usina Alta Mogiana (20°47'05" S, 47°80'92" W), altitude de 420 m e clima subtropical Cfb (Köppen & Geiger, 1928), no município de São Joaquim da Barra – SP, de propriedade do Grupo Figueiredo Junqueira.

O delineamento experimental utilizado foi em esquema fatorial 3x2x2, inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada parcela constituía-se de uma área de 1400 m² (14 x 100 metros). Os fatores de estudo foram: três pontas de pulverização (TTI 11003, AI 11005 e, acoplada a um pingente, a ponta TFW 20), duas taxas de aplicação (100 e 200L ha⁻¹) e duas posições de amostragem no dossel da cultura (folhas +3 e +5). As taxas de aplicação, para cada ponta de pulverização, foram ajustadas à partir da pressão de trabalho, regulado pelo sistema eletrônico do pulverizador (Tabela 17).

A velocidade de trabalho durante as aplicações foi de 12 km h⁻¹. Para as aplicações inerentes às pontas TTI 11003 e AI 11005, a barra de pulverizador distribuiu o jato de pulverização sobre a cultura a uma altura de 50 cm do dossel superior. Já a ponta TFW 20, acoplada ao pingente (interior do dossel),

teve seu jato direcionado perpendicularmente de cada lado da linha da cultura, encontrando-se o pingente a uma altura de 70 cm do solo. O pulverizador autopropelido utilizado foi um equipamento Uniport, marca Jacto, com capacidade para 2000 litros, com barra de pulverização de 24 metros. Durante as aplicações, a temperatura variou de 26,9°C a 34°C, a umidade relativa do ar de 66% a 42%, e a velocidade do vento de 5,1 a 6,0 km h⁻¹.

Em todas as aplicações, as condições foram monitoradas de modo que os tratamentos ocorressem de maneira mais uniforme possível. As aplicações foram em superfície plana, sem obstáculos de maneira que eventuais oscilações de barra não oferecessem diferenças nos tratamentos. A descrição dos tratamentos pode ser visualizada na Tabela 17.

Tabela 17 –Pontas de pulverização, pressões de trabalho, taxas de aplicação e tamanho de gota.

Pontas de Pulverização	Pressões de Trabalho (kPa) ¹	Taxas de Aplicação (L ha ⁻¹)	Tamanho de Gota ²
TTI 110.03	200	100	Extr. Grossa
	700	200	Extr. Grossa
AI 110.05	33	100	Extr. Grossa
	310	200	Extr. Grossa
TFW 20	150	100	Extr. Grossa
	300	200	Extr. Grossa

¹ Pressão de trabalho estimada;

² Dados fornecidos pelo fabricante (TEEJET, 2011).

Para cada repetição e extrato do dossel (folhas +3 e +5), foram utilizados quatro cartões de papéis hidrossensíveis, alocados no centro do limbo foliar (face adaxial) das plantas que se encontravam no centro da parcela. Após a aplicação, os cartões de papel hidrossensível foram coletados, armazenados e levados ao laboratório para digitalização das imagens, por meio de um scanner de mesa, à 300 dpi de resolução. Utilizou-se software CIR 1.5[®] (Conteo y Tipificación de Impactos de Pulverización), específico para a avaliação das imagens. As variáveis calculadas pelo software foram: diâmetro mediano volumétrico (DMV), número de gotas por cm² e porcentagem de cobertura.

A análise estatística dos dados baseou-se na média dos valores calculados com base nos padrões de deposição de gotas obtidos nos quatro cartões de papel hidrossensível amostrados por parcela. Procedeu-se a análise de variância

do esquema fatorial estudado, complementado pelo teste Tukey à 5% de probabilidade para comparação das médias.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância fatorial indicou interação tripla entre os fatores taxas de aplicação, pontas de pulverização e posições dos alvos, quanto ao diâmetro mediano volumétrico – DMV (Tabela 18), número de gotas/cm² (Tabela 19) e porcentagem de cobertura dos cartões de papel hidrossensível (Tabela 20).

7.3.1 Diâmetro Médio Volumétrico (DMV)

O valor de DMV variou de 321,70 a 833,71 μm , nas diferentes interações estudadas. No entanto, só houve diferença estatística comprovada ao nível de 5% pelo teste de Tukey em duas situações. Primeiro, quando o DMV da TT 11003 na Folha +3 foi comparada com o da folha +5 com valores de 833,71 e 520,47 μm , respectivamente, na taxa de 100 L ha⁻¹. Segundo, na mesma taxa de aplicação de 100L ha⁻¹, quanto as pontas TTI 11003, AI 11005 e TFW 20 + Pingente, com valores de DMV de 833,71, 563,71 e 321,70 μm , respectivamente, foram comparados também para a posição folha +3. Todas as outras interações apresentaram valores próximos e, portanto, não houve diferenças estatísticas.

De acordo com o DMV de uma amostra de gotas segundo a norma ASAE S-572 (Associação Americana de Engenharia Agrícola), elas são classificadas em classes de pulverização: Muito fina (< 150 μm), Fina (150 – 250 μm), Média (250 – 350 μm), Grossa (350 – 450 μm), Muito Grossa (450 – 550 μm) e Extremamente grossa (> 550 μm).

O maior valor de DMV foi obtido na aplicação de 100L ha⁻¹ com a ponta TTI 11003 na folha +3 (DMV = 833,71 μm). Por outro lado, o menor valor foi obtido na aplicação de 100L ha⁻¹ com a ponta TFW 20 + Pingente na folha +3 (DMV = 321,70 μm). Essa discrepância entre gotas extremamente grossas e médias é explicada, pois no primeiro caso, houve menor pressão de trabalho, maior proximidade das pontas com o dossel superior da planta e com a folha +3 (Tabela 18).

O tamanho de gota gerado no momento da pulverização é dependente das características das pontas de pulverização utilizadas e da pressão de trabalho empregada, que afetará diretamente o tamanho das gotas que se depositam nos cartões de papel hidrossensível. A redução na pressão de trabalho, para alcançar a menor taxa de aplicação testada, aumenta o tamanho das gotas produzidas, conforme verificado para a ponta TTI 11003 no extrato do dossel superior. Já as diferenças no DMV entre a ponta TTI 11003 (DMV = 833,71 μm) e AI 11005 (DMV = 563,71 μm) na aplicação de 100L ha⁻¹ na Folha +3, é decorrente das características próprias de cada ponta, que se diferenciam principalmente quando se amostrou os cartões de papel hidrossensível mais próximos à barra de pulverização (aplicação convencional) na menor pressão de trabalho – aplicação com gotas maiores. Denota-se assim, que as pontas TTI 11003 depositam gotas de tamanho superiores às demais, porém em características específicas de taxa de aplicação e distância do alvo.

Não foi possível verificar diferença no diâmetro mediano volumétrico das gotas na maior taxa de aplicação, maior pressão de trabalho, provavelmente em virtude da menor sensibilidade do método de avaliação, pois existe a probabilidade das gotas se interpolarem sobre a superfície do cartão de papel hidrossensível, devido ao maior número de gotas pulverizadas.

Segundo TEIXEIRA (1997), gotas muito pequenas, na maioria das vezes, geram boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar. WOMAC (1999) relata os fatores que influenciam o espectro de gotas produzido, dentre eles, destaca a pressão do líquido. Neste trabalho verificamos uma cobertura percentual estatisticamente semelhante nas duas posições dos cartões de papel hidrossensível na planta, provavelmente associado a uma boa relação DMV com o número de gotas por cm² proporcionado pelas pontas testadas.

Dessa forma, para culturas em que o dossel é mais aberto, o uso de gotas maiores pode ser vantajoso, pois, propicia aplicação mais eficiente e ambientalmente correta. No caso deste trabalho, possivelmente a diminuição do tamanho das gotas oriundas da ponta TTI11003 e o uso do pingente com a ponta TFW20, influíram negativamente na cobertura porcentual, visto o aumento de potencial de deriva e evaporação. Apesar da velocidade do vento durante a

realização do experimento ser considerada adequada (entre 5,1 e 6,0km h⁻¹), houve influência da velocidade do trator com efeito maior nas gotas menores. O mesmo resultado não foi observado por CUNHA et al. (2004), onde os autores relatam que, nos bicos de jato plano, o aumento da pressão provocou diminuição do tamanho das gotas e, conseqüentemente, aumento da densidade de gotas e da cobertura do alvo.

Tabela 7 – Médias do diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da interação entre taxa de aplicação, pontas de pulverização e posição do dossel amostrado.

Pontas de pulverização	Posição	Taxa de aplicação		
		100 L ha ⁻¹	200 L ha ⁻¹	
TTI 11003	Folha +3	833,71 Aa	504,73 Ab	
	Folha +5	520,47 Ba	444,89 Aa	
AI 11005	Folha +3	563,71 Aa	511,66 Aa	
	Folha +5	605,29 Aa	495,77 Aa	
TFW 20 + Pingente	Folha +3	321,70 Aa	429,91 Aa	
	Folha +5	413,39 Aa	367,80 Aa	
Taxa de aplicação	Posição	Pontas de pulverização		
		TTI 11003	AI 11005	TFW 20 + Pingente
100L ha ⁻¹	Folha +3	833,71 Aa	563,71 Ab	321,70 Ac
	Folha +5	520,47 Ba	605,29 Aa	413,39 Aa
200L ha ⁻¹	Folha +3	504,73 Aa	511,66 Aa	429,91 Aa
	Folha +5	444,89 Aa	495,77 Aa	367,80 Aa
CV (%)		26,27%		

*Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ** Letras minúsculas referem-se à comparação entre taxa de aplicação e pontas de pulverização nas respectivas linhas, enquanto que as letras maiúsculas referem à comparação entre posições para cada respectiva taxa de aplicação e ponta de pulverização.

7.3.2 Número de Gotas por Centímetro Quadrado (NGCQ)

O número de gotas por cm² (NGCQ) variou de 14,88 a 264,93, havendo diferença estatística comprovada ao nível de 5% pelo teste de Tukey em todas as interações estudadas (Tabela 18). Sempre a NGCQ foi significativamente menor na taxa de aplicação (100L ha⁻¹), independentemente da ponta utilizada e da posição da planta avaliada. Isso ocorre porque o aumento da taxa de aplicação resulta necessariamente em aumento no número de gotas produzidas, o que proporcionou o maior número de impactos nos cartões de papel hidrossensível

(ROMÁN, et al., 2009; CUNHA et al., 2004). A maior diferença entre as taxas de aplicação ocorreu com a ponta AI 11005 na folha +3.

Comparando-se as pontas de pulverização na aplicação convencional, nota-se maior número de gotas com a utilização da ponta AI 11005 em comparação a TTI 11003, somente para a taxa de aplicação de 200Lha^{-1} , em ambos os extratos do dossel, o que pode estar atrelado principalmente ao menor tamanho da gota produzido e em maior número no momento da pulverização, embora não tendo sido identificada diferença entre os tamanhos de gota depositados nos cartões de papel hidrossensível nesta taxa, e sim na de 100L ha^{-1} .

Com relação aos diferentes extratos do dossel (folhas +3 e +5), a folha +3 teve maior NGCQ em todas as aplicações com as pontas TT 11003 e AI 11005. Essas pontas são utilizadas na barra de pulverização acima da altura da planta e a folha +3 está mais próxima. Portanto, as gotas que sobram para poder atingir as folhas +5 são aquelas que não foram depositadas nas folhas do cartucho até a folha +4. Os papéis locados no dossel superior das plantas possuem probabilidade maior de serem atingidos pelas gotas pulverizadas, visto que a distância que as gotas precisam percorrer para atingir a parte inferior do dossel é maior. É importante salientar que, no presente trabalho, os cartões de papéis hidrossensíveis estavam posicionados inclinados em relação à superfície do terreno, seguindo a arquitetura das plantas. Essa configuração também pode ter contribuído para a maior cobertura no dossel superior, decorrente da simulação da arquitetura foliar das plantas de cana-de-açúcar.

No entanto, nas aplicações com a ponta TFW 20 + Pingente, a situação se inverteu e a folha +5 é que recebeu maior NGQ. Esse tratamento proporcionou menores níveis de impactos sobre os cartões de papel hidrossensível em relação às demais pontas da aplicação convencional, principalmente nas folhas +3 da cultura, independentemente da taxa de aplicação empregada (Tabela 19). O menor número de impactos verificados quando da utilização da ponta TFW 20 acoplado ao pingente, se deve principalmente a direção do jato de pulverização, perpendicularmente ao alvo amostrado no interior da cultura, diferentemente das demais pontas testadas na aplicação convencional. Este fato contribuiu para o aumento no número de impactos nas folhas +5 (extrato inferior), em relação às folhas +3 (extrato superior).

Tabela 8 – Médias do número de gotas por cm^2 em função da interação tripla entre taxa de aplicação, pontas de pulverização e posição do dossel amostrado.

Pontas de pulverização	Posição	Taxa de aplicação	
		100 L ha^{-1}	200 L ha^{-1}
TTI 11003	Folha +3	40,50 Ab	218,71 Aa
	Folha +5	17,10 Ab	148,40 Ba
AI 11005	Folha +3	67,25 Ab	264,93 Aa
	Folha +5	28,15 Bb	197,76 Ba
TFW 20 + Pingente	Folha +3	14,88 Ab	104,75 Ba
	Folha +5	35,17 Ab	174,45 Aa

Taxa de aplicação	Posição	Pontas de pulverização		
		TTI11003	AI 11005	TFW 20 + Pingente
100L ha^{-1}	Folha +3	40,50 Aab	67,25 Aa	14,88 Ab
	Folha +5	17,10 Ba	28,15 Ba	35,17 Aa
200L ha^{-1}	Folha +3	218,71 Ab	264,93 Aa	104,75 Bc
	Folha +5	148,40 Bb	197,76 Ba	174,45 Aab
CV (%)		24,17%		

*Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** Letras minúsculas referem-se à comparação entre taxa de aplicação e pontas de pulverização nas respectivas linhas, enquanto que as letras maiúsculas referem à comparação entre posições para cada respectiva taxa de aplicação e ponta de pulverização.

7.3.3 Porcentagem de Cobertura

A porcentagem de cobertura variou de 1,70 a 19,55, havendo diferença estatística comprovada ao nível de 5% pelo teste de Tukey em todas as interações estudadas (Tabela 19). Sempre foi significativamente menor na taxa de aplicação de 100L ha^{-1} , independentemente da ponta utilizada e da posição da planta avaliada. Isso é explicado pela redução no volume de aplicação e o tamanho de gotas grandes (MATUO et al., 2005).

Quando comparamos as taxas de aplicação com as posições dos cartões na folha da planta, verificamos que a ponta AI 110-05 determinou maior cobertura de gotas, proporcionado pela tecnologia de indução de ar nesta ponta de jato plano (TEEJET, 2012), nas duas taxas de aplicação e nas duas posições da folha. No caso da ponta TFW 20, com o uso do pingente, a porcentagem de cobertura foi maior na faixa inferior nas duas taxas de aplicação, embora tenha sido pouco eficiente na cobertura da parte superior da planta. Neste caso, da pesquisa

direcionada à tecnologia de aplicação de fungicidas (misturas de estrobilurina com triazol) para o controle da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar, que comprometem às folhas superiores da planta, isto não seria bom para o potencial controle da doença.

Ainda, no tocante à porcentagem de cobertura, o aumento da taxa de aplicação de 100L ha⁻¹ para 200L ha⁻¹ proporcionou maior porcentagem de cobertura (Tabela 20). Comparando-se as pontas de pulverização na aplicação convencional e com pingentes, houve somente diferenças significativas com a utilização da ponta TFW 20 + pingente, que teve menor percentual de cobertura do que as demais somente no extrato superior do dossel, igualando-se as demais no extrato inferior. Com relação à cobertura nos diferentes extratos, maiores valores são encontrados no dossel superior, salvo quando da utilização da ponta TFW 20 com pingente, que apresentou maior cobertura no extrato inferior em relação ao superior.

Tabela 20 - Médias da porcentagem de cobertura em função das taxas de aplicação e da interação entre pontas de pulverização e posição do dossel.

Pontas de pulverização	Posição	Taxa de aplicação	
		100 L ha ⁻¹	200 L ha ⁻¹
TTI 11003	Folha +3	7,68 Ab	19,55 Aa
	Folha +5	2,49 Bb	10,88 Ba
AI 11005	Folha +3	10,45 Ab	14,63 Aa
	Folha +5	4,80 Bb	14,09 Aa
TFW 20 + Pingente	Folha +3	1,70 Ab	7,18 Aa
	Folha +5	4,48 Ab	10,66 Aa

Taxa de aplicação	Posição	Pontas de pulverização		
		TTI11003	AI 11005	TFW 20 + Pingente
100L ha ⁻¹	Folha +3	7,68 Aa	10,45 Aa	1,70 Ab
	Folha +5	2,49 Ba	4,80 Ba	4,48 Aa
200L ha ⁻¹	Folha +3	19,55 Aa	14,63 Ab	7,18 Ac
	Folha +5	10,88 Ba	14,09 Aa	10,66 Aa
CV (%)		34,33%		

*Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ** Letras minúsculas referem-se a comparação entre taxa de aplicação e pontas de pulverização nas respectivas linhas, enquanto que as letras maiúsculas referem a comparação entre posições para cada respectiva taxa de aplicação e ponta de pulverização.

A porcentagem de cobertura é dependente do número de gotas, e seus respectivos tamanhos, depositadas sobre os cartões de papel hidrossensível (maior superfície específica). Neste sentido, a taxa de 200L ha⁻¹ proporciona maiores níveis de cobertura em função do maior número de gotas geradas durante a pulverização, apesar de apresentar menores tamanhos de gotas. Com relação à ponta de pulverização AI 11005 na taxa de 200L ha⁻¹ foi possível verificar diferença, possivelmente em decorrência da característica da ponta com indução de ar, favorecendo uma maior porcentagem de cobertura na folha+5. O mesmo fato ocorreu nas duas taxas de aplicação para a ponta TFW 20 acoplada ao pingente. Visto não haver diferença entre pontas na porcentagem de cobertura na folha +3, denota-se um favorecimento para o potencial controle da doença no caso destas duas pontas, pois conferem maior cobertura das folhas inferiores. Porém, os resultados desta variável denotam que o nível de cobertura encontrados nas folhas do extrato superior da ponta com pingente foi menor do que as outras duas pontas. O que conclui-se que na taxa de 200L ha⁻¹ a ponta AI 11005 é mais eficiente.

Segundo SOUZA et al. (2007), as folhas localizadas no terço inferior das plantas representam o alvo mais difícil de atingir em pulverizações. A sobreposição das folhas existentes no caminho das gotas e também a maior distância percorrida, além da maior possibilidade de perda por evaporação ou deriva das gotas menores, em condições ambientais adversas, implicam menor número de gotas chegando ao alvo e irregularidade no volume depositado. Todavia, o uso do pingente não aumentou a porcentagem de cobertura na faixa inferior da planta quando comparadas às pontas que não utilizaram (TTI 11003 e AI 11005).

Uma provável explicação é que todas as pontas utilizadas propiciaram gotas extremamente grossas e como consequência imediata desta situação operacional é que mesmo com o efeito de “freio” produzido pelo vento gerado entre a barra em deslocamento do autopropelido e a camada de ar existente entre a barra do pulverizador e o alvo representado pelos cartões de papel hidrossensível, não foi suficiente para impedir a descida de gotas médias que não evaporaram ou sofreram deriva atingindo a parte inferior da planta. Denotamos nesta situação a não necessidade do uso do pingente.

BOLLER E RAETANO (2011) verificaram aspectos da dinâmica das gotas de pulverização em máquinas aplicadoras terrestres e constataram que o processo comentado a respeito da dinâmica das gotas, facilita a evaporação e a

deriva das gotas mais finas de uma pulverização e dificulta a sua chegada no interior do dossel das culturas a ser tratadas.

CUNHA et al. (2010), analisando a cobertura de gotas nos diferentes terços da planta de milho, cultura com arquitetura similar à da cana-de-açúcar, afirmou que no dossel superior ocorreu maior porcentagem de cobertura e, no terço inferior, menor cobertura de gotas, o que já era esperado, uma vez que o terço superior encontra-se mais próximo ao ponto de lançamento da gota. Neste caso, a utilização do pingente poderia ser uma boa técnica, principalmente quando se trabalha com gotas finas e médias, comumente utilizadas nas aplicações de fungicidas em aplicações terrestres.

Os produtos sistêmicos translocam-se na planta via xilema (movimento acrópeta), ou seja, a translocação ocorre das partes inferiores para as partes superiores, seguindo o fluxo da transpiração. Todavia, no caso do controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar o alvo principal são as folhas mais novas (bandeira, +1, +2 e +3), onde a doença se aloja inicialmente, visto que as folhas inferiores logo se tornam senescentes e de baixa eficiência fotossintética (GIGLIOTTI et al., 1999; MAGAREY et al., 2004). Fungicidas sistêmicos são eficazes em condições de menor cobertura em comparação aos de ação de contato, contudo deve-se levar em conta que, mesmo denominados sistêmicos, costumam apresentar apenas movimento translaminar em várias culturas, reforçando a importância da tecnologia de aplicação (BOLLER et al., 2007).

Porém, como o produto a ser aplicado para o controle necessariamente seria uma mistura de fungicidas com ação sistêmica e translaminar (estrobilurina + triazol), permite inferir que haverá a mesma eficiência de controle, porém com maior rendimento operacional para o volume de 100 L ha⁻¹, além de economia de tempo e monetária ao longo do processo.

7.4 CONCLUSÃO

As folhas superiores receberam maiores percentuais de cobertura com as pontas sem pingente; o aumento da taxa de aplicação possibilitou maior cobertura. As pontas TTI 11003 e TFW 20 com pingente possibilitaram maior deposição nas folhas +5.

Para o controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar com o uso de misturas de estrobilurinas mais triazóis, recomenda-se pulverizações sem pingente, de preferência com as pontas AI 11005 e TTI 11003 para as taxas de aplicação 100 L e 200 L ha⁻¹, respectivamente.

7.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Línea Creativa, 2004. 50p.

ABI SAAB, O. J. G, COUTO, D. T. A, HIGASHIBARA, L. R. Perdas de produtividade causadas pelo rodado de pulverizadores. In.: Congresso Brasileiro da Ciência Aeroagrícola 2007, **Anais**, Botucatu/SP: FEPAF, 2007, p1-4.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Aldeia Norte, Botucatu- SP, 2011.

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

BOLLER, W.; MACHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicidas de contato em soja. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 722-727, 2007.

BOLLER, W.; RAETANO, C.G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASSI, U.R.;

CHAIM, A. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 73 p. 2009.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta daninha**, v.25, n.1, p.203-210, 2007.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.366-372, 2010.

CUNHA, J.P.A.R. da.; 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.977-985, 2004.

GIGLIOTI, É.A. ; ZAVAGLIA, L.P. ; MENESES, L.L. ; MOURA, G.L.; MATSUOKA, S. **Resistência e tolerância à ferrugem da cana-de-açúcar: o caso da RB835486**. Araras: CCA/UFSCar, 1999 (Boletim).

MAGAREY, R.C., NEILSEN, W.A. E MAGNANINI, A.J. (2004) **Environmental requirements for spore germination in three sugarcane leaf pathogens.** Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, 26: (These Proceedings).

MATUI, T. **Tecnologia de aplicação e equipamentos.** Brasília: ABEAS, 2005. 86p.

ROMÁN, R.A.A. et al. 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, 2009.

SOUZA, R.T. et al. 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.

TEEJET, 2012. **Bicos - Para área total.** Acesso em: 5/ nov/2012. Online. Disponível em: <http://www.teejet.com/portuguese/home/products/spray-products/broadcast-spray-nozzles.aspx>.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica.** 1997. 310f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

WOMAC, A.R. et al. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, v.42, p.609-616, 1999.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista fitopatológico, os fatores bióticos e abióticos, relacionados ao patógeno e à suscetibilidade do hospedeiro, são os mais importantes a se considerar na epidemiologia de qualquer doença. Do ponto de vista de tecnologia de aplicação, a taxa de aplicação, a porcentagem de cobertura e o diâmetro mediano volumétrico das gotas são fatores básicos que devem ser considerados para o planejamento de uma aplicação de fungicidas. Portanto, este trabalho alcançou o objetivo de avaliar as técnicas fitopatológicas emergenciais para o controle de uma nova doença que se instalou nos canaviais brasileiros, basicamente relacionadas à utilização de misturas de fungicidas aplicados em janelas de favorabilidade à germinação dos esporos da ferrugem alaranjada.

Foi verificado, em concordância com experimentos conduzidos em outros países, que misturas de estrobilurina e triazol são eficazes para diminuir a severidade da doença e evitar grande parte das conseqüentes perdas. Também demonstrou-se que a ferrugem alaranjada pode ser economicamente controlada nas variedades suscetíveis e/ou intermediárias, em condições climáticas e de manejo conducivas à doença, se o correto fungicida for selecionado, se a aplicação ocorrer no início do ciclo de infecção, com uma boa cobertura das folhas afetadas, e se o preço da cana, do açúcar ou álcool forem compensadores.

Com base nos resultados encontrados nos trabalhos de tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar, os experimentos desenvolvidos indicaram que as folhas superiores da cana-de-açúcar receberam maiores percentuais de cobertura do que as folhas posicionadas no dossel inferior da cultura.

As menores taxas de aplicação terrestre ou aérea podem produzir coberturas equivalentes às maiores. Porém, observando-se todos os cuidados necessários com possíveis impactos ambientais decorrente à deriva dos fungicidas, ou, qualquer outro produto, principalmente decorrente da aplicação aérea.

Em condições adversas, como baixa umidade, velocidade do vento alta e temperatura elevada, o difusor core46 pode ser uma melhor opção, pois apresenta valor de DMV maior quando comparado ao difusor core-45, e poderá contribuir positivamente na qualidade de aplicação, como menor risco de perdas por deriva.

Denotam-se que em todos os experimentos, objetivando o controle da doença, no caso da ferrugem alaranjada, alvo favorecido pela arquitetura da planta e de massa foliar no dossel relativamente pequeno e fácil de atingir, que as aplicações terrestres não exigiriam altas taxas de aplicação, gotas muito pequenas, nem tão pouco, acessórios de aplicação do tipo assistência de ar, ou, pingente.

Pesquisas, complementares, devem ser planejadas e executadas para um acúmulo substancial de informações que possibilitem o melhor controle não apenas da ferrugem alaranjada, mas também de outras doenças fúngicas que assolam a cultura.