

WILLIAN ALVES MACHADO

**TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO DO IMIDACLOPRIDO NO CONTROLE DO
PULGÃO-DOS-CEREAIS (*Schizaphis graminum*) EM TRIGO E SEUS EFEITOS
SOBRE INIMIGOS NATURAIS**

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2017

WILLIAN ALVES MACHADO

**TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO DO IMIDACLOPRIDO NO CONTROLE DO
PULGÃO-DOS-CEREAIS (*Schizaphis graminum*) EM TRIGO E SEUS EFEITOS
SOBRE INIMIGOS NATURAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho

Coorientador:

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M149t Machado, Willian Alves, 1984
2017 Tecnologias de aplicação do imidacloprido no controle do pulgão-
dos-cereais (*Schizaphis graminum*) em trigo e seus efeitos sobre
inimigos naturais / Willian Alves Machado. - 2017.
89 p. : il.

Orientador: Stephan Malfitano Carvalho.
Coorientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2017.24>
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Trigo - Doenças e pragas - Teses. 3.
Inseticida - Teses. 4. Afídeo - Teses. I. Carvalho, Stephan Malfitano. II.
Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues da. III. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

WILLIAN ALVES MACHADO

**TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO DO IMIDACLOPRIDO NO CONTROLE DO
PULGÃO-DOS-CEREAIS (*Schizaphis graminum*) EM TRIGO E SEUS EFEITOS
SOBRE INIMIGOS NATURAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADO em 31 de julho de 2017

Prof. Dra. Denise Abraham – Professora colaboradora da Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto - UFU

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho

UFLA

(Orientador)

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2017

AO NOSSO CRIADOR MAIOR

AOS MEUS PAIS

À MINHA ESPOSA E AO MEU FILHO

AOS MEUS ORIENTADORES

E AOS AMIGOS

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
pela oportunidade de aprendizado e aprimoramento.

Aos meus professores, pela oportunidade de orientação para aperfeiçoar-me nos estudos,
pela boa vontade e perseverança em ensinar e pelo exemplo de dedicação e
profissionalismo.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 A cultura do trigo no Brasil	5
2.2 Pulgão-dos-cereais, inimigos naturais e o manejo fitossanitário na cultura do trigo	7
2.3 Tecnologia de aplicação e uso de adjuvantes	9
2.4 Impacto ambiental das intervenções fitossanitárias	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Avaliação da tecnologia de aplicação	28
3.2 Avaliação das características físico-químicas da calda de pulverização	32
3.3 Avaliação da eficácia do controle químico do pulgão-dos-cereais e do impacto sobre as populações de inimigos naturais	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Características físico-químicas da calda	35
4.2 Diâmetro médio volumétrico	39
4.3 Diâmetro médio volumétrico de gotas com diâmetro menor que 100 µm	41
4.4 Amplitude Relativa	43
4.5 Deposição de calda	44
4.6 Avaliação de controle do pulgão-dos-cereais	48

4.7 Efeito tóxico sobre inimigos naturais	54
4.7.1 <i>Chrysoperla externa</i>	54
4.7.2 <i>Orius insidiosus</i>	58
5. CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	65

RESUMO

MACHADO, Willian Alves. Tecnologias de aplicação do imidacloprido no controle do pulgão-dos-cereais (*Schizaphis graminum*) em trigo e seus efeitos sobre inimigos naturais 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017¹.

Uma das principais espécies de inseto encontradas em trigo é o pulgão-dos-cereais, *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852), o qual reduz substancialmente a produção de grãos, retarda o crescimento de raízes e prejudica o perfilhamento. Como consequência do ataque, é comum a aplicação de inseticidas que, mal manejados, acarretam uma série de prejuízos econômicos e ambientais. O objetivo, neste trabalho, foi estudar as combinações entre taxas de aplicação, pontas hidráulicas e adjuvantes no controle químico do pulgão-dos-cereais na cultura do trigo e o impacto sobre alguns de seus inimigos naturais. Foram realizadas aplicações de inseticida imidacloprido em dois campos de multiplicação de sementes da cultivar BRS 404, duas taxas de aplicações (75 e 150 L.ha⁻¹), com e sem a adição de dois adjuvantes de características químicas diferentes e combinados com três tipos de pontas hidráulicas de pulverização. Também foram avaliadas, em laboratório, as propriedades físico-químicas das caldas utilizadas para os estudos de campo. Ao longo dos estudos laboratoriais, observou-se a existência de interação significativa entre condutividade e tensão superficial com os adjuvantes avaliados. Em relação às tecnologias empregadas, a deposição de calda nas folhas bandeira e espigas, na menor taxa de aplicação (75 L ha⁻¹), foi estatisticamente igual ao da maior taxa de aplicação (150 L ha⁻¹), independente do uso de adjuvante. Quanto ao controle do pulgão-dos-cereais, os

¹ Comitê de orientação: Stephan Malfitano Carvalho – UFLA e João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – UFU

tratamentos que apresentaram melhor eficiência foram aqueles que continham adjuvantes, independente da taxa de aplicação, demonstrando ser possível a redução do volume de calda. Entretanto, o inseticida imidacloprido mostrou ser altamente nocivo aos predadores do pulgão-dos-cereais, *Chrysoperla externa* e *Orius insidiosus*, ocasionando mortalidade logo nos primeiros três dias após a aplicação, independente da tecnologia de aplicação empregada.

Palavras-Chave: Inseticida, taxa de aplicação, ponta hidráulica, adjuvante, afídeo, predadores.

ABSTRACT

MACHADO, Willian Alves. Imidacloprid application technologies for the control of wheat aphid (*Schizaphis graminum*) and its effects on natural enemies. 2017. 64 f. Dissertation (Master in Agriculture) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017¹.

One of the main aphid species found in wheat is *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852), which substantially reduces grain production, impairs root growth and tillering. Insecticide application may be required and, when improperly managed, lead to a series of economic and environmental damages. Therefore, this study evaluated the combinations of spray application rates, nozzles and adjuvants on the chemical control of wheat aphid in wheat and the environmental impacts on the populations of some natural enemies. Imidacloprid applications were done in two seed multiplication fields of cultivar BRS 404. Two application rates (75 or 150 L ha⁻¹) were used in combination with one of two adjuvants of different chemical characteristics and three types of hydraulic spray tips. Physicochemical properties of spray solutions used in the field were evaluated in the laboratory, which demonstrated significant interaction between conductivity and surface tension with the adjuvants evaluated. Deposition of the applied solution on wheat first leaf and spikes at the lower application rate (75 L ha⁻¹) was statistically similar to that of the greater application rate (150 L ha⁻¹), regardless of adjuvant use. Wheat aphid control was more effective in treatments containing adjuvants in both application rates tested (75 and 150 L ha⁻¹), demonstrating that it is possible to reduce application rate. However, imidacloprid showed

¹ Supervising committee: Stephan Malfitano Carvalho – UFLA and João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – UFU

to be highly noxious to the predators *Chrysoperla externa* and *Orius insidiosus*, causing mortality within three days after the application, regardless of the technology used

Keywords: Insecticide, spray rates, nozzle, spray adjuvants, aphids, predators.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Originário de regiões montanhosas do sudoeste da Ásia (Irã, Iraque e Turquia), o trigo foi cultivado na Europa já na pré-história e foi um dos mais importantes cereais para a alimentação humana na Pérsia antiga, na Grécia e no Egito. Desempenhou papel importante no desenvolvimento de várias civilizações e tem sido o grão preferencial para alimento nos países desenvolvidos (CASTRO et al., 1999).

Botanicamente, o trigo pertence à família Gramineae, tribo Triticeae, subtribo Triticinae. A espécie cultivada *Triticum aestivum* L. é uma planta autógama com flores perfeitas que, em condições normais de cultivo, apresenta baixa frequência de polinização cruzada. Atualmente, cultivam-se trigos de inverno e de primavera. O trigo cultivado no Brasil é de hábito primaveril e a maioria das cultivares é insensível ao fotoperíodo (SOARES SOBRINHO; SOUZA, 1983).

A estimativa de produção brasileira anunciada pela Conab para a safra 2016/2017 é recorde nacional, e seu volume deve passar de 5,534 milhões para 6,726 milhões de toneladas, sendo 21,5% maior e equivalendo a 62,7% da demanda brasileira dessa matéria-prima e a 64,7% do volume esperado de moagem industrial nesse período. A região sul deve participar com 91,3% da produção nacional, a sudeste com 7,3% e o centro-oeste com 1,3% (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017). A produção de trigo no Brasil Central concentra-se em Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, sendo, em sua maioria, trigo irrigado. O fenômeno de se buscar áreas alternativas à região subtropical para o cultivo de trigo é a alternativa para o abastecimento do mercado interno de trigo, para se evitar problemas bióticos (pragas e doenças) e abióticos (condições climáticas) e questões referentes à logística, ao armazenamento, ao beneficiamento e à distribuição do trigo e seus derivados. Para isso, buscou-se, a partir de 2016/17, diferenciar os preços mínimos para as regiões

brasileiras, de modo a estimular a migração da produção, concentrada nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, como forma de ocupar as vastas áreas do bioma cerrado (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017).

A produtividade das variedades de trigo é fortemente influenciada por fatores abióticos, como clima, solo e nutrição, e por fatores bióticos, como pragas e doenças. Os pulgões (Hemiptera: Aphididae) foram o principal problema fitossanitário no cultivo de cereais de inverno, na década de 1970, no sul do Brasil (SALVADORI; SALLES, 2002). A capacidade de ataque desses insetos é elevada devido ao alto potencial biótico e à toxicidade das substâncias injetadas no tecido vegetal durante o ato de alimentação. Em ataques intensos, nas fases de emergência ao perfilhamento do trigo, em geral, levam as plantas à morte (GASSEN, 1984; SALVADORI; TONET, 2001).

O controle químico é predominantemente utilizado no manejo do pulgão-verde-dos-cereais e recomendado quando 10% das plantas estiverem infestadas durante a fase vegetativa ou quando ultrapassar o número de dez pulgões por espiga, até a fase de grão em massa mole (SILVA et al., 1996). Sendo assim, segundo diversas recomendações técnicas, a produção de trigo ainda é dependente do uso de inseticidas, onerando o custo de produção e gerando diversos problemas de ordem ambiental (SALVADORI, 1999).

No passado dispensava-se pouca atenção aos padrões de aplicações de produtos fitossanitários, uma vez que o que se buscava era o bom molhamento (cobertura) da cultura mediante o emprego de altas taxas de aplicações. Hoje, com a busca crescente pela diminuição da taxa de aplicação, a redução dos custos e o aumento da eficiência das pulverizações, o conhecimento da forma de aplicação torna-se fundamental para garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas e, sobretudo, sendo uma intervenção segura com relação ao ambiente (MATUO, 1990).

Nesse contexto, a aplicação racional e técnica dos produtos fitossanitários visa ao manejo econômico, com distribuições corretas e uniformes das quantidades necessárias para o alvo, quer sejam insetos, doenças e/ou plantas infestantes. Com isso, aumentam-se os ganhos de rendimento nas lavouras, além de se reduzir prejuízos ao ambiente e à saúde humana (MINGUELA; CUNHA, 2010a). No entanto, nos tratamentos fitossanitários, nota-se, no campo, que é dada muita atenção aos princípios ativos utilizados e a algumas de suas características, em detrimento da tecnologia empregada no momento da aplicação, que é ignorada em muitos casos (CUNHA, 2008).

Diretamente relacionada ao alvo está a definição de parâmetros, como a taxa de aplicação e o tamanho de gotas. A definição da taxa de aplicação depende do tipo de alvo a ser atingido, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores. A taxa de aplicação influencia também a eficiência operacional da aplicação, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera significativamente a capacidade operacional dos pulverizadores (ANTUNIASSI, 2004).

A redução da taxa de aplicação requer, porém, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo. Assim, há a necessidade de estudos que viabilizem a utilização de pontas e taxas adequadas (SILVA, 1999). Adicionalmente, além dos ganhos com a questão operacional, é importante estudar os possíveis impactos gerados pela tecnologia, em especial sobre a população de insetos benéficos, como, por exemplo, os predadores.

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes tecnologias de aplicação do inseticida imidacloprido na cultura do trigo, no que se refere à deposição de calda na folha bandeira e na espiga, ao estudo do espectro de gotas por meio da avaliação dos impactos em papéis hidrossensíveis, à avaliação das características físico-químicas da calda de pulverização (potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica,

densidade, viscosidade dinâmica e tensão superficial), ao controle químico do pulgão-dos-cereais e aos impactos dessas práticas sobre seus inimigos naturais presentes na área no momento das aplicações dos tratamentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do trigo no Brasil

No Brasil, há relatos de que o cultivo do trigo tenha se iniciado em 1534, na antiga capitania de São Vicente. A partir de 1940, a cultura começou a se expandir comercialmente no Rio Grande do Sul. Nessa época, colonos do sul do Paraná plantavam sementes de trigo trazidas da Europa em solos relativamente pobres, onde as cultivares de porte alto, tolerantes ao alumínio tóxico, apresentavam melhor adaptação. A partir de 1969/70, o trigo expandiu-se para as áreas de solos mais férteis do norte/oeste do Paraná e, em 1979, aquele estado assumiu a liderança na produção de trigo (EMBRAPA TRIGO, 2017).

Os estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina são responsáveis por mais de 90% da produção nacional, sendo o Paraná o maior produtor, respondendo por mais da metade do volume produzido (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2017). O seu real desenvolvimento ocorreu a partir de 1950, com o processo de modernização da agricultura por meio da incorporação de máquinas e equipamentos na produção agrícola, em razão dos fortes subsídios governamentais. Este processo avançou também para o oeste de Santa Catarina, algumas regiões de São Paulo e, mais recentemente, para o centro-oeste brasileiro (ABITRIGO, 2013).

Apesar de as estimativas apontarem para uma produção recorde de trigo na safra 2016/2017, da ordem de 6,726 milhões de toneladas, o Brasil jamais conseguiu a autossuficiência em relação a este cereal. O consumo interno de trigo é de, aproximadamente, 10 milhões de toneladas por ano, em média 60 kg habitante/ano, podendo chegar a quase 11 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2017).

A Argentina é o principal fornecedor de trigo para o Brasil. Essa condição se consolidou com o fortalecimento do MERCOSUL, a partir de 1991. Um conjunto de fatores relacionados às tomadas de decisões do governo brasileiro naquela época, como a eliminação de subsídios ao setor tritícola e a não compra e estocagem do produto, favoreceu a dependência do mercado interno das importações, contribuindo para o desestímulo da produção nacional. Dessa maneira, a triticultura nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, historicamente os dois principais estados produtores do cereal, foi seriamente comprometida (CUNHA et al., 1999).

A situação atual, com preços e custos de produção elevados, demonstra que o momento é de reflexão para a triticultura nacional e as demais culturas de inverno. O setor produtivo espera a definição de uma política pública de apoio permanente e decisiva em favor da produção nacional, garantindo o abastecimento doméstico com a eliminação da dependência externa (FAOSTAT, 2012).

Segundo Mundstock (1999), a falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos de produtividade são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo. Entretanto, no Brasil, ela vem alcançando, a cada dia, maior importância frente aos países produtores e exportadores, alicerçada nos ganhos de produtividade, na rentabilidade e na melhoria da sua qualidade industrial (EMBRAPA, 2001).

O cerrado brasileiro se apresenta como uma alternativa para a produção de trigo em cultivo de sequeiro e irrigado, pois é onde a colheita ocorre primeiro no país, o que pode garantir ao produtor melhor renda (SILVA, 2001). Instituições de pesquisa têm desenvolvido genótipos de trigo adaptados à região e que apresentam elevada produtividade e estabilidade.

A abertura do cerrado brasileiro para a agricultura, em terras nas quais a correção da acidez do solo vem proporcionando altas produtividades, tem chamado a atenção de muitos produtores rurais e pesquisadores. Nos últimos anos, uma importante ferramenta para a diversificação dos sistemas produtivos na região do cerrado tem sido o trigo. Essa cultura apresenta-se como importante opção para cultivo na safra de inverno, correspondendo a cerca de 50% da demanda do mercado interno (LOPES; GUILHERME, 1992).

Entretanto, muitos aspectos de manejo, principalmente com relação à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, ainda não estão bem definidas para essa cultura. Grande parte das tecnologias utilizadas na região foi introduzida das regiões sul e sudeste, não refletindo, portanto, as condições ambientais do cerrado brasileiro, justificando a necessidade de geração e atualização do conhecimento.

2.2 Pulgão-dos-cereais, inimigos naturais e o manejo fitossanitário na cultura do trigo

O pulgão-verde-dos-cereais, *Shizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae), tem inúmeros hospedeiros, mas as maiores infestações ocorrem nas culturas de trigo, sorgo, cevada, aveia e centeio. A espécie se reproduz por partenogênese telítica e viviparidade. É um inseto sugador, que se aloja nas folhas das plantas hospedeiras, causando manchas cloróticas ou necróticas nos locais onde ocorre a introdução do estilete para se alimentar (TONET; SILVA, 1994).

Segundo Pfadt (1978), o pulgão-verde-dos-cereais pode produzir de três a quatro gerações por mês. A temperatura ótima para reprodução, segundo o autor, se encontra na faixa de 21 a 24 °C, embora o inseto possa se reproduzir desde os 10 °C até os 30 °C. Em condições adequadas de temperatura, pode passar por quatro instares ninfais no período de

uma semana, quando, então, chega à fase adulta. Aos dez dias de vida, os adultos atingem a sua maior capacidade de proliferação, podendo alcançar uma taxa de dez ninfas/fêmea/dia.

Dentre os problemas enfrentados pela triticultura brasileira, o pulgão-verde-dos-cereais é considerado praga-chave, e as injúrias causadas por esse afídeo atingem a planta em praticamente todos os estádios fenológicos, indo desde a fase de plântula até o enchimento dos grãos, podendo levá-la à morte (SILVA et al., 1996).

O pulgão-verde-dos-cereais causa injúrias pela injeção de saliva e sucção de seiva. Enzimas presentes na saliva alteram as células e seus conteúdos, matando os tecidos vivos. Lesões são observadas, como manchas amarelas ou centros necróticos nas folhas, enquanto injúrias sistêmicas tornam-se evidentes nas raízes, que podem morrer (PFADT, 1985). O pulgão-verde pode, ainda, causar dano indireto pela transmissão do vírus do nanismo amarelo da cevada (BYDV), que é uma doença de grande impacto econômico em cereais (LISTER; RANIEIRI, 1995). De acordo com Esau (1957), o vírus causa extensiva degeneração do floema, ocasionando um colapso na condução da seiva, o que reflete em esterilidade ou mortalidade de afilhos e redução no crescimento da raiz e na produtividade de grãos.

O controle químico é predominante no manejo do pulgão-verde-dos-cereais e recomendado quando a infestação atingir 10% em plantas na fase vegetativa ou quando ultrapassar o número de dez pulgões por espiga até a fase de grão em massa mole. Sendo assim, a produção de trigo ainda é dependente do uso de inseticidas, onerando o custo de produção e impactando o ambiente (SILVA et al., 1996).

No entanto, estes insetos apresentam importantes agentes de supressão populacional, como predadores, entomopatógenos e parasitoides, sendo estes últimos considerados os mais específicos e eficientes (SALVADORI; TONET, 2001). Os

parasitoides de pulgões (himenópteros) apresentam boa capacidade de dispersão entre os anos, com uma grande dispersão entre os diversos cereais e baixa atividade, uma vez dentro da cultura (CARTER, 1987; VORLEY, WRATTEN, 1987). O conhecimento do grau em que esses movimentos dispersivos determinam sua exposição às culturas tratadas com pesticidas e os padrões subsequentes de reinfestação em áreas tratadas é escasso. Essas informações são necessárias para auxiliar na concepção e na interpretação de experimentos que explorem impactos de produtos fitossanitários sobre este grupo de invertebrados.

Diante do exposto, e do ineficiente e oneroso controle químico realizado até então no Brasil, em 1978 a Embrapa-Trigo introduziu 14 espécies de parasitoides exóticos, oriundos das mesmas regiões de origem dos pulgões (Ásia e Europa) (TAMBASCO, 1984; GASSEN, 1986). Nos insetários daquela instituição foram reproduzidos os parasitoides e liberados nas regiões sul e centro-oeste do Brasil (GASSEN, 1999; SALVADORI; SALLES, 2002). Especificamente na região oeste do Paraná, entre 1984 e 1985, foram introduzidas quatro espécies de parasitoides, (Hymenoptera: Braconidae), *Praon volucre* (Haliday, 1833), *Aphidius colemani* Viereck, 1912, *Aphidius uzbeskistanicus* e *Ephedron plagiator* (Nees, 1811), havendo um trabalho paralelo com os produtores da região, no sentido de implantarem medidas conservacionistas, visando auxiliar o estabelecimento dos inimigos naturais. Os resultados foram muito animadores. No período de 1979 a 1981, Zúñiga-Salinas (1982) registrou, em três áreas do estado do Rio Grande do Sul, baixa incidência populacional de pulgões. Da mesma forma, Tambasco (1984) confirmou a baixa incidência da praga entre 1980 a 1983, em Passo Fundo, RS. De acordo com Salvadori e Salles (2002), o controle populacional dos pulgões por micro-himenópteros se mantém até hoje, devido à adaptação e ao estabelecimento dos parasitoides nas regiões em que foram introduzidos.

2.3 Tecnologia de aplicação e uso de adjuvantes

Ao determinar o alvo a ser atingido, o produto deve exercer a sua ação sobre o organismo biológico que se quer controlar. Uma aplicação adequada é aquela que, realizada no momento correto, proporciona cobertura suficiente do alvo e nele deposita a quantidade de ingrediente ativo necessária para controlar o alvo biológico com segurança, a fim de que sejam evitados danos econômicos e ambientais (MATUO, 1990).

O estudo das características dos alvos deve incluir a análise sobre a capacidade de movimentação do produto técnico (ingrediente ativo) na planta, o estágio de desenvolvimento da cultura, a serosidade, a pilosidade e a rugosidade das folhas, a face da folha (inferior/superior) e a arquitetura das plantas (ANTUNIASSI, 2004). Protocolos de avaliações de riscos para determinações dos efeitos de inseticidas sobre artrópodes e inimigos naturais envolvem três níveis de estudos que são o laboratorial, o semicampo e o campo (BROWN et al., 1990). Destes, os estudos em níveis de campo fornecem resultados mais representativos, oferecendo uma simulação realista do comportamento prático dos produtos comerciais, assim como os efeitos prováveis que cada tratamento pode acarretar.

A escala dos tratamentos experimentais não representa as áreas comerciais tratadas que, frequentemente, excedem a vários quilômetros quadrados. Esta limitação é de grande importância, uma vez que a escala espacial dos tratamentos influencia a extensão e a duração dos efeitos dos produtos fitossanitários sobre determinadas populações de invertebrados em cereais, incluindo Carabidae, Coccinellidae, Linyphiidae e Staphylinidae (SMART et al., 1989; JEPSON, THACHER, 1990; THOMAS et al., 1990; DUFFIELD, AEBISCHER, 1994). Dessa forma, são frequentes os estudos com parcelas de tamanhos pequenos (4 a 20.000 m²), avaliando diferentes inseticidas, técnicas de amostragens, etc., levando a resultados inconclusivos e generalistas (BA-ANGOOD e STEWART, 1980;

INGLESFIELD, 1984; POWELL et al., 1985; SHIRES, 1985; FISCHER, CHAMBON, 1987; POEHLING, 1987; SMART et al., 1989).

Devido às variações nos resultados encontrados nas aplicações em lavouras, em linhas gerais, pode-se determinar que a eficácia do tratamento está diretamente relacionada à uniformidade e à intensidade da cobertura do material depositado sobre a vegetação do alvo (MCNICHOL et al., 1997). Entretanto, a necessidade de cobertura do alvo de aplicação ainda não está completamente elucidada. Ozeki, Kunz (1998) ressaltam que a qualidade da cobertura está na dependência direta do diâmetro de gotas. Para estes autores, uma densidade de 20 a 30 gotas/cm² é suficiente para a adequada eficiência dos inseticidas. Christofolletti (1999) aponta a necessidade de se trabalhar com 30 a 40 gotas/cm². Marochi, Schmidt (1996) citam uma densidade de 20 a 30 gotas/cm² para inseticidas com propriedade sistêmica e de 50 a 70 gotas/cm² para inseticidas não sistêmicos.

Diretamente relacionada ao alvo está a definição de parâmetros, como volume de aplicação e tamanho de gotas. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, da cobertura necessária, da forma de ação do inseticida 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 tratadas por hora dia) (ANTUNIASSI, 2004).

A redução do volume de calda requer, porém, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo. Assim, há a necessidade da realização de estudos que viabilizem a redução do volume de aplicação de inseticidas, para permitir a utilização de bicos e volumes de calda adequados (SILVA, 1999a). A tendência atual, devido ao alto custo do transporte de água e à perda de tempo em constantes paradas para o reabastecimento do pulverizador, é a prática de utilização de menor volume na aplicação.

Neste caso, é necessário o uso de gotas menores e mais uniformes para uma adequada cobertura do alvo (MATUO, 1990). Segundo o mesmo autor, o volume de calda utilizado está na dependência do tipo de aplicação a ser realizada, das características dos componentes da calda, do alvo e das condições ambientais.

Gotas pequenas são ideais, pois, para um mesmo volume de calda, as gotas de menor diâmetro ficam mais bem distribuídas na superfície da planta e proporcionam melhor cobertura do alvo (CUNHA, 2006) e maior penetração no dossel da cultura (ANTUNIASSI et al., 2004), levando à melhor eficiência do tratamento. Porém, gotas muito pequenas podem sofrer deriva ou evaporação e gotas muito grandes apresentam problemas devido à tendência de escorrimento e à menor cobertura. Em condições favoráveis, com temperatura abaixo de 30 °C, umidade relativa do ar acima de 55% e velocidades do vento abaixo de 10 km/h⁻¹, é possível utilizar volumes inferiores, desde que a ponta a ser utilizada propicie cobertura e distribuição de gotas uniformes (ANTUNIASSI, 2004).

Em estudo realizado por Zhu et al. (1994) foi demonstrado que gotas de 200 µm de diâmetro apresentam deriva inferior, quando comparadas a gotas de 100 µm. Com ventos na velocidade de 5,0 m.s⁻¹ e 60% de umidade relativa, gotas de 100 µm sofreram deriva de 6,48 m, enquanto os desvios de gotas de 200 µm foram de 0,04; 0,36 e 0,82 m, quando submetidas a velocidades de vento 0,5; 5,0 e 10 m.s⁻¹, respectivamente.

Para Antuniassi e Baio (2008), o sucesso de uma aplicação está relacionado à seleção das pontas de pulverização, ao ajuste do volume de calda, aos parâmetros operacionais, às condições ambientais favoráveis e ao momento correto da aplicação, devendo sempre levar em consideração as recomendações agronômicas de cada produto. As pontas hidráulicas exercem grande influência sobre a qualidade da aplicação, estabelecendo as características da pulverização produzida (regulam a vazão, o espectro de

gotas e a forma do jato emitido). A forma do jato emitido depende do tipo de ponta utilizada, da pressão de trabalho e da maneira como a lâmina do líquido se forma e se desintegra (CHRISTOFOLETTI, 1999). No mercado existe uma gama de pontas que geram diferentes formas de jatos, alterando as características da pulverização (MATUO, 1990; SPRAYING SYSTEMS CO, 1999). Cada tipo de ponta tem seu uso específico, porém, os que formam jato cônico, leque e duplo leque são recomendados para a aplicação de fungicidas e inseticidas em culturas com grande massa foliar (SPRAYING SYSTEMS CO, 1999).

O padrão de gotas adequado é aquele que proporciona o máximo controle da praga em questão, utilizando a menor quantidade possível de produto e com a mínima contaminação ambiental (HIMEL, 1969). Segundo Cunha (2003), tal conhecimento é importante, pois é necessário adequar o tamanho das gotas pulverizadas às condições locais, a fim de obter melhores resultados biológicos e garantir a segurança ambiental.

Courshee (1967) expressa a cobertura de um alvo por meio de uma equação em que é possível observar a interação entre os principais fatores que influenciam a cobertura.

$$C = \frac{15 VRK^2}{AD}$$

em que

C = cobertura (% área);

V = volume de pulverização (L ha⁻¹);

R = taxa de recuperação (% do volume aplicado que é captado pelo alvo);

K = fator de espalhamento das gotas;

A = superfície vegetal existente por hectare;

D = diâmetro das gotas.

Segundo esta equação, a cobertura pode ser melhorada com o aumento do volume de calda por unidade de área (taxa de aplicação). Quanto maior esta taxa em um mesmo

tamanho de gotas, maior a quantidade de gotas produzidas por centímetro quadrado. Por outro lado, o aumento do volume de calda diminui a eficiência operacional das aplicações. A redução nos volumes de aplicação é uma técnica bastante difundida, que tem por vantagem diminuir os custos operacionais. Porém, volumes de calda muito baixos exigem o uso de gotas pequenas para que sejam mantidos o nível de cobertura e a eficiência da intervenção fitossanitária. Estas gotas são facilmente perdidas por deriva ou, então, se forem utilizadas gotas grossas, há uma diminuição muito grande na cobertura dos alvos (HANKS, 1995).

As gotas produzidas não apresentam um tamanho único, mas sim um espectro de gotas. Desse modo, mesmo em qualquer modelo de ponta, há uma porcentagem do volume que é pulverizado através de gotas finas. Para analisar o espectro de gotas pulverizadas são utilizados os parâmetros diâmetro mediano volumétrico (DMV) e amplitude relativa. O DMV é o diâmetro da gota que divide o volume das gotas pulverizadas em duas partes, de forma que a soma dos volumes das gotas de diâmetro menor seja igual à soma do volume das gotas de diâmetro maior (ANTUNIASSI; BAIO, 2008). A amplitude relativa determina a homogeneidade do espectro de gotas. Quanto maior o valor da amplitude relativa, menor é a homogeneidade do espectro de gotas pulverizado (CUNHA et al., 2004).

A utilização de adjuvantes na calda de pulverização pode modificar várias características físico-químicas, como a tensão superficial, a tenacidade e o pH (CUNHA et al., 2010). Os adjuvantes, quando bem utilizados, podem melhorar a interação do defensivo com a água e corrigir algumas de suas características, como pH e dureza, entre outros, com impactos positivos sobre a eficiência de controle de pragas. Além disso, os adjuvantes podem modificar as propriedades da calda, melhorando a qualidade das gotas, aumentando o espalhamento e a adesão sobre a superfície foliar (KISSMANN, 1998). Tais

características podem acelerar a absorção do produto, reduzindo sua exposição a fatores ambientais de degradação/perda, como radiação solar, temperatura e lavagem pela chuva.

Adjuvantes podem ser classificados de acordo com sua função ou composição química. Entretanto, as duas classificações são limitadas, muitos produtos têm múltiplas funções ou, então, a composição química é complexa e não divulgada integralmente por parte dos fabricantes como parte do segredo industrial (GREEN, 2000). Antuniassi e Baio (2008); Durigan e Correia (2008) alertam para os problemas relacionados ao uso indevido de adjuvantes pelo desconhecimento de sua ação, que pode provocar efeito antagônico ao esperado. Ainda exemplificam que o processo de formação de gota pelas pontas pode ser alterado de acordo com as características físico-químicas da calda, a qual gera mudanças de acordo com o adjuvante utilizado. Por exemplo, Green (2000) lista os principais processos em que os adjuvantes agrícolas interferem. São eles a mistura de tanque (compatibilidade, solubilidade, estabilidade, proteção e espuma), o processo de aplicação (deriva e evaporação), a retenção (rebote e adesão), a deposição do produto no alvo (molhamento, espalhamento, forma física e solubilização) e a absorção e a translocação na planta.

Para atender às especificações de uma determinada ponta de pulverização, nos testes, geralmente, é utilizada somente água. Entretanto, alguns produtos adicionados à calda podem alterar o tamanho de gotas, assim como a vazão (KISSMANN, 1998). As principais características da calda que influenciam o tamanho de gotas estão relacionadas às características físicas da calda, como viscosidade e tensão superficial. Quanto maiores os valores de viscosidade e tensão superficial, maior a força necessária para a pulverização. Desse modo, quanto maiores estes valores, maior será o espectro de gotas produzido (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Estudos demonstram que alguns adjuvantes têm a capacidade de modificar a viscosidade das caldas. Cunha et al. (2010) obtiveram resultados significativos na viscosidade da calda contendo o adjuvante fosfatidilcolina e ácido propiônico. Chechetto et al. (2010) obtiveram resultados de aumento na viscosidade testando diferentes óleos adjuvantes de uso agrícola, com destaque para o óleo mineral (nimbus) na concentração de 0,1% v/v.

A tensão superficial das caldas é influenciada por adjuvantes da classe dos surfactantes. Os surfactantes são substâncias “tensoativas” que atuam na superfície alvo, sobre as películas de tensão superficial ou interfacial, para facilitar ou intensificar a retenção do soluto no alvo. Ainda, este tipo de produto pode ser classificado de acordo com suas propriedades que são espalhante, umectante, dispersante ou supressor e emulsificante ou estabilizador de emulsão. Outra classificação para os surfactantes é de acordo com sua ionização em água, sendo iônicos, anfóteros e não iônicos. No entanto, os anfóteros são pouco utilizados na agricultura (DURIGAN; CORREIA, 2008.). Ainda, os autores subdividem os surfactantes iônicos em aniônicos e catiônicos. Os aniônicos recebem esse nome por liberarem íons carregados positivamente, sendo negativamente reativos. Os catiônicos são o oposto, liberam íons carregados negativamente, sendo positivamente reativos. Adjuvantes aniônicos não devem ser utilizados com herbicidas catiônicos (ácido fraco), por haver o risco de perda de ação (efeito antagônico).

Ozkan et al. (1993), em estudo testando o efeito de adjuvantes no tamanho de gotas, no padrão de pulverização e na redução de deriva, constataram o aumento no DMV das caldas contendo adjuvantes, em relação à água, com o maior resultado para o adjuvante à base de polímero de acrilamida. Também foi observada uma melhora no perfil de pulverização para todos os adjuvantes em relação à água. Todos os adjuvantes testados contribuíram para a redução da porcentagem de deriva, entretanto, os menores resultados

foram para o adjuvante à base de polímero de acrilamida. Mota et al. (2010), também testando o efeito do adjuvante lauril éter sulfato sódico em mistura com o herbicida paraquat, observaram diferenças significativas entre as caldas contendo adjuvantes (isolados ou em mistura com o herbicida) e a calda contendo apenas o herbicida isolado. Nas caldas contendo adjuvante houve incremento no DMV e diminuição da porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 µm.

Deve-se ressaltar que nem todo adjuvante tem efeito no aumento de tamanho de gotas e diminuição da deriva. Em estudo avaliando potencial de deriva em túnel de vento e tamanho de gotas, Western et al. (1999) encontraram diferenças no comportamento entre o adjuvante nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol e de algumas emulsões, observando aumento na porcentagem de gotas susceptíveis quando comparado com água.

2.4 Impacto ambiental das intervenções fitossanitárias

Contaminações ambientais com produtos fitossanitários são uma preocupação mundial. Inovações na composição de produtos fitossanitários e métodos de aplicações apresentam novas soluções para antigos desafios. Por exemplo, com o advento dos neonicotinoides e fipronil, iniciou-se uma nova era no manejo de insetos, oferecendo maior versatilidade em métodos de aplicação (JESCHKE e NAUEN 2008).

A eficácia dos inseticidas neonicotinoides deve-se, em grande parte, à sua relativa boa solubilidade em água que, dentre outros fatores, pode favorecer a absorção e a translocação nos vegetais (PPDB, 2012). Uma vantagem associada ao uso destes produtos sistêmicos é que as plantas tratadas são uniformemente protegidas, ocasionando melhorias durante o manejo de insetos-praga (DIECKMANN et al., 2010).

Alguns neonicotinoides e, em partes, o fipronil são absorvidos pelas raízes e folhas e, depois, transportados para tecidos diferentes daqueles em que o produto foi aplicado

(NAUEN et al., 2001; DIECKMANN et al., 2010; AAJOURD et al., 2008), incluindo flores (BONMATIN et al., 2003 e BONMATIN et al., 2005), pólen (BONMATIN et al., 2007; KRUPKE et al., 2012) e néctar (STONER, EITZER 2012; PARADIS et al., 2014). Assim, independentemente do local onde uma praga ou organismo não alvo atacar uma planta tratada, eles entrarão em contato com o inseticida. Em linhas gerais, esses produtos podem ser aplicados de várias formas, como aplicação foliar, jatos dirigidos no solo e/ou tronco e tratamento de semente. No entanto, estima-se que aproximadamente 60% de todas as aplicações de neonicotinoides em nível mundial sejam realizadas via tratamento de semente/solo (JESCHKE et al., 2011, TATTAR et al., 1998; KREUTZWEISER et al., 2009).

Os inseticidas neonicotinoides e fipronil têm mostrado um risco para as minhocas e outros invertebrados do solo (PISA et al., 2014), de maneira geral, afetando negativamente o ecossistema subterrâneo (CHAGNON et al., 2014). As concentrações desses compostos em solos diminuem rapidamente após a aplicação, por degradação hidrolítica, fotolítica e microbiana, absorção da planta e lixiviação. No entanto, em algumas condições do solo e clima, principalmente, pode haver resíduos que persistam durante meses ou anos. A persistência é mais elevada em condições frias e secas e pelo menos para os neonicotinoides, mas, possivelmente, também para o fipronil (GUNASEKARA et al., 2007; CHOPRA et al., 2011).

Dado que os neonicotinoides e o fipronil são amplamente utilizados em ambientes agrícolas e podem persistir em solos, seus resíduos podem representar um risco para os organismos do solo (PISA et al., 2014). A absorção de resíduos do solo pelas plantas expande esse risco de exposição a outros organismos não alvo, como os que se alimentam de material vegetal vivo ou em decomposição, e os que coletam néctar e pólen (TAPPARO et al., 2011).

Existem inúmeras maneiras de inseticidas sistêmicos contaminarem águas subterrâneas ou de superfície. O uso crescente desses compostos no mundo inteiro levanta preocupações sobre a maior e as mais generalizadas contaminações de ambientes aquosos (OVERMYER et al., 2005). Além da toxicidade, a persistência dos pesticidas, as características dos metabólitos, a fonte de contaminação e o nível de exposição são importantes para determinar o impacto desses compostos nos organismos aquáticos e nos ecossistemas. Adicionalmente, a persistência dessas moléculas também é afetada pela exposição à luz solar, o pH, a temperatura, a composição da comunidade microbiana e também a formulação e a quantidade do pesticida (TISLER et al., 2009).

As aplicações terrestres ou aéreas podem levar à contaminação direta das águas superficiais. Além disso, a emissão de poeira das sementes tratadas durante a semeadura tem potencial de atingir áreas adjacentes. Relatório da EFSA (2013) mostra que a percentagem de deposição de poeira sobre a vegetação circundante pode atingir de 0,01%, em beterraba açucareira a 7,0%, em milho. Embora a água superficial não tenha a mesma capacidade de captação de uma vegetação tridimensional, ainda assim esses pesticidas podem, potencialmente, contaminar a água de superfície diretamente através da deriva (TAPPARO et al., 2012).

A solubilidade moderada, o potencial de lixiviação e a persistência da maioria dos neonicotinoides representam um risco contínuo e crescente para ambientes aquosos. A detecção de concentrações elevadas nas águas subterrâneas e superficiais torna-se mais frequente e generalizada no mundo. Com uma escala de uso cada vez maior e uma toxicidade relativamente alta para os invertebrados aquáticos, podem ser esperados impactos negativos nesses ecossistemas (SKROBIALOWSKI et al., 2004).

Muitos estudos têm se centrado na investigação dos efeitos dos neonicotinoides e do fipronil sobre as abelhas (*Apis mellifera* L., 1758). Além de seu valor ambiental, social

e econômico, essa espécie é a principal polinizadora de culturas no mundo (BREEZE et al., 2011). As perdas de abelhas são, geralmente, medidas como perdas de inverno em nível nacional e regional, e as indicações são de que as populações de abelhas sofrem perdas elevadas em muitas partes do mundo (OLDROYD, 2007; STOKSTAD, 2007; VAN DER ZEE et al., 2012).

Pelos estudos realizados até o momento, não existe uma causa única responsável pelo declínio das colmeias, sendo frequentemente associadas a múltiplos fatores, incluindo pesticidas, perda de habitat, patógenos, parasitas e fatores ambientais (DECOURTYE et al., 2010; NEUMANN, CARRECK, 2010; KLUSER et al., 2011). Os neonicotinoides estão entre os inseticidas mais utilizados em todo o mundo e, portanto, são alvos principais para investigar possíveis relações com perdas elevadas de abelhas (AIZEN, HARDER 2009 e MANI et al., 2010).

Os neonicotinoides e o fipronil apresentam toxicidade aguda elevada para as abelhas. A família de neonicotinoides inclui imidacloprido, clotianidina e tiametoxam (este último é metabolizado em clotianidina, tanto pela planta quanto inseto). O imidacloprido, a clotianidina e o tiametoxam pertencem aos nitro-neonicotinoides, um grupo que é, geralmente, mais tóxico do que os cyano-neonicotinoides, que incluem o acetamiprido e o tiacloprido. Embora os neonicotinoides sejam aplicados como inseticidas foliares com possíveis riscos de exposição direta às abelhas, uma grande parte do uso de neonicotinoides consiste no tratamento de sementes ou aplicação direta no solo. O fipronil pertence à família de inseticidas fenilpirazol e, tal como os neonicotinoides, tem propriedade sistêmica discutida (SIMON-DELSO et al., 2014).

Na prática, a dose letal para abelhas (DL_{50}) para estes pesticidas varia de uma ampla gama de condições bióticas e abióticas. A DL_{50} do imidacloprido, por exemplo, mostrou valores entre 3,7 e 40,9, 40 e 60, 49 e 102 e 490 ng/abelha (NAUEN et al., 2001,

SCHMUCK et al., 2001 e SUCHAIL et al., 2000). Esta variação de 100 vezes (5-500 ng/abelha) foi observada tanto intracolônias quanto intercolônias. Um componente principal desta variação provém da rota de exposição, oral e contato, sendo esta última a que apresenta os efeitos mais tóxicos.

As análises das abelhas e do conteúdo das colônias indicam que elas são frequentemente expostas a múltiplos pesticidas simultaneamente (MULLIN et al., 2010; PARADIS et al., 2013). Exposições combinadas podem ser motivo de grande preocupação, pois é comum ocorrerem efeitos aditivos e/ou sinérgicos. Por exemplo, o uso do tiacloprido associado a fungicidas inibidores de biossíntese de ergosterol apresenta toxicidade elevada, quando comparado com uso isolado (SCHUMUCK et al., 2003).

Os organismos não alvos podem ser expostos a pesticidas neonicotinóides de várias formas. Predadores invertebrados podem ser contaminados por pragas contaminadas, tais como cigarrinhas ou afídeos, que se alimentam de culturas tratadas (ALBAJES et al., 2003). Outros exemplos são espécies de sirfídeos e parasitoides que atacam pragas agrícolas, mas que também se alimentam de néctar, que são afetadas por resíduos de neonicotinóides em néctar e pólen de plantas cultivadas tratadas (KRISCHIK et al., 2007).

Por exemplo, Stapel et al. (2000) descobriram que o parasitoide *Microplitis croceipes* (Cresson, 1872) (Hymenoptera: Braconidae) tinha reduzido significativamente a capacidade de forrageamento e a longevidade após a ingestão de néctar extrafloral de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) tratado com imidacloprido. No caso de lepidópteros que habitam estruturas adjacentes a áreas onde os pesticidas são aplicados por pulverização aérea, os efeitos indiretos da deriva podem representar riscos tanto durante como após as aplicações (SINHA et al., 1990). Na década de 1980, por exemplo, a aplicação de inseticidas em vinhedos do Vale do Mosel, na Alemanha, levou quase à extinção uma população de borboletas *Parnassius apollo* L., 1748 (Lepidoptera: Papilionidae), que

estava restrita a encostas rochosas adjacentes (KINKLER et al., 1987 e RICHARZ et al., 1989). No norte da Itália, comunidades de borboletas em pastagens naturais sofreram declínios drásticos após entrarem em contato com resíduos carregados pelo vento e que eram oriundos de pomares (TARMANN, 2009).

Tabela 1. Toxicidade aguda de alguns neonicotinoides empregados no manejo de insetos-praga sobre diferentes inimigos naturais da ordem Hemiptera.

Espécie	Produto	Dose letal 50 ¹		Referência
		Ninfas	Adultos	
<i>Orius laevigatus</i>	Imidacloprido	0,04	0,3	Delbeke et al. (1997)
<i>Hyalidodes vitripennis</i>	Tiacloprido	1,5	0,3	Bostanian et al. (2005)
	Tiametoxam	1,43	0,5	Bostanian et al. (2005)
<i>Geocoris punctipes</i>	Imidacloprido		5,180	Prabhaker et al. (2011)
	Tiametoxam		2,170	
<i>Orius insidiosus</i>	Imidacloprido		2,780	(2011)
	Tiametoxam		1,670	

¹ em miligrama de ingrediente ativo por indivíduo

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas etapas, sendo uma delas no Laboratório de Mecanização Agrícola do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e outra na fazenda Maringá, localizada no Município de Araguari, MG. Neste local, os experimentos foram instalados em duas áreas irrigadas via pivô central, distanciadas em 500 m e que estavam sendo utilizadas para a produção de sementes de trigo (*T. aestivum*), cultivar BRS 404 (espaçamento de 17 cm entre linhas e com população aproximada de 350 plantas/m²). A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto nos dias 4 de abril de 2016 (Pivô 01) e 8 de abril de 2016 (Pivô 04).

Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger, o clima da região é caracterizado como Aw (megatérmico), apresentando, durante o ano, duas estações bem definidas, inverno seco e verão chuvoso. A região tem temperatura média de 21,2 °C e pluviosidade média anual de 1.566 mm. Agosto é o mês mais seco do ano, com média de 10 mm de precipitação e o mês de dezembro, com média de 330 mm, é o mês de maior precipitação. A altitude da área é de 954 m, nas seguintes coordenadas geográficas: 18°34'00,23"S e 48°13'03,9"O (Figura 1).

A cultivar BRS 404 apresenta ciclo precoce a médio, com florescimento aos 53 dias após a semeadura; quando semeada no final do período chuvoso (março) emitirá a espiga no período mais seco do ano, ficando exposta ao ataque do pulgão-dos-cereais. Os tratos culturais utilizados seguiram as Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2000), no tocante à adubaçãoe ao controle de ervas daninhas e doenças.



Figura 1. Imagem aérea da área experimental, Fazenda Maringá, Araguari, MG, 2016.

FONTE: Google Earth. <<https://earth.google.com/web>>. Acesso em 21 de março de 2017.

Ao longo do trabalho, foram avaliados os seguintes parâmetros:

1. deposição de calda na folha bandeira e na espiga;
2. espectro de gotas gerado no momento das aplicações;
3. controle do pulgão-dos-cereais;
4. impactos ambientais gerados pelo uso desta tecnologia sobre as populações de *C. externa* e *O. insidiosus*;
5. propriedades físico-químicas das caldas (etapa laboratorial).

As descrições detalhadas dos tratamentos delineados a partir das interações entre taxas de aplicações, pontas hidráulicas, adjuvantes e dosagens estão apresentadas na Tabela 2. Detalhes sobre as pontas hidráulicas de pulverização e dos dois adjuvantes de características químicas diferentes seguem detalhados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados na aplicação de produtos fitossanitários em mistura de tanque sobre trigo, safra 2016/2016, Araguari, MG.

Tratamento	Ponta	Concentração/Dose	Taxa de aplicação (L ha⁻¹)
1	AS7030	-	75
2	MGA 015	-	75
3	MGA 015	0,6 mL/L	75
4	AS7030	0,6 mL/L	75
5	AS7030	100 mL/ha	75
6	MGA 03	-	150
7	MGA 03	0,6 mL/L	150
Controle		-	-

Tabela 3. Descrição das pontas utilizadas durante as aplicações dos produtos fitossanitários.

Tipo de ponta	Vazão (L/min)	Fabricante	Abreviatura
Cone vazio 90°	0,56	Magno Jet	MGA 015
Cone vazio 90°	1,13	Magno Jet	MGA 03
Jato plano duplo assimétrico 110°	0,75	Magno Jet	AS 7030

Tabela 4. Descrição dos adjuvantes utilizados durante as aplicações dos produtos fitossanitários.

Nome comercial	Composição	Concentração/Dose	Indicação de uso
Mirus 400Si “Adjuvante 01”	Lauril éter sulfato de sódio	0,6 mL/L	Antievaporante, acidificante, antideriva e antiespumante
Orlist 900Li “Adjuvante 02”	Copolímero de poliéster, silicone e D-limoneno	100 mL/ha	Umectante, compatibilizante, espalhante e penetrante

*Informações disponibilizadas pelo fabricante Ferti, Indústria de Fertilizantes, Araxá, MG.

As aplicações foram realizadas em mistura de tanque envolvendo os adjuvantes mencionados anteriormente, juntamente com o inseticida imidacloprido (200 g de Galeão[®]/ ha⁻¹) e o corante azul brilhante (300 g de FD&C Blue[®]/ ha⁻¹). As aplicações nos dois pivôs foram realizadas no dia 6 de julho de 2016, momento no qual a densidade populacional do pulgão atingiu o índice de infestação nas plantas de 10%, conforme as Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2000).

Foi utilizado o pulverizador autopropelido Case[®] modelo Patriot 250 para as aplicações dos tratamentos, com capacidade total volumétrica de 2.500 litros de calda. O pulverizador apresentava as seguintes características: comprimento da barra de 27 m e espaçamento entre pontas de 0,5 m (total de 54 pontas). Foi estabelecida a velocidade média de 16 km/h para as aplicações de todos os tratamentos. A aplicação do experimento está ilustrada na Figura 2.



Figura 2. a) Pulverizador autopropelido Case® modelo Patriot. b) Detalhe de um porta-pontas utilizado durante o ensaio.

Os tratamentos foram dispostos em faixas contínuas com cada unidade experimental constituída de 20.000 m², o correspondente a 740 m de comprimento e 27 m de largura. A área útil avaliada foi correspondente a 1.800 m², das quais se descartaram 10 m das cabeceiras e 1 m de cada lado da parcela experimental. Para o tratamento controle, foi designada uma área de 40.000 m² sem aplicação (Figura 1).

As condições ambientais foram monitoradas durante a realização dos ensaios utilizando-se um termo-higroanemômetro digital da marca Skill-Tec®, modelo SKTHAL-01. Nas aplicações do Pivô 01, as condições climáticas foram as seguintes: temperatura mínima de 25,4 °C e máxima de 29,5 °C, umidade relativa do ar entre 48% e 51%, e ventos com velocidades entre 5,8 e 7,9 km.h⁻¹. Nas aplicações do Pivô 04, as condições climáticas foram de temperatura mínima de 30,7 °C e máxima de 32,4 °C, umidade relativa do ar entre 43% e 45%, e ventos com velocidades entre 0,8 e 5,2 km.h⁻¹. Para a avaliação da qualidade da aplicação (deposição), imediatamente após as pulverizações, foram realizadas as coletas de amostras das folhas bandeira e espigas de trigo (Figura 3).

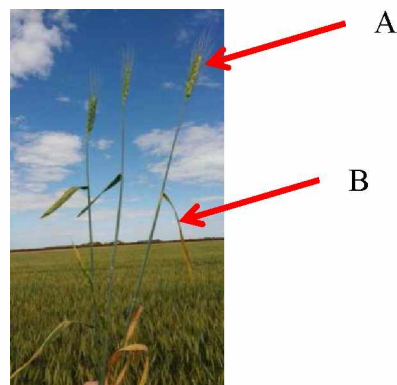


Figura 3. Detalhes sobre a arquitetura da planta de trigo: a) espiga de trigo; b) folha bandeira.

3.1 Avaliação da tecnologia de aplicação

Para a avaliação da deposição de gotas, foi escolhido o traçador “corante alimentício Azul Brilhante” catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue nº 1, na dosagem de 300 g. ha^{-1} , o qual, em estudos anteriores realizados por Cunha et al. (2014), demonstrou não causar interferências nas características físico-químicas da calda. A análise de depósito do traçador nas folhas e espigas foi realizada após a coleta aleatória de cinco amostras compostas com cinco folhas bandeira e/ou espiga (Figura 3) em cada unidade experimental. A escolha desses tecidos vegetal foi devido à maior ocorrência do pulgão-dos-cereais durante as avaliações prévias. Posteriormente, as amostras individualizadas e identificadas foram acondicionadas em sacos plásticos (Figura 4a) e mantidas em caixa de isopor no campo, sendo transportadas e conservadas em geladeira, no laboratório, para serem realizados os procedimentos de análises quanto à deposição de calda.

A extração do traçador Azul Brilhante foi realizada da seguinte maneira: adicionaram-se 50 mL de água destilada a cada saco plástico com as folhas bandeira e/ou espigas, sendo agitados, por 30 segundos, para a homogeneização do material. Em seguida,

o líquido foi drenado e transferido para copos plásticos, os quais foram mantidos em geladeira (6 a 8 °C) e estocado, por 24 horas, período necessário para a decantação de materiais sólidos (e.g., pequenos fragmentos vegetal e partículas de solo). Decorrida esta etapa, o sobrenadante de cada amostra foi analisado por meio da leitura da densidade óptica (absorbância) em espectrofotômetro (Biospectro[®], modelo SP-22) utilizando cubeta de quartzo com caminho óptico de 10 mm, volume de 3,5 mL e comprimento de onda de 630 nm, conforme PALLADINI et al. (2005) (Figura 4C). A curva de calibração foi elaborada por meio de diversas concentrações do traçador ($y = 0,0044x - 0,0011$ - $R^2 = 99,9\%$). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa de corante retida nas folhas bandeiras e nas espigas.



Figura 4. a) Amostras de folhas e espigas individualizadas em sacos plásticos após a coleta no campo; b) Extração do traçador Azul Brilhante em laboratório; c) espectrofotômetro Biospectro[®] modelo SP-22.

Nas folhas bandeira, o depósito total foi dividido pela área foliar de cada amostra, para obter a quantidade, em μg , do traçador por área (cm^2) de folha. No que tange às espigas, o depósito total foi dividido pela massa seca de cada amostra para obter a

quantidade, em μg de traçador por grama de massa seca de espiga. A área foliar das folhas bandeira foi analisada pelo Scanner Li-3100 (Lincoln Inc., Nebraska, EUA). Já a massa das espigas foi obtida após a secagem em estufa com circulação de ar (Lucadema[®], modelo LUCA-82/480), a 65 °C, por três dias e pesada em balança de precisão (ACCULAB[®] Sartorius Group, modelo-ALC-210.4) (Figura 5).



Figura 5. a) Scanner Li-3100; b) Estufa de secagem com circulação de ar.

O estudo do espectro de gotas pulverizadas foi realizado a fim de caracterizar os tratamentos realizados no campo. Para esta etapa, utilizaram-se papéis hidrossensíveis (76 x 26 mm) (Syngenta Crop Protection) alocados em cada respectiva área experimental antes da pulverização. Foram alocados cinco papéis hidrossensíveis junto à haste principal da planta de trigo, entre a folha bandeira e a espiga, na altura aproximada de 1,00 m do solo, não havendo resistência quanto à penetração das gotas no perfil da planta (Figura 6).



Figura 6. Papéis hidrossensíveis afixados à haste principal da planta de trigo, entre a folha bandeira e a espiga, nas parcelas úteis e a, aproximadamente, 1,00 m do solo.

Após a aplicação, os papéis foram recolhidos e armazenados em envelopes, livres de umidade. Posteriormente, foram digitalizados em escâner com resolução espacial de 1564 dpi (versão 2016.1124.1) e analisados pelo programa DropScope[®] (X Factory e Ablevision[®]). Determinaram-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR) e a percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm ($D_v < 100 \mu\text{m}$).

A amplitude relativa foi determinada por meio da seguinte equação:

$$AR = \frac{D_v 0,9 - D_v 0,1}{D_v 0,5}$$

em que

AR: amplitude relativa;

$D_v 0,1$: diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado são constituídos de gotas de tamanho menor que este valor;

$D_v 0,5$: diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado são constituídos de gotas de tamanho menor que este valor;

Dv 0,9: diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado são constituídos de gotas de tamanho menor que este valor.

Os dados referentes à tecnologia de aplicação na cultura do trigo foram primeiramente submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade das variâncias de Levene, com o auxílio do programa R (2017). Em seguida, os valores de depósito de calda no dossel superior, o diâmetro da mediana volumétrica, a percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm e a amplitude relativa (AR) foram analisados utilizando-se o teste T Student, para amostras independentes (0,05 de significância).

3.2 Avaliação das características físico-químicas da calda de pulverização

As avaliações foram realizadas em amostras de calda coletadas com os adjuvantes testados juntamente com o inseticida imidacloprido (200 g de Galeão[®] ha⁻¹) e o corante azul brilhante (300 g de FD&C Blue[®]/ ha⁻¹).

As soluções coletadas foram transferidas diretamente para béqueres de 0,5 L para avaliação do pH e da condutividade elétrica por meio de pHmetro e condutímetro portátil (Hanna[®], HI98139). O equipamento foi previamente calibrado por meio de soluções padrão (pH 4,00 e 6,86). A densidade foi estimada pela determinação da massa de 0,1 L da solução depositada em um balão volumétrico, em balança com resolução de 0,1 mg.

A viscosidade dinâmica foi determinada empregando-se um viscosímetro rotativo microprocessado (Quimis[®], Q860M21), o qual permite medir eletronicamente a força de torção já convertida em viscosidade. Esse viscosímetro de medição direta funciona pelo princípio da rotação de um cilindro (cabeça de medição) submerso na amostra a ser

analisada, medindo-se a força da torção necessária para superar a resistência da rotação. Para estas determinações, utilizaram-se o rotor zero e rotação de 60 rpm.

A tensão superficial foi determinada por um tensiômetro de bancada com anel de platina (Kruss[®], K6), empregando-se o método Du Nouy (DOPIERALA, PROCHASKA, 2008). O teste consiste em medir a tensão sofrida pelo anel que fica na extremidade de uma haste flexível, colocada sobre a superfície da amostra e pressionada contra ela até que sofra repulsão. O tensiômetro foi calibrado com água destilada.

Os dados de pH, condutividade elétrica, densidade, viscosidade e tensão superficial foram submetidos à análise de variância, e as médias, quando necessário, foram comparadas entre si por meio de contraste entre modelos. Todos os procedimentos foram realizados utilizando-se o software R (2017).

3.3 Avaliação da eficácia do controle químico do pulgão-dos-cereais e do impacto sobre as populações de inimigos naturais

A avaliação da eficácia dos tratamentos no controle de *S. graminum* foi realizada mediante a contagem (levantamentos) do número de insetos adultos vivos, antes e depois da aplicação. De igual maneira, foram avaliadas as populações de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Orius insidiosus* (Say, 1832), dois importantes predadores de pulgões e que pertencem às ordens Neuroptera e Hemiptera, respectivamente (PARRA, 2002).

As amostragens foram realizadas seguindo as Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2000). A avaliação prévia foi realizada no mesmo dia da aplicação e, posteriormente, outras avaliações foram realizadas, aos 3, 5, 7 e 10 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Na avaliação da infestação, escolheram-se aleatoriamente cinco pontos diferentes em cada faixa tratada, por meio de um pano de

batida com dimensões de 1,0 m de largura x 1,0 m de comprimento. As médias dessas avaliações constituíram a infestação média por tratamento.

A porcentagem de eficácia dos tratamentos foi calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955):

$$E = 1 - \left[\left(\frac{T_a}{T_d} \times \frac{t_d}{t_a} \right) \right] \times 100$$

em que:

E – eficácia, %;

Ta – número de insetos vivos no tratamento controle antes da aplicação;

Td – número de insetos vivos no tratamento controle depois da aplicação;

td – número de insetos vivos no tratamento depois da aplicação,

ta – número de insetos vivos no tratamento antes da aplicação.

Os valores obtidos durante as avaliações, após convertidos em porcentagem de eficácia, foram classificados segundo os critérios de baixa eficácia (menor que 80%), boa eficácia (de 80% a 90%) e alta eficácia (maior que 90%).

Com relação ao uso do inseticida imidacloprido na calda aplicada em todos os tratamentos, salienta-se que, por se tratar de um experimento de campo e, principalmente, em áreas de grandes extensões, neste estudo considerou-se o manejo rotineiro do proprietário da fazenda por se tratar de uma área comercial voltada para a produção de sementes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físico-químicas da calda

Pela análise dos dados, verificou-se a existência de interação significativa entre as propriedades “condutividade” e “tensão superficial” com os adjuvantes avaliados. Nas Tabelas 5 e 6 observa-se que não é possível fazer generalizações quanto à adição de adjuvantes à calda, no que diz respeito a pH, viscosidade e densidade, mostrando que seus efeitos sobre a pulverização é um processo complexo.

Além dos adjuvantes, algumas formulações de produtos podem interferir significativamente na condutividade e na tensão superficial da calda. Fato semelhante, por exemplo, foi registrado por Maciel et al. (2010), com herbicidas à base de glifosato (Polaris 1.500 ml p.c. ha⁻¹ e Roundup Ready 1.125 ml p.c. ha⁻¹), testados de forma isolada e em mistura com o herbicida clorimuron (Classic 30 g pc ha⁻¹). Neste ensaio, os autores observaram que ocorreu a diminuição da tensão superficial (independente do tipo de combinação), justificando que esta alteração, possivelmente, foi devido à presença de certos aditivos que atuam como surfactantes.

O valor do pH e a condutividade elétrica das soluções estão apresentados na Tabela 5. O pH, em média, variou de 4,48 a 6,80, contudo, não apresentando diferença significativa. Green e Beestman (2007) afirmam que a ação dos adjuvantes sobre o pH é bastante variada, podendo levar ao seu aumento, redução ou não alteração deste parâmetro. Segundo Azevedo (2001), os produtos são formulados para tolerar alguma variação no pH das caldas. Valores extremos, no entanto, podem alterar a estabilidade física. Dessa forma, é importante consultar o fabricante para verificar a faixa de pH ideal para cada produto fitossanitário e, assim, determinar o adjuvante adequado. Alguns inseticidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. Roberts e Hutson (1999), investigando a hidrólise do imidacloprido em soluções com

diferentes níveis de acidez, ausência de luz e temperatura controlada por 30 dias, não encontraram nenhum nível de degradação deste composto em pH 5 e 7. Entretanto, em pH 9, foram identificados dois subprodutos (metabólitos) provenientes de sua transformação. Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por maior tempo, pois a superfície das folhas, em geral, tem pH neutro, havendo interação com o pH da calda (CUNHA et al., 2010b).

Com relação à condutividade elétrica, todas as misturas de calda promoveram aumento dessa característica, com destaque para aquelas contendo o adjuvante 01 na concentração de calda de 0,6 mL/L (Tabela 5). De acordo com Carlson e Burnside (1984), a condutividade elétrica da água, quando elevada, indica a presença de grande quantidade de íons, os quais podem influenciar a eficácia biológica de alguns produtos fitossanitários. Íons como Fe^{+3} e Al^{+3} , por exemplo, podem reagir com o produto técnico, reduzindo sua eficácia. No entanto, essa interferência é afetada pela tecnologia empregada na pulverização, não existindo um valor de referência para uma concentração alta ou baixa desses íons. Para uma mesma concentração, quanto menor o volume de calda utilizado por área para a distribuição de uma mesma dose de produto fitossanitário, menor será a interferência deste parâmetro sobre o princípio ativo (RAMOS e ARAÚJO, 2006).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de viscosidade, densidade e tensão superficial. Viscosidade e densidade foram parâmetros que não sofreram alterações diante da adição de adjuvante. Esses resultados corroboram aqueles apresentados por MATUO et al. (1989), descrevendo que, apesar de a densidade ser uma propriedade cujo aumento pode levar à redução de deriva, nota-se, na prática, que esse processo não é facilmente obtido, principalmente pela baixa concentração de adjuvantes na calda. Nesse sentido, para conseguir o aumento de densidade, seria necessário o aumento da concentração do adjuvante, o que oneraria bastante o processo e a viabilidade econômica da aplicação. Em

nenhuma das caldas testadas foi constatada a elevação da viscosidade em relação à água. Em média, esta propriedade variou de 1,040 a 2,248 mPa s, apesar de os valores não demonstrarem diferença estatística. De maneira semelhante, Downer et al. (1998), avaliando a viscosidade de calda com diversos adjuvantes, também notaram que alguns produtos promovem ligeiro aumento de viscosidade, enquanto outros têm comportamento semelhante ao da água. Em outro estudo, Smith et al. (2000) avaliaram a deposição de herbicida em folhas de capim-fedegoso (*Cassia occidentalis* L.) e não encontraram diferença entre soluções sem e com a adição de adjuvante para aumento da viscosidade da calda (polímero de acrilamida). Neste trabalho, a viscosidade das soluções variou de 1,1 mPa s sem adjuvante a 8,9 mPa s com adjuvante, demonstrando que variações dessa ordem podem não interferir na deposição da calda.

A tensão superficial foi a característica mais sensível avaliada. Todas as caldas promoveram a sua redução em relação à água. Nesse mesmo sentido, Singh e Mack (1993), avaliando tensão superficial, observaram que caldas preparadas com surfactantes (0,1 a 0,125%) organossiliconados apresentaram valores mínimos de 22,5 mN m⁻¹. Quando estudaram espalhantes não siliconados (mesmas concentrações anteriores) pertencentes ao grupo do alquilfenol etoxilado, verificaram tensão de equilíbrio próxima a 31,0 mN m⁻¹.

A pequena área de contato entre a gotícula e a superfície da cutícula na folha limita o potencial para a difusão da calda. Logo, todos os aspectos das superfícies foliares (topografia das células, grau e tipo de desenvolvimento da cera epicuticular, tricomas e glândulas etc.) também influenciam a deposição dos produtos fitossanitários, além da tensão superficial (ALBERT e VICTORIA FILHO, 2002).

Tendo em vista os resultados apresentados, a adição de adjuvantes às caldas de pulverização pode ser uma importante ferramenta quando da aplicação de diversos

produtos fitossanitários, porém, não deve ser uma prática generalizada, tendo em vista seu comportamento distinto em cada tipo de aplicação. Essa constatação reforça as conclusões de Dower et al. (1998), uma vez que o uso dos adjuvantes deve levar em consideração o tipo de calda que será preparado, em especial sobre a compatibilidade dos compostos que serão misturados.

Tabela 5. Potencial hidrogeniônico e condutividade ($\mu \text{ S cm}^{-1}$) das soluções aquosas preparadas de produtos fitossanitários em mistura de tanque para uso com as respectivas pontas de pulverização e contendo dois diferentes adjuvantes e dosagens.

Adjuvante	Dose	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	pH	Condutividade ($\mu \text{ S cm}^{-1}$)
Sem	-	75	6,42±0,020	583,4±6,5543 b
01	0,6 mL/L	75	4,48±0,020	875,6±6,1773 a
02	1,33 mL/L	75	6,78±0,020	570,6±2,2045 b
Sem	-	150	6,46±0,024	402,8±0,2000 c
01	0,6 mL/L	150	5,76±0,024	567,2±2,2226 b
Água	-	-	6,80±0,054	11,88±0,3426 d

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de contraste de modelo entre as médias.

Tabela 6. Viscosidade, densidade e tensão superficial de soluções aquosas de produtos fitossanitários em mistura de tanque contendo diferentes adjuvantes e dosagens.

Adjuvante	Dose	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Viscosidade (mPa s)	Densidade (g 100 cm ⁻³)	Tensão superficial (mN m ⁻¹)
Sem	-	75	1,484±0,032	99,774±0,0050	26,8±0,122 b
01	0,6 mL/L	75	1,500±0,010	99,776±0,0067	27,6±0,244 b
02	1,33 mL/L	75	2,248±0,028	99,816±0,0050	23,6±0,244 b
Sem	-	150	1,608±0,013	99,668±0,0037	26,6±0,244 b
01	0,6 mL/L	150	1,586±0,032	99,642±0,0037	27,0±0,316 b
Água	0	-	1,040±0,029	99,704±0,0256	75,2±0,122 a

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de contraste de modelo entre as médias.

4.2 Diâmetro médio volumétrico

Com relação aos espectros de gotas (Tabela 7 e 8), as diferentes condições operacionais envolvendo combinações entre pontas, adjuvantes e taxas de aplicações influenciaram as características em estudo. Observou-se que houve efeito significativo para todas as características estudadas, diâmetro médio volumétrico (DMV, μm), porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm ($D_v < 100 \mu\text{m}$, %) e amplitude relativa (AR).

Os resultados de diâmetro médio volumétrico do espectro de gotas produzido pelas diferentes caldas de acordo com as três pontas avaliadas estão expressos na Tabela 7. Para as pontas estudadas, os maiores valores de DMV foram observados para as pontas AS7030

em taxa de 75 L ha⁻¹, porém, a adição do adjuvante 02 promoveu a redução dessa característica. Não houve diferenças no caso do adjuvante 01 associado com a ponta MGA 015. Oliveira (2011) confirma a influência dos adjuvantes na variação de DMV, destacando a redução do diâmetro mediano volumétrico nas caldas. Do ponto de vista prático, a redução do tamanho das gotas poderá resultar em melhor cobertura das folhas, com potencial de melhoria do desempenho fitossanitário do tratamento. Nesse sentido, Kaminski (2009) destacou a maior eficiência no controle fitossanitário utilizando-se a ponta XR, gerando gotas menores e a uma boa cobertura do produto sobre o alvo.

Os resultados de DMV na taxa de 75 L ha⁻¹ para as pontas MGA 015 e AS7030 demonstraram diferença significativa. A ponta MGA 015 apresentou médias menores de DMV, entre 202,71 a 240,30 µm, enquanto, para a ponta AS7030, este valor variou entre 326,86 a 388,53 µm. Estes resultados concordam com os apresentados por Chechetto et al. (2011), que caracterizaram as pontas de jato plano como sendo uma técnica de redução de deriva (TRD) mais eficiente do que as pontas cônicas.

O efeito de aumento no DMV também foi observado com o aumento da taxa de aplicação, independente da presença de adjuvante. Esse tipo de comportamento foi descrito por Miller e Butler-Ellis (2000) e Antuniassi et al. (2014). Por outro lado, do ponto de vista prático, esse efeito atende à demanda de redução de deriva nas aplicações do inseticida, conforme preconizado pelo fabricante, mas é esperado que a qualidade de distribuição da pulverização seja influenciada de maneira negativa pela presença de gotas maiores.

Tabela 7. Diâmetro da mediana volumétrica (DMV) durante a aplicação de produtos fitossanitários em mistura de tanque na cultura de trigo, safra 2016/16, Araguari, MG.

Pontas	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Adjuvante	DMV (µm)**	
			Campo 1	Campo 2
AS7030	75	Sem	326,86b – médias	370,03c - grossas
MGA 015	75	Sem	202,71a – finas	215,71a - finas
MGA 015	75	01	220,76a – finas	240,30a - finas
AS7030	75	01	388,53c – grossas	382,36c - grossas
AS7030	75	02	317,61b – médias	317,61c - médias
MGA 03	150	Sem	292,94b – médias	280,60b - médias
MGA 03	150	01	302,19b – médias	287,09b - médias

1Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância.

** Classe de gotas oferecida pelo programa computacional.

Gotas muito finas, < 150 µm; gotas finas, 150-250 µm; gotas médias, 250-350 µm; gotas grossas, 350-450 µm; gotas muito grossas, 450-550 µm; gotas extremamente grossas, > 550 µm

4.3 Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm

Na Tabela 8 são apresentados os resultados do percentual de volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm (DV<100 µm) para os diferentes adjuvantes, de acordo com as pontas de pulverização e taxas de aplicações avaliadas. O adjuvante 01 na ponta MGA promoveu redução na porcentagem de volume de gotas menor que 100 µm, com diferenças para os tratamentos com 75 L ha⁻¹ e 150 L ha⁻¹. O adjuvante 02 na ponta AS7030, avaliado na taxa de 75 L ha⁻¹, não apresentou capacidade de alteração dessa característica. Na ponta

AS7030 com o adjuvante 01 foi observada a maior redução do DV<100 µm. Segundo Cunha et al. (2004), quanto menor essa porcentagem, menor será o risco de deriva, proporcionando aplicações mais seguras, com menores impactos ambientais.

O adjuvante 01 é classificado como espalhante adesivo, pertencente ao grupo químico dos polidimetilsiloxanos. Segundo os resultados apresentados, esta classe de adjuvante demonstrou grande potencial de redução do DV<100 µm, nas duas pontas estudadas nesse trabalho. São importantes as ações que reduzam estes percentuais, pois, segundo alguns autores, as gotas finas apresentam alto potencial de deriva (CHRISTOFOLETTI, 1999 e MATTHEWS, 2000).

Tabela 8. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (Dv < 100 µm) e amplitude relativa (AR), durante a aplicação de produtos fitossanitários em dois campos experimentais (Cp.1 e Cp.2) de trigo, safra 2016/16, Araguari, 2016.

Pontas	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Adjuvante	DV <100 µm (%) ¹		Amplitude relativa ¹	
			Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2
AS7030	75	Sem	1,69c	1,82b	0,978b	0,804a
MGA 015	75	Sem	6,70a	6,37a	0,812a	0,872a
MGA 015	75	01	2,57b	2,65b	0,822a	0,916a
AS7030	75	01	1,02d	1,41d	0,898b	1,168b
AS7030	75	02	1,46c	1,59c	0,982b	0,980a
MGA 03	150	Sem	2,48b	2,76b	0,972b	0,990a
MGA 03	150	01	1,78c	1,66c	0,968b	0,876a

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância.

4.4 Amplitude relativa

Observa-se, pelos dados da Tabela 8, que os tratamentos na ponta cone vazio MGA 015, na presença ou não de adjuvante contendo a taxa de aplicação de 75 L.ha^{-1} , apresentaram os menores valores de amplitude relativa nas caldas de inseticidas, o que indica que essas caldas propiciaram um espectro de gotas mais homogêneo. Iost (2008) e Román et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes ao estudarem adjuvantes com potencial antideriva consorciados com pontas que produzissem baixo diâmetro médio volumétrico. Cunha et al. (2010b) relatam que os valores de DMV e amplitude relativa (AR) devem ser discutidos em conjunto. Segundo Moraes et al. (2012), a baixa uniformidade do espectro está relacionada numericamente com os valores maiores de amplitude relativa (AR), ou seja, quanto maior o valor de AR, menor é a uniformidade dos tamanhos das gotas produzidas, podendo-se caracterizar um espectro de gotas homogêneo àquele com valor de AR mais próximo de zero.

Os valores de amplitude relativa das caldas pulverizadas com as pontas AS7030 obtiveram os maiores valores de AR, que variam entre 0,898 a 1,168. Novamente, Matthews (2000) destaca que, quanto maior o valor de AR, maior é a variação do tamanho das gotas. Nesse caso, as pontas assimétricas de jato duplo leque apresentam menor homogeneidade do espectro.

4.5 Deposição de calda

Em relação às tecnologias empregadas no controle do pulgão-dos-cereais *S. graminum*, a deposição de calda aplicada nas folhas bandeira e espigas de trigo no campo 2 apresentou maiores valores em relação ao campo 1, provavelmente em decorrência das melhores condições ambientais apresentadas no momento das aplicações dos tratamentos. Dentre essas condições, a velocidade do vento mais reduzida no campo 2 foi a que mais se destacou, variando entre 0,8 a 5,2 km h⁻¹, em comparação àquelas registradas no campo 1, variando entre 5,8 a 7,9 km h⁻¹. Essas diferenças estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Nos dois campos, a deposição nas folhas avaliadas em taxa de aplicação menor (75 L ha⁻¹) foi maior nas combinações entre o adjuvante 01 com a ponta MGA 015 e o adjuvante 02 com a ponta AS7030, com médias variando entre 11,11 a 18,20 µg de calda por centímetro quadrado de folhas (µg /cm² de folha). Esses valores são similares aos da deposição em taxa de aplicação maior (150 L ha⁻¹) com ou sem o uso de adjuvante combinado com a ponta MGA 03, com médias variando entre 10,31 a 17,20 µg /cm² de folha nos dois campos estudados. Bayer et al. (2011), estudando diferentes taxas de aplicação na cultura do arroz, encontraram diferenças quanto à deposição no perfil das plantas, com maior retenção nos terços médio e inferior, para as menores taxas de aplicação.

Os piores resultados encontrados foram os que não apresentaram adjuvantes na taxa de aplicação reduzida de 75 L ha⁻¹, principalmente no Campo 1, com médias variando entre 5,50 a 8,89 µg/cm² de folha, ou seja, esses resultados evidenciam a importância do uso de adjuvantes sobre a qualidade de deposição da calda em taxas de aplicações reduzidas (Tabela 9).

Tabela 9. Deposição em folhas bandeira de trigo do traçador Azul Brilhante durante a aplicação de calda contendo produtos fitossanitários em mistura de tanque, safra 2016/16, Araguari, MG.

Pontas	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Adjuvantes	Depósito de marcador (µg/cm ² de folha)	
			Campo 1	Campo 2
AS7030	75	Sem	5,50c	11,15c
MGA 015	75	Sem	8,89c	11,23c
MGA 015	75	01	11,11a	18,20a
AS7030	75	01	9,11b	13,83b
AS7030	75	02	11,68a	17,02a
MGA 03	150	Sem	10,31a	15,76a
MGA 03	150	01	10,91a	17,20a

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância.

Resultados semelhantes foram observados na deposição de calda nas espigas (Tabela 8), sendo os valores apresentados no Campo 2 novamente superiores aos do Campo 1, diante das mesmas justificativas ambientais abordadas quanto ao depósito de calda em folha. Porém, independente da taxa de aplicação, os tratamentos envolvendo as combinações entre o adjuvante 01 com a ponta MGA e o adjuvante 02 com a ponta AS7030 foram os que apresentaram deposição de calda significativamente maior e média, variando entre 176,22 a 215,53 µg/g de espiga. De maneira semelhante para folhas, os piores resultados encontrados nos dois campos foram aqueles que não apresentaram adjuvantes, com médias variando entre 5,50 a 169,69 µg/g de espiga.

Tabela 10. Deposição em espigas de trigo do traçador Azul Brilhante durante a aplicação de calda contendo produtos fitossanitários em mistura de tanque, safra 2016/16, Araguari, MG.

Pontas	Taxa de aplicação (L/ha)	Adjuvantes	Depósitos (µg/g de espiga)	
			Campo 1	Campo 2
AS7030	75	Sem	155,34b	167,94c
MGA 015	75	Sem	153,52b	169,69c
MGA 015	75	01	185,33a	215,53a
AS7030	75	01	160,09b	190,66b
AS7030	75	02	184,22a	208,38a
MGA 03	150	Sem	167,84b	201,26a
MGA 03	150	01	176,22a	207,16a

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância.

A maior deposição de gotas na parte superior das plantas, conforme também relatado por Cunha e Silva (2010a), é justificada pela proximidade dessas partes vegetais com o local do ponto de lançamento das gotas. Naquelas situações em que há necessidade de uma boa cobertura e penetração do produto, devem-se utilizar pontas que produzam gotas de menor tamanho. Por outro lado, gotas maiores, por mais que diminuam o risco de perdas por deriva devido à resistência a serem carregadas pelo vento ou evaporadas, não resultam em aplicações de boa qualidade, impactando na eficácia da intervenção fitossanitária (ANTUNIASSI e BAIO, 2008).

Segundo Green et al. (2000), o uso de aditivos condicionantes de calda resulta em uma estratégia eficaz, cada vez mais disseminada no campo no intuito de melhorar a qualidade da aplicação. Esses autores listam os principais processos nos quais os adjuvantes agrícolas podem interferir, que são mistura de tanque (compatibilidade, solubilidade, estabilidade, proteção e espuma), processo de aplicação (deriva e evaporação), retenção (rebote e adesão), deposição do produto no alvo (molhamento, espalhamento, forma física e solubilização) e translocação na planta.

Em virtude da escassez de estudos envolvendo tecnologia de aplicação na cultura de trigo, foi necessária a utilização de trabalhos com outras culturas que se assemelham à arquitetura do trigo, como cevada, arroz, milho e cana-de-açúcar. Por exemplo, Akkerhuis et al. (1998), analisando a relação entre a arquitetura da planta de cevada e a interceptação da calda de pulverização, verificaram que a concentração da calda depositada está em função de um gradiente de concentração desde a folha-bandeira até as folhas mais velhas. Os autores concluíram que a folha-bandeira apresenta maior angulação e que tal ângulo tende a se aproximar da horizontal, diminuindo as taxas de deposição. Por outro lado, à medida que a folha envelhece, favorece a deposição de gotas, já que elas estão dispostas de forma vertical, considerando o eixo da planta e o solo.

Em plantas de milho, Cunha et al. (2010b) verificaram comportamento contrário ao observado nas plantas de cevada, maior porcentagem de cobertura no terço superior, ponto onde se encontra mais próximo ao ponto de lançamento da gota em detrimento dos terços médio e inferior. Os dados desses autores corroboram os obtidos neste trabalho, uma vez que os maiores valores de deposição de calda nas espigas de trigo foram superiores aos encontrados nas folhas.

Consequentemente, é possível inferir que o uso da menor taxa de aplicação aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, o que tende a reduzir

os custos e a melhorar o aproveitamento de boas condições climáticas, além de diminuir o risco de perdas por escoamento. Essa diminuição de perdas por escoamento significaria, certamente, menor contaminação de águas superficiais (RODRIGUES et al., 2011 e SOUZA et al., 2012).

Por exemplo, Bueno et al. (2013), estudando diferentes taxas de aplicação aérea e terrestre na cultura da batata, encontraram diferenças quanto a perdas de calda para o solo, com maiores retenções de líquido no solo quando adotadas maiores taxas de aplicação e sem o uso do adjuvante. Essas taxas, contudo, foram reduzidas quando se adicionou adjuvante à calda. Estes dados estão em conformidade com os resultados obtidos neste estudo, no qual as aplicações com taxas reduzidas de 75 L ha⁻¹ com o uso de adjuvantes proporcionaram os maiores valores de retenção nas folhas e nas espigas da cultura de trigo.

4.6 Avaliação de controle do pulgão-dos-cereais

As avaliações do espectro de gotas obtido em cada tratamento indicaram que as associações entre o adjuvante 01 e a ponta de jato cônico vazio (ambas as taxas de aplicação) e o adjuvante 02 com a ponta de duplo jato plano assimétrica AS7030 (taxa de 75 L ha⁻¹) apresentaram maior deposição de calda nas espigas e folhas. Dessa maneira, verificou-se uma melhor eficácia no controle do pulgão-dos-cereais (Tabela 11).

A melhoria no controle populacional do pulgão nesses tratamentos pode ser explicada (em grande) pelo uso do adjuvante, o qual pode modificar as propriedades da calda melhorando a qualidade das gotas, aumentando o espalhamento e a adesão da calda à superfície foliar (Kissmann, 1998). Tais características podem acelerar a absorção do produto, reduzindo sua exposição a fatores ambientais de degradação/perda, como radiação solar, temperatura e lavagem pela chuva. Tais benefícios podem ter possibilitado que, mesmo após cinco dias da pulverização, ainda fosse observado bom desempenho dos

tratamentos no controle de pulgão-dos-cereais. Nesse sentido, vale ressaltar que as análises das propriedades físico-químicas da calda demonstraram que o adjuvante 01 foi o que apresentou maior interação com a característica condutividade ($\mu \text{ S cm}^{-1}$). Segundo Cunha, Alves (2010), a utilização de adjuvantes na calda de pulverização pode modificar várias de suas características físico-químicas, destacando-se a tensão superficial, a condutividade e o pH.

Na Tabela 12 apresenta-se a porcentagem de eficácia de controle de *S. graminum* aos três, cinco, sete e dez dias após a aplicação do inseticida. Aos três dias após a aplicação, nota-se que houve diferença na densidade populacional do pulgão entre o uso das pontas, adjuvantes e taxas de aplicações testadas. Segundo a classificação proposta por Henderson & Tilton (1955), os tratamentos que apresentaram alta eficiência ($> 90\%$) ao longo de todo o período de avaliação de controle (nas quatro datas de avaliação) foram aqueles que continham adjuvantes, com destaque para as associações entre os adjuvante 01 e a ponta de jato cônico vazio, nas duas taxas de aplicações (75 L ha^{-1} e 150 L ha^{-1}) e o adjuvante 02 com a ponta de duplo jato plano assimétrica AS7030, na taxa de 75 L ha^{-1} . Tais combinações apresentaram resultados estatísticos superiores aos dos demais tratamentos.

Tabela 11. Efeito de modificações na tecnologia de aplicação sobre a densidade populacional de *Schizaphis graminum* aos três, cinco, sete e dez dias após aplicação de inseticida, associado ou não com adjuvantes e tipos de ponta de pulverização sobre folhas e espigas em campos de trigo (campo 1/Cp.1 e campo 2/Cp.2), safra 2015/16, Araguari, MG.

Trat.	Número médio de indivíduos									
	Prévia		03 DAA		05 DAA		07 DAA		10 DAA	
	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2
Controle	4,80a	7,20a	5,00a	7,40a	6,00a	8,20a	8,20a	7,20a	9,20a	10,20a
T.1	5,20a	7,00a	2,40a	2,60b	1,40b	1,20b	0,60b	0,40b	1,80b	2,20b
T.2	5,00a	6,80a	2,20a	2,00b	1,20b	0,00b	0,40b	0,00b	1,80b	2,00b
T.3	5,80a	6,60a	1,60b	0,60c	0,60b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00c	0,00c
T.4	5,40a	6,40a	2,00a	2,00b	1,00b	0,60b	0,40b	0,00b	1,40b	1,20b
T.5	6,00a	6,20a	1,80b	0,60c	0,80b	0,20b	0,20b	0,00b	0,00c	0,00c
T.6	5,60a	6,00a	1,80b	1,40b	0,80b	0,60b	0,00b	0,20b	1,60b	1,40b
T.7	6,20a	5,80a	1,80b	0,60c	0,60b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00c	0,00c

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância. T.1 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.2 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.3 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.4 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.5 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L/ha⁻¹ com adjuvante 02; T.6 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.7 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ com adjuvante 01.

Silva (1999), estudando a eficiência de inseticidas (sem uso de adjuvantes) sobre *S. graminum* em milho após aplicação de caldas com volumes de 150 e 300 L ha⁻¹, concluiu que o maior volume foi o mais indicado para o controle desta praga. O autor afirma, ainda, que, quando se utilizam pontas de jato cônico (cone vazio), os inseticidas são menos eficientes do que aplicações com jato plano. É possível que essas diferenças, no caso da cultura do milho, estejam relacionadas à grande distância entre o ponto de projeção dos jatos com o alvo, sendo gotas finas as mais sensíveis à alteração de trajetória.

De forma semelhante, Cunha et al. (2006) afirmam que gotas pequenas são ideais, pois, para um mesmo volume de calda, as gotas de menor diâmetro se distribuem melhor na superfície da planta e proporcionam uma melhor cobertura do alvo e maior penetração no dossel da cultura, demonstrando maior eficiência de controle do tratamento. Porém, gotas muito pequenas podem sofrer deriva ou evaporação do veículo e gotas muito grandes apresentam problemas devido à tendência de escorrimento e à menor cobertura.

Na maior parte dos casos não houve diferença entre os volumes de calda utilizados, analisando-se cada ponta e tipo de adjuvante em particular. Isso indica que, nas condições deste experimento, foi possível reduzir o volume de calda de aplicação sem perda de eficiência do inseticida aplicado. É importante destacar o uso dos adjuvantes, que contribuíram para melhorar a qualidade da aplicação, mantendo um bom nível de controle, mesmo com a redução do volume de calda de aplicação. Esses resultados corroboram os dados de Ferrari et al. (2014) que, estudando um inseticida para controle de percevejos em soja, observaram que o uso de adjuvante proporcionou a manutenção da eficiência de controle de uma aplicação terrestre com 50 L ha⁻¹, comparativamente à aplicação realizada com volume de calda superior.

Para permitir a redução do volume de calda das pulverizações é importante também realizar o ajuste correto da pressão e da ponta de aplicação, para garantir uma boa

deposição de calda na planta, bem como considerar os fatores ambientais, evitando perdas por deriva (ação do vento) ou por extinção da gota (evaporação do veículo) devido à altura da barra, à baixa umidade e à elevada temperatura do ar.

Tabela 12. Eficácia de controle de *Schizaphis graminum* aos três, cinco, sete e dez dias após aplicação de inseticida, associado ou não com adjuvantes e tipos de ponta de pulverização sobre folhas e espigas em campos de trigo (campo 1/Cp.1 e campo 2/Cp.2), safra 2015/16, Araguari, MG.

Trat.	Porcentagem de controle ¹							
	03 DAA		05 DAA		07 DAA		10 DAA	
	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2
T.1	55,69	67,13	78,46	86,31	93,25	94,80	81,94	79,82
T.2	57,76	73,87	80,80	85,85	95,32	100,00	81,22	81,05
T.3	73,52	93,08	91,72	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T.4	64,44	75,51	85,18	93,36	97,83	100,00	86,47	89,34
T.5	71,20	93,28	89,33	97,97	100,00	100,00	100,00	100,00
T.6	69,14	83,37	88,57	93,57	95,82	97,56	85,09	87,94
T.7	72,13	93,47	92,25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Baixa eficácia = menor que 80%; boa eficácia = de 80% a 90% e alta eficácia = maior que 90%. T.1 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.2 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.3 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.4 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.5 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 02; T.6 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.7 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ com adjuvante 01.

4.7 Efeito tóxico sobre inimigos naturais

Por meio do registro fotográfico realizado previamente à aplicação dos tratamentos em campo, foi identificada a presença de dois inimigos naturais, *C. externa* e *O. insidiosus*. Para as avaliações dos efeitos das diferentes formas de tecnologia sobre a densidade populacional desses inimigos naturais, os tratamentos foram enquadrados em classes de toxicidade, conforme as recomendações sugeridas por membros da *International Organisation for Biological and Integrated Control* (IOBC) (Hassan, Degrande, 1996; Veire et al., 2002), sendo: classe 1 = inócuo ($<30\%$), classe 2 = levemente nocivo ($30\% \leq T < 80\%$), classe 3 = moderadamente nocivo ($80 \leq T < 99\%$) e classe 4 = nocivo ($\geq 99\%$ de mortalidade), em função do número médio de indivíduos adultos encontrados nas parcelas tratadas aos três, cinco, sete e dez dias após a aplicação dos tratamentos. A porcentagem de toxicidade (T%) foi calculada pela fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955).

4.7.1 *Chrysoperla externa*

Os tratamentos com a presença de adjuvantes, logo nos três primeiros dias após aplicação, apresentaram alta toxicidade sobre *C. externa*. Dessa maneira, segundo classificação da IOBC, o inseticida imidacloprido demonstrou ser nocivo a esta espécie cinco dias após sua aplicação, independente da tecnologia de aplicação empregada, o que comprometeu a capacidade de predação (Tabela 13). Esses comportamentos são comprovados estatisticamente pelas análises apresentadas na Tabela 14.

Em estudos semelhantes foi demonstrado que alguns neonicotinóides podem apresentar maior capacidade de penetração na cutícula dos insetos, sendo, assim, mais tóxicos (TOMIZAWA, CASIDA, 2005). Esse fato pode afetar o desenvolvimento dos

organismos, bem como comprometer a reprodução de gerações subsequentes, o que pode ser considerado um efeito subletal.

Carvalho et al. (2010) obtiveram resultados que corroboram os apresentados neste estudo, observando diferenças entre os tratamentos no que se refere à probabilidade de sobrevivência de *C. Externa*. O imidacloprido resultou em sobrevivência de apenas 22,7% aos quatro dias, o que sugere alta toxicidade desse produto aos adultos desta espécie. Resultados semelhantes foram obtidos por Bueno, Freitas (2003), os quais verificaram que imidacloprido causou 100% de mortalidade de larvas de primeiro instar de *C. externa*. Rocha (2008), ao estudar a seletividade de imidacloprido (0,7 g L⁻¹ de i.a.) e tiametoxam (0,5 g L⁻¹ de i.a.) em diferentes fases do ciclo biológico de *C. externa*, coletados em lavoura de café, relatou que esses compostos provocaram 100% de mortalidade de larvas de segundo instar e adultos, impossibilitando a realização de avaliações da fertilidade e viabilidade de ovos. Esse mesmo autor observou que tiametoxam, imidacloprido, óleo mineral, endossulfam e dimetoato, quando aplicados diretamente sobre pupas de *C. externa*, não afetaram seu ciclo, com médias de duração deste estágio variando de 10,3 a 10,9 dias.

O efeito na mortalidade dos predadores observada nos tratamentos com imidacloprido pode estar relacionado à ação neurotóxica, mesmo em baixíssimas doses (WARE, WHITACRE, 2004). Estes compostos podem afetar diversos grupos de insetos, inclusive inimigos naturais, reduzindo significativamente a sobrevivência dos indivíduos (TORRES, RUBERSON, 2004; MAFI, OHBAYASHI, 2006).

Tabela 13. Toxicidade dos tratamentos sobre *Chrysoperla externa* aos três, cinco, sete e dez dias após a aplicação em folhas e em espigas de trigo nos campos 1 e 2, utilizando diferentes tecnologias de aplicação, safra 2015/16, Araguari, MG.

Porcentagem de toxicidade – (T%) ¹									
Trat.	03 DAA		05 DAA		07 DAA		10DAA		Classe ²
	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	
T.1	62,5	76,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.2	25,0	64,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.6	62,5	64,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4

¹Baixa eficácia = menor que 80%; boa eficácia = de 80% a 90% e alta eficácia = maior que 90%.

²Classe de toxicidade a partir do quinto dia após aplicação dos tratamentos: classe 1 = inócuo ($T < 30\%$), classe 2 = levemente nocivo ($30\% \leq T \leq 80\%$), classe 3 = moderadamente nocivo ($80\% \leq T \leq 99\%$) e classe 4 = nocivo ($T > 99\%$) (Veire et al., 2002)

T.1 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.2 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.3 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.4 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.5 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 02; T.6 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.7 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ com adjuvante 01.

Tabela 14. Efeito das diferentes tecnologias de aplicação sobre a densidade populacional de *Chrysoperla externa* aos três, cinco, sete e dez dias após a aplicação em folhas e espigas de trigo nos campos 1 e 2, safra 2015/16, Araguari, MG.

Trat.	Número médio de indivíduos adultos ¹									
	Prévia		03 DAA		05 DAA		07 DAA		10 DAA	
	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2
Controle	0,60a	1,00a	0,80a	1,40a	1,60a	2,20a	2,00a	3,00a	2,80a	3,60a
T.1	0,40a	0,60a	0,20a	0,20a	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.2	0,20a	0,40a	0,20b	0,20a	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.3	0,40a	0,40a	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.4	0,40a	0,20a	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.5	0,20a	0,60a	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.6	0,40a	0,40a	0,20b	0,20a	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.7	0,40a	0,60a	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância T.1 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.2 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.3 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.4 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.5 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 02; T.6 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.7 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ com adjuvante 01.

4.7.2 *Orius insidiosus*

Os dados apresentados nas Tabelas 15 e 16, referentes à mortalidade de *O. insidiosus*, assemelham-se àqueles de *C. externa*. Novamente, os tratamentos com a

presença de adjuvantes, logo nos três primeiros dias após aplicação, apresentaram elevada toxicidade sobre *O. insidiosus*. O inseticida imidacloprido demonstrou, novamente, ser tóxico ao inimigo natural estudado logo aos cinco dias após sua aplicação, independente da tecnologia de aplicação empregada, comprometendo a sua capacidade de predação (Tabela 15). Esses comportamentos são comprovados estatisticamente pelas análises apresentadas na Tabela 16.

Esses resultados confirmam os que foram obtidos por outros pesquisadores com outras espécies de *Orius*. Delbeke et al. (1997) verificaram, em condições de laboratório, que ninfas do 5º instar de *Orius laevigatus* (Fieber, 1860) (Hemiptera: Anthocoridae), em contato com resíduos do inseticida imidacloprido (0,04 mg i.a/L⁻¹), apresentaram 50% de mortalidade. A alta nocividade de inseticidas também foi observada por Moraes et al. (2003), ao constatarem que abamectina, fenpropatrina e imidacloprido não permitiram a sobrevivência de adultos de *O. insidiosus*. Por outro lado, cartap e ciromazina não afetaram significativamente a sobrevivência. Embora tais produtos tenham sido enquadrados na classe 4 (nocivos), pode-se observar que abamectina causou efeito mais tardio, em comparação aos inseticidas fenpropatrina e imidacloprido. Enquanto o primeiro matou 36,7% da população avaliada até os 30 dias após tratamento, os outros dois causaram, no mesmo período, 100% de mortalidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lee et al. (1997) com fenpropatrina, os quais pulverizaram esse inseticida sobre adultos de *Orius sauteri* (Poppius, 1909) (Hemiptera: Anthocoridae) e não observaram sobreviventes. Os efeitos nocivos de imidacloprido também foram semelhantes àqueles constatados por Shipp et al. (1992), que confinaram adultos de *O. insidiosus* em gaiolas contendo folhas de pepino previamente tratadas e não constataram sobreviventes.

Os resultados encontrados com imidacloprido aproximaram-se dos de Elzen (2001) que, ao oferecer ovos do noctuídeo *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) tratados com esse produto a machos e fêmeas de *O. insidiosus*, observou uma redução na sobrevivência desse predador, com médias de 52,2% e 37,3%, respectivamente. Nemoto (1995), em condições de campo, visando ao controle de pragas da berinjela, verificou que, ao longo de cinco pulverizações de imidacloprido, ocorreu uma redução significativa da densidade populacional de *O. sauteri* e *Orius minutus* (L., 1758) (Hemiptera: Anthocoridae).

Albernaz et al. (2009) observaram que, um dia após a aplicação dos produtos, lufenurom foi inócuo ao predador, com média de 3,1% de mortalidade; mancozebe e clorotalonil causaram baixa mortalidade, com médias de 18,7% e 12,5%, respectivamente; dicofol apresentou toxicidade intermediária, com média de 37,5%; bifentrina, triazofós, metomil e o neonicotinoide acetamiprido foram os mais prejudiciais aos adultos de *O. insidiosus*, causando mortalidade de 100%, 100%, 93,7% e 100%, respectivamente, impossibilitando a realização de avaliações da fertilidade e viabilidade de ovos. Os resultados obtidos para acetamiprido assemelham-se aos relatados por Naranjo, Akey (2004) que, avaliando a sua eficiência no controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), em condições de campo, constataram que esse produto reduziu significativamente a população de *Orius tristicolor* (White, 1879) (Hemiptera: Anthocoridae) e, também, aos de Kilpatrick et al. (2005) que, ao estudarem a toxicidade dos inseticidas acetamiprido, tiametoxam e imidacloprido, constataram que todos causaram reduções nas populações de *O. insidiosus*.

Foi observado, novamente, que os tratamentos com adjuvante promoveram maior velocidade de toxicidade ao inimigo natural em estudo. Segundo Cunha, Alves (2010), os adjuvantes, quando bem utilizados, podem melhorar a interação do inseticida com a água e

corrigir algumas de suas características, com impactos positivos sobre a eficiência de controle de insetos alvos e não alvos. O adjuvante 2 apresenta, em sua composição, óleo essencial D-limoneno, substância terpenoide monocíclico que apresenta atividade contra insetos, ácaros e microrganismos (HOLLINGSWORTH, 2005). O interesse no uso de monoterpenos no controle de insetos e pragas está baseado na necessidade de inseticidas que sejam menos prejudiciais ao ambiente e que não apresentem impactos negativos à saúde, quando comparados aos tratamentos químicos convencionais. Com baixa toxicidade ao homem, tem apelo comercial importante e tem sido apontado como uma alternativa aos inseticidas sintéticos (IBRAHIM, et al., 2001).

Tabela 15. Toxicidade dos tratamentos sobre *Orius insidiosus* aos três, cinco, sete e dez dias após a aplicação em folhas e espigas de trigo nos campos 1 e 2, utilizando diferentes tecnologias de aplicação, safra 2015/16, Araguari, MG.

Porcentagem de toxicidade – (T%) ¹									
Trat.	03 DAA		05 DAA		07 DAA		10DAA		Classe ²
	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	
T.1	50,0	40,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.2	66,7	40,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.6	50,0	70,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4
T.7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	4

¹Baixa eficácia = menor que 80%; boa eficácia = de 80% a 90% e alta eficácia = maior que 90%.

²Classe de toxicidade a partir do quinto dia após aplicação dos tratamentos: classe 1 = inócuo ($T < 30\%$), classe 2 = levemente nocivo ($30\% \leq T \leq 80\%$), classe 3 = moderadamente nocivo ($80\% \leq T \leq 99\%$) e classe 4 = nocivo ($T > 99\%$) (Veire et al., 2002)

T.1 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.2 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.3 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.4 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.5 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 02; T.6 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.7 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ com adjuvante 01.

Tabela 16. Efeito das diferentes tecnologia de aplicação sobre a densidade populacional de *Orius insidiosus* aos três, cinco, sete e dez dias após a aplicação em folhas e espigas de trigo nos campos 1 e 2, safra 2015/16, Araguari, MG.

Trat.	Número médio de indivíduos adultos ¹									
	Prévia		03 DAA		05 DAA		07 DAA		10 DAA	
	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2	Cp.1	Cp.2
Controle	0,20a	0,60a	0,40a	1,00a	1,20a	1,20a	1,60a	1,60a	1,20a	1,40a
T.1	0,20a	0,20a	0,20b	0,20a	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.2	0,60a	0,20a	0,40a	0,20a	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.3	0,20a	0,20a	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.4	0,20a	0,20a	0,20b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.5	0,00a	0,00b	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.6	0,20a	0,20a	0,20b	0,40a	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b
T.7	0,00a	0,20a	0,00c	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b	0,00b

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste T de Student, a 0,05 de significância T.1 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.2 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.3 = ponta MGA 015, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.4 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 01; T.5 = ponta AS7030, taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ com adjuvante 02; T.6 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ e sem adjuvante; T.7 = ponta MGA 03, taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹ com adjuvante 01.

Imidacloprido constitui exemplo de produto da nova geração de inseticidas, pertencendo ao grupo químico dos neonicotinoides. São compostos que atuam como agonistas dos receptores nicotínicos da acetilcolina (WARE & Whitacre, 2004) e

apresentam toxicidade elevada para os insetos e seletividade ao homem. No presente estudo, este efeito foi evidente em todos os tratamentos, demonstrando efeito prejudicial aos predadores *C. externa* e *O. Insidiosus*, em condições de campo.

5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos ao longo dos experimentos, é possível concluir que:

- aplicações consorciadas entre as pontas MGA 015 e o adjuvante 01 e entre as pontas AS 7030 com o adjuvante 02, ambas utilizando taxas de 75 L ha^{-1} , proporcionaram deposição de calda em plantas de trigo superior à taxa de 150 L ha^{-1} sem o uso de adjuvante;

- os resultados mais promissores durante as aplicações foram registrados quando das menores médias de velocidade do vento (mínima de $0,8 \text{ km h}^{-1}$ e máxima de $5,2 \text{ km h}^{-1}$), demonstrando ser possível a redução do volume de calda em aplicações que tenham como objetivo o controle do pulgão-dos-cereais sem que haja perda de eficácia do inseticida imidacloprido;

- a aplicação do inseticida imidacloprido consorciado com qualquer um dos adjuvantes testados é nociva para *C. externa* e *O. insidiosus*. A partir dos cinco dias após aplicação, imidacloprido continua sendo nocivo aos inimigos naturais, porém, independentemente da forma de tecnologia empregada.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a necessidade de futuros estudos que auxiliem o estabelecimento de métodos e práticas harmônicas entre tecnologias eficazes de baixo custo no controle de pragas com a preservação e a convivência de inimigos naturais. É evidente que a principal tomada de decisão nesse sentido vai de encontro com a escolha correta de produtos seletivos, dando condição para o estabelecimento da população de insetos benéficos na área.

REFERÊNCIAS

AAJOUD, A.; RAVETON, M.; AZROU-ISGHI, D.; TISSUT, M.; RAVANEL, P. How can the fipronil insecticide access phloem? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Grenoble Cedex, v.56, n.10, p.3732–3737, 2008.

ABITRIGO – Associação Brasileira da Indústria de Trigo. Sítio oficial. Disponível em: <www.abitrigo.com.br>. Acesso em 25 de abril de 2017.

AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. **Current Biology**, Maryland, v.19, n.11, p.915–918, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071>

AKKERHUIS, G.A.J.M.; AXELSEN, J. A.; KJAER, C. Towards predicting pesticide deposition from plant phenology; a study in spring barley. **Pesticide Science**, London, v.53, n.3, p.252-262, 1998.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199807\)53:3<252::AID-PS768>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199807)53:3<252::AID-PS768>3.0.CO;2-X)

ALBAJES, R.; LÓPEZ, C.; PONS, X. Predatory fauna in cornfields and response to imidacloprido seed treatment. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.96, n.6, p.1805–1813, 2003.

<https://doi.org/10.1093/jee/96.6.1805>

ALBERNAZ, K.C., CARVALHO, G.A., CARVALHO, B.F., SOUZA, J.R. Toxicidade de pesticidas para adultos de *Orius insidiosus* (SAY, 1832) (HEMIPETERA:

ANTHOCORIDAE). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.4, p.589-595, 2009

ALBERT, L. H. B.; VICTÓRIA FILHO, R. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 888-899, 2002.

ALVES, G.S.; CUNHA, J. P.A. R.; PALLADINI, L. A. Seleção de traçadores para estudos de eficiência das aplicações de produtos fitossanitários. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n.4, p.861-870, 2014.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**, Passo Fundo, Embrapa Trigo, p.174-175, 2008.

ANTUNIASSI, U. R.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; JESUS, M. G.; GANDOLFO, U. D.; MOTA, A. A. B. Correlation between drift and droplet spectra generated by flat fan nozzles. **Aspects of Applied Biology**, Botucatu, v.122, n.1, p. 371-376, 2014.

ANTUNIASSI, U.R., Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: **Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**, v.3. Botucatu, Anais, Botucatu: FEPAF. p.48-51, 2004.

AZEVEDO, L. A. S. Fungicidas sistêmicos: teoria e prática. São Paulo: 2001. 230 p.

BA-ANGOOD, S. A.; STEWART, R. K. Effect of granular and foliar insecticides on cereal aphids (Hemiptera) and their natural enemies on field barley in Southwestern. **Canadian Entomologist**, Quebec, v 112, n.12, p.1309–1313, 1980.

<https://doi.org/10.4039/Ent1121309-12>

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

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200007>

BONMATIN, J. M.; MOINEAU, I.; CHARVET, R.; FLECHE, C.; COLIN, M. E.; BENGSCHE, E. R. A LC/APCI MS/MS method for analysis of imidacloprid in soils, in plants, and in pollens. **Analytical Chemistry**, Illinois, v.75, n.9, p.2027–2033, 2003.

<https://doi.org/10.1021/ac020600b>

BONMATIN, J. M.; MARCHAND, P. A.; CHARVET, R.; MOINEAU, I.; BENGSCHE, E. R.; COLIN, M. E. Quantification of imidacloprid uptake in maize crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Munich, v.53, n.13, p.5336–5341, 2005.

<https://doi.org/10.1021/jf0479362>

BONMATIN, J. M.; MARCHAND, P. A.; COTTE, J. F.; AAJOU, A.; CASABIANCA, H.; GOUTAILLER, G.; COURTIAD, M. Bees and systemic insecticides (imidacloprid, fipronil) in pollen: subnano-quantification by HPLC/MS/MS and GC/MS. In: Del Re AAM, Capri E, Fragoulis, Trevisan M (eds) Environmental fate and ecological effects of pesticide. La Goliardica Pavese, Pavia, (It), pp. 827–824, 2007. Disponível em <<http://www.cabdirect.org/abstracts/20083103467.html;jsessionid=8EE58D309B91521CB0CFEC D7D2568525>>. Acessado em 21 março 2017

BOSTANIAN, N. J.; HARDMAN, J. M.; VENTARD, E.; RACETTE, G. The intrinsic toxicity of several neonicotinoids to *Lygus lineolaris* and *Hyaliodes vitripennis*, a phytophagous and a predacious mired. **Pest Management Science**, Nauem, v.61, n.10, p.991–996, 2005.

BREEZE, T. D.; BAILEY, A. P.; BALCOMBE, K. G, POTTS, S. G. Pollination services in the UK: how important are honeybees? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Zurich, v.142, n.3-4, p.137–143, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.020>

BROWN, R. A.; McMULLIN, L. C.; JACKSON, D.; RYAN, J.; COULSON, J. M. Beneficial arthropod toxicity assessments with three insecticides in laboratory, semi-field and field studies. **Brighton Crop Protection Conference Pests and Diseases**, Berks, v.2, n.5, p. 527-534.

BUENO, A.F.; FREITAS, S. Efeito do hexythiazox e imidacloprido sobre ovos larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal v.26, n.1, p.74-77, 2003.

BUENO, M.R.; CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1210-1222, 2013.

CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, Cambridge, v 32, n. 6, p. 841-884, 1984.

CARTER N. Management of cereal aphid (Hemiptera: Aphididae) populations and their natural enemies in winter wheat by alternate strip spraying with a selective insecticide.

Bulletin of Entomological Research, Cambridge, v.77, n.4, p.677–682, 1987.

<https://doi.org/10.1017/S0007485300012190>

CARVALHO, G.A.; GODOY, M.S.; CARVALHO, B.F.; LASMAR, O. Seletividade fisiológica de inseticidas em duas espécies de crisopídeos. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira. Brasília, v.45, p.1253-1258, nov. 2010.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. Ecofisiologia de cultivos anuais (trigo, milho, soja, arroz e mandioca). **Nobel**, São Paulo, 126 p, 1999.

CHAGNON, M.; KREUTZWEISER, D. P.; MITCHELL, E. A. D.; MORRISSEY, C. A.; NOOME, D. A.; VAN DER, SLUIJS, J. P. Risks of large scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v.22, n.1, p.119-134, 2014.

<https://doi.org/10.1007/s11356-014-3277-x>

CHECHETTO, R. G. Influência de óleos adjuvantes nas propriedades físico-químicas de caldas de pulverização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA, 27. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3601-3605, 2010.

CHECHETTO, R. G. **Potencial da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização e diferentes alvos**. 70f. 2011. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2011.

CHISTOFOLETTI, J. C. **Boletim técnico BT-05/99**: Considerações sobre a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, 1999.

CHOPRA, I.; CHAUHAN, R.; KUMARI, B.; DAHIJA, K. K.; Fate of fipronil in cotton and soil under tropical climatic conditions. **Bulletin of Enviromental Contamination and Toxicology**, London, v.86, n. 2, p.242–245, 2011.

<https://doi.org/10.1007/s00128-010-0180-0>

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p.

CONAB – Companhia Nacional de Abasteciemnto. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_10_09_00_47_boletim_graos_janeiro_2017.pdf>. Acesso em 21 mar. 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abasteciemnto. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS//uploads/arquivos/16_06_14_16_31_12_trigo_semana_-_06_a_10.pdf> .Acesso em 21 mar. 2017.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGENSON, D. C. (Ed.)

Fungicide: an advanced treatise. New York: Academic Press, p.239-86, 1967.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-395514-2.50014-4>

CUNHA, G. R.; TROMBINI, M. F. (Org.). **Trigo no MERCOSUL**: coletânea de artigos. Brasília: EMBRAPA, 1999.

CUNHA, J. P. A. R, TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R, TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. V.; FERNANDES, H. C. F.; 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.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001000005>

CUNHA, J.P.A.R. da. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p. 1360-1366, 2006.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000500003>

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S; REIS, E.F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2009.

CUNHA, J. P. A. R; SILVA, R. A. M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 52-58, 2010a.

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

<https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300007>

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; e FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, p. 1153-1158, 2010c.

DECOURTYE, A.; DEVILLERS, J. Ecotoxicology of neonicotinoids insecticides in the bees. In: Thany S (ed) **Insect Nicotinic Acetylcholine Receptors**, St. Austin, v.683, p.85-95.

https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6445-8_8

DELBEKE, F.; VERCRUYSSSE, P.; TIRRY, L.; CLERCQ, P.; DEGHEELE, D.; DECLERCQ, P. Toxicity of diflubenzuron, pyroproxyfen, imidacloprido and diafenthiuron to the predatory bug *Orius laevigatus* (Het.: Anthocoridae). **Entomophaga**. Gent, v.42, n.3, p.349-358, 1997.

<https://doi.org/10.1007/BF02769828>

DIECKMANN, Y.; CHRISTIAN, F.; ISHAQUE, M.; KERL, W.; KÖHLE H.

Agrochemical formulations comprising co-polymers based on ethylenically unsaturated dicarboxylic mono and diesters. Patent No. US 9462804, 2016.

DOPIERALA, K.; PROCHASKA, K. The effect of molecular structure on the surface properties of selected quaternary ammonium salts. **Journal of Colloid Interface Science**, Uppsala, v. 321, n. 1, p. 220-226, 2008.

<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2008.01.049>

DOWNER, R. A.; HALL, F. R.; THOMPSON, R. S. Temperature effects on atomization by flat-fan nozzles: implications for drift management and evidence for surfactante concentration gradients. **Atomization Sprays**, v. 8, p. 241-254, 1998.

DUFFIEL, S. J.; AEBISCHER, N. J. The effect of spatial scale of treatment with dimethoate on invertebrate population recovery in winter wheat. **Journal of Applied Ecology**, London, v.31, n.2, p.263–281, 1994.

<https://doi.org/10.2307/2404542>

DURINGAN, J. C.; CORREIA, N. M. Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Embrapa trigo, Passo Fundo, p.134-171, 2008.

EFSA (2013) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance thiamethoxam. EFSA 62 Environ Sci Pollut Res (2015) 22:35–67 J 11(1):3067, 68 pp. Disponível em: <www.efsa.europa.eu/efsajournal>. Acessado em 22 mar. 2017.

ELZEN, G. W. Lethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 91, n. 1, p. 55-59, 2001

<https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.1.55>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/trigo1>>. Acesso em 25 mar. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O melhoramento e os trigos da Embrapa em cultivo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa, 2001. 96p. (Comunicado Técnico, 81).

ESAU, K. 1957. Phloem deterioration in Gramineae affected by the barley yellow dwarf virus. **American Journal of Botany**, Sta Louis, v.44, n.3, p.245-251.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. prodstat –Crops. 2012. Disponível em: < http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#DOWNLOAD>. Acesso em 25 mar 2017.

FERRARI, F.; ROGGIA, S.; FELIX, L. F. Efeito do volume de calda adjuvante e horário de aplicação sobre a eficiência de controle percevejos da soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 9., 2014, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 111-118.

FISCHER, I. & J. P. CHAMBON. Faunistic inventory of cereal arthropods after flowering and incidence of insecticide treatments with deltamethrin, dimethoate and phosalone on the epigeal fauna. Mededelingen van de Falkulteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit. **CAB Direct**, Gent, v.52, n2, p.201–211, 1987.

GASSEN, D. N. **Insetos associados à Cultura do Trigo no Brasil**. Passo Fundo. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1984. 39 p. (Circular Técnica).

GASSEN, D. N. **Parasitas, patógenos e predadores de insetos associados à cultura do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1986. 86 p. (Circular Técnica).

GASSEN, D. N. **Controle Biológico de Pulgões de Trigo no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA/TRIGO, 1999. 36 p. (Circular Técnica).

GENT, D. H.; SCHWARTS, H. F.; NISSEN, S. J. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. **Plant Disease**, Saint Paul, v.87, n.5 p.591-597, 2003.

<https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.5.591>

GREEN, J. Adjuvant outlook for pesticides. **Pesticide Outlook**, Cambridge, v. 11, n.5, p. 196–199, 2000.

<https://doi.org/10.1039/b008021g>

GREEN, J. M.; BEESTMAN, G. B. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. **Crop Protection**, Queensland, v. 26, n.3, p.320-327, 2007.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.04.018>

GUNASEKARA, A. S, TRUONG, T, GOH, K. S, SPURLOCK, F, TJEERDEMA, R. S. Environmental fate and toxicology of fipronil. **Journal of Pesticide Science**, California, v.32, n.3, p.189–199, 2007.

<https://doi.org/10.1584/jpestics.R07-02>

HANKS, J. E. Effect of drift retardant adjuvants on spray droplet size of water and paraffinic oil applied at ultralow volume. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 2, p. 380-384, abr./jun. 1995.

HASSAN, S.A.; DEGRANDE, P.E. Methods to test the side effects of pesticides on Trichogramma. In: PARRA, J.R.P.; ZUCHI, R.A. (Ed.). **Curso de controle biológico com Trichogramma**. Piracicaba, FEALQ, 1996. p.63-74.

HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal Economic Entomology**, Lanham, v.48, n.2, p.157-161, 1955.

<https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>

HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.62, n.4, p. 919-25, 1969.

<https://doi.org/10.1093/jee/62.4.919>

Horwood, M. A. Rapid degradation of termiticides under field conditions. **Austral Entomology**. Melbourne v.46, n.1, p.75–78, 2007.

<https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2007.00543.x>

HOOLLINGSWORTH, R.G., Limonene, a Citrus Extract, for control of Mealybugs and Scale insects. **Journal of Economic Entomology**, Lanham v. 98, nº.3, p. 772-779, 2005.

<https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.3.772>

IBRAHIM, M. A., PIRJO, K., AFLATUNI A., TIILIKKALA K., HOLOPAINEN J.K., Insectidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. **Agricultural and Food Science in Finland**, v. 10, p. 243 – 259, 2001.

INGLESFIELD, C., Field evaluation of the effects of a new pyrethroid insecticide, WL 85871, on the beneficial arthropod fauna of oilseed rape and wheat. **Brighton Crop Protection Conference Proceedings**, Brighton, vol. 2, p. 325–330, 1984.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

JEPSON, P. C. & J. R. M. THACKER. Analysis of the spatial component of pesticide side-effects on non-target invertebrate populations and its relevance to hazard analysis. **Functional Ecology**. Lexington v.4, n.3, p.349–358, 1990.
<https://doi.org/10.2307/2389596>

JESCHKE P, NAUEN R. Neonicotinoids – from zero to hero in insecticide chemistry. **Pest Management Science**. Nauem, v.64, n.11, p.1084-1098, 2008.

JESCHKE, P.; NAUEN, .; SCHINDLER, M.; ELBER, A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Munich v.59, n.7, p.2897–2908, 2011.
<https://doi.org/10.1021/jf101303g>

KAMINSKI J. E. Dollar Spot Severity as Influenced by Fungicide Mode of Activity and Spray Nozzle. **Hortscience**, Pennsylvania, v. 44, n. 6, October, 2009.

KILPATRICK, A.L.; HAGERTY, A.M.; TURNIPSEED, S.G.; SULLIVAN, M.J.; BRIDGES, W.C. Activity of selected neonicotinoids and dicotophos on nontarget arthropods in cotton: implications in insect management. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.38, n.3, p.814-820, 2005.

<https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.3.814>

KINKLER H, LÖSER S, REHNELT K. 10 Jahre Erforschung des Moselapollifalters (Parnassius apollo vinningensis STICHEL 1899, Lepidoptera, Papilionidae) im modernen Weinbaugebiet der Mosel—ein Beitrag zu seiner Rettung. *Commun Assoc rheinischwestfälischer Lepidopterologen*, v.5, p.74–96, 1987.

KISSMANN, K.G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.H.B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.39-51.

KLUSER, S.; NEUMANN, P.; CHAUZAT, M. P.; PETTIS, J. S. (2011) UNEP EMERGIN ISSUE: global honey bee colony disorder and other threats to insect pollinators. <http://archive-ouverte.unige.ch>. Acessado em 11 julho de 2017.

KRISCHIK, V. A.; LANDMARK, A. L.; HEIMPEL, G. E. Soil-applied imidacloprido is translocated to nectar and kills nectar-feeding *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae). **Environmental Entomology**, Annapolis, v.36, n.5, p.1238–1245, 2007.

[https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[1238:SIITTN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[1238:SIITTN]2.0.CO;2)

KRUPKE, CH.; HUNT, G. J.; EITZER, B. D.; ANDINO, G.; GIVEN, K. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. **PLoS One**, v.7, n.1 e29268, 2012.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029268>

KREUTZWEISER DP, THOMPSON DG, SCARR TA. Imidacloprid in leaves from systemically treated trees may inhibit litter breakdown by nontarget invertebrates.

Ecotoxicology and Environmental Safety, New York, v.72, n.4, p.1053–1057, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.09.017>

LEE, G. H.; CHOI, M. Y.; KIM, D. H. Effects of pesticides on predator *Orius sauteri* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae). **Journal of Crop Protection**, Queensland, v. 39, n. 2, p. 61-66, 1997.

LISTER, R.M.; RANIERI, R. 1995. **Distribution and economic importance of barley yellow dwarf**. p.29-53. In C.J D'Arcy & P.A. Burnett, Barley yellow dwarf: 40 years of progress. American Phytopathology Society, St. Paul, 374p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1992. 16 p. (Boletim técnico, 5).

MACIEL, C. D. G. et al. Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha**, Viçosa v. 28, n. 3, p. 673-685, 2010.

MAFI, S.A.; OHBAYASHI, N. Toxicity of insecticides to the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, and its parasitoids, *Chrysocharis pentheus* and *Sympiesis striatipes* (Hymenoptera: Eulophidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v.41, n.1, p.33-39, 2006.

<https://doi.org/10.1303/aez.2006.33>

MANI, S.; MEDRZYCKI, P.; PORRINI, C. The puzzle of honey bee losses: a brief review. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v.63, n.1, p.153–160, 2010.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

<https://doi.org/10.1002/9780470760130>

MATUO, T.; NAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeito de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathol.**, v.15, n.2, p.163-173, 1989.

MCNICHOL, A.Z.; TESKE, M.E.; BARRY, J.W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.6, p.1529-1536, 1997.

<https://doi.org/10.13031/2013.21410>

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Queensland, v.19, p.609-615, 2000.

[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00080-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00080-6)

MINGUELA, V. J.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588p.

MONTÓRIO, G. A.; VELINI, E. D.; MONTÓRIO, T. Definição de um coeficiente de eficácia para estudo de tensão superficial com surfactantes siliconados e não siliconados. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 3, n. 1, p. 25-34, 2005.

MORAIS, A. A.; CARVALHO, G. A.; MORAES, J. C.; GODOY, M. S.; COSME, L. V. Avaliação de seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do crisântemo a adultos de *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) em laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.971-977, 2003.
<https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000500001>

MORAES, D. W.; MACIEL, C. D. G.; BALAN, M. G.; JUSTINIANO, W. Qualidade da aplicação de herbicidas na dessecação e na pós-emergência na cultura do trigo com uso de adjuvantes. **Revista Agrária - Dourados**, v.5, n. 16, p.123-130, 2012.

MOTA, A. A. B. Espectro de gotas da pulverização de herbicida com e sem a adição de adjuvante na calda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3419-3423.

MULLIN CA, FRAZIER M, FRAZIER JL, ASHCRAFT S, SIMONDS R, VAN ENGELSDORP D, PETTIS JS. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. **PLoS One**, v.5, n.3, e9754, 2010.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavaolura de trigo**. Porto Alegre: Evnagraf, 1999. 227 p.

NARANJO, S.E.; AKEY, D.H. Comparative efficacy and selectivity of acetamiprid for the management of Bemisia tabaci. **Arizona Cotton Report**, p.1-138, 2004.

NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSHER, U.; SCHMUCK, R. Toxicity and nicotinic acetylcholine receptor interaction of imidacloprido and its metabolites in Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae). **Pest Managent Science**, Leverkusen, v.57, n.7, p.577–586, 2001.
<https://doi.org/10.1002/ps.331>

NEMOTO, H. Pest management systems for eggplant arthropods: a plan to control pest resurgence resulting from the destruction of natural enemies. **Journal Agricultural Research Quartely**, Tsukuba Ibaraki, v. 29, n. 1, p. 25-29, Jan. 1995.

NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honey bee colony loss. **Journal of Apicultural Research**. Bern, v.49, n.1, p.1-6, 2010.
<https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01>

OLDROYD, P. B. What's killing American honey bees? **Plos Biology** v.5, n.6, e168, 2007. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050168>

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 122f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OVERMYER, J. P.; MASON, B. N, ARMBRUST, K. L. Acute toxicity of imidacloprido and fipronil to a nontarget aquatic insect, *Simulium vittatum* Zetterstedt cytospecies IS-7.

Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Athens, v.74, n.5, p.872-879, 2005.

<https://doi.org/10.1007/s00128-005-0662-7>

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.H.B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**.

Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, p.65-78, 1998.

OZKAN, H. E.; REICHARD, D. L.; ZHU, H. Effect of drift retardant chemicals on spray drift, droplet size and spray pattern. In: BERGER, P. D.; DEVISETTY, B. N.; HALL, F. R.

Pesticide formulations and application systems, 13v, ASTM STP 1183. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, p.183-189, 1993.

<https://doi.org/10.1520/STP25132S>

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

<https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000500005>

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S.

Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. **Editora Manole**, São Paulo. 609p, 2002.

PARADIS, D.; BÉRAIL, G.; BONMATIN, J. M., BELZUNCES, L. P. Sensitive analytical methods for 22 relevant insecticides of 3 chemical families in honey by GC-MS/MS and LC-MS/MS. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, Vendaia, v.406, n.2, p.621–633, 2014.

PFADT, R.E, Insect pests of smail grains. In: PFADT, R.E. (Ed.). **Fundamentals of Applied Entomology**. 3.cd. New York: MacMillan Publishing Co., p.261-301, 1978.

PISA L, AMARAL-ROGERS V, BELZUNCES LP, BONMATIN JM, DOWNS C, GOULSON D, KREUTZWEISER D, KRUPKE C, LIESS M, McFIELD M, MORRISSEY C, NOOME DA, SETTELE J, SIMON-DELSON N, STARK J, VANDER SLUIJS, VAN DYCK H, WIEMERS M. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v.22, n.1, p.68-102, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>

POEHLING, H. M. Effects of reduced dose rates of pirimicarb and fenvalerate on aphids and beneficial arthropods in winter wheat, **IOBC/WPRS Bulletin**, France, v.10, n.1, p.184-193, 1987.

POWELL, W.; DEAN, G. J.; BARDNER, R. Effects of pirimicarb, dimethoate and benomyl on natural enemies of cereal aphids in winter wheat. **Annals of Applied Biology**, London, v.106, n.2, p.235–242, 1985.

<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03113.x>

PPDB (2012) Pesticide properties database. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>>. Acessado em 21 mar. 2017.

PRABHAKER, N.; CASTLE, S. J.; NARANJO, S. E.; TOSCANO, N. C.; MORSE, J. G.; Compatibility of two systemic neonicotinoids, imidacloprido and thiamethoxam, with various natural enemies of agricultural pests. **Journal of Economic Entomology**, California, v.104, n.3, p.773–781, 2011.

<https://doi.org/10.1603/EC10362>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acessado em 20 jun. 2017.

RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D. Preparo da calda e sua interferência na eficácia de agrotóxicos. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/V2/index.htm>. Acesso em: 17 mai. 2017.

RECOMENDAÇÕES DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. In: Anais, XXXII Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo. Cruz Alta, 90p. 2000.

RICHARZ, N.; NEUMANN, D.; WIPKING, W.; Untersuchungen zur Ökologie des Apollofalters (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899, Lepidoptera, Papilionidae) im Weinbaugebiet der unteren Mosel. **Mitt der Assoc Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen**, Gent, v5, n.1, p.108–259, 1989.

ROBERTS, T.R.; HUTSON, D.H, Metabolic pathways of agrochemicals: insecticides and fungicides, **The Royal Society of Chemistry**, Cambridge, v.2, p. 112-113, 1999.

<https://doi.org/10.1039/9781847551375>

ROCHA, L.C.D. **Seletividade fisiológica de inseticidas utilizados em cultura cafeeira sobre os predadores *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, 1853 (Coleoptera: Coccinellidae).** 2008. 133f. (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, O. J. G.; GANDOLFO, M. A. Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 90-95, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000100013>

ROMÁN, R. A. A.; CORTEZ, J. W.; FERREIRA, M.C.; DI OLIVEIRA, J. R. G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.223-232, 2009.
<https://doi.org/10.5380/rsa.v10i3.14529>

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. B. Controle Biológico dos Pulgões do Trigo. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. S. (Ed.) Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, p. 427-447, 2002.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. **Manejo Integrado dos Pulgões de Trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 2001. 52 p. (Circular Técnica).

SALVADORI, J.R. Controle biológico de pulgões de trigo: o sucesso que perdura. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.46, p.25-31, 1999.

SOARES SOBRINHO, J.; SOUZA, M. A. de. Origem, descrição botânica e desenvolvimento do trigo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.97, p.9-13, 1983.

SCHMUCK, R.; SCHONING, R.; STORK, A.; SCHRAMEL O. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L. Hymenoptera) by an imidacloprido seed dressing of sunflowers. **Pest Management Science**, Nauem, v.57, n.3, p.225–238, 2001.

SCHMUCK, R.; STADLER, T.; SCHMIDT HW. Field relevance of a synergistic effect observed in the laboratory between an EBI fungicide and a chloronicotinyl insecticide in the honeybee (*Apis mellifera* L, Hymenoptera). **Pest Management Science**, Nauem, v.59, n.3, p-279–286, 2003.

SHIPP, J. L.; ZARIFFA, N.; FERGUSON, G. Spatial patterns of and sampling methods for *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) on greenhouse sweet pepper. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v.124, n.5, p.887-894, 1992.

<https://doi.org/10.4039/Ent124887-5>

SHIRES, S. W. Effects of aerial applications of cypermethrin and demeton-s-methyl on non-target arthropods in winter wheat. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.10, n.1, p-1-11.

SILVA, D.B.; A.F. GUERRA, T.A.; TREIN, J.R.; ANJOS, R. T.; ALVES, G.C.; RODRIGUES, I.A.C. **Trigo para o abastecimento familiar**: do plantio à mesa. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Planaltuba: Embrapa-CPAC, 1996. 176p.

SILVA, M.T.B. Fatores que afetam a eficiência de inseticidas sobre *Schizaphis graminum* em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.383-387, 1999.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84781999000300001>

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: Canteri, MG.; Pria, M.D.; Silva, O.C. (eds.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. P.127-137.

SILVA, M. S. E. Trigo no Brasil começa nos Cerrados. **Anuário Brasileiro do Trigo**, Passo Fundo, v.1, n.1, 114p. jan. 2001

SIMITH, D. B.; ASKEW, S. D.; MORRIS, W. H.; SHAW, D. R.; BOYETTE, M. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St Joseph, v. 43, n. 2, p. 255-259, 2000.

SIMON-DELISO, N.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P.; BONMATIN, J. M.; CHAGNON, M.; DOWNS, C.; FURLAN, L.; GIBBONS, D. W.; GIORIO, C.; GIROLAMI, V.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D. P.; KRUPKE, C. H.; LIESS, M.; LONG, E. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v.22, n.1, p.5-34, 2014.

<https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>

SINGH, M.; MACK, R. E. Effect of organosilicone-based adjuvants on herbicide efficacy. **Pest Management Science**, Nauem, v.38, n.2, p.219-25, 1993.

<https://doi.org/10.1002/ps.2780380217>

SINHA, S. N.; LAKHANI, K. H, DAVIS, B. N. K. Studies on the toxicity of insecticidal drift to the first instar larvae of the large white butterfly *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae). **Pest Management Science**, Nauem, v.116, n.1, p.27–41, 1990.

<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1990.tb06584.x>

SKROBIALOWSKI, S. C.; MIZE, S. V.; DEMCHECK, D. K.; Environmental setting, water quality, and ecological indicators of surface water quality in the Mermentau river basin, southwestern Louisiana, 1998–2001. Water-Resources Investigations Report 03-4185. US Geological Survey, Baton Rouge, LA. Disponível em: <http://water.usgs.gov/nawqa/bib/pubs.php.php?state=LA>. Acessado em 21 jun, 2017.

SMART, L. E.; STEVENSON, J. H.; WALTERS, J. H. H. Development of field trial methodology to assess short-term effects of pesticides on beneficial arthropods in arable crops. **Crop Protection**, Queensland, v.8, n.3, p.169-180, 1989. 8: 169–180.

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

<https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100010>

SPRAYING SYSTEMS CO. **Catálogo 46M-BR/P**: produtos de pulverização para a agricultura. Diadema. 1999

STAPEL, JO.; CORTESERO, A. M.; LEWIS, W. J. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. **Biological Control**, Texas, v.17, n.3, p.243-249, 2000.

<https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0795>

STOKSTAD, E. “The case of the Empty Hives”, **Science**, v.316, n.5825, p.970–972, 2007.

<https://doi.org/10.1126/science.316.5827.970>

STONER, K.A, EITZER, B. D. Movement of soil-applied imidacloprid and thiamethoxam into nectar and pollen of squash (*Cucurbita pepo*). **PLoS One**, v.7, n.6, e39114, 2012.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039114>

SUCHAIL, S.; GUEZ, D.; BELZUNCES, L. P. Characteristics of imidacloprido toxicity in two *Apis mellifera* subspecies. **Enviromental Toxicology and Chemistry**, Michigan, v.19, n.7, p.1901–1905, 2000.

<https://doi.org/10.1002/etc.5620190726>

TATTAR, T. A.; DOTSON, J. A.; RUIZZO, M. S.; STEWARD, V. B. Translocation of imidacloprid in three tree species when trunk- and soil-injected. **Journal Arboriculture**, Champaign, v.24, n.1, p.54–56, 1998.

TAMBASCO, F. J. **Determinação de níveis de dano de pulgões em trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1984, 113 p. (Circular Técnica).

TAPPARO, A.; GIORIO, C.; MARZARO, M.; MARTON, D.; SOLDÀ, L.; GIROLAMI, V. Rapid analysis of neonicotinoid insecticides in guttation drops of corn seedlings obtained from coated seeds. **Journal of Environmental Monitoring**, Illinois, v13, n.6, p.1564–1568, 2011.

TAPPARO, A.; MARTON, D.; GIORIO, C.; ZANELLA, A.; SOLDÀ, L.; MARZARO, M.; VIVAN, L.; GIROLAMI, V. Assessment of the environmental exposure of honeybees to particulate matter containing neonicotinoid insecticides coming from corn coated seeds. **Environmental Science and Technology**, v.46, n.5, Padova, p.2592–2599, 2012.

TARMANN, G. Die Vinschger Trockenrasen - Ein Zustandsbericht auf basis der bioindikatoren Tagfalter und widderchen (Lepidoptera: Rhopalocera, Zygaenidae). **Science Yearb Tyrolean State Mus**, Wissenschaftliches Jahrbuch der Tiroler Landesmuseen, v.2, p.307-350, 2009.

TATTAR, TA.; DOTSON, J. A.; RUIZZO, M. S.; STEWARD, V. B. Translocation of imidacloprid in three tree species when trunk- and soil-injected. **Journal Arboriculture**, Champaign, v.24, p.54–56, 1998

THOMAS, C. F. G.; HOL, E. H. A.; EVERTS, J. W. Modelling the diffusion component of dispersal during recovery of a population of linyphiid spiders from exposure to an insecticide. **Functional Ecology**, Wageniggen, v.4, n.3, p.357–368, 1990.

TISLER T, JEMEC A, MOZETIC B, TREBSE P. Hazard identification of imidacloprid to aquatic environment. **Chemosphere**, Ljubljana, v.76, n.7, p.907-914, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.05.002>

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review Pharmacology Toxicology**, v.45, p.247- 248, 2005.

<https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.45.120403.095930>

TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprido to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.1, p.099-106, 2004.

TONET, G. L.; SILVA, R. F. P. Antibiose de genótipos de trigo ao biótipo C do “pulgão-verde-dos-cereais”, *Schizaphis graminum* (RONDANI, 1852) (HOMOPTERA:

APHIDIDAE). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1.181-1.186, 1994

VAN DER ZEE R.; PISA, L.; ANDONOV, S.; BRODSHNEIDER, R.; CHARRIERE, J. D. Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008–9 and 2009–10. **Journal of Apicultural Research**, Texas, v.51, n.1, p.91–114. doi:10.3896/ibra.1.51.1.12, 2012.

<https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.1.12>

VEIRE, van de; STERK, G.; STAALJ, M. de van; RAMAKERS, P.M.J.; TIRRY, L. Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. **BioControl**, Dordrecht, v.47, n.1, p.101-113, 2002.

<https://doi.org/10.1023/A:1014473023912>

VORLEY, W. T.; WRATTEN, S. D. Migration of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of cereal aphids between grassland, early sown cereals and late sown cereals In southern England. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v.77, n.4, p.555–568.

WARE, G.W.; WHITACRE, D.M. An introduction to insecticides. 4rd ed. Tucson, Arizona, 2004. Disponível em: <<http://ipmworld.umn.edu/chapters/ware.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2007.

WESTERN, N. M. et al. Drift reduction and droplet-size in sprays containing adjuvant oil emulsions. **Pesticide Science**, Oxford, v. 55, n. 6, p. 640-642, jun. 1999.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199906\)55:6<640::AID-PS985>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199906)55:6<640::AID-PS985>3.0.CO;2-U)

ZHU, H.; REICHARD, R. D.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; OZKAN, H. E. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayer. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St Joseph, v.37, n.5, p.1401-1407, 1994.

ZÚÑIGA-SALINAS E. S. **Controle biológico dos afídeos do trigo** (Homóptera: Aphididae) **por meio de parasitoides no Planalto Médio do Rio Grande do Sul**, Brasil. 1982. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.