



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
UENP - *CAMPUS* LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM AGRONOMIA**

WALDYR ARMANDO BENITEZ CUNHA

**COBERTURA E DEPOSIÇÃO DA APLICAÇÃO EM RELAÇÃO A
DIREÇÃO DA SEMEADURA E ESTÁGIO DE
DESENVOLVIMENTO DA SOJA**

**BANDEIRANTES – PR
MAIO/2021**

WALDYR ARMANDO BENITEZ CUNHA

**COBERTURA E DEPOSIÇÃO DA APLICAÇÃO EM RELAÇÃO A
DIREÇÃO DA SEMEADURA E ESTÁGIO DE
DESENVOLVIMENTO DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação – Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo

**BANDEIRANTES – PR
MAIO/2021**

WALDYR ARMANDO BENITEZ CUNHA

**COBERTURA E DEPOSIÇÃO DA APLICAÇÃO EM RELAÇÃO A
DIREÇÃO DA SEMEADURA E ESTÁGIO DE
DESENVOLVIMENTO DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação – Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo

BANCA EXAMINADORA

Rone Batista de Oliveira

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira – UENP – CLM

Rone

Dra. Ana Carolina Souto – UENP – CLM

Ana Carolina Souto

Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi-Saab – UEL

Bandeirantes, 03 de maio de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por abençoar e iluminar toda minha trajetória.

Aos meus pais, Waldyr Martins Cunha e Ivanilda Benitez, por todo apoio, dedicação, carinho e incentivo que foi dado, durante toda minha formação, não só acadêmica, como pessoal, sem eles nada disso faria sentido.

À minha esposa, Izabella Assis Caetano Benitez, por sempre me apoiar em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis, por todo amor e carinho que foi dado, não só nesses anos de mestrado, como também os anos de graduação, Deus não poderia ter escolhido alguém melhor para dividir estas conquistas e agora além de toda a nossa parceria teremos mais uma conquista juntos que é o nosso filho Ravi Caetano Benitez Cunha, que mesmo ainda estando na barriga foi minha fonte de inspiração e determinação para chegar até aqui.

As minhas irmãs, Carla Renata Benitez da Silva e Ana Carolina Benitez Cunha, que estão presentes em todas as etapas da minha vida, sempre me orientando e apoiando.

Ao meu sogro Edmilson Caetano, minha sogra Eniceia de Assis Caetano, meus cunhados Walmir Gustavo Assis Caetano e Edmilson Caetano Júnior, obrigado por sempre se fazerem presentes, me incentivando e auxiliando durante todos esses anos, vocês se tornaram minha segunda família.

Aos grandes amigos que fiz durante esta jornada, Bruno Alexander Guenta Tsurushima, Guilherme Henrique Teixeira Alves, Adenilson Souza Silva, Larissa de Assis Carrets e José Gabriel Castilho Theodoro por toda parceria e apoio dado, meu muito obrigado.

À toda a equipe do NITEC, que sempre se manteve presente durante toda jornada além de todo o suporte técnico que me foi dado.

Aos meus orientadores Professor Dr. Marco Antonio Gandolfo e Professor Dr. Rone Batista de Oliveira, por todas as oportunidades, puxões de orelha, incentivos e todo o conhecimento que foi passado durante este período, obrigado a todos professores e funcionários da Universidade Estadual do Norte do Paraná, em especial Soninha da secretária de mestrado e Neide do CCA.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

CC972c Cunha, Waldyr Armando Benitez
COBERTURA E DEPOSIÇÃO DA APLICAÇÃO EM RELAÇÃO A
DIREÇÃO DA SEMEADURA E ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO
DA SOJA / Waldyr Armando Benitez Cunha; orientador
Marco Antonio Gandolfo; co-orientador Rone Batista
de Oliveira - Bandeirantes, 2021.
54 p. :il.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Agronomia) -
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2021.

1. Índice de área foliar (IAF). 2. Tecnologia de
aplicação. 3. Sentido de pulverização. 4. Depósito e
Cobertura das caldas de pulverização. I. Gandolfo,
Marco Antonio, orient. II. Oliveira, Rone Batista
de, co-orient. III. Título.

RESUMO

Na busca de maior capacidade e facilidade operacional tem-se realizado diferentes sentidos de deslocamento no pulverizador na cultura da soja, porém sem evidências se essas decisões afetam ou não a qualidade da aplicação. Este estudo objetivou avaliar o efeito na qualidade da aplicação de diferentes sentidos de deslocamento do pulverizador em relação às linhas de semeadura da cultura da soja em diferentes estágios fenológicos. Os ensaios foram conduzidos por meio de pesquisa de campo e laboratório. Assim que as plantas de soja atingiram os estágios de desenvolvimento desejado de V4/V6, R1/R2, R1/R3, R3/R4, R4/R5 e R6/R7 (campo), e V3/V4 e R3/R4 (laboratório), foram realizadas as aplicações. Para aplicação em laboratório foi utilizado pulverizador costal pressurizado por CO₂, equipado com 6 pontas de pulverização espaçadas em 0,5 m entre si e a uma altura de 0,5 acima da superfície mais altas das plantas, e realizadas nos sentidos de 0°, 45° e 90°. Para aplicação em campo foi utilizado um trator da marca Agrale 4100®, equipado com uma barra de pulverização de 7 metros, espaçadas em 0,5 m entre si e a uma altura de 0,5 m acima das plantas, realizada nos sentidos de 0° e 90°. Para ambas as aplicações foi preparada uma calda contendo água + marcador azul brilhante na concentração de 6 g L⁻¹ e o adjuvante Disperse Ultra (0,04%, v/v). A qualidade da aplicação foi avaliada por meio do depósito do marcador (volume/área) analisado por espectrofotometria e cobertura (%) avaliados na parte superior e inferior das plantas de soja. Foi realizada a relação entre o terço superior e inferior para cobertura e depósito em função do sentido de aplicação. Os resultados indicaram que a relação de cobertura e depósito apresentam uma maior variabilidade assim que o estágio de desenvolvimento e índice de área foliar vão aumentando. O sentido de aplicação 45° apresentou uma maior homogeneidade de aplicação. Conclui-se que os sentidos de pulverizações não influenciaram no depósito e cobertura dos estágios vegetativos, no entanto à medida em que se aumentou o estágio de desenvolvimento, valores mais elevados e com maior dispersão foram encontrados para estágios reprodutivos.

Palavras chave: Tecnologia de aplicação, ângulo de pulverização, *Glycine max*.

Abstract

In the search for greater operational capacity and operational ease, different directions of displacement in the sprayer in soybean culture have been carried out, but without evidence whether these decisions affect the quality of the application or not. Therefore, this work aimed to evaluate the effect on the quality of the application of different directions of displacement of the sprayer in relation to the sowing lines of the soybean crop in different phenological stages. The tests were conducted through field and laboratory research. As soon as the soybean plants reached the desired development stages of V4 / V6, R3 / R4, R1 / R2, R1 / R3, R4 / R5, R6 / R7 (field), and V3 / V4 and R3 / R4 (laboratory), applications were made. For laboratory application, a CO₂ pressurized sprayer was used, equipped with 6 spray tips spaced 0.5 m apart and at a height of 0.5 above the highest surface of the plants, and carried out in the directions of 0°, 45° and 90°. For field application, a tractor of the Agrale 4100® brand was used, equipped with a 7 meter spray bar, spaced 0.5 m apart and at a height of 0.5 m above the plants, carried out in the directions of 0° and 90°. For both applications, a syrup containing water + bright blue marker at a concentration of 6 g L⁻¹ was prepared. The quality of the application was assessed using the marker deposit (volume / area) analyzed by spectrophotometry and coverage (%) evaluated at the top, median and bottom of the soybean plants. Coverage and deposit ratio was performed in the upper and lower thirds depending on the direction of application. The results indicate that the coverage and deposit ratio show greater variability as the development stage and leaf area index increase. The 45° application direction showed greater application homogeneity. It is concluded that it is concluded that the directions of spraying did not influence the deposit and coverage of the vegetative stages, however as the development stage increased, higher values and greater dispersion were found for reproductive stages.

Key words: Application technology, spray angle, *Glycine max*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sementes utilizadas para o plantio de <i>Glycine max</i> L. Merrill, variedade 95R95 RR, previamente tratadas com Standak Top	22
Figura 2 – Planta de <i>Glycine Max</i> L. Merrill emergida.....	22
Figura 3 – Filtro de malha 100, Ponta de pulverização XR110015, Anel de vedação, utilizados para aplicação de mistura. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR	23
Figura 4 – Esquema de aplicação da calda. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR. 24	
Figura 5 – Superfície plana coberta com terra entre os vasos, evitando o vácuo e o efeito “ <i>splash</i> ”. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.	25
Figura 6 – Equipamento e medição pHmetro modelo digimed-DM-3P. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.	26
Figura 7 – Bomba de infusão modelo Samtronic ST7000® Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.	27
Figura 8 – Balança de precisão (0,0001), Balões volumétricos (100 mL). Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.....	28
Figura 9 – Análise da área foliar através do software Windias®. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.	29
Figura 10 – Papéis coletores entre as plantas de soja. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.	30
Figura 11 – Regulagem de semeadora. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR. 31	
Figura 12 – A: Contagem de sementes por metro, B: Distribuição das sementes na caixa de semeadura, C: Semente tratada. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR	31
Figura 13 - A: Trator marca Agrale 4100® B: Barra de pulverização com 13 porta bicos. Foto: CUNHA, W.A.B. BANDEIRANTES/PR	32
Figura 14 – A: Ponta de pulverização ADI 110-02, B: Manômetro, com pressão de 400 kPa. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR.....	33
Figura 15 – Inspeção Periódica de Pulverizadores (IPP), Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR	33
Figura 16 – Avaliação aleatória de folíolos e demonstração da amostragem em uma parcela. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR.....	35
Figura 17 – A: Traçador azul brilhante (6 g L-1), B: Coleta das folhas, C: Lavagem do marcador nas folhas (25mL) Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTE/PR.....	36
Figura 18 – Análise da cobertura, papéis coletores (7x3 cm), em cada terço. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR	36
Figura 19 – Sombreamento e análise do índice de área foliar, realizada pelo ceptômetro do modelo ACCUPAR LP-80. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR	38
Figura 20 - Relação entre cobertura Superior/Inferior em três sentidos de aplicação. 42	
Figura 21 - Relação entre o depósito Superior/Inferior nos diferentes estágios de desenvolvimento.....	45
Figura 22 - Relação da cobertura e do depósito (superior/inferior).....	47
Figura 23 - Frequências do depósito nos sentidos 0° (vermelho), 45° (verde), 90° (azul).....	48
Figura 24 - Frequências na cobertura dos sentidos 0° (vermelho), 45° (verde), 90° (azul). Fonte: NITEC/UENP BANDEIRANTES/PR.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos estágios de desenvolvimento da soja (Glycine max). Fonte: Adaptado de Neumaier et al e Fehr e Caviness (1977).....	15
Tabela 2 – Descrição dos tratamentos utilizados.	25
Tabela 3 - Características físico químicas das caldas de aplicação.....	26
Tabela 4 - Descrição dos tratamentos campo.....	34
Tabela 5 - Índice de área foliar na segunda e terceira aplicação.	37
Tabela 6 - Condições meteorológicas em campo e laboratório. Fonte: NITEC/UENP BANDEIRANTES/PR.....	39
Tabela 7 - Análise descritiva e inferencial da cobertura (%) em função dos diferentes sentidos da aplicação em relação a linha de semeadura e do estágio de desenvolvimento das plantas de soja em campo e laboratório.	43
Tabela 8 - Análise descritiva e inferencial dos depósitos ($\mu\text{L cm}^{-2}$) em função dos diferentes sentidos da aplicação em relação a linha de semeadura e do estágio de desenvolvimento das plantas de soja em campo e laboratório.	46

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Cultura da soja.....	13
2.2 Estágio fenológico da soja.....	14
2.3 Índice de área foliar (IAF).....	16
2.4 Tecnologia de aplicação.....	17
2.5 Sentido da pulverização.....	18
2.6 Depósito e Cobertura das caldas de pulverização.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Local e manejo das pesquisas.....	21
3.2 Semeadura das plantas de soja.....	21
3.3 Preparo da calda para pulverização.....	23
3.4 Aplicação.....	23
3.5 Tratamentos.....	24
3.6 Avaliação das propriedades físicas e químicas da calda.....	25
3.7 Análise de depósito e cobertura.....	29
3.8 Semeadura das plantas de soja.....	30
3.9 Preparo da calda para pulverização.....	32
3.10 Aplicação em campo.....	32
3.11 Tratamentos.....	34
3.12 Análise de depósito e cobertura.....	35
3.13 Índice de área foliar (IAF).....	37
3.14 Condições meteorológicas.....	38
3.14 Análise Estatística.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5. CONCLUSÃO.....	50
6. Referências.....	51

1. INTRODUÇÃO

A produção nacional da soja na safra 2020/2021 constituiu cerca de 133.692,3 mil toneladas, com área plantada de aproximadamente 38 milhões de hectares, representando um aumento de 7,1% na produção e 3,4% em área plantada em relação à safra 2019/2020, sendo o Brasil o maior produtor de soja do mundo (CONAB, 2021).

Para uma maior produtividade, é necessário realizar um correto manejo cultural, e adotar práticas como o uso de produtos fitossanitários para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Deste modo, é preciso realizar o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO 1990).

A eficiência da aplicação de produtos fitossanitários, pode ser quantificada através da utilização de métodos qualitativos e quantitativos, como por exemplo; a cobertura, definida pela porcentagem de gotas que cobriram o alvo, e o depósito, definido pela quantidade de produto que chegou ao alvo. (NASCIMENTO, 2011 e YU et al. 2009). O estágio de desenvolvimento e estrutura da cultura, grau de infestação de pragas e doenças, característica do produto a ser aplicado, tecnologia utilizada e o momento da aplicação são determinantes na qualidade de aplicação. (SEIXAS et al. 2020).

Além desses, o sentido da aplicação (longitudinal, transversal e paralelo) em relação a linha de plantio, é uma ferramenta que pode ajudar a alcançar melhor qualidade de aplicação permitindo avaliar, o depósito e cobertura da pulverização, amassamento do pulverizador, o número vagens por planta, grãos por vagem, e a produtividade. (GOULART et al. 2017; JUSTINO et al., 2006; NUNES et al., 2018). Segundo Goulart (2017), ao testar o efeito de diferentes sentidos de pulverização na qualidade de aplicação, relatou uma maior produtividade quando utilizado o sentido transversal (45°). No entanto, são escassos os trabalhos que abordem a qualidade da aplicação em diferentes sentidos da pulverização em relação à semeadura da soja e estágio de desenvolvimento das plantas.

Em vista disso, objetivou-se avaliar o efeito na qualidade da aplicação de diferentes sentidos de deslocamento do pulverizador em relação às linhas de semeadura e em diferentes estágios fenológicos de desenvolvimento da cultura da soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é reconhecida como uma das plantas mais antigas e cultivadas, tendo sua origem na região da China, servindo de base para a alimentação de diversas civilizações e devido ao seu amplo espectro de utilização acabou se tornando uma das principais commodities agrícolas do mundo (FLORENCIO, 2017).

O Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo, produzindo com responsabilidade, sustentabilidade e excelência, podendo se observar uma trajetória crescente de aumento da produção, produtividade e área plantada ao longo dos anos, com a geração de tecnologias contribuindo de forma eficiente (ESCHER; WILKINSON, 2019).

Na safra de 2020/2021 a área nacional de plantio apresentou um aumento em relação à safra anterior, passando de 36,9 para 38,4 milhões de hectares, assim como a sua produtividade que saltou de 124 para 138 milhões de toneladas produzidas. (CONAB, 2021). A região Centro-Sul foi a maior responsável pela produtividade de soja no país, totalizando 115,5 milhões de toneladas, com destaque para os estados do Mato Grosso (35,7 mil/t), Paraná (20,1 mil/t) e Rio Grande do Sul (20 mil/t). (CONAB, 2021).

Os primeiros estudos no Brasil com plantas de soja iniciaram apenas em 1882, ganhando destaque apenas em 1960 quando passou a ser considerada um produto comercial de lucro para os agricultores. A “tropicalização” da soja, os surgimentos de variedades adaptadas as regiões do país, o incentivo do governo, a época de escoamento e cada vez mais tecnologia e pesquisa de investimento foram fundamentais para que ela se tornasse a cultura de maior importância de produção no país (EMBRAPA, 2004).

Devido ao grande crescimento e importância da cultura no cenário mundial se torna necessário buscar alternativas e tecnologias que busquem otimizar as áreas de plantios e executar um manejo cultural de forma econômica e sustentável.

2.2 Estágio fenológico da soja

O estudo das diferentes fases de crescimento e desenvolvimento das plantas e suas relações com o meio ambiente é denominado de fenologia. A descrição e caracterização dos estágios de desenvolvimento, atua na identificação de todos os períodos em que cultura atravessa, desde a sua germinação até a colheita, permitindo aplicar soluções no controle de pragas, doenças e plantas daninhas e deficiência nutricional de maneira mais efetiva e econômica (FARIAS et., al 2007).

Segundo (Farias, Nepomuceno e Neumaier 2007), para um melhor entendimento e comunicação entre os diversos públicos e áreas de pesquisa na cultura da soja é necessário apresentar uma terminação objetiva, única e universal de maneira que possa ser descrita e entendida por qualquer indivíduo. A classificação mais utilizada é a proposta por Fehr e Caviness (1977), que divide em dois estágios de desenvolvimento: vegetativo (V) e reprodutivo (R).

O estágio de desenvolvimento vegetativo se dá com início com a recém emergência da planta e surgimentos das folhas cotiledonares e encerrando com a formação do último trifólio completamente desenvolvido e os bordos das folhas não tocando entre si. Já o reprodutivo se inicia com surgimento da primeira flor em qualquer nó do caule da haste principal, se encerrando na maturação plena de 95% das vagens. Para um melhor entendimento, todos os estágios de desenvolvimentos da cultura da soja estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos estágios de desenvolvimento da soja (*Glycine max*).
 Fonte: Adaptado de Neumaier et al e Fehr e Caviness (1977).

Estádio de desenvolvimento	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos
V1	Primeiro nós	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V3	Tercero nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
V4	Quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V5	Quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V6	Sexto nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida
Vn	Enésimo	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida
R1	Início de florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta num dos 2 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida

R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida
R6	Grão verde ou vagem cheia	Uma vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida
R7	Início da maturação	Uma vagem normal na haste principal com coloração de madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura

Outra classificação muito utilizada é a subdivisão do estágio de desenvolvimento R5, proposta por Ritchie et al. (1977) em que R5.1 grãos perceptíveis ao tato, 10% da granação; R5.2 granação de 11 % a 25%; R5.3 - granação de 26 a 50%; R5.4 granação de 51 a 75%; R5.5 granação de 76 a 100%.

Para a determinação em campo, são escolhidas 10 plantas aleatoriamente na área e considerado o estágio fenológico que se predomina acima de 50% (ALAMBERT, 2010). Após a identificação do estágio é possível identificar a previsão da data de floração e de outros estágios de desenvolvimento, realizando correto manejo cultural em fases determinantes para uma alta produtividade como por exemplo o reprodutivo 3, responsável pelo estabelecimento de vagens. (RODRIGUES et al. 2001).

2.3 Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar trata-se de um parâmetro biofísico que pode ser utilizado como medida de crescimento das plantas nos modelos agrônômicos, e

foi definido pela primeira vez como a área total de tecido fotossintético por unidade de área da superfície do solo (WATSON, 1947). Também pode ser classificada como metade da área total da superfície foliar por unidade de área do solo, sendo uma medida necessária para a maioria dos estudos agrônômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (BLANCO, FOLEGATTI, 2003; CHEN et al., 1991).

Fatores físicos e biológicos como estágio de desenvolvimento, altura, geometria, arquitetura, pigmentação, radiação solar e ângulo de incidência dos raios solares, fertilidade do solo, espaçamento e material genético podem interferir na determinação e captura do IAF das plantas (ANGELOCCI et al. 2002; MANFRON et al. 2003).

A determinação da área foliar pode ser realizada por métodos diretos que utilizam medições realizadas diretamente nas folhas; métodos indiretos que se baseiam na correlação conhecida entre a variável medida e área foliar, ou ainda podem ser métodos destrutivos, que exigem a retirada da folha ou outras estruturas, o que muitas vezes não é possível devido à limitação do número de plantas na parcela experimental. (ADAMI et al. 2008).

Segundo Board e Harville (1992), para se atingir altas produtividades é necessário atingir um IAF de 3,5 a 4 alcançando uma interceptação de 95% de radiação solar. Deste modo a medida em que a cultura cresce e aumenta seu IAF, é necessário realizar ajustes em seu manejo cultural, como a alteração do volume de calda de produtos fitossanitários aplicados, redução do tamanho da gota para proporcionar uma maior cobertura na planta (MATUO, 1990; RAETANO, 2019).

2.4 Tecnologia de aplicação

A definição de tecnologia de aplicação é relatada por MATUO (1990) como o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas.

O objetivo das aplicações de produtos fitossanitários é atingir o alvo e obter maior cobertura, resultando em uma eficácia do produto aplicado (JESSEN; OLESEN, 2014). Fatores operacionais e ambientais tais como, escolha correta

de pontas de pulverização, pressão de trabalho, taxa de aplicação, velocidade da máquina, altura de barra, sentido da aplicação, vento, temperatura e umidade relativa do ar são de fundamental importância para sucesso da aplicação (GANDOLFO, 2001; ANTUNIASSI & BAIO, 2008).

Contudo a eficiência das aplicações de produtos fitossanitários no Brasil tem melhorado de forma significativa nas últimas décadas devido à maior facilidade na difusão do conhecimento, evolução dos processos, inovação tecnológica e formação, capacitação e qualificação da mão de obra de pessoas envolvidas com o agronegócio (RAETANO, 2019).

2.5 Sentido da pulverização

A soja apresenta inúmeros desafios para produção com qualidade, entre eles, o controle eficaz de pragas, mas principalmente de doenças foliares fúngicas que podem demandar de duas a três aplicações de fungicida e em casos de ocorrência mais severa até quatro aplicações (CUNHA et al., 2011). Deste modo a ação de inúmeras pulverizações em áreas de soja, podem causar prejuízos, como o amassamento da cultura devido ao pisoteio do pulverizador e a dificuldade de se obter uma cobertura e depósito dos produtos fitossanitários (JUSTINO et al., 2006).

O grande desafio a ser vencido pela tecnologia de aplicação na cultura da soja consiste em fazer com que as gotas da pulverização atravessem o terço superior das plantas e cheguem às partes inferiores, com condições de se distribuir, depositar e promover níveis de cobertura adequados em todo o dossel. Para isso, a seleção da cultivar, o hábito de crescimento e o estágio fenológico da planta, bem como o tamanho da população de plantas e a distribuição espacial delas na área tornam-se importantes na pulverização dos produtos, visando atingir com precisão o alvo requerido (NUNES et al., 2018).

Segundo Goulart et al., (2017), ao estudar a relação de três diferentes sentidos de aplicação (transversal, longitudinal e diagonal) com duas pontas de pulverização (XR110015 e TTI11015), não observaram diferença em relação ao depósito superior e inferior das plantas de soja no estágio reprodutivo R3. No

mesmo estudo foi relatado uma maior produtividade para o sentido de aplicação diagonal.

São escassos os trabalhos que abordem a qualidade da aplicação em diferentes sentidos da pulverização em relação à semeadura da soja e estágio de desenvolvimento das plantas.

2.6 Depósito e Cobertura das caldas de pulverização

O alvo é considerado tudo aquilo que é eleito para ser atingido na aplicação de um produto fitossanitário (MATUO, 1990). A deposição e a distribuição dos produtos fitossanitários das plantas são dependentes dos fatores ambientais, operacionais e do estágio de desenvolvimento em se encontra a cultura. (BYERS et al., 1984). As técnicas e os equipamentos de pulverização, utilizados na aplicação de produtos fitossanitários visando o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, quando avaliados pela qualidade da pulverização são testados mediante estudos de deposição e cobertura, estabelecendo-se a quantidade mínima de produto depositada no alvo ou na região de maior interesse do alvo, para proporcionar o efeito biológico desejado (REZENDE, 2011).

O depósito é avaliação quantitativa em que se avalia a quantidade de produto depositado no alvo. A deposição nas partes mais baixas e no interior do dossel, apresenta-se como um desafio para a tecnologia de aplicação

A cobertura da pulverização é definida pela área coberta pelas gotas de pulverização dos produtos fitossanitários no alvo desejado, sendo que uma baixa cobertura pode causar problemas como, menor taxa de controle de pragas, doenças e plantas daninhas, resistência e até mesmo um aumento no número de aplicações (NANSEN et al. 2015).

As avaliações de depósito e cobertura podem ser feitas através do uso de papéis hidro sensíveis ou até mesmo utilizando alvos naturais como a própria folha do alvo desejado, porém se utilizado este método, torna necessário o uso de marcadores/ traçadores na calda de pulverização (RAETANO, 2019).

Nas grandes culturas são diversos os alvos a serem atingidos na aplicação de produtos fitossanitários, os quais possuem diferentes características biológicas, localização e comportamento (RAETANO, 2019).O

grande desafio a ser vencido pela tecnologia de aplicação na cultura da soja consiste em fazer com que as gotas da pulverização atravessem o terço superior das plantas e cheguem às partes inferiores, com condições de se distribuir, depositar e promover níveis de cobertura adequados em todo o dossel. Entretanto quando se encontra em um estágio de desenvolvimento mais avançado a cultura da soja apresenta um maior índice e área foliar, dificultando o depósito e cobertura dos produtos fitossanitários, resultando muitas vezes em um controle ineficiente (ANTUNIASSI et al., 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e manejo das pesquisas

O experimento foi conduzido no laboratório, Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas (NITEC) e a campo na Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, ambos localizado na Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Campus Luiz Meneghel, no município de Bandeirantes – PR.

Pesquisa em laboratório

3.2 Semeadura das plantas de soja

A cultivar de soja (*Glycine max* L. Merrill,) utilizada foi a 95R95 – RR, Lote:1201000015. Tratadas com Standak top (2ml/kg de semente). Foram semeadas 14 sementes em vasos plásticos (50 cm de comprimento, 17 cm de largura e 17 cm de profundidade) preenchidos com substrato comercial. Assim que as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento V1, foi realizado o desbaste mantendo 7 plantas por vaso (Figura 1 e 2).



Figura 1 – Sementes utilizadas para o plantio de *Glycine max* L. Merrill, variedade 95R95 RR, previamente tratadas com Standak Top



Figura 2 – Planta de *Glycine Max* L. Merrill emergida.

3.3 Preparo da calda para pulverização

Assim que as plantas de soja atingiram o estágio de desenvolvimento V3/V4 e R3/R4, foram pulverizadas com uma calda contendo Água + Disperse Ultra® (0,04% v/v) + marcador azul brilhante (FCF – INS 133, 11%, Fabricante Duas Rodas®) na concentração de 6 g L⁻¹.

3.4 Aplicação

A pulverização foi realizada através de um pulverizador costal pressurizado por CO₂, equipado com 6 pontas de pulverização espaçadas em 0,5 m entre si e a uma altura de 0,5 m acima da superfície mais altas das plantas. A ponta de pulverização utilizada foi a XR110015 (Figura 3), sob pressão constante de 200 kPa, proporcionando espectro de gotas finas. A velocidade de aplicação foi de 6 km h⁻¹ / 1,66 m/s, mantendo a taxa de aplicação constante de 96 L ha⁻¹. A pulverização foi realizada somente do lado direito da barra sobre os vasos, posicionados de modo que representassem os diferentes sentidos de pulverização (Figura 4).



Figura 3 – Filtro de malha 100, Ponta de pulverização XR110015, Anel de vedação, utilizados para aplicação de mistura. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR

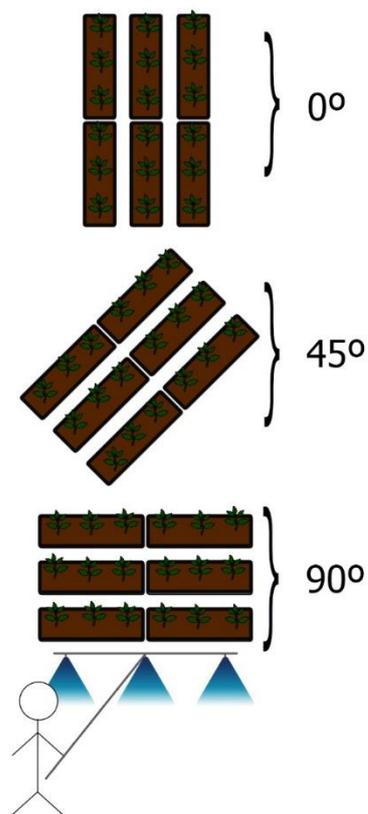


Figura 4 – Esquema de aplicação da calda. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR

3.5 Tratamentos

Os tratamentos (Tabela 2) foram separados por sentido de pulverização em um arranjo de 3x2, cujo fatores avaliados foram: sentido de pulverização (0°,45° e 90°) e estágio de desenvolvimento das plantas (V3/V4 e R3/R4). Foram realizadas 4 repetições, com 6 vasos em cada, de modo que representasse 1 metro de linha de plantio.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos utilizados.

Tratamento	Sentido	Estágio
T1	0°	V3/V4
T2	45°	V3/V4
T3	90°	V3/V4
T4	0°	R3/R4
T5	45°	R3/R4
T6	90°	R3/R4

Durante o ensaio as plantas permaneceram em uma distância de 0,50 m entre linhas e sobre os vasos foram colocadas superfícies planas cobertas com terra (Figura 5), afim de diminuir impactos causado pelas gotículas de pulverização, evitando o vácuo entre os vasos e o chamado “efeito *splash*”.



Figura 5 – Superfície plana coberta com terra entre os vasos, evitando o vácuo e o efeito “*splash*”. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.

3.6 Avaliação das propriedades físicas e químicas da calda

Após a pulverização coletou-se uma amostra de 1 L da calda e determinou-se o pH, a tensão superficial e a densidade (Tabela 3).

Tabela 3 - Características físico químicas das caldas de aplicação

Aplicação	Calda	Tensão Superficial (mN m ⁻¹)	Densidade (kg m ⁻³)	pH
1 Aplicação (campo)	Água + Corante	0,0468	150,42	6,92
2 Aplicação (campo)	Água + Corante	0,0478	151,30	5,7
3 aplicação (campo)	Água + Corante	0,0471	150,15	6,3
1 aplicação (laboratório)	Água + Corante + Disperse Ultra	0,0236	99,673	6,81
2 aplicação (laboratório)	Água + Corante + Disperse Ultra	0,0207	99,283	4,93

- Para a determinação do pH foi utilizado um pHmetro, modelo Digimed (figura 6), onde antes de cada medição foi realizou-se a calibração do instrumento conforme recomendação do fabricante. A amostra acondicionada em Becker de 500 mL para a realização da leitura.

**Figura 6** – Equipamento e medição pHmetro modelo digimed-DM-3P. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.

- Para a determinação da tensão superficial, utilizou-se uma bomba de infusão modelo Samtronic ST7000[®] com fluxo de 6 mL h⁻¹(Figura 7), seringa de 10 mL, extensor capilar específico, balança de precisão (0,0001 g), Becker e copo plástico. A calda foi depositada em Becker de modo que facilite a sua coleta com a seringa, que foi conectada à bomba de infusão e ao capilar, o qual ficou posicionado verticalmente de modo que depusesse as gotas à pesagem na balança de precisão. A balança foi tarada junto a um copo plástico, que recebeu as gotas. Foi pesado um total de 30 gotas.



Figura 7 – Bomba de infusão modelo Samtronic ST7000[®] Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.

- Para determinação da densidade, foi utilizado balança de precisão (0,0001), balões volumétricos (100 mL) (Figura 8), Becker e conta gotas. A massa do balão foi tarada e com o auxílio de um Becker e do conta gotas, preencheu-se o balão com a calda até atingir o menisco. Com o valor da massa em gramas e o volume em mL, a densidade da calda foi calculada com o auxílio da Equação 1.

$$d = \frac{m}{v}$$

Em que:

d = densidade da solução (kg m^{-3});

m = massa da calda (kg)

v = volume da calda (m^3).



Figura 8 – Balança de precisão (0,0001), Balões volumétricos (100 mL). Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.

3.7 Análise de depósito e cobertura

Em todos os tratamentos foram coletadas as folhas superiores e inferiores, e armazenadas em recipiente de sacos de polipropileno (20 x 30 cm). Foram adicionados 25 mL de água por recipiente e agitados manualmente por 1 minutos de modo que ocorresse a remoção do marcador Azul Brillante.

Para a determinação do depósito, o produto resultante da lavagem foi colocado em um recipiente plástico de 50 mL e realizada a leitura de absorvância por espectrofotometria (630 nm), em um espectrofotômetro da marca Femto® modelo 600S. Por meio de uma curva padrão contendo 18 concentrações da calda coletada e os seus respectivos valores de absorvância foi calculada uma equação linear ($y = a + bx$) para possibilitar a determinação do corante, em mg L^{-1} , em função da absorvância mensurada em cada amostra.

A área foliar das folhas coletadas foram mensuradas pelo sistema de análise foliar *Windias*® (Figura 9).

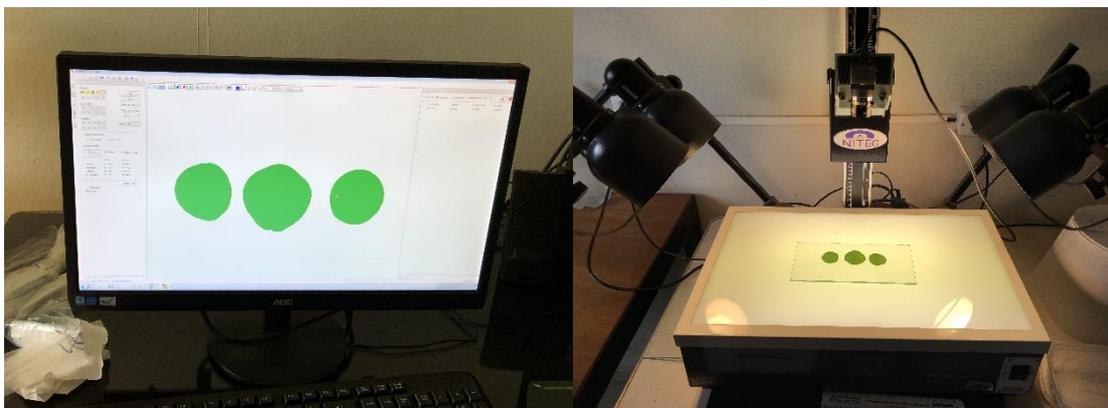


Figura 9 – Análise da área foliar através do software *Windias*®. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.

Para a avaliação de cobertura, foi utilizado um papel tipo couchê fosco (0,3 m x 0,07 m). O papel foi colocado entre as plantas de soja, de modo que correspondessem aos pontos de coletas das folhas superiores e inferiores (Figura 10), sendo que após a coleta dos papéis as áreas de coberturas também foram mensuradas pelo sistema de análise foliar (*Windias*®).



Figura 10 – Papéis coletores entre as plantas de soja. Foto: CUNHA, W.A.B Bandeirantes/PR.

Pesquisa em campo

3.8 Semeadura das plantas de soja

A variedade de soja (*Glycine max* L. Merrill,) utilizada foi a M6410 IPRO Monsoy®, previamente tratada com inseticida Tiametoxan (Cruiser 350FS) e fungicida Metaxil-M + Tiabendazol + Fludioxonil (Maxim Advanced). O plantio foi realizado em três datas distintas de modo que a área experimental apresentasse diferentes estágios de desenvolvimento.

A semeadora foi regulada para distribuição uniforme das sementes nas três áreas (Figura 11), com uma densidade de 15 sementes por metro e espaçamento de 0,50 metros entre linhas, totalizando uma densidade de 300 mil sementes por hectare (Figura 12).



Figura 11 – Regulagem de semeadora. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR



Figura 12 – A: Contagem de sementes por metro, B: Distribuição das sementes na caixa de semeadura, C: Semente tratada. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR

3.9 Preparo da calda para pulverização

Assim que as plantas de soja atingiram os estágios de desenvolvimento (V4/V6, R1/R2, R2/R3, R3/R4, R4/R5 e R6/R7), foram pulverizadas com uma calda contendo água + marcador azul brilhante (FCF – INS 133, 11%, Fabricante Duas Rodas[®]) na concentração de 6 g L⁻¹.

3.10 Aplicação em campo

Foi utilizado para pulverização um trator da marca Agrale 4100[®], equipado com uma barra de pulverização de 7 metros e 13 porta-bicos com válvula ante gotejo (figura 13), espaçadas em 0,5 m entre si e a uma altura de 0,5 m acima das plantas. As pontas de pulverização utilizadas foram de jato plano, ADI11002 proporcionando espectro de gotas médias. A pressão de trabalho foi de 400 kPa (Figura 14), velocidade de deslocamento de 2,2 m/s e uma taxa de aplicação de 137 L ha⁻¹.



Figura 13 - A: Trator marca Agrale 4100[®] B: Barra de pulverização com 13 porta bicos. Foto: CUNHA, W.A.B. BANDEIRANTES/PR



Figura 14 – A: Ponta de pulverização ADI 110-02, B: Manômetro, com pressão de 400 kPa. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR

Afim de identificar possíveis falhas no sistema ou até mesmo desgastes e defeitos nas pontas de pulverização, foi realizado a Inspeção Periódica de Pulverizadores (IPP) (figura 15), esta avaliação ocorreu antes de cada pulverização, tanto em laboratório quanto à campo.



Figura 15 – Inspeção Periódica de Pulverizadores (IPP), Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR

3.11 Tratamentos

Os tratamentos (Tabela 4) foram separados por sentido de pulverização em um arranjo fatorial de 2x7, cujo fatores avaliados foram: sentido de pulverização (0°e ou 45°/90°) e estágio de desenvolvimento das plantas (V4/V6 R3/R4, R1/R2, R1/R3, R6/R7, R4/R5), totalizando 14 tratamentos. O delineamento foi inteiramente casualizado, onde cada parcela era composta por 18 linhas, utilizando 14 linhas centrais, totalizando 9 metros de largura x 7 metros utilizados x 20 metros de comprimento, atingindo uma área total de 280m² utilizados, em cada parcela.

Tabela 4 - Descrição dos tratamentos campo

Tratamentos	Estágio de desenvolvimento	Sentido da aplicação
T1	R1-R2	0°
T2	R1-R2	45°
T3	R4-R5	0°
T4	R4-R5	90°
T5	R1-R3	0°
T6	R1-R3	90°
T7	V4-V6	0°
T8	V4-V6	90°
T9	R6-R7	0°
T10	R6-R7	90°
T11	R1-R3	0°
T12	R1-R3	90°
T13	V4-V6	0°
T14	V4-V6	90°

3.12 Análise de depósito e cobertura

Em todos os tratamentos foram escolhidos de maneira aleatória, 20 pontos amostrais para posterior determinação do depósito e cobertura (Figura 16).

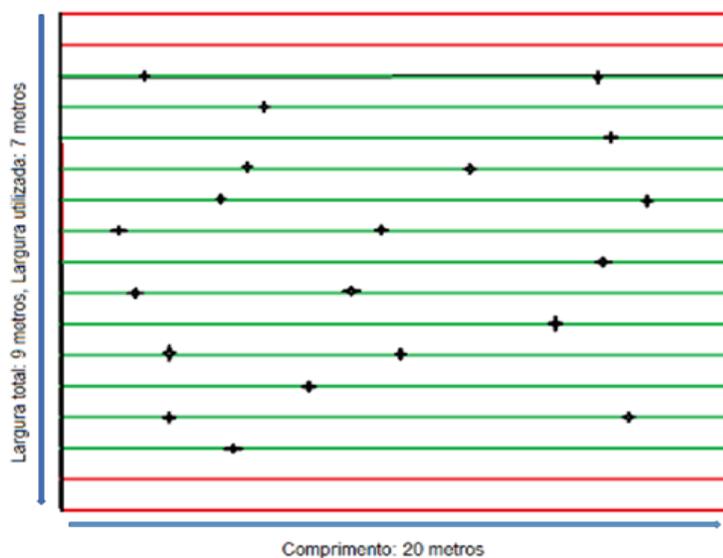


Figura 16 – Avaliação aleatória de folíolos e demonstração da amostragem em uma parcela. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR.

Foram coletadas duas folhas de cada da terço da planta (superiores e inferiores) e armazenadas em recipiente de sacos de polipropileno (20 x 30 cm). Foram adicionados 25 mL de água por recipiente e agitados manualmente por 1 minutos de modo que ocorresse a remoção do marcador Azul Brilhante (figura 17). Para a determinação do depósito foi realizado o mesmo procedimento que na pesquisa de laboratório.

Para a avaliação de cobertura, foi utilizado um papel tipo couchê fosco (03 m x 0,07 m) distribuído em 20 pontos aleatórios da parcela útil. O papel foi colocado nas folhas dos terços das plantas de soja (Figura 18). Após a coleta dos papéis as áreas de coberturas foram mensuradas pelo sistema de análise foliar (*Windias®*).



Figura 17 – A: Traçador azul brilhante (6 g L⁻¹), B: Coleta das folhas, C: Lavagem do marcador nas folhas (25mL) Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTE/PR



Figura 18 – Análise da cobertura, papéis coletores (7x3 cm), em cada terço. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR

3.13 Índice de área foliar (IAF)

Para determinação do IAF (Tabela 5), foram designados de maneira aleatória, cinco pontos em cada parcela, os cálculos foram mensurados por um ceptômetro do modelo ACCUPAR LP-80 que possui uma barra de 84 cm, com 80 sensores integrados a um micro controlador e um sensor externo para determinações de IAF com cabo de 5 m (Figura 19), apenas segunda e terceira aplicação foram mensuradas, para primeira aplicação não foi coletado o IAF, por falta de condições meteorológicas.

Tabela 5 - Índice de área foliar na segunda e terceira aplicação.

Segunda aplicação			Terceira aplicação		
Estágio de desenvolvimento	Sentido da aplicação	IAF	Sentido da aplicação	Estágio de desenvolvimento	Média
R4/R5	0°	2,22 ±1,75	0°	R6/R7	0,31 ±0,28
R4/R5	90°	0,52 ±0,54	90°	R6/R7	0,93 ±0,18
R1/R3	0°	0,07 ±0,15	0°	R2/R3	1,35 ±0,13
R1/R3	90°	0,05 ±0,08	90°	R2/R3	1,58 ±0,01
V4/V6	0°	0 ±0	0°	V5/V6	1,81 ±0,11
V4/V6	90°	0 ±0	90°	V5/V6	1,97 ±0,02



Figura 19 – Sombreamento e análise do índice de área foliar, realizada pelo ceptômetro do modelo ACCUPAR LP-80. Foto: CUNHA, W.A.B BANDEIRANTES/PR

3.14 Condições meteorológicas

As condições meteorológicas no momento de cada aplicação foram registradas e coletadas através de um termo-higrômetro e posteriormente anotadas. A velocidade do simulador e do trator também foram registradas para uma maior precisão da aplicação (Tabela 6)

Tabela 6 - Condições meteorológicas em campo e laboratório. Fonte: NITEC/UENP BANDEIRANTES/PR.

Pesquisa em laboratório					Pesquisa em campo					
Estágio de desenvolvimento	Sentido da aplicação	Temperatura °C	Umidade Relativa %	Velocidade de aplicação	Estágio de desenvolvimento	Sentido da aplicação	Temperatura °C	Umidade Relativa %	Velocidade do vento	Velocidade de aplicação
V3-V4	0°	30,1±1,44	35,5±3,69	6,2±0,46	R1-R2	0°	30,6	32	3,5	6,25
V3-V4	45°	32,8±0,1	39,0±0,8	6,26±0,17	R1-R2	45°	28,9	36	1,3	6,57
V3-V4	90°	34,45±1,14	30,75±0,9	6,13±0,2	R4-R5	0°	31,9	46	6,2	7,01
R3-R4	0°	29,2±0,60	56,0±1,41	5,9±0,31	R4-R5	90°	33,0	45	12	8,15
R3-R4	45°	30,5±0,37	52,3±0,95	5,7±0,40	R1-R3	0°	34,8	41	8,4	7,39
R3-R4	90°	26,8±0,68	60,8±1,5	5,7±0,2	R1-R3	90°	34,9	41	11,5	8,05
					V4-V6	0°	36,1	38	3,3	7,3
					V4-V6	90°	36,8	39	9,6	8,18
					R6-R7	0°	27,9	66,9	0,2	7,68
					R6-R7	90°	27,9	66,9	0,2	10,37
					R1-R3	0°	34,3	53	2	7,99
					R1-R3	90°	30,9	61,6	0,9	8,34
					V5-V6	0°	32,7	56,4	2	10,35
					V5-V6	90°	32,8	56,7	1,8	9,72

3.14 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e verificado as interações entre os fatores, estádios de desenvolvimento e os ângulos de aplicação. Na estrutura de comparação, as médias dos estádios de desenvolvimento e ângulo de pulverização foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 20 e Tabela 7 está descrito a relação da cobertura nos terços superiores e inferiores em função dos estágios fenológicos de desenvolvimento e do sentido de aplicação. A largura do box-plot pode ser usada assim como o desvio padrão, para avaliar a dispersão e variabilidade dos dados. Valores com menor variabilidade e dispersão foram encontrados para estágio de desenvolvimento V3/V4, com destaque para o sentido de aplicação de 45°, que apresentou uma maior homogeneidade entre eles, não apresentando diferenças significativas.

A medida em que se aumentou o estágio de desenvolvimento da cultura da soja, valores mais elevados e com maior dispersão foram encontrados. Este fato se deve ao aumento do índice de área foliar da cultura da soja, dificultando a penetração e cobertura de calda nos terços inferiores. Segundo Muller et al. (2018) e Zhu et al. (2008), na pulverização para controle de pragas e doenças na cultura da soja, os ingredientes ativos dos produtos fitossanitários são impedidos de chegar no dossel mais baixo da planta, devido a arquitetura e a barreira que as folhas superiores causam. No caso de produtos de contato e seletivos esse efeito negativo pode ser pior ainda, necessitando muitas vezes de uma nova aplicação ou até prejuízos irreversíveis causando uma queda na produtividade.

Observa-se que para os estágios reprodutivos o sentido de aplicação de 0° apresentou uma maior variabilidade, com exceção do estágio R3/R4, em que o maior valor foi para 45°. Já para o estágio de desenvolvimento R6/R7 os valores se aproximam com os do estágio vegetativo. Segundo Neumaier et al. (2000), quando a cultura de soja entra em R6, inicia-se a diminuição do índice de área foliar devido ao amarelecimento e a queda das folhas senescentes do nó e do baixeiro da planta, continuando esse processo de forma acelerada até R8.

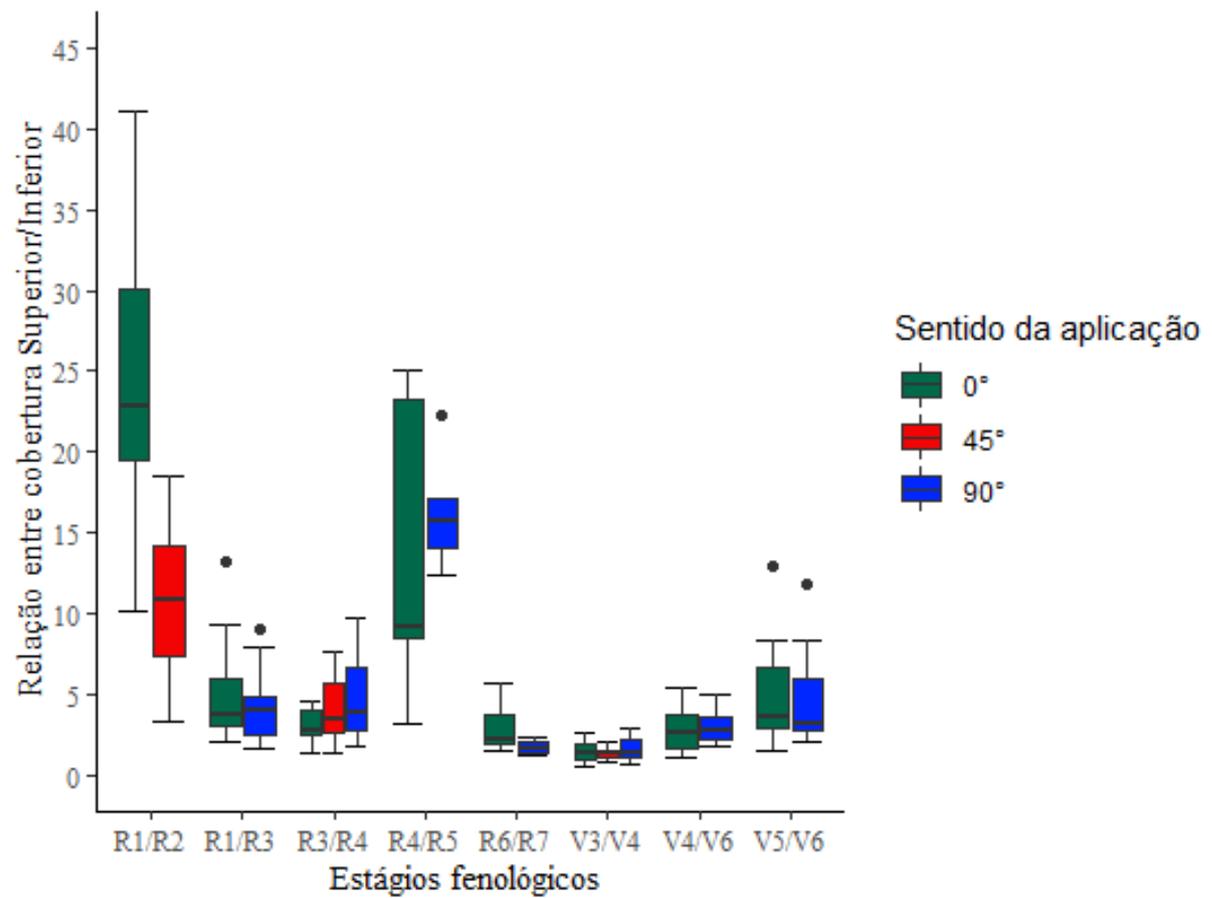


Figura 20 - Relação entre cobertura Superior/Inferior em três sentidos de aplicação.

Tabela 7 - Análise descritiva e inferencial da cobertura (%) em função dos diferentes sentidos da aplicação em relação a linha de semeadura e do estágio de desenvolvimento das plantas de soja em campo e laboratório.

Tratamentos	Estágio	Cobertura							
		N	Média	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	Dp	CV
0°		22	1,472 A	1,373	#N/D	0,524	2,632	0,680	46,168
45°	V3/V4	21	1.288 A	1,306	#N/D	0,742	2,039	0,328	25,494
90°		8	1.059 A	1,100	#N/D	0,670	1,326	0,196	18,493
0°	V5/V6	10	5,109 A	3,659	#N/D	1,560	12,886	3,488	68,298
90°		7	4,897 A	3,155	#N/D	2,013	11,853	3,722	76,005
0°	V4/V6	14	2.834 A	2,646	#N/D	1,034	5,358	1,450	51,151
90°		11	3.109 A	2,791	#N/D	1,821	4,959	1,105	35,543
0°	R1/R2	9	31.564 A	24,653	#N/D	10,197	82,858	21,806	69,086
45°		7	10.817 B	10,873	#N/D	3,299	18,468	5,330	49,275
0°	R1/R3	17	4.905 A	3,743	#N/D	2,124	13,171	2,959	60,330
90°		13	4.103 A	3,956	#N/D	1,602	9,035	2,282	55,608
0°	R3/R4	13	2.961 A	2,766	#N/D	1,405	4,597	0,989	33,403
45°		11	4.131 A	3,503	#N/D	1,407	7,655	2,167	52,460
90°		9	5.066 A	3,828	#N/D	1,745	9,775	2,987	58,955
0°	R4/R5	6	20,746 A	16,213	#N/D	3,208	55,286	19,022	91,692
90°		6	16.177 A	15,678	#N/D	12,371	22,207	3,468	21,437
0°	R6/R7	10	5,109 A	3,659	#N/D	1,560	12,886	3,48895	68,293
90°		7	4,897 A	3,155	#N/D	2,013	11,853	3,722	76,005

Letras iguais maiúsculas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey e minúsculas pelo teste t de Student ($p < 0,05$). Dp – Desvio padrão. CV – Coeficiente de variação.

Apresenta-se na (Figura 21 e Tabela 8) a relação de depósito superior/inferior dos diferentes sentidos de aplicação em relação a semeadura e do desenvolvimento das plantas. O depósito realizado nos estágios vegetativos V3/V4, demonstraram pouca variação entre os ângulos de pulverização, entretanto, destaca-se o sentido de 45° que apresentou menor variabilidade e dispersão de dados. Já nos estágios V4/V6, o comparativo, fica entre os sentidos de 0° e 90° que apesar de resultados semelhantes, o ângulo de 90° destacou-se pela maior uniformidade. A pouca variação nos resultados segundo Debortoli et al., 2012, pode se explicar devido sua arquitetura, estágio vegetativo e tamanho de ramificações, característica estas que afetam diretamente no depósito de gotas, quanto menor o IAF, menor será, as variações na deposição da calda.

Para os estágios V5/V6, o destaque se dá para o sentido de 0° que apesar de maior variação nos dados, demonstrou resultados superiores quando comparados ao ângulo de 90°, diferindo estatisticamente entre si. Segundo Raetano, 2019, estes resultados podem estar diretamente ligados com o desenvolvimento da cultura, onde ocorre o fechamento das entre linhas, dificultando e diminuindo a qualidade da aplicação.

Para as análises realizadas nos estágios reprodutivos R1/R2, observamos uma grande diferença, embora o sentido de 45° apresenta-se uma menor variabilidade de resultados, foi muito inferior em relação à média de resultado do sentido 0°, diferindo estatisticamente. Para os estágios R1/R3, o comparativo fica entre os sentidos de 0° e 90°, onde ambos demonstraram variações semelhantes, não havendo diferenças estatísticas. Nos estágios R3/R4, destaca-se o ângulo de pulverização de 90°, embora tenha uma menor homogeneidade nos dados, apresentou média superior aos ângulos de 0° e 45°. Já nos estágios R4/R5 houve diferença significativa entre os ângulos 0° e 90°, onde o sentido de 90° demonstrou melhores resultados. Em cultivares com tipo de crescimento indeterminado, o IAF máximo chega nos estágios de R3 que é onde se inicia a formação de vagens até R5.1 marcado pelo início de formação dos grãos. (Zanon et al., 2015). Segundo Costa et al., 2018, este resultado demonstra um dos maiores desafios da tecnologia de aplicação, a dificuldade na penetração e deposição das gotas tanto no terço médio quanto no inferior, pode ser explicado pelo chamado “efeito guarda-chuva”, que são gerados pelas folhas

superiores que impedem ou reduzem a penetração das gotas, em situações em que o IAF máximo é atingido, dificultando uma boa qualidade de aplicação

Os estágios R6/R7, embora tenham médias semelhantes, o sentido de 90° apresentou maior uniformidade.

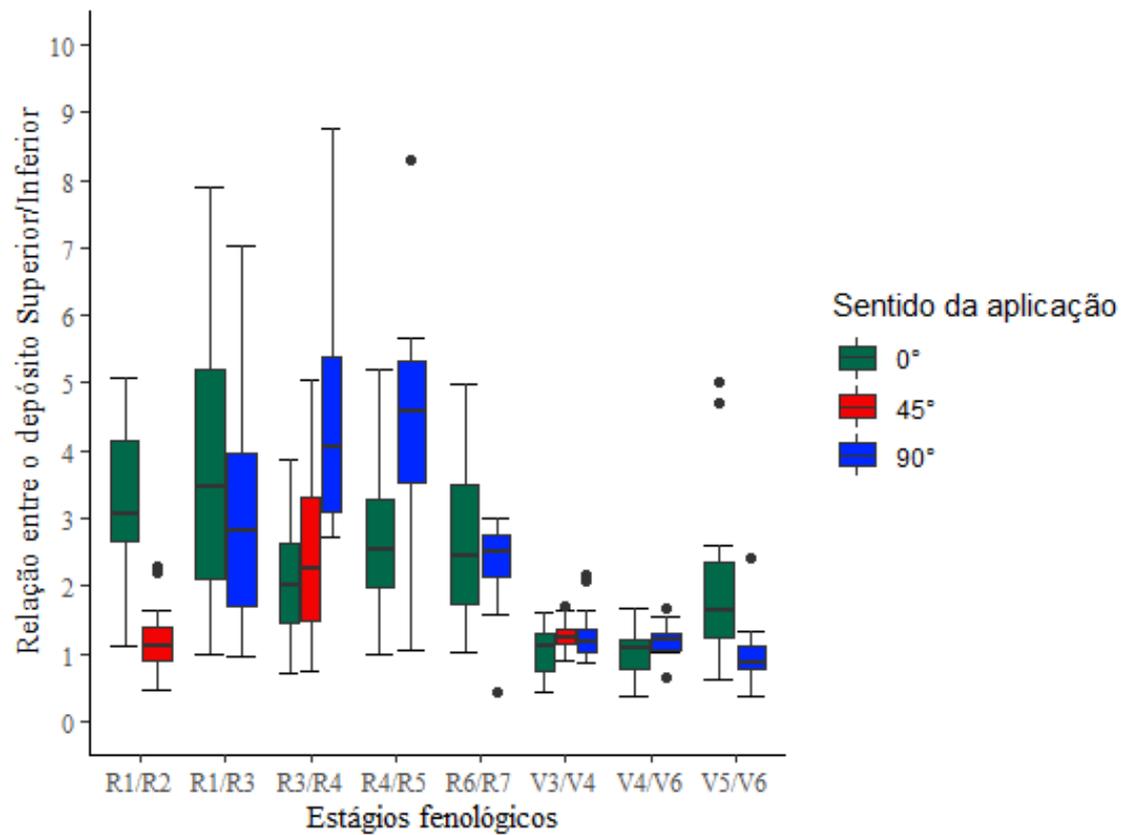


Figura 21 - Relação entre o depósito Superior/Inferior nos diferentes estágios de desenvolvimento.

Tabela 8 - Análise descritiva e inferencial dos depósitos ($\mu\text{L cm}^{-2}$) em função dos diferentes sentidos da aplicação em relação a linha de semeadura e do estágio de desenvolvimento das plantas de soja em campo e laboratório.

Tratamentos	Estágio	Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$)							
		N	Média	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	Dp	CV
0°	V3/V4	30	1,034 A	1,109	#N/D	0,430	1,598	0,340	32,982
45°		28	1,245 A	1,237	#N/D	0,881	1,696	0,213	17,178
90°		23	1,239 B	1,158	#N/D	0,855	2,174	0,353	28,523
0°	V5/V6	7	1,838 A	1,238	#N/D	0,603	5,013	1,506	81,971
90°		14	0,965 B	0,858	#N/D	0,375	2,399	0,492	51,049
0°	V4/V6	16	0,989 A	1,083	#N/D	0,363	1,671	0,348	35,192
90°		13	1,186 A	1,201	#N/D	0,638	1,666	0,250	21,159
0°	R1/R2	14	3,287 A	3,067	#N/D	1,102	5,060	1,240	37,734
45°		17	1,188 B	1,097	#N/D	0,444	2,281	0,516	43,424
0°	R1/R3	28	3,652 A	3,473	#N/D	0,987	7,901	1,780	48,760
90°		23	3,014 A	2,823	#N/D	0,970	7,039	1,600	53,106
0°	R3/R4	35	2,057 B	1,997	#N/D	0,703	3,870	0,764	37,158
45°		37	2,528 B	2,258	#N/D	0,738	5,055	1,252	49,564
90°		18	4,488 A	4,047	#N/D	2,706	8,755	1,67	37,425
0°	R4/R5	17	2,682 B	2,520	#N/D	0,971	5,213	1,132	42,214
90°		15	7,198 A	5,267	#N/D	1,054	17,704	5,157	71,651
0°	R6/R7	10	2,640 A	2,434	#N/D	1,028	4,983	1,252	47,426
90°		9	2,240 A	2,510	#N/D	0,421	3,001	0,810	36,186

Letras iguais maiúsculas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey e minúsculas pelo teste t de Student ($p < 0,05$). Dp – Desvio padrão. CV – Coeficiente de variação.

Na Figura 22 estão descritos os valores da relação de cobertura e depósito no terço superior e inferior em função do sentido de aplicação, independente dos estágios de desenvolvimento em que as plantas de soja se encontravam. Observa-se que para cobertura e depósito os sentidos de aplicação não apresentaram diferença significativa, com destaque para o sentido de 45° que apresentou uma menor variabilidade e conseqüentemente uma maior uniformidade.

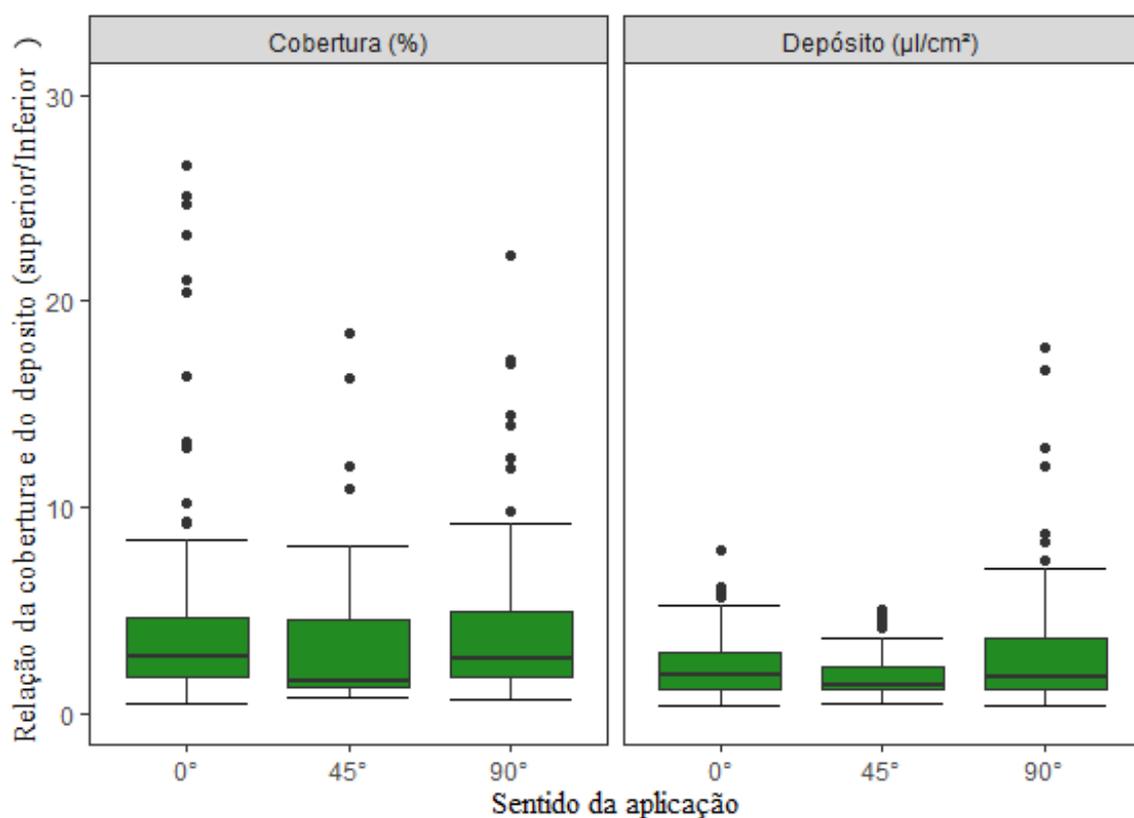


Figura 22 - Relação da cobertura e do depósito (superior/inferior).

Os valores para distribuição da frequência da relação de depósito superior e inferior em função do sentido de aplicação, independente dos estágios de desenvolvimento em que as plantas de soja se encontravam estão descritos na figura 23. Em geral, os três sentidos de aplicação atingiram o seu pico quando se encontravam entre 1,0 e 1,5 (eixo x), com 45° apresentando uma maior variabilidade, atingindo 0,6 (eixo y). Os ângulos de 0° e 90° demonstraram um grau de achatamento semelhante, com valores de 0,3 e 0,33 (eixo y) respectivamente. Observamos que os sentidos apresentam uma distribuição assimétrica para direita, destacando-se o comportamento do sentido 45°, que apresentou um menor prolongamento na variação (5,5) e o de 0° com maior prolongamento (11).

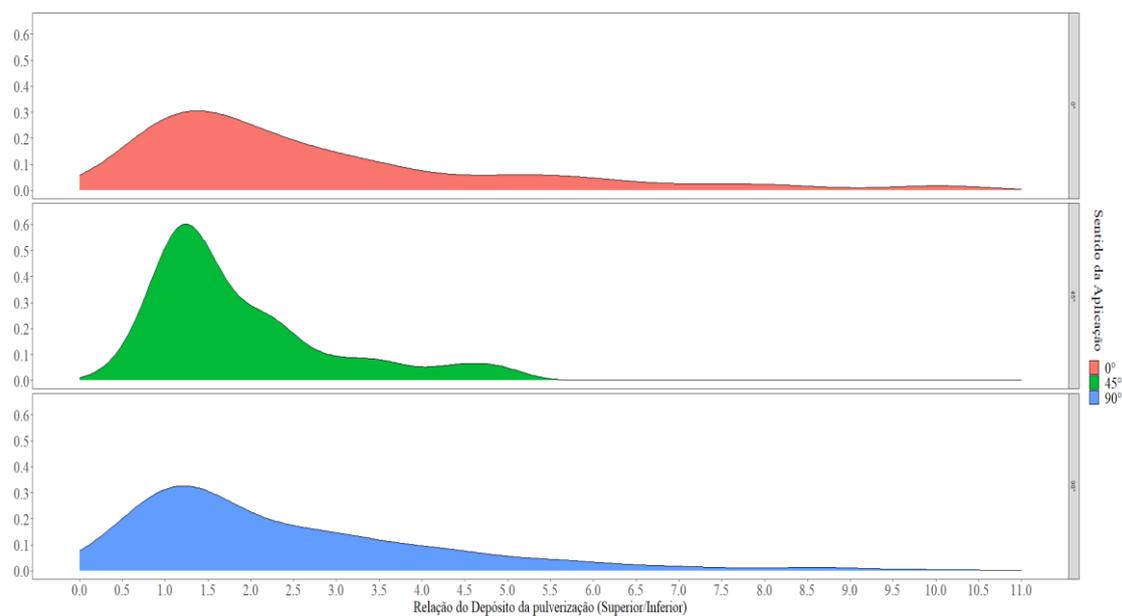


Figura 23 - Frequências do depósito nos sentidos 0° (vermelho), 45° (verde), 90° (azul).

A Figura 24 nos mostra a distribuição da frequência da relação de cobertura superior e inferior em função do sentido de aplicação, independente dos estágios de desenvolvimento em que as plantas de soja se encontravam. Observa-se que as curvas para os três sentidos de aplicação atingiram o seu pico quando se encontravam em 2 (eixo x), com destaque para 0° e 90° que apresentaram valores máximos acima de 0,20, demonstrando uma maior variabilidade para os valores de cobertura. Os três sentidos também apresentam uma destruição assimétrica á direita com maior homogeneidade para 45° e menor 90°. Deste modo, o sentido de 45° demonstrou uma menor variabilidade e maior homogeneidade na relação de cobertura.

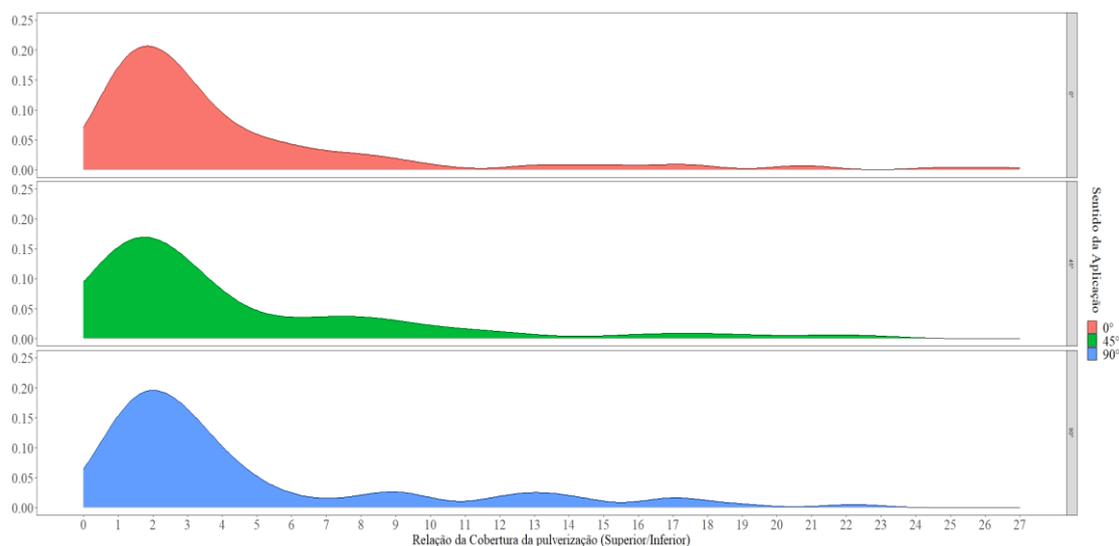


Figura 24 - Frequências na cobertura dos sentidos 0° (vermelho), 45° (verde), 90° (azul). Fonte: NITEC/UENP BANDEIRANTES/PR.

5. CONCLUSÃO

Os sentidos de pulverizações não influenciaram no depósito e cobertura dos estágios vegetativos.

No entanto, a medida em que se aumentou o estágio de desenvolvimento, valores mais elevados e com maior dispersão foram encontrados para estágios reprodutivos.

6. Referências

ADAMI, Marcos et al. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. *Bragantia*, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, 2008.

ALAMBERT, Marcelo Rodrigues. **Estimação estocástica de parâmetros produtivos da soja uso do modelo PPDSO em um estudo de caso em Piracicaba/SP**. 2010. Tese de Doutorado.

ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. Agropecuária, Guairá, 2002. 478p

ANTUNIASSI, U. R., CARVALHO, F. K., MOTA, A. A. B., CHECHETTO, R. G. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2017.

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

ANTUNIASSI, U.R., FURLAN, S.H., MOTA, A.A., CARVALHO, F.K., CHECHETTO, R.G., SOUSA, S.F.G. Efeito do tamanho de gotas e taxa de aplicação no controle da ferrugem asiática da soja com mancozeb. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 50, 2017, Uberlândia /MG. **Anais [...]**. Uberlândia: SBF, 2017b v.1 p.1.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.4, p.666-669, outubro/dezembro 2003.

BOARD J.E.; HARVILLE B. G. Explanations for Greater Light Interception in Narrow- vs. Wide-Row Soybean. **Crop Science Society of America**, v. 32, p. 198-202, 1992.

BYERS, R. E. et al. Effects of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. *HortScience*, v. 19, n. 1, p. 93-94, 1984.

Chen, Jim M., Black, Thomas Andrew, Adams, R.S., 1991. Evaluation of hemispherical photography for determining plant area index and geometry of a forest stand. *Agric. For. Meteorol.* 52, 129–143. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(91\)901083](https://doi.org/10.1016/0168-1923(91)901083).

CONAB. Acomp. safra brasileira de grãos, v.8– Safra 2020/21, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-85, Janeiro 2021. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>

COSTA, L.L. et al. 2018. Insecticide spraying in soybean plants: Different nozzles models and agrometeorological conditions. *Engenharia Agrícola*, v.38, n.5, p.673-679

DEBORTOLI, M. P.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; FAVERA, D. D.; STEFANELLO, M. T.; PINTO, F. F.; UEBEL, J. D. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática da soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 7, p. 920-927, 2012.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja - Paraná. Londrina, PR: EMBRAPA SOJA, 2004. p. 16-17 (Sistemas de produção 3).

ESCHER, F.; WILKINSON, J. **A economia política do complexo Soja-Carne Brasil-China**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 57, n. 4, 2019.

FARIAS, José Renato B.; NEPOMUCENO, Alexandre L.; NEUMAIER, Norman. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report 80).

FLORENCIO, Victor Hugo Rodrigues. **Caracterização de variedades cultivadas de soja de diferentes grupos de maturação em função dos atributos morfológicos, fenológicos e a produtividade**. 2018. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. doi:10.11606/D.11.2018.tde-15052018-103951. Acesso em: 2021-04-26.

GANDOLFO, Marco Antonio. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas. 2001. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO".

GOULART, Caio Silva. Sentido de aplicação e pontas de pulverização na deposição de calda na cultura da soja. 2017. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017

JENSEN, Peter Kryger; OLESEN, Merete Halkjær. Spray mass balance in pesticide application: a review. *Crop Protection*, v. 61, p. 23-31, 2014.

JUSTINO, Altair et al. Sentido de pulverização em culturas de soja e feijão com pulverizador de barras. *Engenharia Agrícola*, v. 26, n. 3, p. 755-758, 2006.

MANFRON, Paulo Augusto et al. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 2, p.334., 2003.

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

Müller M, Rakocevic M, Caverzan A, Boller W, Chavarria G (2018) Architectural Characteristics and Heliotropism May Improve Spray Droplet Deposition in the Middle and Low Canopy Layers in Soybean. **Crop Science** 58(5):2029-2041

NANSEN, Christian; FERGUSON, J. Connor; MOORE, John; GROVES, Lloyd; EMERY, Rob; GAREL, Nicolas; HEWITT, Andrew. Optimizing pesticide spray coverage using a novel web and smartphone tool, SnapCard. **Agronomy For Sustainable Development**, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 1075-1085, 22 maio 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-015-0309-y>.

NASCIMENTO. A. B. Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. Dissertação - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269925478_Determinacao_do_tamanho_da_amostra_de_papeis_hidrossensiveis_em_experimentos_ligados_a_tecnologia_de_aplicacao.

NEPOMUCENO, A.L. et al. 2007. Engenharia genética como ferramenta no desenvolvimento de plantas de soja adaptadas a cenários futuros de mudanças climáticas. In: Congr. Bras. Agrometeor., 15. **Anais...** Aracaju: Embrapa/SBAgro, 2007.

NEUMAIER, Norman et al. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. **Embrapa Soja-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2000.

NUNES, CDM et al. Impacto do arranjo de plantas sobre a qualidade da aplicação de produtos fitossanitários. Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E), 2018.

RAETANO, C.G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASI, U. R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para 55 culturas anuais. 2ª ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 17-27.

RAETANO, Carlos Gilberto. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASI, Ulisses Rocha; BOLLER, Walter (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. rev. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. p. 15-27.

REZENDE, Denise Tourino. Análise comparativa de métodos para quantificação dos depósitos da pulverização em diferentes alvos. 2011.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20p. (Special Report, 53).

RODRIGUES, Osmar et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

SEIXAS, Claudine Dinali Santos et al. Manejo de doenças. **Embrapa Soja-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.

WATSON, D. J., Comparative physiological studies in the growth of field crops. In: Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, 11: 41-76. 1947

YU, Y. et al. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. *Biosystems Engineering*, v. 104, n. 3, p. 324-334, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511009002451>

ZANON, A. J.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. *Bragantia*, v. 74, p. 279-290, 2015

Zhu., R.C.Derksen, H.E.Ozkan, M.E.Reding, C.R.Krause. 2008. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: Part 2. **Opener design with field experiments**. *Trans. ASAE* 51: 1913– 1922. doi:10.13031/2013.25390