

**MARCELLA GUERREIRO DE JESUS**

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CALDAS E ESPECTRO DE  
GOTAS COM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE INSETICIDAS  
EM SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO AÉREA**

**Botucatu**

**2019**



**MARCELLA GUERREIRO DE JESUS**

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CALDAS E ESPECTRO DE GOTAS COM  
DIFERENTES FORMULAÇÕES DE INSETICIDAS EM SIMULAÇÃO DE  
APLICAÇÃO AÉREA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses R. Antuniassi

**Botucatu  
2019**

J58a	<p>Jesus, Marcella Guerreiro de  Análises físico-químicas das caldas e espectro de gotas com diferentes formulações de inseticidas em simulação de aplicação aérea / Marcella Guerreiro de Jesus. -- Botucatu, 2019  82 p. : tabs., fotos</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu  Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi</p> <p>1. Agricultura. 2. Tecnologia de aplicação. 3. Defensivos agrícolas. I. Título.</p>
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CALDAS E ESPECTRO DE GOTAS COM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE INSETICIDAS EM SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO ÁREA


AUTORA: MARCELLA GUERREIRO DE JESUS

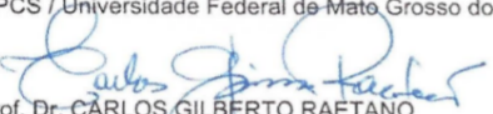
ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI  
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. JOÃO PAULO ARANTES R. DA CUNHA  
Departamento de Engenharia Agrícola / UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

  
Prof. Dr. FÁBIO HENRIQUE ROJO BAIO  
CPCS / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / Chapadão do Sul /MS

  
Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO  
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI  
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Botucatu, 16 de outubro de 2017



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço aos mestres dos mestres, Jesus e todo seu amor por nós, a cada lição diária aprendida.

Aos meus pais por todos ensinamentos e exemplos, principalmente de amor ao próximo e humildade e minha irmã Marcielle.

A minha equipe de trabalho (Alisson, Rodolfo, Fernando, Caio, Thalyson, Ulisses G., Raquel, Henrique, Mateus, Alexandre, Dante e Andreia) que estiveram comigo em toda essa jornada de aperfeiçoamento profissional e pessoal.

A um dos maiores exemplos de liderança e companheirismo, Prof.Dr. Ulisses Rocha Antuniassi e família, por toda orientação e carinho.

Ao meu time de trabalho na Universidade de Lincoln-Nebraska/EUA. Jesaelen e Débora por toda atenção, Kayse, Anna, Lia, Tommy, Matt, Bruno, Lucas, Estefânia, Andrea, Isidor, Henrique, André por todo apoio e ajuda.

Meus líderes Prof.Dr. Greg Kruger e Jeff Golus por toda oportunidade, paciência e ensinamentos adquiridos nessa fase tão importante em minha carreira.

Minhas amigas de todas as horas e fases, Bruna Albuquerque, Barbara, Renata, Raquel, Franciele, Camila, Daniela, Anne, Jess US e Ellen US...Obrigada pelo ombro amigo e conselhos.

Agradeço por ter conhecido Jordan Wehrle e toda sua paciência, aprendido tanto um com o outro e com Deus vivo em nós.

Minha segunda família, que foi um presente divino, Sônia, Dante, Kamila e Karina, muito obrigada pelo amor, carinho, atenção, força e amparo nos momentos de grandes desafios em minha vida.

Ao meu grande amigo e exemplo Prof.Dr Kleber Lanças e sua família pelo apoio e ensinamentos desde época de cursinho.

Professor Dr. Marco Antônio Gandolfo pelo incentivo e orientação no começo de minha jornada na agronomia.

Agradeço imensamente ao órgão financiador Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq por todo o apoio e oportunidades.

Meu muito obrigada a Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP/ FCA Botucatu por me acolher por todos esses anos e me formar a profissional que sou.



**Esperança e calma são palavras de ordem.  
Silencie a voz da crítica, tristeza ou maldade.  
Você é mais do que pensa ser.  
(Lourival Lopes – Otimismo todo dia)**



## RESUMO

A pulverização aérea é uma técnica de aplicação com grande demanda de uso devido a seu elevado rendimento operacional e eficiência. Pesquisas voltadas para essa área são cada vez mais necessárias, para um melhor entendimento do comportamento de cada técnica de aplicação de defensivos nas condições operacionais de aplicação aérea. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência de adjuvantes e formulações nas características físico químicas da calda, espectro de gotas gerados pela ponta de jato plano de impacto CP-03 em diferentes ângulos de saída durante a simulação da aplicação aérea de inseticidas em condições de laboratório. Selecionou-se o inseticida lambda- cyhalothrin em duas formulações, concentrado emulsionável (EC) e suspensão concentrada (SC), cujas doses recomendadas em bula foram diluídas para uma taxa de aplicação de  $28,1 \text{ L ha}^{-1}$  (equivalentes a 3 galões americanos por acre). Foram utilizados dois adjuvantes em mistura com o inseticida, sendo um óleo vegetal e um surfatante. Executaram-se três experimentos, em delineamento inteiramente casualizado, a fim de verificar a influência das soluções na interação com o ângulo defletor de  $30^\circ$  (experimento 1), na interferência com o ângulo defletor de  $55^\circ$  (experimento 2) e com o ângulo de  $90^\circ$  (experimento 3), configurando um fatorial de  $2 \times 3$  (2 formulações x 3 soluções), 6 caldas por experimento (cada um dos inseticidas de maneira isolada e em mistura com os dois adjuvantes) para conhecimento do comportamento dessas variáveis. A ponta CP-03 foi ajustada em cada um dos três ângulos possíveis do anteparo ( $30^\circ$ ,  $55^\circ$  e  $90^\circ$ ). As pulverizações foram efetuadas em túnel de vento de alta velocidade, ajustado para  $180 \text{ km h}^{-1}$ , onde obteve-se os resultados do espectro das gotas através de um analisador de partículas por difração de laser Sympatec HELOS/VARIO KF (Sympatec Inc., ClausthalZellerfeld, Germany). Analisaram-se também as características físico-químicas das soluções (tensão superficial e viscosidade). Os resultados foram submetidos a análise de variância e, quando pertinente, ao teste de tukey para comparação de médias. Os resultados mostraram que houve interação entre as caldas e os ângulos de ajuste das pontas, com diferenças significativas na análise estatística. De maneira geral observou-se que as caldas que continham emulsão na sua constituição (todas as caldas do inseticida EC e as caldas do inseticida SC em que houve mistura de óleo) apresentaram menores valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) e maiores valores do percentual de

gotas menores do que 100  $\mu\text{m}$  (V100), representando situações de aplicação com maior risco de deriva. Os maiores valores de DMV e menores valores de V100 (representando as caldas com menor risco de deriva) foram obtidas da mistura do inseticida SC com o surfatante. Nos ajustes da ponta CP-03, os maiores valores de DMV foram encontrados na utilização do ângulo defletor de 30°. A interação que produziu a pulverização com menor risco de deriva foi a calda com o inseticida SC em mistura com o surfatante, aplicada com o ângulo de 30° na ponta CP-03.

**Palavras-chave:** Deriva, Tecnologia de aplicação, Túnel de vento.

## ABSTRACT

Aerial spraying is an application technique with high demand because of its high operational efficiency and efficiency in hard areas to access. Research on this area is increasingly necessary, in order to better understand the behavior of each technique for the application of pesticides in the aerial application operational conditions. The objective of this work was to evaluate the interference of adjuvants and formulations in the spectra of drops generated by the CP-03 plane impact jet tip in the simulation of the aerial application of insecticides under laboratory conditions. The active ingredient insecticide lambda-cyhalothrin was selected in two formulations, emulsifiable concentrate (SC) and concentrated suspension (EC), with an application rate of 28.1 L ha<sup>-1</sup> (equivalent to 3 US gallons per acre). Two adjuvants were used in combination with the insecticides, being a vegetable oil and a surfactant. Three experiments were carried out in a completely randomized design, in order to verify the influence of the solutions on the interaction with the deflecting angle of 30 (experiment 1), on the interference with the deflecting angle of 55 (experiment 2) and with the angle 90 (2 formulations x 3 adjuvants), 6 samples per experiment (each of the insecticides in an isolated manner and in a mixture with the two adjuvants) to know the behavior of these variables. The CP-03 nozzle has been adjusted at each of the three possible angles of the bulkhead (30, 55 and 90°). The CP-03 nozzle was adjusted at each of the three possible angles of the bulkhead (30, 55 and 90 °). In this way, a 6 x 3 factorial (six treatments x three angles) was set up, totaling 18 treatments, with 3 replicates. The spraying was performed in a high-speed wind tunnel, adjusted to 180 km h<sup>-1</sup>, where the spectra of the droplets were obtained through a Sympatec HELOS / VARIO KF laser diffraction particle analyzer (Sympatec Inc., ClausthalZellerfeld, Germany). The physical property measurements of the solutions (surface tension, density and viscosity) were also analyzed. The results were submitted to analysis of variance and, when pertinent, to the Tukey test for comparison of average. The results showed that there was interaction between the solutions and the adjustment angles of the nozzles, with significant results in the statistical analysis. In general, it was observed that the solution emulsion-containing (all EC insecticide and SC insecticide solution in which the oil mixture was mixed) had lower volume median diameter (DMV) values and higher percent volume less than 100 µm (V100), representing application situations

with higher risk of drift. The highest values of DMV and lower values of V100 (representing the solution with the lowest risk of drift) were obtained from the mixture of the insecticide SC with the surfactant adjuvant. The highest values of DMV were found in the use of the deflection angle of 30°, since this produces lower impact energy and, therefore, lower droplet cracking. The interaction that produced the solution with less risk of drift was the interaction between the solution with the insecticide SC in mixture with the surfactant, applied with the angle of 30° at the nozzle CP-03.

**Keywords:** Drift, Application technology, Wind tunnel.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Exemplificação do túnel de vento de alta velocidade para descrição das dimensões e direcionamentos.....	39
Figura 2 –	Túnel de vento de alta velocidade para simulação de aplicações aéreas. Laser Sympatec HELOS/VARIO KF (A), ponta CP-03 (CP Products Company) (B) e direcionamento do vento dentro da câmara (C).....	40
Figura 3 –	Descrição do bico de pulverização selecionado para estudo (CP 03) e ilustração dos Ângulos defletores.....	41
Figura 4 –	Tensiometro óptico, OCA 15EC (DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemanha).....	42
Figura 5 –	Processo de medição da Tensão superficial dinâmica pelo tensiómetro óptico, OCA 15EC.....	44
Figura 6 –	Janela de resultados de medição da Tensão superficial dinâmica pelo Tensiômetro óptico, OCA 15EC.....	45
Figura 7 –	Impermeabilização da agulha utilizando uma solução hidrofóbica.....	46
Figura 8 –	Ilustração do densímetro medidor de concentração DMA 4500 M Chemicals ( Anton Paar, Inc.).....	47
Figura 9 –	Demonstração do momento de injeção das amostras no densímetro DMA 4500 M Chemicals ( Anton Paar, Inc.).....	47
Figura 10 –	Ilustração da localização do viscosímetro de rolamento (Lovis 2000 M/ ME) acoplado ao densímetro DMA 4500 M Chemicals (Anton Paar, Inc.).....	49
Figura 11 –	Ilustração do mecanismo de obtenção da viscosidade proporcional ao tempo de rolagem (Lovis 2000 M/ ME).....	49
Figura 12 –	Valores de Tensão superficial das caldas utilizadas.....	51
Figura 13 –	Valores de viscosidade e resultados estatísticos entre as caldas.....	53
Figura 14 –	Rede de correlações entre as variáveis.....	67
Figura 15 –	Representação gráfica da distribuição das variáveis canônicas em relação aos tratamentos.....	68





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Análise estatística das variáveis: diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual volumétrico de gotas menores que 100 µm (V100) para o ângulo de 30° (Experimento 1).....	55
Tabela 2 –	Desdobramento do DMV para as formulações e adjuvantes no ângulo de 30° (Experimento 1).....	56
Tabela 3 –	Desdobramento do V100 para as formulações e adjuvantes o ângulo de 30° (Experimento 1).....	57
Tabela 4 –	Análise estatística das variáveis diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual de gotas menores que 100 µm (V100) para o ângulo de 55° na ponta CP- 03 (Experimento 2).....	58
Tabela 5 –	Desdobramento do DMV para as formulações e adjuvantes o ângulo de 55° (Experimento 2).....	58
Tabela 6 –	Análise estatística das variáveis diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual de gotas menores que 100 µm (V100) para o ângulo de 90° na ponta CP- 03 (Experimento 3).....	59
Tabela 7 –	Desdobramento do DMV para as formulações e adjuvantes no ângulo de 90° (Experimento 3).....	60
Tabela 8 –	Desdobramento do V100 para as formulações e adjuvantes no ângulo de 90° (Experimento 3).....	62
Tabela 9 –	Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta pelo inseticida Warrior II (SC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 30° .....	63
Tabela 10 –	Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Lambda-Cy (EC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 30° .....	64
Tabela 11 –	Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Warrior II (SC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 55° .....	64

Tabela 12 –	Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Lambda-Cy (EC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 55° .....	65
Tabela 13 –	Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Warrior II (SC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 90° .....	65
Tabela 14 –	Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Lambda-Cy (EC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 90° .....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Descrição dos produtos utilizados e suas respectivas doses.....	38
Quadro 2 –	Descrição dos tratamentos, nomenclatura e ângulos defletores utilizados.....	38
Quadro 3 –	Quantidades em mililitros de cada produto utilizado para preparo das soluções na medição de Tensão superficial (TS)....	43



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Aplicação aérea de defensivos agrícolas.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Defensivos agrícolas.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Adjuvantes.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>Influência do espectro das gotas na ocorrência de deriva.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5</b>	<b>Caraterização das pontas hidráulicas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.6</b>	<b>Propriedades físico-químicas da calda.....</b>	<b>32</b>
<b>2.7</b>	<b>Diferentes tipos de formulações nas caldas de defensivos.....</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Local.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise de espectro de gotas.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>Análises de tensão superficial das soluções utilizando um tensiômetro óptico.....</b>	<b>41</b>
<b>3.5</b>	<b>Análises de densidade e viscosidade das soluções utilizando um medidor de concentração DMA 4500 M Chemicals.....</b>	<b>46</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Tensão superficial.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Viscosidade.....</b>	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Espectro de gotas.....</b>	<b>54</b>
<b>4.4</b>	<b>Estudo de correlação entre as variáveis.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise de Variáveis Canônicas.....</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Pesquisas relacionadas à tecnologia de aplicação auxiliam a qualidade das pulverizações de defensivos agrícolas, impulsionando um desenvolvimento tecnológico satisfatório e realçando a importância de conhecimentos e soluções nesta área.

Além dos parâmetros de qualidade, o rendimento operacional força o uso de tecnologias mais avançadas, como no caso da aplicação aérea, porém deve-se tomar um grande cuidado nas condições de aplicação, pois decisões em relação a tecnologia de aplicação são pontos-chaves para resultados satisfatórios.

Atualmente muito se fala em parâmetros que interferem nos resultados de uma pulverização de defensivos agrícolas, como espectro de gotas, formulações dos produtos, condições climáticas, técnicas de pulverização, dentre outros. Um ponto importante de se destacar são as interações entre esses parâmetros, que é de onde dependerá a qualidade da pulverização realizada.

O conhecimento sobre o defensivo agrícola a ser pulverizado e as características físico-químicas de uma solução, como tensão superficial, viscosidade e densidade, são de extrema importância para uma melhor correlação das interferências dos parâmetros citados anteriormente. O comportamento do defensivo e dos adjuvantes é variável que pode modificar o espectro de gotas e indicam o resultado de qualidade final em uma pulverização.

Mas deve-se destacar que as técnicas em si, sendo ela aérea ou terrestre, pode mudar o comportamento esperado em relação a espectro de gotas a ser produzido devido a interferência externa, como no caso da aérea, a velocidade do vento e tipos de elementos geradores de gotas como pontas de pulverização hidráulicas e atomizadores rotativos.

Diversas pesquisas na área apresentam cada vez mais a importância do conhecimento das interações dessas variáveis, comportamento final de uma pulverização está diretamente ligado as tomadas de decisões sobre as técnicas a serem utilizadas.

As características como angulação das pontas hidráulicas, ar gerado no momento da pulverização devido ao atrito da calda pulverizada aos ângulos defletores (ponta CP 03) e deslocamento da aeronave resultam no cisalhamento desse líquido

em gotas, parâmetro indicativo de intensidade de deriva.

A grande porcentagem de ocorrência de deriva vem de tomadas de decisões errôneas sobre o parâmetro de aplicação, como tipo de ponta de pulverização, taxa de aplicação, condições climáticas, tipo de produto, alvo a ser atingido, pressões e velocidade de trabalho.

Com o aumento da demanda na pulverização aérea o incentivo de pesquisas nesta aérea aumenta progressivamente, tornando cada vez mais eficaz. A generalização sobre o uso de técnicas e comportamento da tecnologia de aplicação deve ser descartado, pois cada técnica deve ser estudada separadamente, devido aos diversos comportamentos das gotas produzidas.

Diversas leis ambientais direcionadas a aplicação de defensivos agrícolas visando evitar contaminação ambiental e da saúde humana direcionam o produtor agrícola a se conscientizar sobre as tomadas de decisões, pois a perda dessas ferramentas de aplicação poderá afetar de forma direta a produção final.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência de adjuvantes e diferentes formulações no espectro de gotas gerados pela ponta de jato plano de impacto CP- 03 utilizando três ângulos de pulverização e nas condições físico químicas das soluções, na simulação da aplicação aérea de inseticidas em condições de laboratório.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aplicação aérea de defensivos agrícolas

Correlações entre qualidade na pulverização de defensivos agrícolas e uso de diferentes tecnologias de aplicação, realçam as pesquisas voltadas para economia nas aplicações, produtividade e meio ambiente.

A aplicação aérea destaca-se atualmente entre as técnicas com uma alta eficiência de pulverização de defensivos agrícolas devido a seu ótimo rendimento operacional e econômico. Já as críticas voltadas a contaminação do meio ambiental, devido a intensidade de ocorrência de deriva, de alguma forma conscientizam o produtor sobre os problemas gerados se não tomadas as devidas precauções, dentro dos padrões determinados para uma aplicação segura e também a possível perda do uso dessa tecnologia. Henry et al. 2015, diz que a prevenção de deriva durante uma pulverização de defensivos agrícolas é de extrema importância, devido a questão ambiental e qualidade da aplicação, assim sendo a tomada de decisão em relação as técnicas e tecnologias utilizadas na aplicação é um componente essencial no processo de prevenção da deriva. Segundo Reis et al. 2010, umas das técnicas de grande valor na aplicação de defensivos agrícolas é a aplicação aérea, entretanto deve ser conduzida dentro de critérios técnicos bem determinados.

As questões relativas aos riscos de contaminação humana devido ocorrência de deriva estão sendo realçados pelo fato de terem expandido e aumentado as atividades de pulverização de defensivos agrícolas (A. Shirangi et al. 2011). Devido a esse relato a United State Environmental Protection Agency (EPA) dos EUA iniciaram a utilização de programas para avaliar e estipular deriva de defensivos agrícolas de acordo com a tecnologias de aplicação definida (U.S EPA, 2013).

Atualmente várias tecnologias ajudam a reduzir o problema de deriva em aplicações de defensivos, como por exemplo o uso do GNSS, controlador de taxa de aplicação, mapeamento de campo (Henry et al. 2015), monitoramento de condições climáticas, pontas de pulverização determinadas de acordo com o tipo de aplicação e produto a ser utilizado, altura de voo, faixa de aplicação, dentre outras características que muitas vezes são consideradas detalhes e modificam todo os resultados de uma pulverização de defensivos agrícolas podendo reduzir a intensidade de deriva.

A técnica de pulverização aérea apresenta excelentes resultados operacionais

devido a aplicação em grandes áreas em curto espaço de tempo, assim sendo estudos feitos por vários órgãos públicos, privados e governamentais nos EUA desenvolveram um programa computacional para modelagem e previsão de ocorrência de deriva, conhecido como AGDISP (Henry et al, 2015), podem reduzir a ocorrência do risco de deriva definindo as técnicas e tecnologia a serem utilizadas em cada região ou tipo de pulverização.

Ozeki (2006) destaca a influência da aerodinâmica dos aviões durante uma aplicação, como por exemplo asas, hélice, os equipamentos utilizados para a pulverização, podem modificar o direcionamento e deposição das gotas sobre o alvo, como a ocorrência de turbulências, diferindo de uma aplicação terrestre. O autor também relata que o direcionamento do vento pode ajudar a minimizar o efeito negativo da turbulência devido essa aerodinâmica, ventos de través, perpendicularmente à direção do voo resultam em faixas sobrepostas.

Uma outra ferramenta muito usada na aplicação aérea é o uso dos atomizadores rotativos que produzem gotas de tamanhos mais uniformes e com um menor coeficiente de variação (Reis et al., 2010). Segundo o mesmo autor muitas vezes as interações entre as gotas e o ar, geradas através da turbulência da aeronave, resultam em variabilidade de tamanho de gotas, sendo esta uma característica importante na definição da chegada do produto ao alvo, resultando na qualidade da pulverização realizada.

Cunha (2008) explica que as movimentações das gotas dependerão de como o arraste das mesmas ocorrerá, pois esse atuará na aceleração ou desaceleração dessas gotas. A força gravitacional acelera a gota sendo essa contrabalanceada pelas forças aerodinâmicas de arraste, resultando em uma queda denominada terminal, em que ocorre uma velocidade constante de queda.

Matthews (2000) descreve que essa velocidade terminal está ligada diretamente com o diâmetro e densidade da gota, e também as características de viscosidade e densidade do ar, determinando assim o tempo que essas gotas ficarão sujeitas às forças horizontais e de evaporação.

Outro destaque da pulverização aérea é a redução de perdas por amassamentos da cultura durante a pulverização, Justino et al., 2006, destacam as limitações apresentadas pela aplicação terrestre, sendo elas uma menor capacidade operacional, limitação de entrada para pulverização em culturas de maiores portes, compactação do solo e amassamento da cultura. Antuniassi (2015) relata que o

volume de aplicação em uma pulverização aérea gira em torno de 10 e 30 litros de calda por hectare, resultando em um elevado rendimento operacional, se comparado ao alto volume aplicado em operações terrestres, 100 litros ou mais. Alves (2016) também relata a redução da taxa de aplicação proporcionada pela pulverização aérea de defensivos, que é bastante viável na questão técnica, econômica e ambiental, porém destaca a importância de se utilizar um rigor técnico, devido a essa tecnologia estar ligada a uma produção de gotas de menor diâmetro, propícias a perdas por deriva.

Através das publicações do SINDAG (2016) a frota brasileira se classifica como a segunda maior frota de aeronaves agrícolas no mundo sendo a primeira posição ainda em posse dos Estados Unidos. Antuniassi (2015) afirma que em 2014 a comercialização dos aviões para aplicação aérea de defensivos agrícolas totalizou 50 aviões adquiridos por proprietários privados pelo fato de considerarem os benefícios voltados para a pulverização, principalmente em grandes áreas produtivas.

Essa visão dos produtores sobre a pulverização aérea alavanca essa ferramenta de importância no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Atualmente toda questão política e ambiental envolvendo esse tipo de aplicação nos levam a conscientização de conduzir essa prática dentro de todos os padrões de segurança e controle de ocorrência de derivas de defensivos agrícolas, para que possa ser mantida essa importante ferramenta no uso agrícola.

## **2.2 Defensivos agrícolas**

Há diversas formas de aplicação dos defensivos agrícolas sobre as lavouras, como pulverização terrestre, aérea e irrigação, sendo essas definidas com diferentes técnicas de aplicação que quando mal manejadas ou determinadas podem resultar em risco ao ambiente (CUNHA, 2008).

Viana et al. (2010) definem o método químico de controle como sendo o mais usado, devido a maior eficiência e economia, entretanto também destaca que o uso errôneo desta técnica pode resultar em riscos aos trabalhadores e ambiente.

Christofoletti (1999) explica que dentre todo o processo de produção agrícola a etapa mais exigente e que requer mais atenção é a aplicação de defensivos, devido a atenção na área a ser tratada e os cuidados relacionados a preservação do ambiente.

Diversos autores citam em seus trabalhos a importância de uma correta

deposição dos defensivos agrícolas pulverizados sobre o alvo em questão, reforçam a eficácia da pulverização através de técnicas adequadas, podendo reduzir perdas e principalmente riscos de contaminação ambiental (CUNHA, 2008 (b); RODRIGUES et al., 2010; VAN ZYL et al., 2013).

A definição do alvo a ser atingido é uma das principais informações em uma tomada de decisões para uma pulverização de defensivos agrícolas segundo Antuniassi e Baio (2008), sendo este uma planta, praga ou doença. Paixão (2016) também cita a localização do alvo a ser controlado e o modo de ação dos produtos a serem utilizados como uma ferramenta importante na definição da técnica de aplicação.

Assim sendo deve-se conscientizar cada vez mais em relação a correta definição dessas técnicas de aplicação. Segundo Carvalho; Nodari; Nodari (2017) o Brasil ainda se enquadra como um dos maiores consumidores de defensivos agrícolas, e quanto mais avança a produção agrícola esse consumo se eleva, sendo esta uma proporção esperada, pelo fato da quantidade de pragas, doenças e plantas daninhas a ser controlado, nos levam a pensar na importância de treinamentos e conscientização dos agricultores nas tomadas de decisões em uma aplicação, para que riscos ao ambiente e a saúde sejam minimizados e não se perca essa ferramenta de grande importância na produção agrícola de todo o mundo.

Atualmente a pulverização de defensivos vem sofrendo uma alta pressão dos ambientalistas e da sociedade em relação a contaminações. Hess e Porto (2014) alegam que muitas pesquisas, publicações, cientistas, organizações tem relatado efeitos e problemas causados devido essas atividades, sendo que nos últimos tempos muitos defensivos foram proibidos ou substituídos enquanto novos surgiram (Carvalho; Nodari; Nodari, 2017). Deve-se realçar a necessidade de uso dessas atividades na produção agrícola, devido à alta demanda de produção de alimentos, não devendo generalizar e radicalizar os efeitos dessas práticas.

Esses autores citam a importância de estudos em outros contextos para um melhor entendimento da experiência e conhecimento dos técnicos e agricultores na utilização dos defensivos.

## 2.3 Adjuvantes

Definidos como produtos a serem misturados as caldas de pulverização para uma melhor eficácia da mesma, onde sua interação aos defensivos agrícolas pode muitas vezes auxiliar a chegada das gotas até o alvo em análise. Diversos tipos de adjuvantes são classificados atualmente, como espelhantes, molhantes, aderentes, antiespumantes, dentre outras definições.

Pesquisas estão sendo direcionadas para o entendimento e desenvolvimento do uso dos adjuvantes nas pulverizações agrícolas. Sticker (1992) já relatava que o uso dos adjuvantes juntamente as caldas pulverizadas aumentam o desempenho da solução.

Em estudos Cunha e Carvalho (2005), mostram uma modificação na distribuição e deposição das caldas aplicadas sobre os alvos utilizando adjuvantes. Podem ter diferentes formas de atuar, como aumentando a molhabilidade, aderência, espalhamento do produto sobre o alvo, redução de problemas causados pelo alto índice de espumas e até uma significativa redução da perda de calda por deriva (CUNHA & PERES, 2010).

Miller e Butler Ellis (2000), também citavam essas ações dos adjuvantes nas caldas pulverizadas, podendo esses influenciar no processo de formação das gotas, seu comportamento na chegada ao alvo e o potencial de deriva. Lisboa et al., (2015) observou alterações nos padrões das gotas produzidas em uso de adjuvantes, reafirmando pesquisas já feitas por Azevedo (2001) que obteve resultados similares.

Esses mesmos resultados são encontrados nas pesquisas realizadas por Oliveira (2011) que destacam as diversas funções que um adjuvante pode realizar, sendo elas, espalhantes, emulsificantes, tamponantes, molhantes, antievaporantes, redutor de espumas e deriva.

Devido a sua ampla capacidade de uso, em diversas situações, muitas vezes causa-se uma confusão nos termos para sua definição, sendo muitas vezes chamado de aditivos, porém através da Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, pode-se estabelecer bem o termo adjuvante, onde enquadra-se como sendo o produto em mistura às formulações, melhorando a aplicação das mesmas. Pode-se observar essa mesma explicação em pesquisa realizada por Mota (2011) e também em publicações feitas por Chechetto (2011), indicando os adjuvantes como produto adicionado no momento da preparação da calda a ser pulverizada e aditivos produtos que veem

adicionados nos defensivos agrícolas melhorando o processo de sua produção e durabilidade de armazenamento.

Os resultados de uma aplicação dependem de vários fatores, sendo um deles a adição de adjuvantes onde Lan et al. (2007) comentam a possível interferência do mesmo no desempenho das aplicações, podendo ser positivamente ou de uma maneira negativa, em relação a taxa de cobertura do produto ao alvo.

Mesmos nos tempos atuais onde diversas pesquisas em relação ao uso do adjuvante durante a aplicação dos defensivos estejam em alta, ainda assim faltam informações devido à grande gama de produto no mercado, reforçando os estudos feitos por Spanoghe et al. (2007) onde destacava o crescimento do uso de adjuvantes, porém a falta de pesquisas sobre os mesmos, devido a quantidade de produtos disponíveis.

Pode-se identificar quando se faz pesquisas comparando interações entre os adjuvantes e defensivos agrícolas, que há resultados significativos, pesquisas feitas por Cunha; Alves; Marques (2017) destacam essas interações e demonstram a dependência entre eles, concluindo que não se pode generalizar os efeitos de um sem levar em comparação o outro, resultado já sugerido por De Schampheleire et al. (2009).

Cunha; Alves; Marques (2017) destacam que as composições químicas dos adjuvantes têm efeito na característica físico-química das caldas, independente se são herbicidas, fungicidas ou inseticidas.

Dentro da classificação de adjuvantes encontra-se os surfatantes bastante utilizado dentre as pulverizações, sendo conhecido por interferir de forma direta na característica de tensão superficial, modificando de forma positiva o espalhamento do produto aplicado e sua absorção, resultado também encontrado por Iost & Raetano (2010) quando testado em solução aquosas em superfícies naturais e artificiais. TU & RANDALL (2003) relatam a uniformidade obtida através desse tipo de misturas, sua retenção e redução nas perdas por evaporação.

Os mesmos autores ainda descrevem os adjuvantes de base oleosa como os óleos minerais e vegetais, sendo conhecidos por melhorar a penetração do defensivo com a superfície em análise, bastante usado em condições climáticas mais adversas como quentes e secas ou cutícula foliares mais espessas.

## 2.4 Influência do espectro das gotas na ocorrência de deriva

Um dos fatores que influenciam de maneira direta no espectro das gotas é a ponta de pulverização em uso, principalmente em aplicações terrestres onde não sofrem tanta ação do vento como ocorrido na aplicação aérea (Fritz et al., 2014).

A caracterização do espectro da gota tem forte interação com a ocorrência de deriva, um assunto bastante comentado dentre os estudos e pesquisas sobre tecnologia de aplicação. Muito é se visto sobre este termo, que é considerado um dos principais problemas na pulverização de defensivos. Os pesquisadores alegam ser uns dos maiores problemas da agricultura moderna (SUMNER; SUMNER, 1999; TSAI et al., 2005).

Hewitt (2000) já dizia que é quase impossível a eliminação total desse problema, mas é de extrema importância que conscientize sobre sua minimização, sendo possível na utilização de equipamentos, práticas e tecnologias corretas.

Porém para uma determinação de opções no sentido de minimizar ou reduzir os riscos, precisam incluir descrições mecânicas do processo, como aceleração gravitacional, resistência do ar, evaporação, diâmetro mediano volumétrico (DMV) e modo de aplicação (TESKE et al., 2002).

Iost (2008) diz que muitos agricultores para reduzir a perda por deriva tendem a aumentar as doses e o volume de aplicação, podendo muitas vezes gerarem perdas por escorrimento. Uma outra característica que se deve destacar são os tamanhos de gotas nas pulverizações, é comum ver em pesquisas o quão importante é a determinação do espectro de gota produzido.

Os estudos do diâmetro mediano volumétrico (DMV) definido por Antuniassi e Baio (2008) como sendo o diâmetro das gotas que divide o volume pulverizado em partes iguais, assim sendo a soma do volume das gotas consideradas menores devem ser iguais a soma das gotas de tamanhos maiores, e o resultado da amplitude relativa que indica a homogeneidade do tamanho das gotas produzidas, são fatores que caracterizam os espectros de gotas. Segundo Reis et al. (2010) devem ser analisados de maneira conjunta para um melhor entendimento da caracterização da pulverização produzida.

Tanto YU et al. (2009) como Almeida et al. (2016) relatam a importância do espectro de gotas na qualidade de uma pulverização, considerando a densidade de cobertura sobre o alvo e o diâmetro dessas gotas.

Essa determinação do espectro está diretamente relacionada a ponta de pulverização selecionada e a pressão de uso para a aplicação em questão, as características técnicas dessas pontas determinarão se produzirão gotas mais uniformes e até mesmo menos suscetíveis a perdas por deriva (VIANA et al., 2010).

Determina-se como suscetíveis à deriva gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ , devido ao seu tamanho podem ser facilmente levadas pela ocorrência de vento, evaporação dentre outros fatores. Arvidsson et al. (2011), destaca o aumento da cobertura em utilização gotas deste espectro, porém, também relata a fácil perda por deriva da mesma. Gotas mais grossas pode ser menos afetada por perdas de deriva e evaporação, mas por outro lado pode ocorrer escorrimento, como já dito anteriormente por Iost (2008). Segundo Sasaki et al. (2016), a determinação das gotas a serem pulverizadas devem levar em conta o tipo de alvo, condições climáticas, características do defensivo e técnicas de aplicação.

Cunha et al. (2003) explicam que para a obtenção de uma pulverização segura, recomenda-se uma porcentagem menor que 15% de gotas de diâmetro menores que 100  $\mu\text{m}$ . Sasaki et al. (2016) em pesquisa comparando pontas de indução de ar em diferentes pressões, encontram uma porcentagem de 6,9% de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ , indicando um baixo risco de perdas por deriva devido a maiores tamanhos de gotas produzidas.

Pode-se observar em diversas pesquisas a variação de intensidade de deriva ocorrida em comparação com os tamanhos de gotas, assim sendo muitos autores relatam essa interligação, destacando a boa eficiência de gotas menores em cobertura do alvo, porém uma maior perda em deriva (ANTUNIASSI et al., 2011; CHECHETTO et al., 2013; GANDOLFO et al., 2014).

Quando se analisa o espectro da gota em uma pulverização, toda sua caracterização como DMV, % de gotas inferiores a 100  $\mu\text{m}$ , amplitude relativa para analisar homogeneidade, tensão superficial, densidade de calda, ângulo de contato dentre vários parâmetros, observa-se que a determinação desta variável está interligada entre todos esses fatores e mais os externos como condições climáticas, pontas de pulverização, equipamento de aplicação, defensivos e adjuvantes em uso, como diz Fritz et al. (2009), quando relatam que a concentração do adjuvante e sua formulação causará interferência na formação das gotas, tornando-se também um dos fatores de grande relevância na modificação do espectro de gotas, aumentando ou reduzindo o diâmetro.



Henry et al. (2015) concluíram que a correta análise e determinação das tecnologias e técnicas de redução de deriva é fundamental no processo de prevenção da perda do produto pulverizado.

## **2.5 Efeito das pontas hidráulicas na deriva**

Destacada como sendo uma das mais importantes tomadas de decisão em uma pulverização de defensivos agrícolas, a determinação da ponta a ser utilizada está diretamente ligada a qualidade final da aplicação. Matthews (2000), explica que a passagem do líquido sob uma determinada pressão pelo interior da ponta e orifício de saída da mesma, através de uma velocidade que ajuda a desintegração desse líquido em gotas, podendo ser esta de vários tamanhos, caracteriza a influência do tipo de ponta selecionado na determinação do espectro de gota e nos resultados finais de uma aplicação.

A influência das pontas nos resultados finais na produção das gotas é tão relevante que Fritz; Hoffmann; Bagley (2010), em estudos comprovaram que as características das soluções não influenciaram significativamente nos resultados, sendo esta influência toda relacionada a ponta utilizada, que no estudo foi a CP 03 (Products, Tempe, Ariz), onde apresentou um maior cisalhamento das caldas em uso do ângulo defletor de 30°, sendo este um fator dominante no processo de produção das gotas, diminuindo o efeito das soluções.

Antuniassi (2004) também ressalta que a seleção das pontas de pulverização liga-se de forma direta aos defensivos agrícolas e alvos a ser pulverizado. Conclusão também citada por Cunha et al. (2005) onde destaca as pontas sendo um dos componentes mais importantes na tomada de decisões.

Mesmo com sua alta importância nos resultados de uma pulverização de defensivos, Chechetto et al. (2014) relata que as pontas são os componentes menos fiscalizados durante sua vida útil, a falta de inspeções nos equipamentos resulta em grande perda por má qualidade de aplicação devido a esse fator.

Quando se discute pulverização aérea, as pontas de energia hidráulica que se destacam são as de jato plano, jato plano ajustável e jato sólido, segundo Ozeki (2006). Observa-se que pontas de jato plano de impacto são constituídas de defletores que resultam em uma flexibilidade de ajuste de tamanhos de gotas, podendo utilizar a mesma ponta.

Berna (2017) ressalta que ao eliminar a solução pelo orifício de saída da ponta ocorre o cisalhamento da mesma, devido a presença de anteparos posicionados à frente do bico e que com o impacto deste e do líquido ocorre essa quebra, assim sendo pode-se observar uma significativa influência dos ângulos defletores na produção das gotas.

Carvalho; Boller; Antuniassi (2011) descrevem a influência dos ângulos defletores no cisalhamento das gotas, o posicionamento dos ângulos, sendo eles 30°, 55° e 90°, indicam que quanto maior seu valor maior será o impacto do líquido com o anteparo, resultando em gotas menores.

## **2.6 Propriedades físico-químicas da calda**

Entende-se como propriedades físico-químicas das caldas os parâmetros como tensão superficial, densidade, viscosidade, pois interferem na estabilidade da solução e também nos resultados de cobertura do alvo em análise, modificando a qualidade final da aplicação segundo Costa et al. (2017).

O desempenho de uma ponta de pulverização pode ser modificado ao se adicionar adjuvantes na solução, devido sua influência nas características físico-químico e no tamanho das gotas produzidas (CARBONARI et al., 2005).

A definição das funções dos adjuvantes está relacionada a suas propriedades físico-químicas, que também resultam em suas atividades biológicas (Stock & Briggs, 2000). Diversas pesquisas são relacionadas as propriedades do adjuvantes e soluções em estudo, porém pouco se cita em relação as características físico-químicas do próprio defensivo em uso (PEREIRA et al., 2016).

Segundo vários autores a molécula em análise merece atenção nas pesquisas devido a grande influência das propriedades físico-químicas na convenção do líquido pulverizado em gotículas (PROKOP; KEJKLÍCEK, 2002; QUEIROZ et al., 2008).

Waldo & Prewett (1949) também descrevem a densidade como sendo um fator de grande relevância na formação das gotas durante uma pulverização, descreveu em seu trabalho um modelo matemático que define que quanto menor a densidade maior será o diâmetro dessas gotas.

Quando se fala em tecnologia de aplicação e técnicas para uma aplicação de defensivos eficiente, as características físico-químicas da solução em uso devem ser analisadas e um dos fatores de extrema relevância, para se entender o

comportamento futuro desse produto no alvo que atingirá, é a tensão superficial do mesmo.

Conhecida como sendo uma força de união entre as moléculas, que acabam sendo vistas como uma membrana em torno do líquido, Antuniassi (2009) explica que essas moléculas se atraem para o centro e quando se modifica essas orientações pode-se melhorar o contato do produto pulverizado com o alvo em análise.

Quando os valores de tensão superficial e viscosidade tendem ser elevados, maior será a força necessária para quebra do líquido em gotas durante uma pulverização.

Para o entendimento do comportamento da pulverização a ser aplicada diversos parâmetros devem ser analisados como por exemplo o alvo em questão e não somente o líquido e suas características. Santos (2013) também destaca a influência da superfície a ser pulverizada nos resultados de uma aplicação, e diz que a variação da tensão superficial e das características físico-químicas muitas vezes são justificadas por esse fator.

A alternativa mais utilizada para modificar as características físico-químicas de uma solução, como reduzir a tensão superficial da mesma, é o uso de adjuvantes, onde este segundo Durigan (1993) atuam nas forças interfaciais e promovem um melhor acomodamento do produto na superfície aplicada e até mesmo uma melhor interação entre as substâncias. Definição também citada por GREEN & HAZEN (1998), que demonstram a influência dos adjuvantes nas atividades biológicas dos defensivos agrícolas.

Fritz et al. (2017) relatam que ao comparar a tensão superficial da água pura, em torno de 71,7 mN / m, com a solução de água mais defensivo que apresentou uma tensão de 47,6 mN / m, observaram uma redução da tensão de 33,6%, resultados mantidos após adição de adjuvantes na solução.

Muitos são os adjuvantes em uso com diversas funções, porém os surfatantes modificam as características de tensão superficial (DURIGAN, 1993; KISSMANN, 1997). Sendo assim são considerados uns dos mais importantes entre os adjuvantes (MILLER; WESTRA, 1998).

Kirkwood et al. (1999) denominam esse tipo de adjuvante como agentes ativadores de superfície, pelo fato de modificar as características físico-químicas da calda, melhorando a aderência, espalhamento, molhamento dentro outros fatores que interferem nos resultados de uma aplicação.

Oliveira e Antuniassi (2012) também comprovam as modificações na características físico-químicas das soluções na adição de surfatantes, e observaram alterações no espectro de gotas e no potencial de deriva.

Deve-se determinar tensão superficial como sendo dinâmica e estática, estudadas separadamente podem esclarecer muitos comportamentos do líquido em análise. Muitos autores explicam suas funções, sendo que a tensão estática é determinada pelo tempo de formação de uma gota, já a dinâmica registra o tempo que se dura uma gota ou dependendo do método de leitura, o tempo de uma bolha de gás (MENDONÇA et al., 2007; IOST, 2008; IOST, 2010).

Segundo Oliveira (2011) característica como a viscosidade das soluções resultam em maiores valores de DMV, gerando menor quantidade de gotas sujeitas a perda por deriva.

Adição de adjuvantes pode proporcionar um aumento na viscosidade das caldas e conseqüentemente nos valores de DMV (REICHARD E ZHU (1996); CUNHA E ALVES (2009)). Porém este tipo de interação pode sofrer influência de outros parâmetros, como técnica de aplicação ou até mesmo tipo de formulações dos produtos.

Como apresentado por Berna (2017) que utilizou a pulverização aérea como técnica de pulverização e formulações com diferentes adjuvantes, resultando em menores valores de DMV provenientes das caldas com maiores valores de viscosidade.

## **2.7 Diferentes tipos de formulações nas caldas de defensivos**

Quando se fala sobre formulações de defensivos agrícolas, diversos tipos são encontrados, como por exemplo pó molhável (WG), pó solúvel (SP), concentrado emulsionáveis (EC), suspensão concentrada (SC). Segundo publicações no Pesticide Types & Formulations (2000) divide-se formulações de defensivos em ingrediente ativo e ingrediente inerte.

Portanto, ingrediente ativo é a parte que se concentra o produto químico que controlará a praga, doença ou plantas daninhas, já a definição do ingrediente inerte presente na solução ajudam na parte de diluição do produto, também podendo deixar o mesmo mais efetivo, fácil de medir, misturar ou até facilitando a aplicação.

Pode-se encontrar outros produtos na solução como adjuvantes, que poderão

ter ação espalhante, molhante, adesivo dentre outras características.

As formulações de base aquosa destacam-se entre os produtores agrícolas, pelo seu fácil manuseio e dosagem. Essas formulações têm ingredientes ativos líquidos, podendo encontrar solventes a base de petróleo também. Nas unidades internacionais pesquisas citam que a cada galão de EC encontra-se 25% a 75% de ingrediente ativo, ficando dentre as formulações mais versáteis (Pesticide Types & Formulations, 2000).

Matthews et al. (2014) também descreve os concentrados emulsionáveis e suspensão concentrada como sendo os preferidos pelos agricultores, a base aquosa facilita a segurança ambiental, devido ao menor uso de solventes orgânico ou a base de petróleo.

Assim sendo os concentrados emulsionáveis apresentam diversas vantagens em seu uso, como fácil manuseio, armazenamento, transporte, não necessita tanta agitação, característica importante em uma aplicação de defensivos, devido a ocorrência de decantação do produto e pouca ocorrência de resíduos no pulverizador em uso.

Esse tipo de formulação necessita da utilização de adjuvantes na formação da calda a ser pulverizada, permitindo a mistura do defensivo a água (KNOWLES, 2008; MINGUELA; CUNHA, 2010; FISHEL, 2013).

A formulação de suspensões concentrada (SC) já é conhecida pela sua fácil diluição em meio aquoso, misturados ao solvente resultam em soluções que não se separam (Pesticide Types & Formulations, 2000).

As misturas mais fáceis de se formular quando há mais de um ingrediente ativo são a de SC, quando se tem ingredientes ativos de difícil diluição também se identificam mais com esse tipo de formulação (TADROS, 1989; KNOWLES, 2008; ANJALI et al., 2010).

Nas suspensões concentradas encontra-se em torno de 20% a 50% de ingrediente ativo e 0,2% a 2% de agentes para evitar sedimentação, de forma que esses agentes são responsáveis por aumentar a viscosidade da calda, denominados espessantes (Knowles (2008), Paul; Robeson (2008) e Zhang et al. (2011)).

Informações como essas indicam possíveis interferências nos resultados finais de uma pulverização pelo fato de alterarem as características físico-químicas da solução.

Segundo ZHU et al. (1997), as presenças de alguns polímeros na solução também podem modificar algumas propriedades, como interferir no espectro de gotas,

através dos valores de DMV e %<100 µm.

Carvalho (2016) ao analisar diferentes formulações de inseticidas e fungicidas encontrou uma menor variação no tamanho das gotas produzidas quando em uso da formulação EC em comparação com as demais.

Quando se uso o mesmo equipamento para pulverização de diferentes misturas em tanque e observa-se variações na ocorrência de deriva, pode explicar esse resultado através da influência das características físicas da solução (Hewitt et al., 2002).

O conhecimento do tipo de formulação a ser usado ajuda a reduzir diversos problemas de erro de aplicação, pelo fato de se tomar as decisões correta de acordo com essa característica, assim sendo Miller; Butler Ellis (2000) destacam essa informação como sendo um dos fatores importantes na geração das gotas pelas pontas de pulverização, devido ao aumento do DMV pela presença de emulsões ou dispersões na calda.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Local

O estudo foi desenvolvido no Centro de Pesquisa e Extensão da Universidade de Nebraska-Lincoln, situada em North Platte, Nebraska, Estados Unidos

### 3.2 Delineamento experimental

Os produtos fitossanitários selecionados para o presente estudo foram o inseticida com o ingrediente ativo lambda-cyhalothrin nas formulações concentrado emulsionável (EC) e suspensão concentrada (SC), correspondendo aos produtos comerciais Lambda-Cy e Warrior II, respectivamente. Para a elaboração das caldas foram utilizados dois adjuvantes para mistura em tanque, sendo o primeiro um óleo vegetal e o segundo um surfatante. No Quadro 1 são apresentados os produtos e suas respectivas doses.

Três experimentos inteiramente casualizados foram delineados com o propósito de verificar as possíveis interações entre as formulações dos inseticidas e a presença dos adjuvantes nas caldas, em esquema fatorial 2 x 3, correspondendo a duas formulações (EC e SC) e três combinações com os adjuvantes (sem adjuvante, com óleo e com surfatante). Os três experimentos corresponderam aos três ajustes possíveis para o ângulo defletor da ponta de pulverização de jato plano de impacto CP-03 (CP Products, Inc, USA): 30<sup>o</sup> (experimento 1), 55<sup>o</sup> (experimento 2) e 90<sup>o</sup> (experimento 3). Os ensaios foram realizados, cada um, com três repetições. A taxa de aplicação de 28,1 L ha<sup>-1</sup> (equivalentes a 3 galões americanos por acre) e a dose dos inseticidas e adjuvantes foram definidas a partir das recomendações dos fabricantes e das bulas dos produtos. O Quadro 2 apresenta os tratamentos delineados para cada um dos ensaios.

**Quadro 1 – Descrição dos produtos utilizados e suas respectivas doses**

<b>Nome comercial</b>	<b>Classe</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Componente principal</b>	<b>Dose (L.p.c.ha<sup>-1</sup>)**</b>
Warrior II	Inseticida	Syngenta	Lambda-cyhalothrin	0,118
Lambda-Cy	Inseticida	UPI*	Lambda-cyhalothrin	0,236
ROC	Adjuvante	Wilbeer-Ellis	Óleo vegetal metilado+surfactante	0,280
R-11	Adjuvante	Wilbeer-Ellis	Alkylphenol ethoxylate	0,070

\*UPI: United Phosphorus, Inc.

\*\* Litros de produto comercial por hectare.

**Quadro 2 – Descrição dos tratamentos em cada experimento**

<b>Experimento</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Produtos</b>	<b>Ângulos de deflexão no CP-03</b>
1	Warrior	Warrior II	30°
	Warrior + ROC	Warrior II + ROC	
	Warrior + R-11	Warrior II + R-11	
	LCy	Lambda-Cy	
	LCy + ROC	Lambda-Cy + ROC	
2	LCy + R-11	Lambda-Cy + R-11	55°
	Warrior	Warrior II	
	Warrior + ROC	Warrior II + ROC	
	Warrior + R-11	Warrior II + R-11	
	LCy	Lambda-Cy	
3	LCy + ROC	Lambda-Cy + ROC	90°
	LCy + R-11	Lambda-Cy + R-11	
	Warrior	Warrior II	
	Warrior + ROC	Warrior II + ROC	
	Warrior + R-11	Warrior II + R-11	

### 3.3 Análise de espectro de gotas

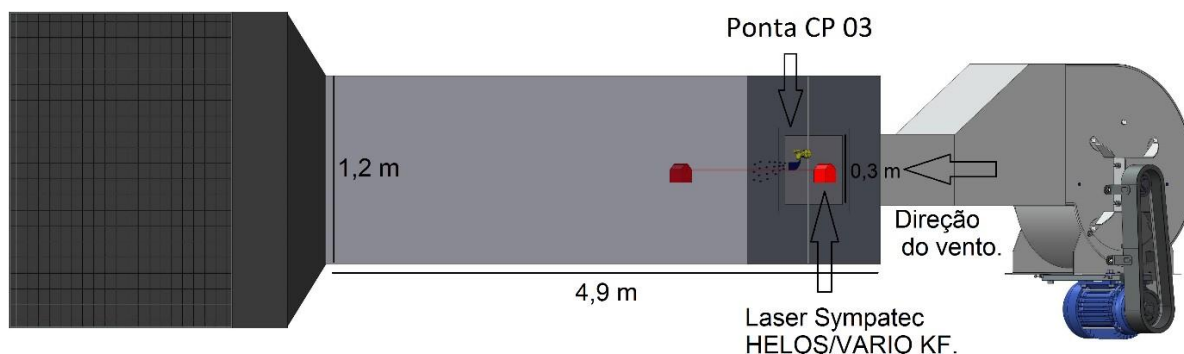
Utilizou-se um túnel de vento de alta velocidade (FIGURA 1) para simulação de uma aplicação aérea, composto por um motor elétrico de 149 kW que alimenta um ventilador centrífugo de curva para a frente. A saída do ventilador mede 0,3 por 0,3 m e abre em seções fechadas medindo 1,2 por 1,2 m e um comprimento total de 4,9 m. O sistema de distribuição do líquido e da ponta de pulverização são posicionados a favor do vento de saída, atravessados verticalmente através da corrente de ar (FIGURA 2). A zona de medição foi situada a 0,5 m a frente da ponta de pulverização,



onde se posiciona o equipamento de análise do espectro de gotas.

As análises do espectro de gotas foram realizadas utilizando-se um laser Sympatec HELOS/VARIO KF (Sympatec Inc., ClausthalZellerfeld, Germany). O equipamento foi ajustado com a lente R6, que é capaz de medir partículas de 9 a 1.750  $\mu\text{m}$ . A ponta de pulverização é posicionada num sistema de deslocamento vertical, o qual possibilita que a ponta de pulverização se movimente para cima e para baixo, considerando uma repetição por passada na zona de medição.

**Figura 1 – Túnel de vento de alta velocidade**



**Figura 2 – Túnel de vento de alta velocidade para simulação de aplicações aéreas. Laser Sympatec HELOS/VARIO KF (A), ponta CP-03 (CP Products Company) (B) e direcionamento do vento dentro da câmara (C)**



A ponta de pulverização utilizada no estudo foi a CP-03 (CP Products Company), jato plano de impacto, que foi ajustada com orifício de 0,125 e ângulos de deflexão de 90°, 55° e 30° (FIGURA 3). Os ensaios foram realizados com ajuste de velocidade de vento de 180 km h<sup>-1</sup> e pressão de 200 kPa.

Para a coleta de dados de cada tratamento foi preparado 4 litros de calda, utilizando-se um reservatório de aço inox com capacidade para 11,3 litros como local de armazenamento das caldas. A pressurização do sistema visando a pulverização foi realizada através de um compressor de ar.

**Figura 3 – Descrição do bico de pulverização (CP 03) e ilustração dos ângulos defletores**

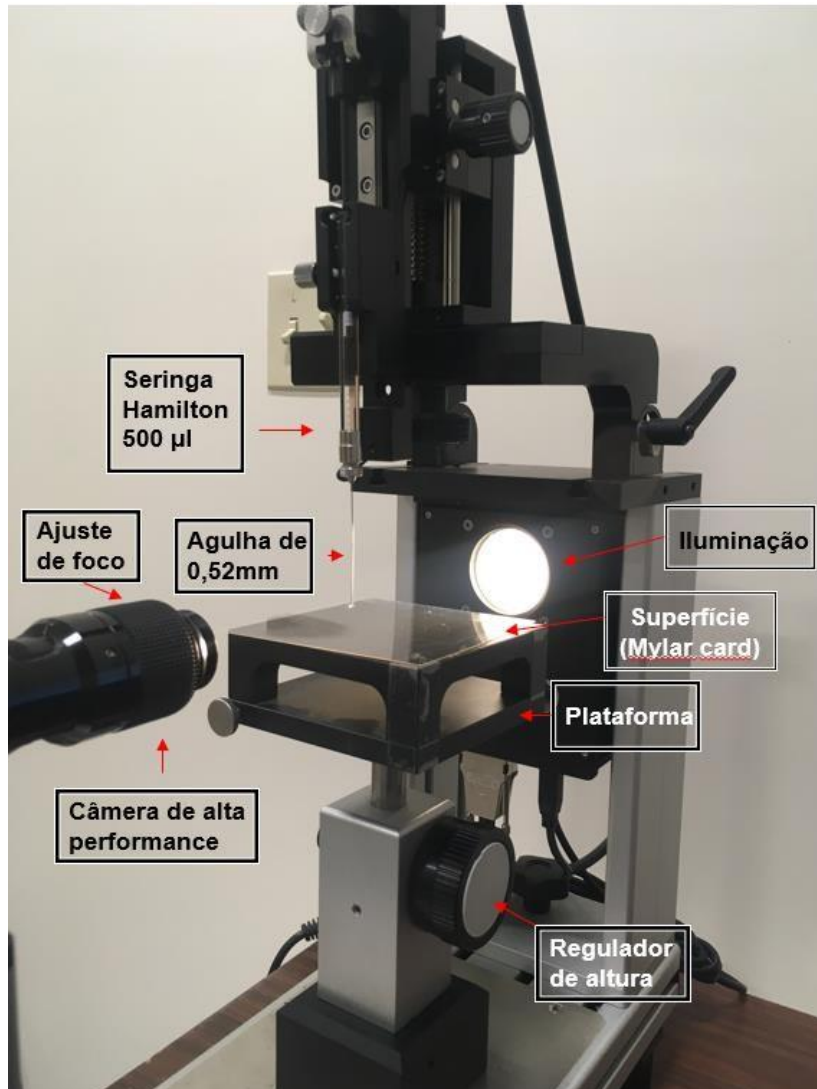


### **3.4 Análises de tensão superficial das soluções utilizando um Tensiômetro óptico**

Foram realizadas as análises de todas as caldas através do tensiômetro óptico OCA 15EC (DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemanha). A Figura 4 mostra o equipamento utilizado. O instrumento é composto por uma câmera de vídeo de alta performance USB 2.0 Wide-VGA com uma resolução máxima de 752x480 pixels e uma taxa de amostragem máxima de 159 imagens por segundos, um único sistema de dosagem direta SD-DM, uma unidade de seringa electrónica ESr-D, um suporte de amostra (sistema de correção magnético) e o software SCA.

O software fornece métodos confiáveis para avaliar contornos de gotas em todas as avaliações de imagem.

Figura 4 – Tensiômetro óptico, OCA 15EC (DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemanha)



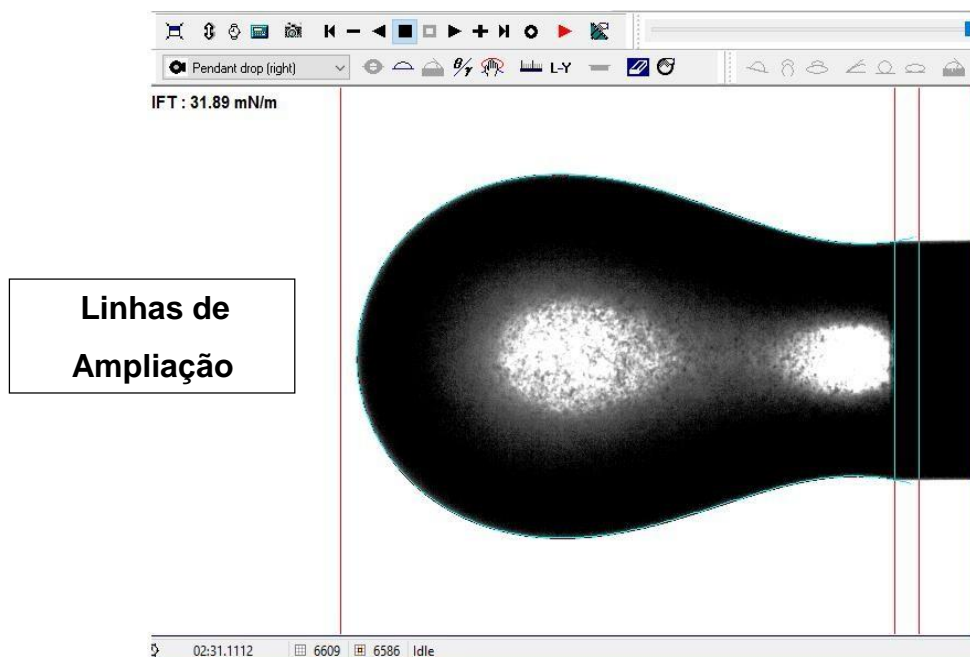
**Quadro 3 – Quantidades em mililitros de cada produto utilizado para preparo das soluções na medição de Tensão superficial (TS)**

Tratamento	Produtos	Calda (100 mL)	Adjuvantes-Doses (100 mL)
1	Warrior II	0,42	Não
2	Warrior II	0,42	Não-iônico (R-11) 0,25
3	Warrior II	0,42	Óleo vegetal (ROC) 1
4	LambCy	0,84	Não
5	LambCy	0,84	Não-iônico (R-11) 0,25
6	LambCy	0,84	Óleo vegetal (ROC) 1

Para a obtenção dos valores de tensão superficial (TS) foram preparadas soluções de 100 mililitros de cada tratamento como expressado no Quadro 3, essa quantidade foi determinada por não precisar de muita calda nas leituras de tensão superficial. A TS, expressa em  $\text{mN.m}^{-1}$ , foi determinada seguindo o método da gota pendente.

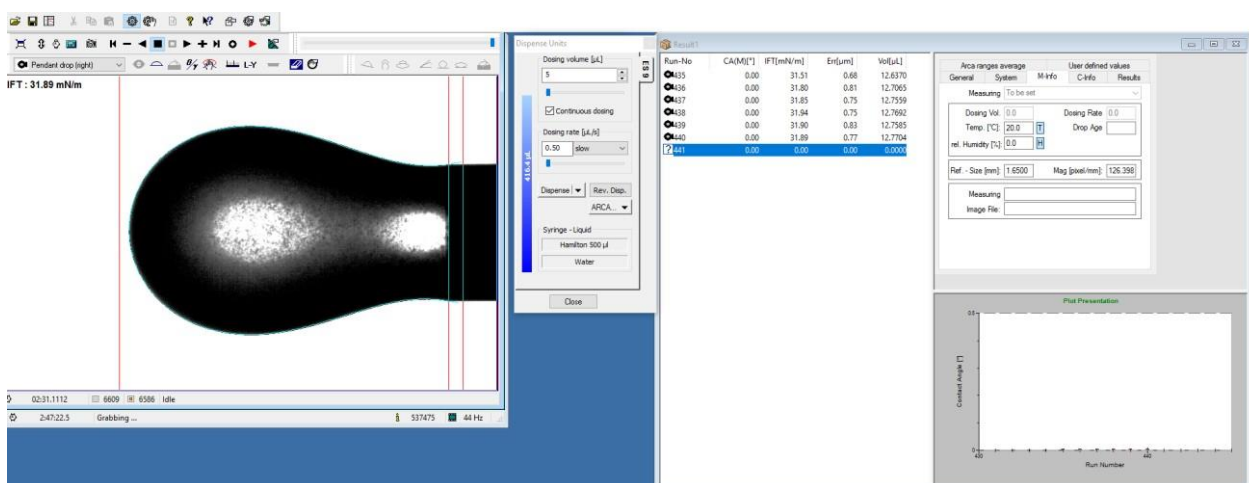
Depois que o software é iniciado a câmera de vídeo é girada aproximadamente  $90^\circ$ , o que permite um maior fator de zoom. Utiliza-se uma agulha de  $500 \mu\text{L}$  modelo Hamilton, onde a gota não se formará demasiado esférica ( $1,65 \text{ mm}$ ). O foco é ajustado até que a imagem da ponta da agulha esteja entre duas linhas de ampliação, uma dosagem contínua e uma taxa de dosagem lenta ( $0,5 \mu\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ ) são selecionadas (FIGURA 5).

**Figura 5 – Processo de medição da Tensão superficial dinâmica pelo tensiômetro óptico, OCA 15EC**



Antes de iniciar a dispensa do líquido uma filmagem é inicializada, a dispensa será interrompida quando a queda é tão grande quanto possível e a gota se rompe. Depois de atingir uma queda perfeita, usando as linhas de ampliação, o software SCA 22 calibra a ampliação da imagem, detecta o contorno de queda automaticamente, calcula a tensão superficial (TS) e transfere os resultados para a janela de resultado ativa (FIGURA 6). O processo descrito acima foi realizado dez vezes para cada amostra, conseqüentemente dez diferentes gotas por leitura.

**Figura 6 – Janela de resultados de medição da Tensão superficial dinâmica pelo Tensiômetro óptico, OCA 15EC**



Uma amostra utilizando apenas água destilada foi avaliada antes de iniciar as medições e repetida no final delas para fins de comparação, para garantir a precisão dos dados já que a TS da água é um valor conhecido. Entre cada amostra, a agulha e a seringa foram limpas dez vezes com água destilada, para eliminar qualquer possibilidade de contaminação.

Para impermeabilização das agulhas em todos os processos de leituras utilizando o tensiômetro óptico usou-se uma solução hidrofóbica (Hy-Kit) onde se mantém a agulha inserida por quinze segundos e após esse processo passa-se um jato de ar para secagem. Esse método ajuda a uniformização no momento da produção das gotas, não permitindo que as mesmas fiquem aderidas ao lado externo da agulha (FIGURA 7).

**Figura 7 – Impermeabilização da agulha utilizando uma solução hidrofóbica**



### **3.5 Análises de densidade e viscosidade das soluções utilizando um medidor de concentração DMA 4500 M Chemicals**

Os valores de densidade e viscosidade foram obtidos através do densímetro medidor de concentração DMA 4500 M Chemicals (Anton Paar, Inc.) (FIGURA 8). O preparo das caldas foi similar ao apresentado anteriormente no Quadro 3, mantendo um volume de 100 mL por tratamento. Porém, como a quantidade a ser inserida no equipamento é extremamente baixa e qualquer interferência na formulação devido ao um preparo não tão preciso poderia mascarar ou modificar os resultados finais, optou-se pela formulação dos tratamentos com duas repetições de preparo de calda, reduzindo assim a possibilidade de erro em relação ao processo de formulação das caldas. As caldas preparadas foram nomeadas como caldas A e B.

O volume inserido no equipamento foi de 2 mL de solução, sendo feitas 3 leituras em cada 2 mL inseridos e três repetições contendo 2 mL cada, portanto utilizou-se 12 ml por tratamento (caldas A e B), totalizando em cada um, 9 leituras. Foi selecionada para injeção dos líquidos em teste uma seringa de capacidade 6 mL, devido a necessidade de passagem do produto por todo o circuito e uma possível eliminação de qualquer contaminação do produto anterior (FIGURA 9).



**Figura 8 – Ilustração do densímetro medidor de concentração DMA 4500 M Chemicals (Anton Paar, Inc.)**



**Figura 9 – Demonstração do momento de injeção das amostras no densímetro DMA 4500 M Chemicals (Anton Paar, Inc.)**



Antes de se iniciarem as análises foi efetuado o processo de calibração, que se resume em uma leitura apenas com água destilada e outra com ar. A água deve

ser a primeira a ser inserida e o resultado deve ser positivo antes de prosseguir, os valores da água são conhecidos pelo equipamento, se caso o resultado não for positivo deve-se fazer uma limpeza (injeção de água) novamente em todo o equipamento e repetir o teste. O segundo passo para calibração é inserir uma quantidade de ar (injetada pelo próprio equipamento por uma mangueira acoplada a ele) e esperar aprovação, caso não ocorra deve se repetir a limpeza. Após os resultados serem positivos foi feito a leitura de uma amostra de água destilada pelo fato de seus resultados serem conhecidos (viscosidade de 1.000 m Pa.s e densidade de 0,998114 g/cm<sup>3</sup>) garantindo que a calibração foi efetuada com sucesso, assim sendo pode-se iniciar as leituras das amostras. Para a limpeza entre as amostras analisadas foram injetadas 5 seringas de água destilada seguida de injeção de ar entre cada tratamento.

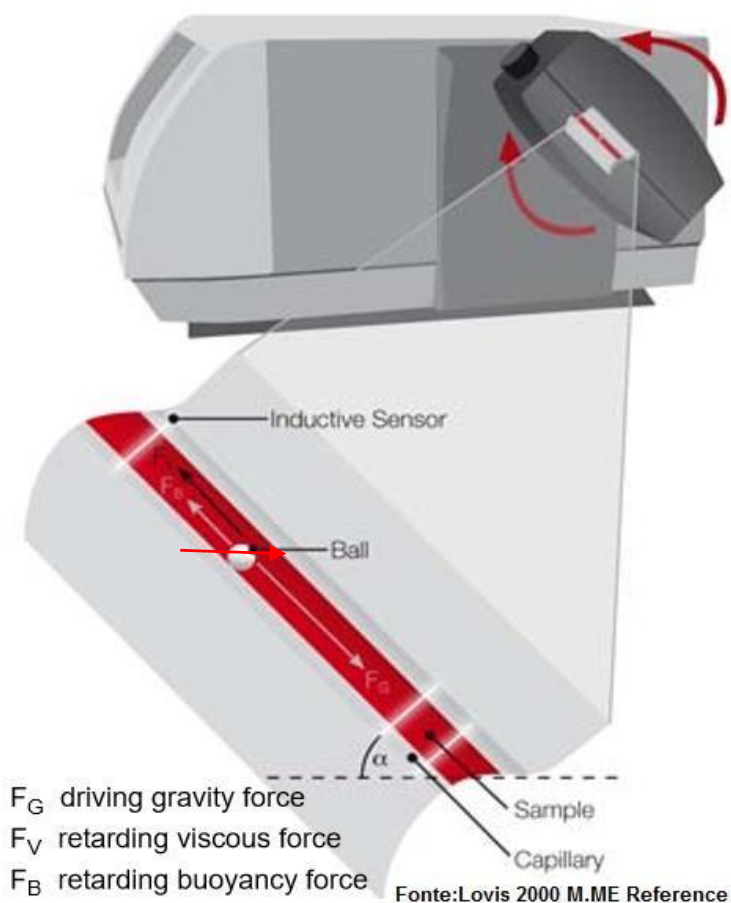
As análises de viscosidade foram realizadas através de um viscosímetro de rolamento (Lovis 2000 M/ ME) que é acoplado ao equipamento DMA 4500 M Chemicals (Anton Paar, Inc.) e mede o tempo de rolamento de uma bola localizada dentro do sistema, através de líquidos transparentes e opacos de acordo com o princípio da bola de queda de Hœppler. A medição requer apenas 100 µL de volume de amostra. Os resultados são dados como viscosidade intrínseca que é a resistência ao fluxo do líquido, cinemática obtida através da divisão da viscosidade dinâmica pela densidade do fluído ou dinâmica que é uma força para mover uma unidade em uma determinada distância (Anton Paar GmbH), (FIGURA 10).

O princípio de medição da viscosidade vem através do método de bola de queda descrito por Fritz Hœppler em 1933. Uma esfera rola através de um capilar fechado cheio de fluído, que está inclinada num ângulo definido. Três sensores indutivos determinam o tempo de rolamento da bola entre marcas de definição. A viscosidade da amostra é diretamente proporcional ao tempo de rolagem (quanto maior a viscosidade, maior o tempo de rolagem). O microviscometer registra o tempo de rolamento (SECTION I : Lovis 2000 M/ME Reference, 2012). O mecanismo de medição explicado pode ser observado na Figura 11.

Figura 10 – Ilustração da localização do viscosímetro de rolamento (Lovis 2000 M/ ME) acoplado ao densímetro DMA 4500 M Chemicals (Anton Paar, Inc.)



Figura 11 – Ilustração do mecanismo de obtenção da viscosidade proporcional ao tempo de rolagem (Lovis 2000 M/ ME)



### 3.6 Análise estatística

Foi realizada a Análise de Variância dos dados e, quando constatado a existência de diferenças significativas entre os tratamentos, foi avaliada a magnitude das diferenças utilizando-se o teste Tukey com  $\alpha=0,05$ . Utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS, Cary, NC, USA) para a realização das análises. E o programa STATISTICA 8 para os estudos de correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

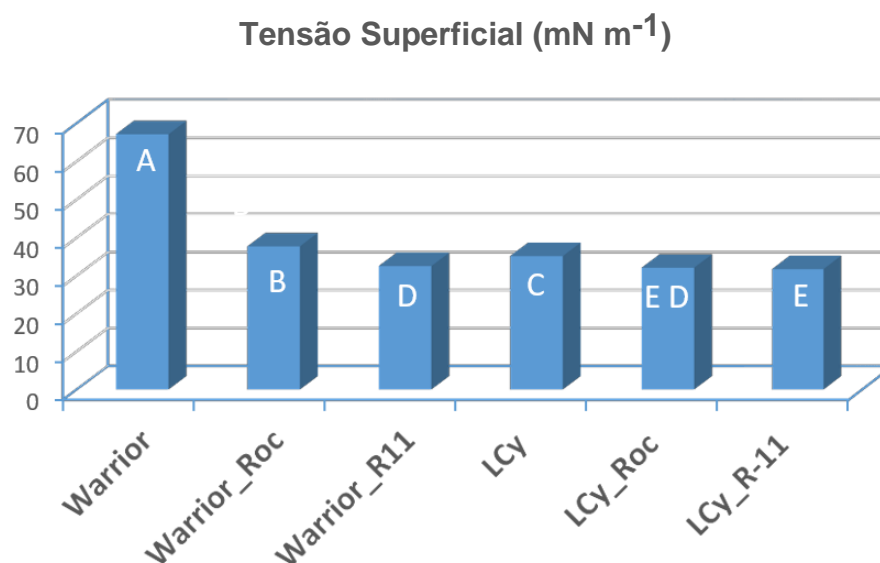
Obteve as variáveis canônicas, com o auxílio do programa RBio (Bhering, 2017) para verificar a similaridade entre os tratamentos, e quais variáveis contribuíram para isto. A variável canônica é uma função de análise multivariada com a finalidade de discriminar grupos em conjunto de dados. Através de combinações lineares é possível analisar a similaridade ou a dissimilaridade de grupos em conjunto de dados. Também foram estudadas as redes de correlações entre as variáveis.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Tensão Superficial

Os valores de tensão superficial (TS) de cada solução teste estão apresentados na Figura 12.

**Figura 12 – Valores de Tensão superficial das caldas utilizadas**



Letras diferentes representam resultados de valores estatísticos significantes de acordo com o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Warrior (SC) e LCy (EC).

Pode-se observar redução nos valores de TS após a adição dos adjuvantes em todas as soluções em teste, porém os menores valores foram encontrados na adição do surfatante (R-11), reduzindo significativamente os valores de TS quando em mistura com o inseticida Warrior II (SC), sendo essa redução de 51%, e nas soluções compostas pelo inseticida LambdaCy (EC) valores de TS 10% menores. Os maiores valores de TS são encontrados nas caldas sem a presença de adjuvantes.

A interferência do tipo de formulação nos valores de TS demonstram que os menores valores foram encontrados na calda contendo a formulação EC, devido a presença de maior concentração de surfactante em solução. Assim sendo a diferença entre os valores de TS na solução isolada de SC em comparação com a EC foi de 51%.

Porém todas as caldas constituídas pela formulação SC apresentaram resultados significativos entre si, comportamento não encontrado nas soluções EC,

onde não se difeririam estatisticamente nas soluções de óleo e surfatante.

Pesquisas realizadas por Santos et.al (2013) apresentam o mesmo comportamento, onde os valores de TS está diretamente relacionado as características das caldas a serem pulverizadas. Os autores obtiveram maiores valores de TS em mistura com o óleo vegetal ( $34,42 \text{ mN.m}^{-1}$ ) e menores valores ( $31,87 \text{ mN.m}^{-1}$ ) na utilização de surfatantes.

Durigan em 1993 já destacava o uso de adjuvantes como uma alternativa na redução da TS pelo fato deste atuar nas forças interfaciais e melhorar o comportamento do produto no alvo final. Resultado também encontrado por Vilela (2012), que observou redução da tensão superficial ao adicionar adjuvantes à calda fungicida.

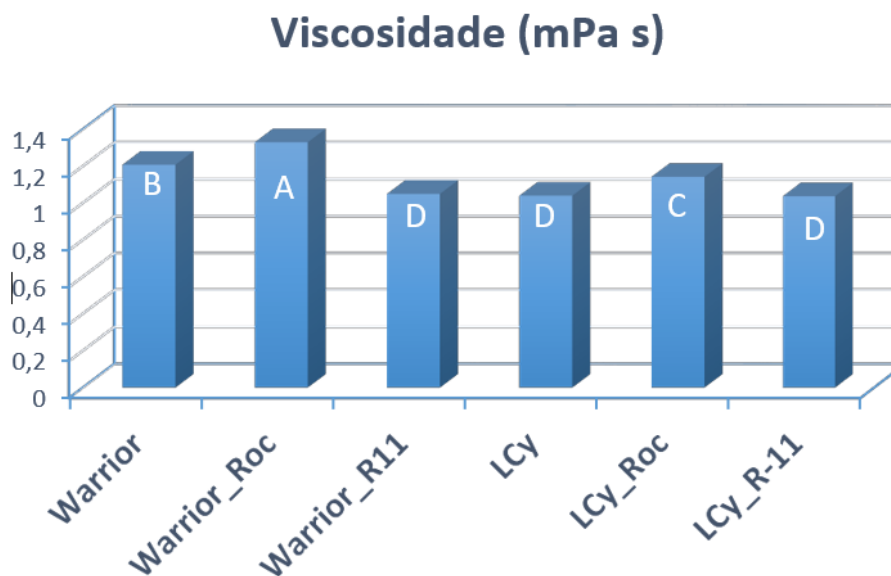
Já o fato de as caldas contendo a formulação suspensão concentrada (SC) apresentarem os maiores valores de TS, pode ser explicado pelo fato desse tipo de formulação ter uma maior porcentagem de ingrediente ativo em sua composição (Knowles (2008), Paul; Robeson (2008) e Zhang et al. (2011)). Estes resultados destacam a importância das características físico-químicas das soluções no resultado final de uma aplicação de defensivos agrícolas.

A composição e misturas das caldas com variações na quantidade e qualidade dos surfatantes inseridos determinam a tensão superficial e não a origem do óleo utilizado segundo Mendonça et al. (2007) que analisou a TS em 13 óleos de origem mineral e vegetal, utilizando diferentes concentrações. Por mais que toda formulação de óleos apresente uma porcentagem de surfatantes em sua composição, os adjuvantes como R-11 contém uma maior quantidade de surfatante em comparação ao óleo analisado, justificando seus menores valores de TS no presente trabalho.

## **4.2 Viscosidade**

A característica de viscosidade das caldas pode ser analisada através da Figura 13, que demonstra as interações estatísticas.

**Figura 13 – Gráfico referente aos valores de viscosidade**



Letras diferentes representam resultados de valores estatísticos significantes de acordo com o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Warrior (SC) e LCy (EC).

Os resultados de viscosidade nas caldas em estudo demonstram aumento significativo com adição de óleo (ROC), aumentando em 9% os valores de viscosidade em ambas as misturas de inseticidas. Entretanto a formulação EC apresenta valores menores em comparação a formulação SC utilizando o mesmo adjuvante (óleo vegetal, ROC), sendo essa variação de 14%. A influência do tipo de formulação pode estar diretamente ligada as características finais de uma pulverização de defensivos agrícolas, principalmente quando se refere o espectro de gotas. Valores mais elevados foram encontrados nas caldas em presença do inseticida Warrior II (SC), uma diferença de 22% quando comparado a calda de LambdaCy (EC), para todas as caldas. Carvalho (2016) também destaca que a formulação de SC apresentou os maiores valores de viscosidade.

Estas características da formulação SC são destacadas por Knowles (2008), Paul; Robeson (2008) e Zhang et al. (2011), devido aos agentes que evitam a sedimentação dos sólidos, porém aumentam a viscosidade da calda (os chamados espessantes). Esses mesmos agentes podem modificar o espectro das gotas (DMV e %<100  $\mu\text{m}$ ), resultado destacado por Carvalho (2016) em comparação entre as diferentes formulações (SC, EC e WG).

Matthews (2000 b) demonstra a influência da viscosidade no espectro de gota

produzido, pois caldas mais viscosas resultam em DMV de valores maiores, ou seja, gotas de tamanhos maiores. Já Cunha & Alves (2009) citam que a adição de adjuvantes não é muito significativa neste parâmetro, por outro lado Sanderson et al. (1997) já apresentava em seus estudos resultados de maiores viscosidades na presença de óleo nas soluções, que dificulta a quebra do líquido pulverizado em gotículas, resultando em gotas de maior tamanho, valores também encontrado por Moraes et al. (2012) em relação a produção das gotas.

Calore et al. (2015) encontraram resultados significativos sobre a tensão superficial e viscosidade das soluções testadas, onde observaram variações nos tamanhos de gotas finais e concluíram que essas foram uma das propriedades mais sensíveis à adição de adjuvantes.

Segundo Reichard e Zhu (1996), os adjuvantes que aumentam a viscosidade são adicionados às caldas para aumentar o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e, conseqüentemente, reduzir a deriva. Cunha & Alves (2009), ao avaliarem o efeito da adição de oito adjuvantes diferentes nas características físico-químicas das caldas, obtiveram resultados diferentes a está pesquisa, pois todos os produtos, independente da dose, elevaram a viscosidade das caldas.

Quando se observam as variações devido a influência das formulações do produto utilizado, pode-se destacar que não houve resultados significativos em comparação a calda isolada e em misturas com surfatante na formulação EC, podendo ser explicado por esse tipo de formulação ser uma emulsão e obter maior quantidade de óleos em sua composição.

### **4.3 Espectro de gotas**

As interações entre as formulações e a presença de adjuvantes para os três ensaios (ângulos de defletor de 30, 55 e 90<sup>o</sup>) em comparação a DMV e V100 estão apresentados nas Tabelas 1 a 3.

O diâmetro mediano volumétrico (DMV) e porcentagem do volume de gotas menores ou iguais a 100 µm (V100) apresentaram resultados significativos em comparação as soluções quando aplicada a análise de variância, utilizando o ângulo defletor de 30 (TABELA 1).



**Tabela 1 – Análise estatística das variáveis: diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual volumétrico de gotas menores que 100 µm (V100) para o ângulo de 30° (Experimento 1)**

<b>Fatores de Variação</b>	<b>DMV</b>	<b>V100</b>
<b>FORMULAÇÃO</b>	(µm)	(%)
LCY (EC)	356.08	7.99
Warrior (SC)	429.96	5.28
<b>ADJUVANTES</b>		
_ calda isolada(s/a)	395.34	6.92
_R11 (surfc)	398.09	6.50
_ROC (óleo)	385.64	6.49
CV (%)	1,88	6,66
Teste F (Formulação)	451.36 **	168.92 **
Teste F (Adjuvantes)	4.71 *	1.81 ns
Interação (F x Adj)	11.13 **	4.80 *

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

Nas análises entre a interação das caldas nas duas diferentes formulações, pode-se observar menores valores de DMV na utilização da formulação EC e maior DMV nas formulações SC, conseqüentemente maiores valores de V100 na utilização de EC e menores na SC, ( $p < 0,01$ ). Já nas interações entre caldas pulverizadas isoladamente ou em conjunto com os adjuvantes selecionados os valores foram significativos ( $p < 0,05$ ) apenas nos resultados de DMV, não apresentando diferença nos valores de V100. Porém a interação entre as formulações e adjuvantes foi significativa, realçando a interação das caldas testadas, tanto nas análises de DMV ( $p < 0,01$ ) como na de V100 ( $p < 0,05$ ).

O mesmo comportamento em relação as formulações foram discutidas por Hilz; Vermeer (2012) que também observaram que ao avaliar o DMV e %<100 µm nas caldas em uso do inseticida imidacloprid de formulação SC, obtendo valores maiores de DMV e menores valores de %<100 µm em comparação com outros tipos de formulações.

Pela Tabela 2 pode-se verificou o desdobramento dos dados obtidos pela

pulverização no experimento 1 (utilizando o ângulo defletor de 30), onde os resultados de DMV (diâmetro mediano volumétrico) das caldas apresentaram uma variação significativa na interação dos adjuvantes.

**Tabela 2 – Desdobramento do DMV para as formulações e adjuvantes no ângulo de 30° (Experimento 1)**

Formulações	DMV ( $\mu\text{m}$ )		
	_s/a	_R11	_ROC
EC	367.74 bA	350.52 bB	349.98 bB
SC	422.93 aB	445.66 aA	421.30 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), DMS para colunas = 13.1189; DMS para linhas = 16.0579.

Pode-se destacar os maiores valores de DMV nas caldas constituídas pela formulação SC como dito anteriormente. Observando de maneira isolada a formulação EC (Lambda Cy) com as diferentes soluções, a adição de adjuvante sendo ele surfatante ou o óleo vegetal não diferiram, apresentando valores menores de DMV em comparação a calda isolada que apresentou resultados significativos em relação as demais. Quando se analisa a formulação SC (Warrior) em misturas com os adjuvantes, apenas a calda com a presença de surfatante apresentou resultados significativos, sendo esta os maiores valores de DMV, comportamento inverso ao esperado quando se compara adjuvantes a base de óleo e surfatantes, pelo fato do óleo resultar em caldas mais viscosas, DMV maiores e possível redução na quantidade de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ . Em diversas pesquisas sobre aplicação terrestre o uso do óleo está diretamente relacionado a esse comportamento, maiores valores de DMV, muitas vezes devido a sua maior viscosidade e outras características resultando em uma menor ocorrência de deriva devido a produção de gotas maiores. Estudos realizados por Reichard & Zhu (1996) destacam este tipo de comportamento em ensaios para aplicações terrestres. Porém, no presente trabalho a utilização do inseticida de formulação SC esse resultado não ocorreu, podendo ser explicado pela diferença do tipo de aplicação. Em se tratando de aplicação aérea com a ponta CP-03, a fragmentação das gotas ocorre tanto pela ação hidráulica do orifício como pelo impacto do jato com o ângulo defletor (fragmentação primária), assim como pela velocidade do vento no momento da produção das gotas (fragmentação secundária),

conforme descrito por Fritz e Hoffmann (2015).

Sanderson et. al. (1997) relatam resultados oposto a esta pesquisa quando compara DMV entre caldas com surfatantes e óleos em simulação de aplicação aérea, porém utiliza-se pontas D8-46, diferentes das pontas do presente estudo destacando uma possível interferência dos diferentes ângulos de posicionamento das pontas nas barras nos resultados de DMV.

Na Tabela 3 encontra-se o desdobramento dos valores de V100, e pode-se observar maiores valores de V100 na presença da formulação EC, diferindo estatisticamente da solução SC em todas as misturas.

**Tabela 3 – Desdobramento do V100 para as formulações e adjuvantes o ângulo de 30° (|Experimento 1)**

Formulações	V100 (%)		
	_ s/a	_R11 surfc	_ROC óleo
EC	7.85 aA	8.22 aA	7.91 aA
SC	5.99 bA	4.79 bB	5.07 bAB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), DMS para colunas = 0.7862; DMS para linhas = 0.9623.

Por outro lado, observa-se que enquanto não há diferenças quanto a presença dos adjuvantes na formulação EC, para a formulação SC a presença dos adjuvantes reduziu o V100 com diferenças significativas entre as misturas com adjuvantes, representados pelas letras maiúsculas na linha. Assim sendo, as formulações se se comportaram de maneira diferente entre si na presença dos adjuvantes.

O conhecimento dos parâmetros de DMV e V100 são fundamentais nas tomadas de decisões em uma aplicação de defensivos. Diversos autores estudam a influência dessas características e sua real interferência na pulverização final. A quantidade e possível ocorrência de deriva está diretamente relacionada a esses parâmetros (COMBELLACK et al, 1996; SANDERSON et al, 1997; MILLER, 2003; STAINIER et al., 2006).

Na Tabela 4 estão os resultados obtidos no experimento 2 com a pulverização no ângulo defletor de 55, o qual demonstra um comportamento diferente do discutido anteriormente para o ângulo de 30°. As formulações e adjuvantes diferem entre si, porém a interação entre elas só apresenta resultados significativos na análise de DMV

( $p < 0,05$ ), não diferindo nos resultados de V100. Já o comportamento do óleo nos valores de DMV se inverte, onde obtém-se maiores valores de DMV e menores % de gotas inferiores a 100  $\mu\text{m}$  (V100) nas caldas em presença do óleo vegetal. Entretanto, deve destacar que as caldas com formulação EC ainda representam os menores valores de DMV e maiores valores de V100, devido a uma influência significativa das diferentes formulações.

**Tabela 4 – Análise estatística das variáveis diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  (V100) para o ângulo de 55° na ponta CP- 03 (Experimento 2)**

Fatores de Variação	DMV	V100
FORMULAÇÃO	( $\mu\text{m}$ )	(%)
LCY (EC)	309.72	14.66 a
Warrior (SC)	365.48	9.00 b
ADJUVANTES		
_ s/a	349.42	12.15 a
_R11 surfc	322.20	14.41 a
_ROC óleo	341.18	8.93 b
CV (%)	1,83	17.53
Teste F (Formulação)	366.94 **	33.56 **
Teste F (Adjuvantes)	30.66 **	10.57 **
Interação (F x Adj)	5.58 *	3.22 ns

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

**Tabela 5 – Desdobramento do DMV para as formulações e adjuvantes o ângulo de 55° (Experimento 2)**

Formulações	DMV ( $\mu\text{m}$ )		
	_ s/a	_R11 surfc	_ROC óleo
EC	318.54 bA	290.46 bB	320.15 bA
SC	380.30 aA	353.94 aB	362.20 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), DMS para colunas = 10.9812; DMS para linhas = 13.4413

Houve resultados significativos entre as formulações EC e SC em todas as caldas testadas (mantendo DMV maior e V100 menor para a formulação SC), porém na utilização deste ângulo defletor os valores de DMV na formulação EC em mistura com o surfatante foram significativamente menores. Já na análise utilizando a formulação SC as caldas compostas com adjuvantes não diferiram entre si e apresentaram resultados estatísticos menores em relação a calda isolada.

Os resultados obtidos com a pulverização utilizando o ângulo defletor de 90° (Experimento 3) estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6 – Análise estatística das variáveis diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual de gotas menores que 100 µm (V100) para o ângulo de 90° na ponta CP- 03 (Experimento 3)**

<b>Fatores de Variação</b>	<b>DMV</b>	<b>V100</b>
<b>FORMULAÇÃO</b>	(µm)	(%)
LCY (EC)	264.42	16.38
Warrior (SC)	301.62	12.96
<b>ADJUVANTES</b>		
_ s/a	286.23	14.50
_R11 surfc	287.42	13.90
_ROC óleo	275.41	15.61
CV (%)	2,68	11,73
Teste F (Formulação)	108.63 **	17.69 **
Teste F (Adjuvantes)	4.58 *	1.54 ns
Interação (F x Adj)	27.22 **	17.25 **

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) \*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

Os resultados provenientes das análises utilizando o ângulo defletor de 90 voltam a ter o mesmo comportamento dos discutidos no ângulo de 30 °. Os resultados foram significativos entre as diferentes formulações e nas interações de formulação e adjuvantes. Nessa avaliação apenas entre adjuvantes manteve diferença nos resultados de DMV, porém não diferem em relação ao V100.

A Tabela 7 contém os resultados de desdobramentos das variáveis na utilização do ângulo de 90 °. Ao analisar a calda de maneira isolada e em conjunto nota-se que ao utilizar o óleo em mistura contendo o inseticida Warrior (SC) os valores não diferiram estatisticamente da calda isolada na utilização do ângulo 90 °, porém em comparação ao surfatante em uso observa-se valores menores de DMV na utilização do óleo, apresentando um comportamento diferente se comparado a diversos estudos de utilização do mesmo em caldas para as aplicações terrestres. Hoffman et. al. (2008) utilizaram diferentes equipamentos para obtenção do DMV em caldas com diferentes adjuvantes em duas velocidades de vento (160 e 209 km h<sup>-1</sup>), a velocidade maior resultou em uma menor homogeneidade das gotas, destacando um maior estresse sobre a calda e um maior cisalhamento da mesma no momento a ser pulverizada.

Berna (2017) observou os mesmos resultados discutidos no presente trabalho, resultando em DMV menores em presença de óleos destacando também a influência do vento no processo de produção dessas gotas (fragmentação secundária).

**Tabela 7 – Desdobramento do DMV para as formulações e adjuvantes no ângulo de 90° (Experimento 3)**

Formulações	DMV (µm)		
	_ s/a	_R11 surfc	_ROC óleo
EC	284.66 aA	253.78 bB	254.81 bB
SC	287.79 aB	321.06 aA	296.01 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), DMS para colunas = 13.4657; DMS para linhas = 16.4823

Estudos realizados por Fritz e Hoffmann (2015), demonstraram o comportamento do espectro de gotas em relação a velocidade do ar e pressões de pulverização, onde maiores velocidades diminuiriam o tamanho das gotas e maiores pressões com a mesma velocidade, resultaram em um aumento das gotículas, fator importante para neutralizar o aumento da atomização observada ao operar a velocidades mais elevadas. Esse comportamento já era discutido por Bouse em 1994 e Czacyk em 2012 realçou os resultados, provando que o líquido pulverizado por aeronaves são influenciados pela velocidade do vento e também pelo tipo de angulação da ponta de pulverização utilizada, impactando no cisalhamento desse

líquido e interferindo nos tamanhos de gotas finais.

Com base nas referências da bibliografia e nos resultados deste trabalho, observa-se que a ocorrência de um maior cisalhamento das caldas (fragmentação secundária pelo vento), está diretamente relacionada a velocidade de escoamento da mesma na saída da ponta, devido a diferença de velocidade entre as gotas e o vento, resultando em DMV menores. Matthews (2000) em estudos com pontas de pulverização, destaca os mesmos comportamentos do líquido ao sair pelo orifício da ponta de pulverização, onde a velocidade de saída deste líquido está diretamente relacionada a produção final das gotas, pois interfere no momento da quebra do filme líquido em gotas.

Por outro lado, os resultados utilizando o inseticida LambdaCy de formulação EC não apresentam os mesmos comportamentos que as caldas com o uso do inseticida Warrior (SC), assim como na utilização do ângulo defletor de 55 ° os comportamentos não foram consistentes devido ser um ângulo intermediário aos demais testados, mostrando que podem haver outras interações não analisadas neste trabalho.

Segundo diversos autores, caldas de formulação EC (emulsão de água e óleo) resultam em filmes líquidos menores gerando uma quebra antecipada dos mesmos e produzindo gotas maiores (MILLER et al., 1995; STAINIER et al., 2006; MILLER; BUTLER ELLIS, 2000; JESUS, 2014). Esse comportamento da formulação EC não se manteve em comparação ao presente trabalho, onde podem-se observar maiores valores de V100 em toda as soluções compostas por essa formulação em comparação a SC. Este fato, novamente, reforça as diferenças de comportamento das aplicações terrestres e aéreas no que se refere à presença de adjuvantes. Os dados de valores do percentual de gotas menores do que 100 µm (V100) no ângulo de 90 °, destacam o comportamento das soluções em uso e pode-se observar a interação com os adjuvantes através da Tabela 8.

**Tabela 8 – Desdobramento do V100 para as formulações e adjuvantes no ângulo de 90° (Experimento 3)**

Formulações	V100 (%)		
	_ s/a	_R11 surfc	_ROC óleo
EC	12.88 bB	17.75 aA	18.50 aA
SC	16.12 aA	10.05 bB	12.73 bAB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), DMS para colunas = 3.0599; DMS para linhas = 3.7454

Inicialmente, observa-se que a formulação SC isolada produziu maior V100 do que a EC, resultado que se inverteu com a presença dos adjuvantes. No caso do EC, a adição dos dois adjuvantes aumentou significativamente o V100, enquanto na formulação SC o resultado foi inverso, com os dois adjuvantes reduzindo o V100 (embora sem diferença significativa entre o SC isolado ou em mistura com o óleo).

Nas comparações entre as diferentes formulações pode-se observar uma variação de percentual de gotas menores do que 100  $\mu\text{m}$  (V100) de 30% entre as caldas SC e EC em mistura com o óleo vegetal utilizando o ângulo defletor de 90 °, onde as caldas de formulação EC apresentam os maiores valores dentre todas as misturas em análise. Resultado oposto aos descritos por Carvalho (2016) para aplicações terrestres, que destaca formulações EC como os valores mais baixos de V100 em comparação com as formulações SC e WG.

#### 4.4 Estudo de correlação entre as variáveis

Realizaram-se os estudos de correlações entre os resultados e variáveis para um melhor entendimento da interação dos dados, sendo esses DMV, V100, TS e viscosidade. A análise demonstra as possíveis causas de interferência das características das caldas com o espectro de gotas formado. A utilização do ângulo de 30 ° e do inseticida de formulação SC resultaram em uma correlação alta (negativa) entre as variáveis de viscosidade e DMV, indicando que caldas mais viscosas estão resultando em DMV menores (TABELA 9).

Podendo observar a mesma interação na correlação de TS com DMV, que por mais que não apresente uma correlação forte e significativa entre as variáveis, ainda assim, mantém o comportamento discutido anteriormente, onde maiores valores de



TS estão resultando em menores valores de DMV. Os resultados de espectro de gotas apresentaram o mesmo comportamento, menores valores de DMV com adição de óleo na calda resultando em uma correlação negativa forte entre as variáveis de viscosidade e DMV. O comportamento pode ser observado na formulação de EC, mesmo com uma interação fraca apresenta uma inversão de valores, onde caldas mais viscosas podem apresentar DMV menores. Complementado o comportamento da solução no ângulo de 30 as caldas com maiores valores de TS apresentam uma correlação positiva com os valores de gotas <100, ou seja, podendo ser mais susceptível a ocorrência de deriva.

**Tabela 9 – Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta pelo inseticida Warrior II (SC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 30°**

Variáveis	TS	Viscosidade
DMV	-0,57	-0,93
V100	1.00*	0,30

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Tensão Superficial (TS) em  $\text{mN m}^{-1}$ ; Viscosidade ( $\text{mPa s}$ ); Diâmetro mediano volumétrico (DMV); %<100  $\mu\text{m}$  (V100).

As caldas constituídas pelo inseticida de formulação EC apresentaram resultados opostos aos discutidos anteriormente com a formulação SC, indicando interferência do tipo de formulação nos resultados de espectro de gotas (TABELA 10). Onde manteve-se alta correlação dentre as variáveis de TS e DMV, porém de forma positiva indicando que quanto maior os valores de TS maiores foram os resultados de DMV. Os valores de TS e V100 tiveram resultados negativos, indicando que quanto maior a TS menores serão os valores de V100. As correlações entre viscosidade e V100 nas duas formulações em estudo foram consideradas menos influentes segundo Ferreira (2000), devido apresentarem coeficientes de correlação menor que 0,4, comportamento não encontrado nos demais ângulos defletores analisados. Já a interferência da viscosidade nos valores de DMV mantiveram o mesmo comportamento em ambas as formulações, mesmo não sendo uma interação alta, quanto maior a viscosidade da calda menores os valores de DMV ou vice-versa.

**Tabela 10 – Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Lambda-Cy (EC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 30°**

Variáveis	TS	Viscosidade
DMV	0,99	-0,51
V100	-0,70	-0,37

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Tensão Superficial (TS) em  $\text{mN m}^{-1}$ ; Viscosidade ( $\text{mPa s}$ ); Diâmetro mediano volumétrico (DMV); %<100  $\mu\text{m}$  (V100).

As correlações obtidas utilizando ângulo defletor de 55° apresenta relação de TS e V100 na formulação de SC, com interação positiva e alta, de modo que quanto maior os valores de TS maiores serão os de V100, mantendo de certa forma os resultados apresentados no presente trabalho (TABELA 11 e 12). As correlações entre as variáveis utilizando a formulação EC mantiveram o mesmo comportamento do ângulo de 30°. Os resultados das interações em relação a viscosidade também foram opostos, apresentando uma correlação moderada no uso da formulação SC, porém significativa (positiva) com correlação V100 nas caldas de EC, indicando que quanto maior os valores de viscosidade, menores foram a porcentagem de gotas inferiores a 100  $\mu\text{m}$ . Já as interações de TS e DMV na formulação EC são alta e positiva, ou seja, maiores valores de TS resultarão em maiores valores de DMV. O fato da angulação de 55° ser intermediárias em relação aos demais ângulos analisados explica alguns comportamentos distintos.

**Tabela 11 – Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Warrior II (SC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 55°**

Variáveis	TS	Viscosidade
DMV	0,54	0,56
V100	0,99	-0,53

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Tensão Superficial (TS) em  $\text{mN m}^{-1}$ ; Viscosidade ( $\text{mPa s}$ ); Diâmetro mediano volumétrico (DMV); %<100  $\mu\text{m}$  (V100).

**Tabela 12 – Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Lambda-Cy (EC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 55°**

Variáveis	TS	Viscosidade
DMV	0,99	0,38
V100	-0,27	-1,00*

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Tensão Superficial (TS) em  $\text{mN m}^{-1}$ ; Viscosidade ( $\text{mPa s}$ ); Diâmetro mediano volumétrico (DMV); %<100  $\mu\text{m}$  (V100).

Na utilização do ângulo defletor de 90 ° obteve-se o mesmo comportamento das discutidas com o ângulo de 30 °, com forte correlação (negativa) dentre as variáveis de TS e DMV e correlação positiva com os valores de V100 no uso da formulação SC. Ao analisar a correlação de viscosidade com o DMV, observa-se os mesmo resultados e conclusões na presente pesquisa, onde caldas mais viscosas resultaram em DMV menores e V100 maiores. Já na formulação de EC os valores ainda se mantiveram semelhantes aos do ângulo de 30 ° e 55 °, porém com correlação significativa (positiva) entre TS e DMV, menores valores de TS e menores valores de DMV (TABELA 13 e 14).

**Tabela 13 – Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Warrior II (SC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 90°**

Variáveis	TS	Viscosidade
DMV	-0,78	-0,77
V100	0,95	0,51

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Tensão Superficial (TS) em  $\text{mN m}^{-1}$ ; Viscosidade ( $\text{mPa s}$ ); Diâmetro mediano volumétrico (DMV); %<100  $\mu\text{m}$  (V100).

**Tabela 14 – Correlação entre as variáveis físicas das caldas composta com o inseticida Lambda-Cy (EC) com as variáveis da análise de espectro de gotas para os tratamentos com o ângulo defletor de 90°**

Variáveis	TS	Viscosidade
DMV	1,00*	-0,46
V100	-0,98	0,59

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Tensão Superficial (TS) em  $\text{mN m}^{-1}$ ; Viscosidade ( $\text{mPa s}$ ); Diâmetro mediano volumétrico (DMV); %<100  $\mu\text{m}$  (V100).

Após as correlações, pode-se confirmar que a TS tem uma forte influência nos valores de V100 em todas as angulações utilizadas na calda de formulação SC, onde apresentou resultados de correlação alta e positiva. Já na formulação de EC a características de TS foi mais significativa nos valores de DMV, resultando em correlação positiva, onde maiores valores de TS obtiveram maiores valores de DMV ou vice-versa, menores valores de TS resultará em menores valores de DMV. Os resultados demonstram interações diferentes de TS em relação as formulações testadas, ou seja, os tipos de formulação apresentam interações diferentes entre as características físico químicas.

O comportamento dos resultados indica que as caldas mais viscosas obtiveram um maior cisalhamento (rompimento) devido uma maior permanência no anteparo da ponta de pulverização utilizada, resultando em uma menor velocidade de escoamento do líquido. Assim sendo pode-se observar que as diferenças de velocidade entre o vento e as gotas aumentam, explicando a ocorrência de um maior cisalhamento dessa calda. Resultados como este já foram apresentados por Fritz e Hoffmann (2015) onde estudaram as diferenças das velocidades de ar e de pressão de trabalho, como citado anteriormente e também encontrados por Berna (2017) que observou o mesmo comportamento nas caldas mais viscosas em aplicações de fungicidas com diferentes adjuvantes.

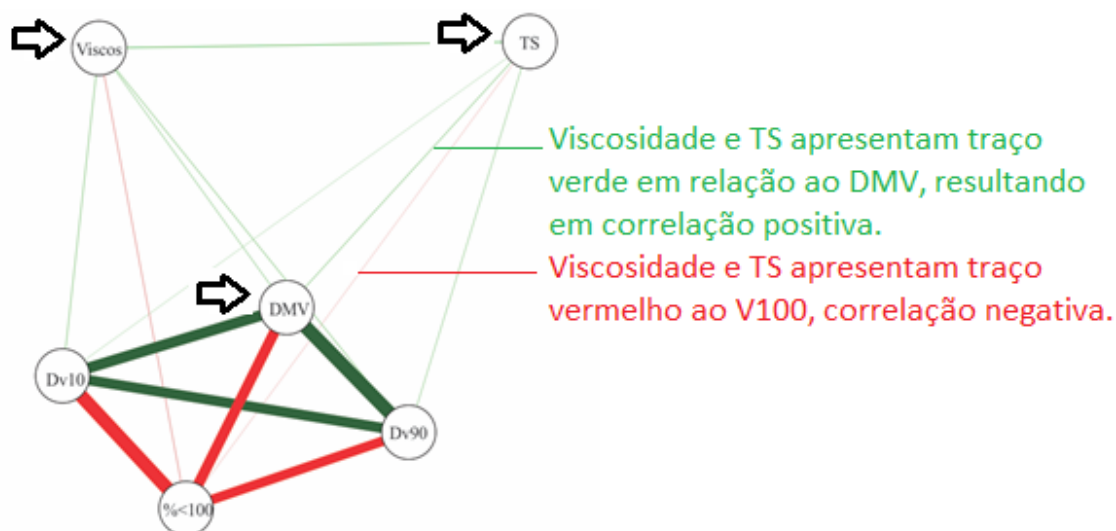
Porém no presente trabalho deve-se destacar a interferência da utilização de diferentes formulações, onde apresentaram comportamentos distintos. As caldas de formulação SC mantiveram o comportamento citado, porém a utilização de caldas com a formulação EC não obteve os mesmos resultados, onde caldas mais viscosas apresentaram valores de DMV maiores e V100 menores, porém quando se analisa os dados como um todo, em comparação com todas as soluções testadas (SC e EC), as constituídas pela formulação EC apresentaram valores menores de DMV e consequentemente maiores % de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  (V100), mantendo os resultados discutidos até agora. Onde a influência da velocidade do vento e do líquido pulverizado, podem modificar os valores finais de espectro de gota.

Por fim, as diferenças nos resultados para o espectro de gotas e nas análises de correlações entre os fatores para os três ensaios realizados mostram a possibilidade de haver interação entre as caldas e os ângulos nas pontas CP-03, abrindo espaço para a realização de análises complementares visando a aprofundamento da análise e discussão dos resultados obtidos neste trabalho.

#### 4.5 Análise de Variáveis Canônicas

Pela rede de correlações gerada a partir da matriz de correlações de Pearson, é possível observar uma relação negativa entre a porcentagem de gotas menores que 100 micros (V100) (Figura 14) e todas as outras variáveis. O aumento da Viscosidade ou da Tensão superficial (TS) aumentam o DVM.

**Figura 14 – Rede de correlações entre as variáveis**



\* Traço verde = correlação positiva / traço vermelho = correlação negativa / espessura do traço = valor do r (significância) / proximidade das bolas = semelhança da variabilidade.

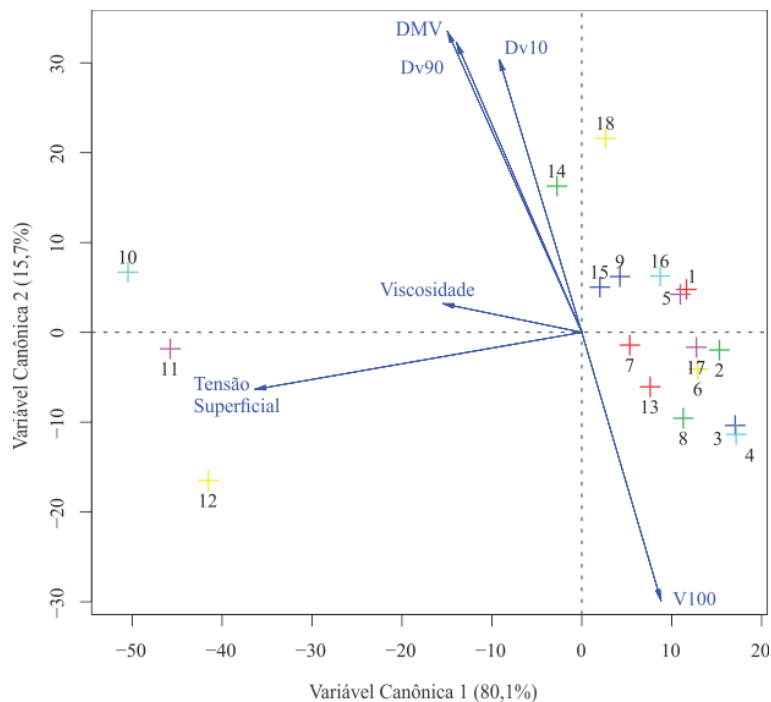
Após análise das correlações das variáveis onde traços verdes indicam correlação positiva e traços vermelhos negativos, o aumento de viscosidade, tensão superficial e diâmetro mediano volumétrico (DMV) realçam os resultados obtidos no presente trabalho, as caldas com maiores valores dessas características resultam em menores valores de %<100, sendo muito bem representados pela formulação SC, que comparadas com a formulação EC resultaram em menor %<100.

A análise das variáveis canônicas (Figura 15) foi realizada com objetivo de verificar a similaridade entre os tratamentos e quais as variáveis contribuíram para isto. O primeiro componente das variáveis canônicas captou 80,1% da variância total entre os tratamentos. Portanto, é possível simplificar a variação entre os tratamentos e variáveis em um gráfico bidimensional, conforme critérios de Hair et al. (2009). A utilização do inseticida Warrior (SC) em mistura com o surfatante R-11 aplicados com a configuração da ponta CP no ângulo de 30 e caldas com Warrior (SC) mais ROC

(óleo) aplicados na mesma configuração de 30 graus, influenciaram a variação do DMV. Enquanto que os tratamentos de LCy (EC) mais ROC óleo aplicado com ângulo de 90 graus, juntamente com LCy (EC)+R11 surfatante utilizando 90 graus e LCy (EC), foram os que mais influenciaram a % gotas menores que 100 micras (V100), reforçando os resultados de correlação anteriores. A característica de TS foi significativa em todos os ângulos analisados, influenciando os valores de V100 com correlação positiva nas caldas de formulação SC e resultados de DMV nas caldas com formulação EC, destacando sua importância. A característica de TS pode modificar resultados de aplicação devido sua influência no espectro de gota final.

Os tratamentos utilizando Warrior (SC) pulverizado nos diferentes ângulos da ponta CP (30, 55 e 90 graus) influenciaram a variabilidade da Tensão Superficial. Houve pouca variabilidade significativa para a Viscosidade de forma a ser captada pela análise em função da variabilidade entre os tratamentos.

**Figura 15 – Representação gráfica da distribuição das variáveis canônicas em relação aos tratamentos**



## 5 CONCLUSÃO

Houve interação significativa para o DMV entre as formulações e a presença de adjuvantes nos três ensaios realizados. Em todos as soluções de formulação SC a TS resultou em correlações positivas com os valores de DMV, já nas formulações de EC a TS correlaciona positivamente com os resultados de V100, se destacando como a característica físico química mais influente no espectro de gotas. Para o V100 a interação foi significativa nos ensaios 1 e 3 (ângulos de 30 a 90<sup>o</sup>). Nestes ensaios, as caldas com emulsão (EC) apresentaram menores valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) e maiores valores do percentual de gotas menores do que 100 µm (V100), representando situações de aplicação com maior risco de deriva.

A presença da formulação EC nas soluções foram responsáveis pelos menores valores de DMV, a presença de emulsificantes e as altas velocidades de vento no momento da pulverização resultaram em um maior cisalhamento do líquido em estudo.

Caldas a base de emulsificante tendem a ser mais cremosas e estáveis, por esse motivo espera-se maiores valores de DMV e uma boa eficiência na redução de deriva, porém no caso da pulverização aérea esse comportamento pode se modificar, como observado no presente trabalho, onde caldas de formulação EC apresentaram maior valores de gotas menores que 100 micrometros. As caldas constituídas pela formulação SC apresentaram os maiores valores de DMV, porém na adição de ROC (óleo vegetal) obteve-se uma redução dos valores DMV apresentando o mesmo comportamento das caldas de formulação EC, devido ser mais viscosa.

Comportamento explicado pela maior permanência no orifício de saída e ponta de pulverização, assim sendo a elevada velocidade do vento em teste permitiu essa maior quebra das gotas, mesmo em caldas mais densas.





## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJALI, C. H. et al. Formulation of water-dispersible nanopermethrin for larvicidal applications. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Maryland Heights, v. 73, n. 8, p. 1932–6, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651310002526>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

ALMEIDA, D. P.; AGOSTINI, A. R.; YAMAUCHI, A. K. F.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Application Volumes and Sizes of Droplets for the Application of Diquat Herbicide in the Control of *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 171-179, 2016.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Systems of aerial spraying for soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.695–703, 2011.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Boletim de Pesquisa de Soja**, v. 8, p. 165-177, 2004.

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

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, v.13, p. 299-317, 2009.

ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pest Management Science**, West Sussex, v.67, p.586-598, 2011.

AZEVEDO, L. A. S.: **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. São Paulo, 2001. 230 p.

BERNA, R. **Espectro de gotas geradas por ponta de jato plano de impacto para aplicação aérea na presença de adjuvantes em caldas de pulverização**. 60f., 2017. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2017.

BOUSE, L. F. Effect of nozzle type and operation on spray droplet size. **Trans. ASAE**, v. 37, n. 5, p. 1389-1400, 1994. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.28219>.

CARVALHO F. K. **Viscosidade, tensão superficial e tamanho de gotas em caldas com formulações de inseticidas e fungicidas**. 64f., 2016. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2016.

CARVALHO, W. P. A. de; BOLLER, W.; ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação por via aérea. In: ANTUNIASSI, U R; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p.143-188.

CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. “Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, vol. 24, núm. 1, enero-marzo, 2017, pp. 75-91 Fundação Oswaldo Cruz Rio de Janeiro, Brasil.

CARBONARI, C. A. et al. Efeito de surfatantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CHECHETTO, R. G. et al. Influence of spray nozzles and adjuvants in drift reduction potential in wind tunnel. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p.37-46, 2013.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2011.

CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B.; Antuniassi, U. R.; CARVALHO F. K.; VILELA, C. M.; SILVA, A. C. A. Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado de Mato Grosso. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 26, n. 1, p. 89 - 97, Jan./Mar. 2014. ISSN 2236-4420.

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

COMBELLACK, J. H. et. al. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Protection**, n. 15, p.147–152, 1996.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Botucatu, 2006.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 4, p. 487-493, out-dez, 2008(a).

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 (b).

CUNHA, J. P. A. R.; Alves, G. S.; Marques, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 261-270, abr-jun, 2017.

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

CUNHA J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**, v. 34 n. 9, 2009.

CUNHA, J. P. A.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; CARVALHO, W. P. A. Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v.13, n.2, p.130-135, 2005.

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

CZACZYK, Z. (2012). Influence of air flow dynamics on droplet size in conditions of air-assisted sprayers. **Atomization and Sprays**, v. 22, n. 4, p. 275-282. <http://dx.doi.org/10.1615/AtomizSpr.2012003788>.

DE SCHAMPHELEIRE, M. et al. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical

properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, v. 10, n. 5, p. 409-420, 2009.

DURIGAN, J. C. **Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42 p.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. 3ª ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.

FRITZ B. K. et al. Comparison of drop size data from ground and aerial application nozzles at three testing laboratories. **Atomization Sprays**, [S.l.], v. 24, n. 2, p.181-192, 2014.

FRITZ, B. K. et al. Development and testing of a laboratory spray table methodology to bioassay simulated levels of aerial spray drift. **Journal of ASTM International**, [s.l.], v. 6, n. 6, Paper ID JAI102125, 2009.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C. Update to the USDA-ARS fixed-wing spray nozzle model. **Transactions of the ASABE**, v. 58, n. 2, p.281-295, 2015.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, C. H.; MORAES, J. G., JESUS M. G.; GOLUS J.; KRUGER, G. R. **The Impact of Spray Adjuvants on Solution Physical Properties and Spray Droplet Size**. STP: Selected Technical Papers. ASTM International, 2017.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; BAGLEY, W. E. Effects of spray mixtures on droplet size under aerial application conditions and implications on drift. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n. 1, p. 21-29. 2010.

GANDOLFO, M. A. et al. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 66-73, 2014.

GREEN, J. M.; HAZEN, J. L. Understanding and using adjuvants properties to enhance pesticide activity. In: International symposium on adjuvants for agrochemists, 5., 1998, Tennessee. **Proceedings...** Memphis: ISAA, 1998. p. 25-36.

HENRY R. S., FRITZ B. K., HOFFMANN W. C., KRUGER G. R. An Evaluation of Three Drift Reduction Adjuvants for Aerial Application of Pesticides. **GSTF Journal on Agricultural Engineering (JAE)**, v. 2, n. 1, 2015.

HESS, S. C.; PORTO, M. F. S. **Agrotóxicos, é preciso controlar**: as nossas crianças merecem este cuidado. Disponível em: <http://bscca.ufsc.br/files/2012/12/CartilhaAgrotoxicos.pdf>. p.1-16. Acesso em: 24 jul. 2015. 2014.

HEWITT, A. J. Spray drift: Impact of requirements to protect the environment. **Crop Protection**, v. 19, n. 08, p. 623-627, 2000.

HEWITT, A. J. et al. Development of the spray drift task force database for aerial applications. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Hoboken, v. 21, n. 3, p. 648-658, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620210326>>.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Effect of formulation on spray drift: A case study for commercial imidacloprid products. In: ANDERSON, P. G., et al (Org.). **Aspects of applied Biology**: International advances in pesticides application. Wellesbourn: Association of Applied Biologists, 2012, v. 144 p. 445-452.

HOFFMANN, W. C. et al. Spray Adjuvant Effects on Droplet Size Spectra Measured by Three Laser-Based Systems in a High-Speed Wind Tunnel. **Journal Of Astm International**, [S.l.], v. 5, n. 6, p.1-12, 2008.

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. 63 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

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

JESUS M. G., MORAES J. G., KRUGER G. R. **Liquid Physical Properties and Droplet Size in Clethodim Application**. NCWSS – NORTH CENTRAL WEED SCIENCE SOCIETY, 2016.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras...** Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p.61-77.

KNOWLES, A. Recent developments of safer formulations of agrochemicals. **The Environmentalist**, New York, v. 28, n. 1, p. 35-44, 2008. Disponível em:

<<http://link.springer.com/article/10.1007/s10669-007-9045-4>>. Acesso em: 6 mar. 2016.

KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pesticides Science**, v. 55, p. 69-77, 1999.

TESKE, M. E.; BIRD, S. L.; ESTERLY, D. M.; CURBISHLEY, T. B.; RAY, S. L.; PERRY, S. G. "AgDRIFT: a model for estimating near-field spray drift from aerial applications", **J. Env. Toxicology and Chemistry**, vol. 21, pp. 659-671, 2002.

MATTHEWS, G. A. **Application of pesticides to crops**. London: Imperial College Press, 2000. 325 p.(a).

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. London: Blackwell, 2000. 448 p.

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

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp. p. 16-23, 2007.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. Formulation of pesticides. In: **Pesticide application methods**. 4. ed. Oxford: John Wiley & Sons, 2014. p. 63-89.

MILLER, P. C. H. The measurement of spray drift. **Pesticide Outlook**, Burnham, v. 14, n. 5, p. 205-209, nov. 2003. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2003/po/b311466j>>. Acesso em: 1 abr. 2016.

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

MILLER, P.; WESTRA, P. **How surfactants work**. Bulletin# 0.564, crop series. Colorado State University. Cooperative Extension, crop Fact. 1998.

MILLER, P. C. H., BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R. The influence of adjuvants on droplet production. **New Zealand Forest Research Institute Bulletin (193) Fourth**

**International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals**, Melbourne, Australia, p.3-6, October 1995.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010, p.52-64.

MORAES D. W. et al. 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. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes**. 74f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus Botucatu. 2011.

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.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfactantes em pulverização agrícola. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 27, n.1, Janeiro-Março, p. 138-149, 2012,.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. Indústria Aeronáutica Neiva, São Paulo: Ed. do autor, 2006. 101p.

PAUL, D. R.; ROBESON, L. M. Polymer nanotechnology: Nanocomposites. **Polymer, London**, v. 49, n. 15, jul., 2008, p. 3187-3204. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032386108003157>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

PEREIRA, V. J.; CUNHA, J. P. A. R.; MORAIS, T. P.; RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; MORAIS, J. B. Physical-chemical properties of pesticides: concepts, applications, and interactions with the environment. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 32, n. 3, May/June, p. 627-641, 2016.

**PESTICIDE TYPES & FORMULATIONS**. This is a part of publication az1149: "Arizona Agricultural Pesticide Applicator Training Manual". College of Agriculture and Life Sciences, The University of Arizona, Tucson, Arizona, 85721. Full publication located at located at <http://ag.arizona.edu/pubs/insects/az1149/>. Publication year: 2000.

PROKOP, M.; KEJKLÍČEK, R. Effect of adjuvants on spray droplet size of water. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, n. 4, p. 144-148, 2002.

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

**REFERENCE MANUAL LOVIS 2000 M/ME**. Copyright 2012 Anton Paar GmbH, Graz, Austria. Document number C72IB002EN-E.

REIS E. F., QUEIROZ D. M., CUNHA J. P. A. R., ALVES S. M. F. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (*glycine max l.*). **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, set./out, p.958-966, 2010.

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

SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.

SANTOS N. C.; LASMAR O.; FERREIRA M. C. Cinética da Tensão Superficial e do Ângulo de Contato de Gotas a Partir de Caldas de Fungicidas com Adjuvantes sobre Folhas de Três Genótipos de Manga. VI SINTAG - **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**. Londrina/PR, Setembro 2013.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B.; FORASTIERE, P. R. Espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, maio/junho, p. 211-218, 2016.

SINDAG (Sindicato Nacional Das Empresas De Aviação Agrícola). **Aviação agrícola com responsabilidade ambiental**. Disponível em: <<http://sindag.org.br/aviacao-agricola-com-responsabilidade-ambiental/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

STAINIER, C. et al. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 25, n. 12, p. 1238-1243, 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219406000627>>.



STICKER, W. E. The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry. In: FOY, C. L. **Adjuvants for Agrichemicals**. Boca Raton: Library of congress, 1992. Cap. 37, p. 399-403, 1992.

STOCK, D; BRIGGS, G. Physiochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**. Champaign, v.14, p. 798-806, 2000.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (ASAE Paper, n. 99-1156).

TADROS, T. F. Colloidal aspects of pesticides and pharmaceutical formulations - an overview. **Pesticide Science**, v. 26, p. 51–77, 1989

TSAI, M. Y.; ELGETHUN, K.; RAMAPRASAD, J.; YOST, M. G.; FELSOT, A. S.; HEBERT, V. R.; FENSKE, R. A. The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, n. 33, p. 6194-6203, 2005.

U.S. EPA, **Environmental Technology Council Pesticide Drift Reduction Technology First Stakeholder Technical Panel Meeting**. Washington D.C. Bibliogov, 2013. pp. 1- 26.

VAN ZYL, J. G. J.; FOURIEA, P. H.; SCHUTTEB, GERHARDUS, C. Spray deposition assessment and benchmarks for control of *Alternaria* brown spot on mandarin leaves with copper oxychloride. **Crop Protection**., London, v. 46, n. 4. p. 8087, 2013.

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

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em café. In: ZAMBOLIM, I.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M. **Estratégias para produção de café com qualidade e sustentabilidade**. UFV, Viçosa, 2010, p. 165-218.

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

WALTON, W.H.; PREWETT, W.C. **Atomization by spinning discs**. Proceedings of

Physical Society, London, v. 62, p. 341-350, 1949.

ZHANG, W. et al. Application of new solid polymeric dispersant, Easy-Sperse® P-20 (spray-dried polymer composites) in suspension concentrates and water dispersible granule formulations - improvement in suspensibility and rain-fastness. **Journal of ASTM International**, Conshohocken, v. 7, n. 9. p. 89-99, 2011.

ZHU, H. et al. Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 67, n. 1, p. 35-45, 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863497901517>>. Acesso em: 3 nov. 2015.