



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA RANGEL

**QUALIDADE DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS EM SOJA NOS SISTEMAS DE
MONOCULTURA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-FLORESTA**

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2019

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA RANGEL

**QUALIDADE DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS EM SOJA NOS SISTEMAS DE
MONOCULTURA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-FLORESTA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz
Meneghel*.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2019

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

S155q	Souza Rangel, Pedro Henrique Qualidade de aplicação de produtos fitossanitários em soja nos sistemas de monocultura e integração lavoura-floresta / Pedro Henrique Souza Rangel; orientador Marco Antonio Gandolfo - Bandeirantes, 2019. 48 p. :il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019. 1. Sistema Integrado Lavoura Floresta. 2. Tecnologia de Aplicação. I. Gandolfo, Marco Antonio, orient. II. Título.
-------	--

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA RANGEL

**QUALIDADE DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS EM SOJA NOS SISTEMAS DE
MONOCULTURA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-FLORESTA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz
Meneghel*.

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo - UENP/CLM

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira - UENP/CLM

Dr. Ulisses Delvaz Gandolfo- INSTITUTO DASHEN

Prof. Dr. Euripedes Bomfim Rodrigues - UENP/CLM

Dr. Julião Soares de Souza Lima - UFES

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo
Orientador
UENP CLM

AGRADECIMENTOS

A Deus que ao longo de minha vida, permitiu que eu conhecesse pessoas incríveis e me proporcionou diversas oportunidades, pelas quais sou eternamente grato.

Agradeço também a Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus Luiz Meneghel*, seu corpo docente e demais colaboradores e funcionários, por todas as oportunidades e o apoio que me proporcionaram ao longo destes dois anos, enfatizando meu orientador, Professor Doutor Marco Antonio Gandolfo e o Professor Dr. Rone Batista de Oliveira, por todo o apoio e incentivo que me proporcionaram durante a realização deste trabalho.

A toda a equipe do Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas (NITEC), da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Campus Luiz Meneghel, de Bandeirantes, obrigado pelo apoio e companheirismo ao longo desses dois anos.

Agradeço a minha mãe Eliane Regina de Souza Rangel e ao meu pai Pedro Rangel Neto, heróis que nunca mediram esforços para me ajudar, incentivar e apoiar, mesmo nas horas mais difíceis, me ensinaram a sempre correr atrás dos meus sonhos e nunca desistir. Obrigado à minhas irmãs, Anna Ligia de Souza Rangel e Maria Vitoria de Souza Rangel, que, sempre me fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente. Para mim, sempre serão muito importantes.

A minha namorada Di, por todo o apoio e companheirismo ao longo desses anos, sou eternamente grato por ter encontrado você e poder fazer parte de sua vida.

Meus agradecimentos aos amigos do mestrado, Catharina, Bruna, Baiá, Jorge, André, Bonetti e a Aline, obrigado pelo companheirismo ao longo desta caminhada.

A todos, amigos e familiares, que, direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

RANGEL, Pedro Henrique de Souza. **Qualidade de aplicação de produtos fitossanitários em soja nos sistemas de monocultura e integração lavoura-floresta**. 2019. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, PR, 2019.

RESUMO: Uma importante característica dos sistemas de integração lavoura-floresta (ILF), é a criação de um microclima na área em que ele é implantado. O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade de aplicação e perdas para o solo na cultura da soja em área explorada com monocultura e em integração lavoura-floresta. O trabalho foi composto por dois campos experimentais. O primeiro foi instalado no sistema de integração lavoura-floresta da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). O segundo foi instalado em sistema de monocultura, situado a 300 metros do primeiro campo. O delineamento experimental foi blocos casualizados, compostos por 6 tratamentos em esquema fatorial 3x2, sendo 3 classes de gotas (muito fina, fina e média) e 2 períodos do dia (matutino e vespertino), com 4 repetições. A temperatura, umidade do ar e velocidade do vento foram medidas durante a aplicação de cada parcela, em ambos os campos experimentais. A calda utilizada para a aplicação dos tratamentos foi composta por água, corante marcador Azul Brilhante FD&C (0,6 %, v v⁻¹) e corante fluorescente LRM 100 (0,6 %, v v⁻¹). Posteriormente foi avaliado a qualidade da aplicação, por meio do depósito (mg L⁻¹) e cobertura (%) nas folhas. Também foram avaliadas as perdas para o solo. As condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram influenciadas pelo sistema de cultivo presente na área. As perdas para o solo foram maiores no sistema de monocultura. Entretanto, os valores de depósito (mg L⁻¹) e cobertura (%) foram maiores no sistema de monocultura, quando comparado com o sistema ILF.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, classe de gotas, sistemas produtivos, tecnologia de aplicação.

RANGEL, Pedro Henrique de Souza. **Quality of application of phytosanitary products in soybean in monoculture and crop-forest integration systems.** 2019. Dissertation Master's degree in Agronomy - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, PR, 2019.

ABSTRACT: An important feature of crop-forest integration (ICF) systems is the creation of a microclimate in the area in which it is deployed. The objective of this work was to evaluate the application quality and soil losses in soybean crop in monoculture and crop-forest integration areas. The work consisted of two experimental fields. The first was installed in the crop-forest integration system of the State University of Northern Paraná (UENP). The second was installed in a monoculture system, located 300 meters from the first field. The experimental design was randomized blocks, composed of 6 treatments in a 3x2 factorial scheme, being 3 classes of drops (very thin, thin and medium) and 2 periods of the day (morning and afternoon), with 4 repetitions. Temperature, air humidity and wind velocity were measured during the application of each plot in both experimental fields. The syrup used to apply the treatments consisted of water, FD&C Bright Blue marker dye (0.6%, v v⁻¹) and fluorescent dye LRM 100 (0.6%, v v⁻¹). Subsequently, the application quality was evaluated by the deposit (mg L⁻¹) and leaf coverage (%). Soil losses were also evaluated. The conditions of temperature, relative humidity and wind speed were influenced by the cultivation system present in the area. Soil losses were higher in the monoculture system. However, deposit (mg L⁻¹) and coverage (%) values were higher in the monoculture system when compared to the ICF system.

Key words: Sustainable agriculture, class of drops, productive systems, application technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Experimento instalado no sistema de integração lavoura floresta da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes-PR.....	13
Figura 2 - Experimento instalado no sistema de monocultura localizado ao lado do sistema ILF da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes-PR.	14
Figura 3 - Subdivisão dos terços (inferior, mediano e superior), considerados para coleta no dossel da planta de soja.	16
Figura 4 - Aplicação na cultura da soja, em sistema de Integração Lavoura Floresta para avaliação da cobertura e depósito nos estratos inferior médio e superior.	17
Figura 5 - Condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro e fora do sistema de integração, durante as aplicações realizadas no experimento I (sistema ILF), no dia 05/02/2018, Bandeirantes-PR.....	18
Figura 6 - Condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro e fora do sistema de integração, durante as aplicações realizadas no experimento II (sistema de monocultura), no dia 06/02/2018, Bandeirantes-PR.	18
Figura 7 - Condições de temperatura e umidade relativa do ar registradas durante a aplicação dos tratamentos no experimento I (Sistema ILF) e no experimento II (sistema de monocultura). Comparação entre os valores obtidos em cada experimento. Bandeirantes-PR.	19
Figura 8 - Espectrofotômetro, marca Femto®, modelo 600 S utilizado para realização da leitura de absorbância (630 nm), das amostras obtidas durante esta pesquisa.	21
Figura 9 - Escala pré-definida de cobertura das folhas de soja, com variação de percentagens de cobertura de 10 a 100%, com intervalos de 10%.....	22
Figura 10 - Cobertura (%) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema ILF.	24
Figura 11 - Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema ILF.	25
Figura 12 - Cobertura (%) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema de monocultura.	25

Figura 13 - Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema de monocultura.....26

Figura 14 - Box-plot representando perdas para o solo ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na linha e entre linhas, em função de três classes de gotas, nos períodos matutino e vespertino, analisadas no sistema ILF e no sistema de monocultura.29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos avaliados nos experimentos I e II.....	14
Tabela 2 - Características e especificações dos modelos de pontas de pulverização utilizados nesta pesquisa.	15
Tabela 3 - Velocidade média do vento (m.s^{-1}) registrada durante a aplicação de cada tratamento nos sistemas de monocultura e de integração lavoura-floresta (ILF).....	19

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Determinação dos volumes de calda retidos no alvo.	20
Equação 2 - Determinação da perda teórica total	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Sistema Integrado Lavoura Floresta	3
2.2 Tecnologia de Aplicação	5
2.2.1 Definição	6
2.2.2 Histórico	6
2.2.3 Perdas na pulverização	6
2.2.4 Taxa de aplicação	8
2.2.5 Pontas de pulverização	9
2.2.6 Parâmetros de Qualidade (Cobertura e Depósito)	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Delineamento experimental.....	14
3.2 Técnicas de aplicação	16
3.3 Avaliação da Qualidade de Aplicação.....	20
3.4 Avaliação de perdas para o solo	22
3.5 Análise Estatística	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÃO.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7 REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a área de soja cultivada no Brasil aumentou significativamente. Isso consequentemente ocasionou aumento do uso de produtos fitossanitários, estimulando o uso de tecnologias mais acuradas para que os produtos atinjam os alvos de maneira mais eficiente e exerçam o devido controle de pragas, doenças e plantas daninhas (FARINHA et al., 2009).

Nesse cenário, a tecnologia de aplicação tem fundamental importância na agricultura, pois, tem como objetivo empregar todo conhecimento científico para proporcionar uma aplicação de produtos fitossanitários eficiente, econômica, e com o mínimo de perdas possível (MATUO, 1990).

A escolha correta da técnica de aplicação é um dos fatores determinantes para o sucesso na atividade agrícola, porém nem sempre é fácil defini-la, devido ao grande número de variáveis que interferem no processo. Dentre estas variáveis, a condição meteorológica no momento da pulverização tem grande importância. A temperatura, umidade relativa do ar e a velocidade do vento constituem alguns dos fatores climáticos de maior relevância para a aplicação de produtos fitossanitários.

Em condições de temperatura e umidade relativa adversas, as perdas durante a pulverização podem ser significativas, principalmente devido à rápida evaporação das gotas, impedindo muitas vezes que estas atinjam o alvo.

A velocidade do vento durante o processo também pode influir negativamente a pulverização. Em situações de alta velocidade do vento, não é recomendado a aplicação de produtos fitossanitários, de maneira a evitar perdas por arraste do vento, pois as gotas podem ser levadas para áreas adjacentes, podendo contaminar o ambiente. As aplicações na ausência completa de vento também devem ser evitadas, uma vez que contribuam para a ocorrência de ação convectiva e inversão térmica, resultando em movimento ascendente intenso e constante do ar, impedindo o atingimento das gotas no alvo.

Quando os índices de perdas durante a pulverização são muito altos, torna-se inviável o processo, pois, para que os produtos fitossanitários exerçam um controle satisfatório de agentes fito patogênicos, é necessário que uma quantidade mínima de gotas atinja alvo.

Condições meteorológicas favoráveis para a aplicação de produtos fitossanitários acontecem em poucas horas do dia, comprometendo muitas vezes a logística e planejamento do agricultor. Nesse contexto, surgem os Sistemas de Integração, que, além de proporcionar melhora nas propriedades do solo, criam um microclima na área proporcionando maior resistência das culturas a eventuais veranicos e condições meteorológicas mais favoráveis

para a aplicação de produtos fitossanitários ao longo do dia. Sendo assim, o microclima apresentado pelo sistema de integração lavoura-floresta pode influenciar de maneira positiva na qualidade e perdas durante a aplicação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o depósito e a cobertura nos estratos superior, médio e inferior do dossel da cultura da soja e as perdas para o solo nos períodos matutino e vespertino do dia com diferentes classes de gotas em área explorada em sistema de monocultura e em sistema de integração lavoura-floresta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema Integrado Lavoura Floresta

Entende-se por sistemas de integração quando diferentes sistemas produtivos são realizados no mesmo talhão ou gleba de uma determinada propriedade (MORAES et al., 2007).

A integração Lavoura-Floresta (ILF) é definida como sendo uma estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas e florestais, realizadas em uma mesma área, seja em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação. Dessa forma, abrange sistemas produtivos diversificados para a produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos. (MACHADO et al., 2011).

Alvarenga e Noce (2005) descrevem os sistemas de integração como a diversificação, a rotação, a consorciação ou a sucessão das atividades agrícolas dentro da propriedade rural, de forma harmônica, em um mesmo sistema, para que haja benefícios para ambas. A ILF tem como grande objetivo a mudança do sistema de uso da terra, fundamentando-se na integração de sistemas produtivos, visando atingir patamares elevados de qualidade e quantidade do produto, com responsabilidade ambiental (BALBINO et al., 2011).

Embora os sistemas de integração lavoura-floresta sejam considerados inovadores no Brasil, na Europa, várias formas de plantios associados entre culturas anuais e culturas perenes são praticados desde a idade média (DUPRAZ e LIAGRE, 2008). Esse conhecimento foi trazido ao Brasil pelos imigrantes europeus que ao longo do tempo desenvolveram sistemas adaptados às condições locais, especialmente na região Sul do país. De acordo com Radomski e Ribaski (2009), o Paraná é o estado que apresenta o histórico mais antigo de experiências com sistemas de integração.

Estima-se que a área com sistemas de integração no Brasil seja de aproximadamente 1,6 milhões de hectares, abrangendo diversas modalidades de uso. Além disso, existem cerca de 67,8 milhões de hectares de áreas aptas para serem utilizadas por diversos modelos, sem a necessidade de abertura de novas áreas com vegetação nativa. (BALBINO et al., 2011).

Nas áreas de cultivos anuais, predomina-se a monocultura. Em alguns casos, não ocorre a utilização de boas práticas agronômicas em todo o processo, como por exemplo manejo e conservação dos solos, rotação de culturas e controle eficiente de pragas e doenças. O que resulta em degradação na qualidade do solo e reduz a produtividade (HERNANI et al., 2002; MACEDO, 2009).

O setor agropecuário tem apresentado grandes transformações motivadas pelo aumento nos custos de produção e maior competitividade do mercado, exigindo aumento na produtividade, sem comprometer o meio ambiente e a qualidade do produto. Para atingir tais objetivos, uma alternativa é o uso de sistemas de integração que incorporam atividades de produção agrícola, pecuária e florestal, em dimensão espacial e/ou temporal, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes, levando a sustentabilidade da unidade de produção (BALBINO et al., 2011).

Macedo (2009) ressalta que os sistemas de ILPF são alternativas para a recuperação de pastagens degradadas e para a agricultura anual, melhorando a produção de cobertura para o sistema de plantio direto e as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Considera-se como pastagem degradada, aquela que está produzindo abaixo de 50% de seu potencial produtivo em relação às condições edafoclimáticas do local onde foi implantada e da espécie ou cultivar da forrageira utilizada (KICHEL et al., 2011).

De acordo com estimativas do último Censo Agropecuário Brasileiro, o de 2017, a área total de estabelecimentos agropecuários no Brasil é de 350 milhões de hectares, dos quais cerca de 165 milhões de hectares são pastagens (naturais e plantadas). Aproximadamente 65% da área de pastagens no Brasil apresenta algum estágio de degradação (IBGE, 2018). Ressaltando a importância do desenvolvimento de estratégias eficientes e economicamente viáveis para a recuperação dessas áreas.

Segundo Alvarenga et al., (2010), a intensificação da produção observada em sistemas ILPF acarreta diversos benefícios ao produtor e ao meio ambiente, sendo eles: melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, redução dos custos de produção da atividade agrícola, diversificação da renda na propriedade e redução de perdas de produtividade na ocorrência de veranicos. Além dessas vantagens, também pode ser observada maior eficiência na utilização de máquinas, equipamentos e mão de obra (KICHEL e MIRANDA, 2001).

A ILPF oferece alternativas às questões ecológicas, econômicas e sociais. Balbino et al. (2011) descrevem como principais benefícios econômicos e sociais da ILPF o aumento da competitividade das cadeias de produtos de origem vegetal, aumento da oferta de alimentos de qualidade, dinamização de vários setores da economia, melhoria da imagem da produção agropecuária e dos produtores brasileiros. Isto ocorre porque os sistemas de integração conciliam atividade produtiva e preservação do meio ambiente, aumentando a competitividade do agronegócio brasileiro. É possível empregar o sistema em qualquer propriedade rural, independentemente do tamanho.

A inclusão do componente arbóreo aos componentes lavoura e pastagem representa avanço inovador nos sistemas de integração, constituindo uma importante estratégia de produção. As árvores propiciam diversos benefícios que refletem em melhoria na eficiência produtiva do sistema (MACEDO, 2009). Entretanto, são os impactos positivos em variáveis microclimáticas que ampliam as possibilidades de uso destes sistemas em cenários de mudanças climáticas (OLIVEIRA et al, 2009 e ALMEIDA et al., 2011).

Como principais benefícios decorrentes da implantação do componente arbóreo no sistema, pode-se destacar: a redução da pressão para a abertura de novas áreas, melhoria na utilização dos recursos naturais e melhoria de condições microclimáticas. Sendo este último o mais relevante para a agricultura, devido a redução da amplitude térmica, aumento da umidade relativa do ar e diminuição da intensidade dos ventos na área (BALBINO et al., 2011).

Nos sistemas de integração, a presença do componente arbóreo, melhora o microclima para o cultivo intercalar, onde, temperaturas máximas são mais baixas e as mínimas são mais altas, auxiliando em problemas relacionados à temperatura excessivamente alta e à ocorrência de geadas. Além disso, a velocidade do vento é menor, devido ao efeito de quebra-vento provocado pelas árvores. O microclima criado no sistema, também ajuda a reduzir o consumo hídrico do cultivo intercalar conferindo maior tolerância a estiagens e veranicos, melhorando a manutenção da umidade na área (EMBRAPA, 2015).

O componente florestal também pode potencializar a melhor dinâmica hídrica, pois ocorre melhoria na distribuição de vapor de água, estabilização da temperatura e da umidade relativa do ar e proteção da superfície do solo, sendo considerados como ferramentas eficientes de combate ao aquecimento global e às mudanças climáticas. Atuando não somente como estabilizadores térmicos e formadores de nuvens interceptadoras de radiação solar, mas, com seus resíduos vegetais sobre o solo, também atuam como interceptadores e armazenadores de águas pluviais (PRIMAVESI, 2007).

De modo geral, a presença do componente florestal proporciona menor variação de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, tornando o ambiente menos vulnerável a extremos climáticos (RIBASKI et al., 2009).

2.2 Tecnologia de Aplicação

2.2.1 Definição

Entende-se como tecnologia de aplicação o emprego de todo o conhecimento científico na aplicação de produtos fitossanitários. Com o objetivo de atingir o alvo com o produto biologicamente ativo, de maneira eficiente, econômica e com o mínimo de contaminação ambiental possível (MATUO, 1990).

Matthews (2002), pontua como objetivo principal da tecnologia de aplicação, atingir o alvo com a quantidade correta do produto, com máxima eficiência e da maneira mais econômica possível. Para tanto, são levados em consideração aspectos da biologia, química, engenharia, ecologia, sociologia e economia, tornando a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, um dos campos multidisciplinares das ciências agrárias (FERREIRA, 2006).

2.2.2 Histórico

O primeiro relato de um instrumento construído para aplicação de produtos fitossanitários aconteceu em 1888, tratava-se de uma ponta de pulverização, conhecida como ponta de Riley. Porém o uso de compostos para controle de pragas é relatado ao longo de toda a história. Fontes como o Livro Egípcio dos Mortos e o Antigo Testamento citam o uso de compostos a base de enxofre pelos sumérios no controle de ácaros e inseticidas botânicos a base de arsênicos e mercúrio pelos chineses em 1200 a.C. (MAGDALENA et al., 2010).

O avanço tecnológico das máquinas possui marcos históricos com picos de estudos e desenvolvimento, como a revolução industrial em meados do século 18, onde os agricultores começaram a se interessar pelo aumento da produção e da qualidade do alimento (CHAIM, 1999); a Segunda Guerra Mundial, em meados dos anos 40, quando o pesticida DDT foi usado e aplicado indiscriminadamente por aviões adaptados no controle da malária, da tifo e de piolhos dos combatentes da guerra (KISSMANN, 2001); e a Guerra do Vietnã em meados dos anos 50, em que o agente laranja (mistura dos herbicidas 2,4-D e 2,4,5-T), foi pulverizado por aeronaves norte americanas nas florestas do Vietnã com o objetivo de dizimar a produção de alimentos e desfolhar as florestas vietnamitas, deixando os inimigos expostos.

2.2.3 Perdas na pulverização

A pulverização é definida por Chistofolletti (1999) como um processo mecânico de formação de gotas de uma calda a partir de uma ponta de pulverização. Quando realizada sem

critério técnico, onde não são levados em consideração fatores relacionados a condições meteorológicas e técnicas utilizadas no momento da aplicação, pode ocasionar perdas consideráveis, gerando preocupação com relação a prejuízos econômicos e ambientais (CHAIM et al., 1999).

Dentre os fatores climáticos que podem afetar as perdas durante a pulverização, a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento são os mais importantes (SCHAMPHELEIRE et al., 2008; ALHEIDARY et al., 2014). Podendo ocasionar perdas pelo arraste do vento e evaporação das gotas pulverizadas (MACIEL, 2016).

A deriva é o maior problema das pulverizações agrícolas de produtos fitossanitários (NUYTTENS et al., 2006). Pode ser considerada como toda a gota que sai da ponta de pulverização e não atinge o alvo (CHRISTOFOLETTI, 1999; CORDEIRO, 2001). Miller (2004), define deriva como o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado.

O termo deriva pode ser dividido em dois grupos principais: exoderiva e endoderiva (ANTUNIASSI, 2009). Durante a aplicação de um produto fitossanitário, muitas gotas atingem o solo, principalmente nas entrelinhas. Outras gotas que atingem as folhas podem se aglutinar de tal maneira que não permaneçam na planta e escorram para o solo. Essas perdas dentro da área alvo, são denominadas de "Endoderiva". O deslocamento de gotas para fora da área alvo é denominado de "Exoderiva". Esse tipo de perda externa, é um dos principais responsáveis pelos prejuízos causados a outras culturas sensíveis ao produto fitossanitário que está sendo aplicado e pela contaminação ambiental (ANDEF, 2010).

Apesar de a ocorrência de vento em velocidade excessiva ser um fator prejudicial, a aplicação de produtos fitossanitários, a ausência total de vento também deve ser evitada, principalmente em momentos de maior insolação e em locais com solo descoberto, devido a ação convectiva do sol sobre o solo e do solo para o ar atmosférico. Ao ser aquecido, o ar torna-se menos denso, resultando em movimentação ascendente intensa e constante do mesmo. Dificultando ou impedindo que as gotas atinjam o alvo (MEDEIROS, 2014).

A temperatura e a umidade relativa do ar também exercem grande influência sobre as perdas durante a aplicação de produtos fitossanitários, estando diretamente relacionada ao tempo de vida das gotas e sua evaporação. Tornando fundamental o monitoramento das condições psicrométricas do ar, para evitar ou minimizar perdas por evaporação (DA COSTA, 2009).

A importância das condições psicrométricas do ar é enfatizada por Yu et al. (2009), que em sua pesquisa, mostraram que o tempo de evaporação das gotas foi significativamente alterado com a diminuição da umidade relativa do ar.

A evaporação também pode reduzir o espectro das gotas pulverizadas durante sua trajetória até o alvo, aumentando dessa forma, o risco de deriva (MACIEL et al., 2016; SASAKI et al., 2016).

As diferentes condições meteorológicas no decorrer do dia, influenciam diretamente a eficiência dos tratamentos fitossanitários, sendo consideradas como ideais para a aplicação de produtos fitossanitários, condições com temperaturas abaixo de 30°C, umidade relativa do ar acima de 50%, e ocorrência de ventos com velocidade entre 0,56 e 2,78 m s⁻¹. Dessa forma, as técnicas de pulverização devem ser ajustadas em função das condições meteorológicas (ANTUNIASSI et al., 2005).

A definição do momento para a realização da aplicação de produtos fitossanitários é fundamental para se evitar perdas (SANTOS, 2013). Uma vez que com a ocorrência de perdas durante a aplicação, menor será a quantidade de produto atingindo o alvo. Reduzindo a eficácia do controle fitossanitário (NASCIMENTO et al., 2012). Balan (2008) recomendam que as aplicações sejam realizadas pela manhã ou ao final da tarde, a fim de evitar altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar.

O controle da deriva é dever de todo agricultor pois, além de representar uma fonte considerável de prejuízos, é a responsável pela contaminação do ambiente. Estima-se que cerca de 50% dos produtos fitossanitários são desperdiçados devido às más condições de aplicação (FRIEDRICH, 2004).

2.2.4 Taxa de aplicação

A taxa de aplicação é definida como volume de líquido resultante da diluição em água de uma ou mais formulações de produtos fitossanitários que o pulverizador aplica por unidade de área (MATUO, 1990). Atualmente, tem se buscado reduzir a taxa de aplicação em virtude dos benefícios oriundos dessa prática (ROMÁN et al., 2009).

O uso de menores taxas de aplicação, além de aumentar a capacidade operacional de pulverizadores e diminuir custos, reduz a quantidade de água utilizada durante o processo, sendo uma importante estratégia para se otimizar e evitar a falta deste recurso (RODRIGUES et al., 2011). Com o aumento da população e o incremento industrial e agrícola, aumentou-se

o uso e consumo de água. Tornando importante o desenvolvimento de estratégias de uso compatíveis com a disponibilidade deste recurso (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

No entanto, a utilização de menores taxas de aplicação não deve afetar a qualidade da aplicação (MATUO, 1990), pois o volume de calda é um dos fatores que mais influencia a eficiência da aplicação (ANTUNIASSI, 2006). Estando diretamente relacionada ao nível de cobertura do alvo biológico (CABEDA e WELTER, 2006). Quando se utilizam baixas taxas de aplicação deve-se dar grande importância às condições meteorológicas e técnicas utilizadas durante a aplicação de produtos fitossanitários (BOLLER e MACHRY, 2007).

Tecnologias que permitam a utilização de menores volumes de água, mantendo a segurança e qualidade da aplicação, poderão contribuir para o setor agrícola com relação a competitividade e sustentabilidade (SILVA et al., 2011).

2.2.5 Pontas de pulverização

Além das condições meteorológicas e taxa de aplicação, outro fator fundamental para o sucesso na aplicação de produtos fitossanitários é a ponta de pulverização. Em pulverizadores agrícolas, as pontas de pulverização são um dos componentes mais importantes para se realizar uma aplicação segura e eficiente (CUNHA et al., 2005 a).

As pontas de pulverização têm basicamente três funções: determinar a vazão (litros/minuto), distribuição e classe de gotas, afetando diretamente o depósito, eficiência e segurança da aplicação (ROMÁN et al., 2009; CONSTANTIN et al., 2012).

A escolha da ponta deve ser realizada de maneira que proporcione adequada distribuição e classe de gotas a cada tratamento fitossanitário (ANTUNIASSI, 2004).

Segundo Nuyttens et al. (2007), ajustar corretamente a pressão de trabalho de acordo com o modelo de ponta utilizado, é fundamental para se aumentar a eficiência e minimizar as perdas durante a aplicação de produtos fitossanitários.

Além da seleção correta de pontas de pulverização, é importante também analisar seu estado de conservação. Gandolfo (2001) em trabalhos envolvendo a inspeção periódica de pulverizadores, constatou que 81,6% dos pulverizadores inspecionados apresentaram pontas com alguma inconformidade. Esse fator, afeta de forma direta o resultado das aplicações.

Existem vários modelos de pontas disponíveis no mercado, com diferentes características e especificações. Tais características, associadas a pressão de trabalho e as propriedades do líquido pulverizado, determinam a classe de gotas (ANDEF, 2010).

Entretanto, não é produzido um único tamanho de gota durante uma pulverização, por isso, existem algumas formas de classificar as gotas produzidas por uma ponta de pulverização. A mais utilizada é através do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), que consiste no diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, sendo expresso em micrometros (μm) (MATUO, 2005).

Esse parâmetro é utilizado para classificar a classe de gotas produzido pela ponta de pulverização. Classificando-o em gotas: “muito finas”, “finas”, “médias”, “grossas”, “muito grossas” e “extremamente grossas” (ASABE, 2009).

Matuo et al. (2001), divide as pontas de pulverização em dois grupos: pontas de jato cônico e pontas de jato plano.

As pontas de jato cônico, caracterizam-se pela formação de um jato em que as gotas formam um cone, podendo ser cheio ou vazio. Existem modelos de pontas de jato cônico com e sem a tecnologia de indução de ar, entretanto a maioria dos modelos no mercado é sem indução de ar. Produzindo dessa forma uma classe de gotas finas ou muito finas. Por essa razão, seu uso é recomendado para aplicação de inseticidas e fungicidas, principalmente em situações em que a cultura apresente alto índice foliar, onde a penetração do jato no dossel da cultura e a cobertura do alvo são essenciais. Entretanto, devido a classe de gotas reduzido, aumenta-se o risco de perdas por deriva e evaporação (CROSS et al., 2001).

Em pontas de jato cônico, o líquido é forçado através de um anel turbilhonador chamado de difusor, que contém um ou mais furos de formato tangencial ou helicoidal, atingindo a câmara de turbilhonamento com um movimento rotacional. Se o difusor possuir um orifício central, o jato cônico formado será “cheio”, se esse orifício não existir, o cone terá seu centro ocupado por ar, formando o jato cônico “vazio”. As pontas de jato plano caracterizam-se pela formação de um jato linear. O formato interno dessas pontas, proporciona um choque entre correntes de líquido com um orifício de formato elíptico, originando o jato em formato de leque. A abertura deste orifício é responsável pela vazão da ponta, distribuição das gotas e ângulo do leque (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011).

Dentro do grupo das pontas de jato plano, está presente o modelo de pontas de pulverização com pré orifício. Trata-se de uma tecnologia “antideriva”, onde as pontas hidráulicas são dotadas de um pré orifício por onde passa a solução de aplicação, posteriormente seguindo para outro orifício onde é formado o jato de pulverização. Esse sistema diminui a velocidade da solução, reduzindo consideravelmente a formação de gotas finas e muito finas, diminuindo o risco de deriva (BOLLER e RAETANO, 2011).

2.2.6 Parâmetros de Qualidade (Cobertura e Depósito)

Os parâmetros cobertura e depósito são os dois mais importantes componentes a serem avaliados no desempenho de uma aplicação (YU et al., 2009). Conceitualmente o depósito é uma avaliação quantitativa, na qual se verifica a quantidade de produto depositado por área no alvo e a cobertura, caracterizada como avaliação qualitativa, na qual se observa a porcentagem do alvo que foi coberta pela aplicação (NASCIMENTO, 2011).

Para que o produto fitossanitário expresse o controle esperado, é importante que haja cobertura e depósito adequados em todas as partes da planta (BAESSO et al., 2009). Segundo Boller e Machry (2007), a necessidade de cobertura do alvo depende do tipo de produto aplicado e do seu modo de ação. Maior cobertura e distribuição das gotas de pulverização são desejadas principalmente na utilização de produtos de contato (CUNHA et al., 2005 b).

De maneira geral, quanto menor o tamanho de gota produzida durante a pulverização maior é o percentual de cobertura sobre o alvo, em função do maior número de gotas geradas, porém, também é maior o risco de evaporação e deriva (ANTUNIASSI, 2004). Cross et al. (2001) relatam que, em condições ambientais adequadas, gotas com diâmetro de 100 a 200 μm , proporcionam boa cobertura do alvo.

A maioria dos estudos que envolvem a eficiência da aplicação de produtos fitossanitários, exige algum método quantitativo ou qualitativo de avaliação. Os métodos testados utilizam a avaliação visual, medição óptica e análise química. Nessas avaliações os alvos utilizados podem ser naturais (partes da planta) ou artificiais (papel hidrossensível, lâminas de vidro ou algum tipo de película) (SALYANI e WHITNEY, 1988).

Em alvos naturais, podem ser utilizados marcadores artificiais para avaliar parâmetros de depósito e cobertura do alvo. O método mais utilizado para a avaliação de depósito é a espectrofotometria, onde o marcador azul brilhante é quantificado através da leitura de absorbância com o auxílio do espectrofotômetro. As principais vantagens deste método são: facilidade de análise, possibilidade de detectar a absorbância da substância em baixas concentrações e baixo custo quando comparado a outros métodos (SANCHES, et al., 2008).

Com relação a análise de cobertura, os mecanismos mais utilizados para visualização das gotas são o papel hidrossensível (alvo artificial) e o marcador fluorescente. O corante marcador fluorescente é aplicado na cultura a ser avaliada, posteriormente folhas das plantas onde foi pulverizado o corante são coletadas para avaliação visual, em ambiente escuro com o auxílio de luz ultravioleta para visualização das gotas sobre o alvo (SOUZA et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante a safra de 2017/18 na Fazenda Escola da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, em Bandeirantes, PR,

com latitude 23°06'36" S e longitude 50° 22' 03" W, altitude de 492m e solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO (EMBRAPA, 2006).

O clima da região é descrito como mesotérmico subtropical úmido sem estação seca definida, mas com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 ° C e do mês mais frio inferior a 18 ° C. A precipitação pluvial média anual situa-se ao redor de 1400 mm (PARANÁ, 2011).

As análises foram realizadas no “Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas” - NITEC, no município de Bandeirantes/PR.

Para a realização desta pesquisa, foram instalados dois campos experimentais. O campo experimental I foi instalado no sistema de integração lavoura floresta (ILF) da Universidade Estadual do Norte do Paraná (latitude 23° 7'11.05"S e longitude 50°21'35.39"O). Foi utilizado a cultivar de soja BMX potência RR, em espaçamento de 0,45 m entre linhas e 12 plantas por metro. O espaçamento utilizado no plantio de eucalipto do sistema foi de 10 metros entre linhas e 2 m entre plantas. As aplicações e avaliações foram realizadas no dia 05/02/2018.

Figura 1 - Experimento instalado no sistema de integração lavoura floresta da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes-PR.



O campo experimental II foi instalado em sistema de cultivo com monocultura de soja, localizado a 20 m do sistema de integração lavoura floresta (latitude 23° 7'13.50"S e longitude 50°21'35.64"O). Foi utilizado a cultivar de soja BMX potência RR, em espaçamento de 0,45 m entre plantas e 12 plantas por metro. As aplicações e avaliações foram realizadas no dia 06/02/2018.

Figura 2 - Experimento instalado no sistema de monocultura localizado ao lado do sistema ILF da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes-PR.



3.1 Delineamento experimental

O delineamento utilizado para ambos os experimentos foi blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelo esquema fatorial de três modelos de pontas de pulverização, proporcionando três diferentes classes de gotas e dois horários de aplicação. A pressão de trabalho e velocidade de deslocamento foram ajustadas para proporcionar uma taxa de aplicação de 100 L ha^{-1} em todos os tratamentos.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos avaliados nos experimentos I e II.

TRATAMENTOS	PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	PRESSÃO DE TRABALHO (kPa)	HORÁRIOS DA APLICAÇÃO	VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO (m s^{-1})	TAXA DE APLICAÇÃO (L ha^{-1})
T1	ATR 80 1.5	882	07:00h às 09:00h	2.05	100
T2	JFC 80 015	330	07:00h às 09:00h	2.05	100
T3	ADI 110 02	241	07:00h às 09:00h	2.05	100
T4	ATR 80 1.5	882	15:00h às 17:00h	2.05	100

T5	JFC 80 015	330	15:00h às 17:00h	2.05	100
T6	ADI 110 02	241	15:00h às 17:00h	2.05	100

Tabela 2 - Características e especificações dos modelos de pontas de pulverização utilizados nesta pesquisa.

PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	MATERIAL DE FABRICAÇÃO	FORMATO DO JATO	ÂNGULO DO JATO	ESCALA PRESSÃO DE TRABALHO (kPa)	CLASSE DE GOTAS
ATR 80 1.5	Cerâmica	Cone Vazio	80°	414 a 2068	Muito Fina (VF)
JFC 80 015	Cerâmica	Cone Cheio	80°	310 a 724	Fina (F)
ADI 110 02	Cerâmica	Jato Plano	110 °	207 a 517	Média (M)

Fonte: Jacto (2019)

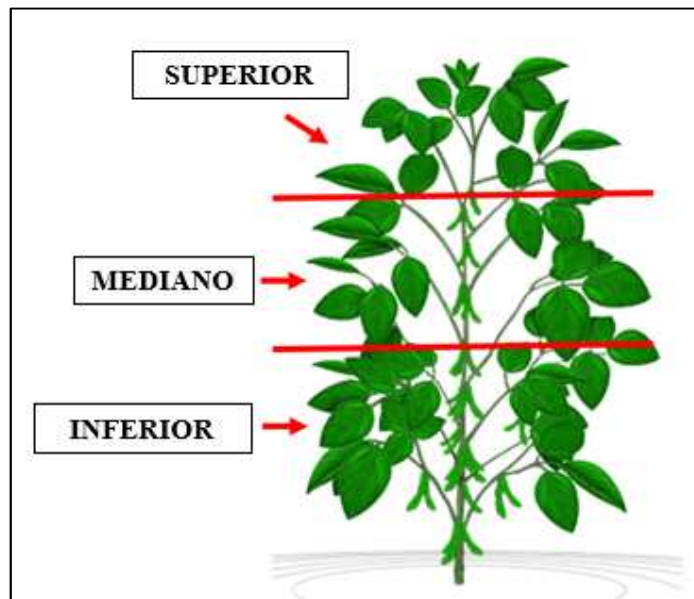
O modelo de ponta ADI, possui um jato plano com 110° de angulação e a tecnologia pré-orifício, produzindo uma classe de gotas médias, com menor risco de deriva e boa cobertura. O modelo JFC apresenta um jato cônico do tipo “cheio”, com 80° de angulação. Produz uma classe de gotas fina, proporcionando excelente cobertura do alvo. O modelo ATR também apresenta um jato cônico, porém do tipo “vazio”, com 80° de angulação. Produz uma classe de gotas muito fina, sendo uma boa opção para fungicidas e inseticidas (JACTO, 2019).

Cada unidade experimental apresentou 3,5m de largura por 20 m de comprimento, com bordadura de 0,5 m, totalizando 47,5 m² de área útil (2,5 x 19 m).

A qualidade das aplicações foi avaliada por meio de depósito (mg cm⁻²) e cobertura (%) nas folhas. As perdas para o solo foram por lavagem em placas de vidros.

Para o depósito e cobertura foi investigado o efeito das classes de gota, horário de aplicação e locais de coleta (terço inferior, mediano e superior do dossel da planta). Para as perdas para o solo foi investigado o efeito das classes de gota, horário de aplicação e local de coleta no solo (entrelinha).

Figura 3- Subdivisão dos terços (inferior, mediano e superior), considerados para coleta no dossel da planta de soja.



3.2 Técnicas de aplicação

A pulverização foi realizada no momento em que cultura da soja estava em estágio fenológico R4, momento crítico para a aplicação de produtos fitossanitários, caracterizado pelo grande enfolhamento da cultura e dificuldade de penetração das gotas no dossel das plantas.

A calda utilizada nas aplicações foi composta por água em mistura com os marcadores Azul Brilhante FD&C-1 (marcador de depósito e perdas para o solo) e Amarelo Fluorescente FD&C Yellow n.5 (marcador de cobertura), ambos na concentração de 6 g L^{-1} . A calda foi preparada imediatamente antes das aplicações. Mantida em agitação constante através do retorno da bomba ao reservatório, visando manter a homogeneização da calda, durante a aplicação.

As pulverizações foram realizadas usando um pulverizador equipado com uma bomba de pulverização acoplada diretamente à tomada de força de um trator Agrale 4100 de 10,7 kW. A barra de pulverização possui 3,5 m de comprimento, com sete bicos espaçados a 0,5 m entre si, operando a uma altura de 0,5 m em relação a parte mais alta da cultura.

As pontas de pulverização utilizadas para o trabalho foram do tipo cone vazio, cone cheio e leque com pré orifício, modelos ATR 80 1.5 (882 kPa), JFC 80 015 (330 kPa) e ADI 110 02 (241 kPa), produzindo classes e gotas muito finas, finas e médias, respectivamente.

A pressão do circuito hidráulico foi de 882 kPa para a ponta de pulverização ATR 80 1.5, 330 kPa para a JFC 80 015 e 241 kPa para a ADI 110 02.

A velocidade de deslocamento foi ajustada para $2,05 \text{ m s}^{-1}$, resultando na taxa de aplicação de 100 L ha^{-1} para todos os tratamentos.

Figura 4- Aplicação na cultura da soja, em sistema de Integração Lavoura Floresta para avaliação da cobertura e depósito nos estratos inferior médio e superior.



Durante a pulverização, a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram monitorados dentro e fora do sistema de integração lavoura floresta, simultaneamente, com auxílio de dois equipamentos denominados termo-higroanemômetro digital, modelo AK821, marca Asko.

Figura 5 - Condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro e fora do sistema de integração, durante as aplicações realizadas no experimento I (sistema ILF), no dia 05/02/2018, Bandeirantes-PR.

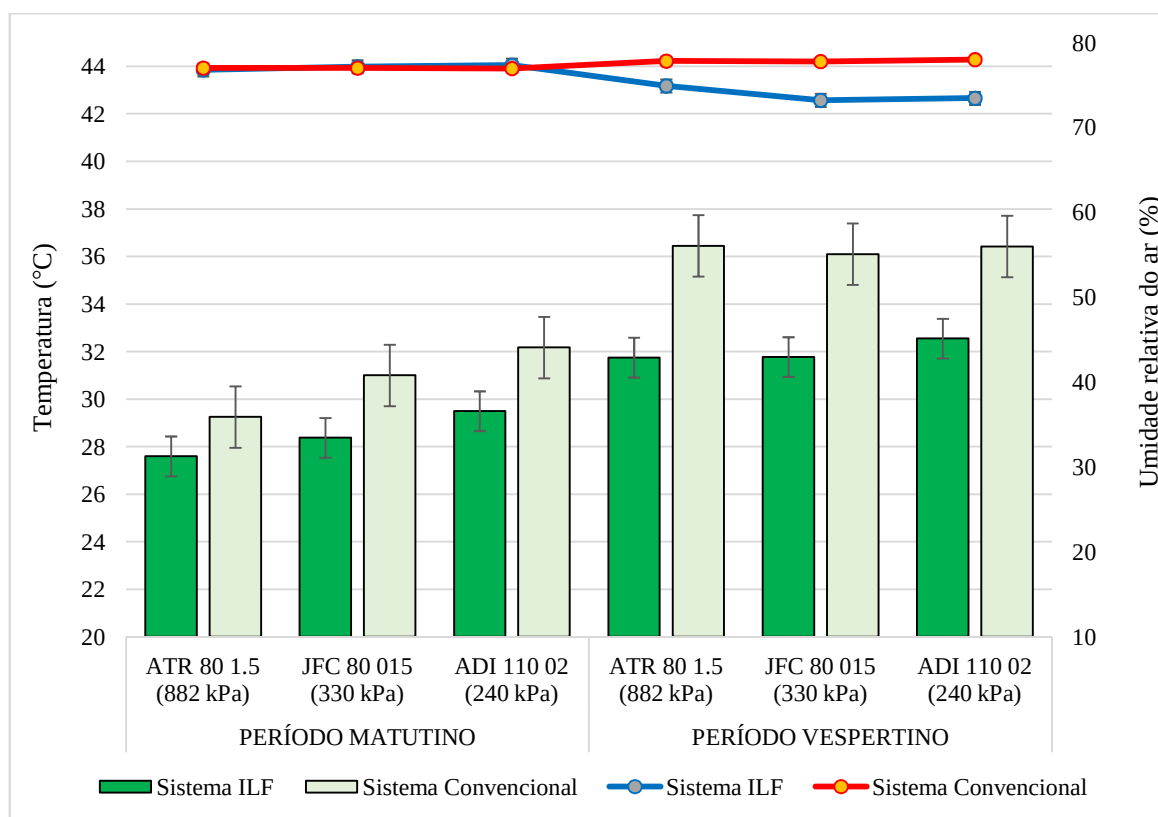


Figura 6 - Condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro e fora do sistema de integração, durante as aplicações realizadas no experimento II (sistema de monocultura), no dia 06/02/2018, Bandeirantes-PR.

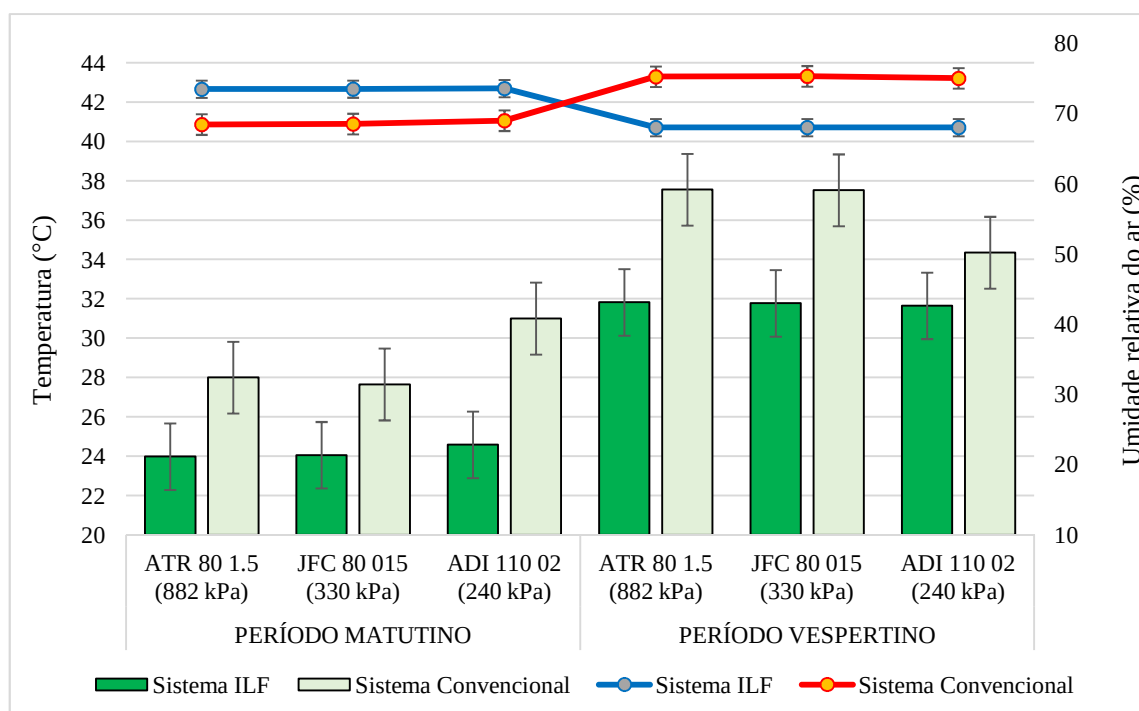


Figura 7 - Condições de temperatura e umidade relativa do ar registradas durante a aplicação dos tratamentos no experimento I (Sistema ILF) e no experimento II (sistema de monocultura). Comparação entre os valores obtidos em cada experimento. Bandeirantes-PR.

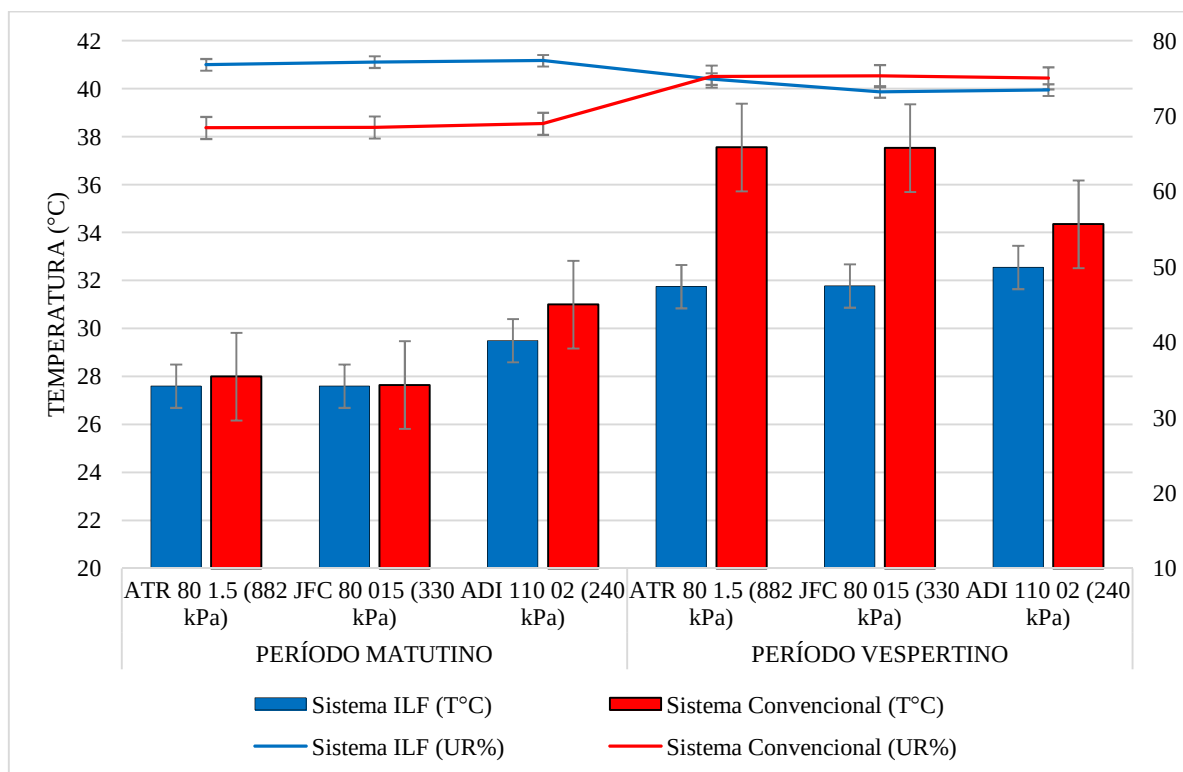


Tabela 3 - Velocidade média do vento (m.s^{-1}) registrada durante a aplicação de cada tratamento nos sistemas de monocultura e de integração lavoura-floresta (ILF).

	Pontas de Pulverização	Sistema Monocultura (m s^{-1})	Sistema ILF (m s^{-1})
Período matutino	ATR 80 1.5 (882 kPa)	3.00	1.53
	JFC 80 015 (330 kPa)	1.93	1.75
	ADI 110 02 (240 kPa)	2.48	1.30
Período vespertino	ATR 80 1.5 (882 kPa)	1.03	1.50
	JFC 80 015 (330 kPa)	1.10	1.05
	ADI 110 02 (240 kPa)	1.65	1.23
	Média período matutino	2,47	1,53
	Média período vespertino	1,26	1,26

3.3 Avaliação da Qualidade de Aplicação

As avaliações realizadas na cultura da soja foram a depósito (quantitativa) na qual se analisa a quantidade de produto depositado no alvo e a cobertura (qualitativa), na qual se determina a porcentagem do alvo que foi coberta pelas gotas de pulverização, ambas utilizadas conceitualmente para avaliação da qualidade da aplicação.

Para avaliação do depósito, cada parcela foi dividida em cinco pontos amostrais representados por uma planta. Em cada ponto amostral, o dossel da soja foi dividido em três estratos (inferior, mediano e superior) e coletado duas folhas por estrato, totalizando 30 folhas por parcela e 120 folhas por tratamento.

As folhas coletadas para análise do depósito, foram acondicionadas individualmente em um saco plástico e posteriormente foram adicionados 25 mL de água destilada e realizada agitação para remoção do marcador Azul Brilhante. O líquido resultante foi colocado em um recipiente plástico e realizado a leitura de absorbância por espectrofotômetro (630 nm), marca Femto®, modelo 600 S. Em seguida as folhas foram retiradas dos sacos plásticos e medida a sua área com a utilização do software Windias®.

Por meio da confecção de uma curva padrão (com 18 diluições da calda conhecidas e os seus respectivos valores de absorbância) foi calculada uma equação linear ($y = b + ax$) para possibilitar a determinação da concentração do corante, em mg L^{-1} , em função da absorbância mensurada em cada amostra.

De posse dos valores de concentração foram determinados os volumes de calda retidos no alvo, em μL , pela equação (1), conforme metodologia descrita por Dario (2018).

$$V_i = \frac{C_f \cdot V_f}{C_i} \cdot 1000$$

Em que:

C_i : concentração do corante na calda (g L^{-1});

V_i : volume capturado pelo alvo (μL);

C_f : concentração do corante detectada em espectrofotômetro fornecido pela equação linear (mg L^{-1}); e

V_f : volume que foi utilizado na lavagem da amostra (mL).

O volume de calda retido no alvo foi dividido por sua respectiva área foliar (cm^2) para determinação do depósito em volume/área ($\mu\text{L cm}^{-2}$), sendo este denominado como depósito efetivo e/ou absoluto.

Figura 8 - Espectrofotômetro, marca Femto®, modelo 600 S utilizado para realização da leitura de absorvância (630 nm), das amostras obtidas durante esta pesquisa.



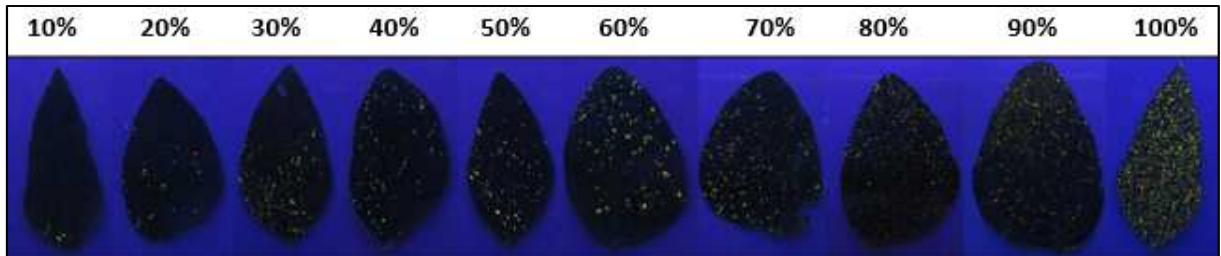
A cobertura foi avaliada na face adaxial das folhas da soja, por meio da visualização do marcador Amarelo Fluorescente ($0,6\% \text{ m v}^{-1}$). Após a aplicação foram coletadas aleatoriamente 5 pontos em cada parcela, onde, cada ponto de coleta foi dividido em terço inferior, médio e superior da planta, em cada terço foram coletadas duas folhas e acondicionadas em sacos de papel, para armazenamento e proteção das amostras, principalmente contra a incidência de raios solares que pudessem degradar o corante marcador.

Em seguida, a cobertura nas folhas foi quantificada por observação em ambiente escuro com iluminação ultravioleta (devido as características de fluorescência do corante marcador submetido a esse tipo de iluminação), comparando-as a uma escala pré-definida com variação de percentagens de cobertura de 0 a 100%, com intervalos de 10%.

Para a confecção da escala foram coletadas 50 folhas ao acaso de plantas pulverizadas nas mesmas condições do ensaio, e em seguida, selecionadas onze folhas com coberturas

variando de 0 a 100%, correspondendo à mínima e máxima cobertura obtida pela tecnologia adotada.

Figura 9 - Escala pré-definida de cobertura das folhas de soja, com variação de percentagens de cobertura de 10 a 100%, com intervalos de 10%.



3.4 Avaliação de perdas para o solo

As perdas foram estimadas na superfície do solo, sendo utilizadas como coletor, placas de vidro com dimensão de 0,2 metros de comprimento por 0,1 metro de largura, posicionadas nas entrelinhas da cultura, em 5 pontos aleatórios de cada unidade experimental.

Após a aplicação, as placas foram acondicionadas individualmente em recipientes de plástico rígido, adicionado 50 mL de água destilada e logo em seguida realizada a agitação para remoção do marcador Azul Brilhante. A metodologia utilizada para quantificação da depósito no solo foi à mesma utilizada para a quantificação do depósito nas folhas.

O volume coletado foi dividido pela área das placas de vidro (200 cm²) para determinação do volume/área (μL cm⁻²), sendo este denominado nesta pesquisa como perda efetiva ou absoluta.

Também foi calculado a perda teórica total, que representa a depósito fictícia do volume total aplicado de modo totalmente uniforme sobre as placas ou solo, conforme a equação (2).

$$P_{teórica\ total} = \frac{V}{10^2}$$

Em que:

P_{teórico total}: Perda teórica total (μL cm⁻²); e
V: Taxa de aplicação (L ha⁻¹)

3.5 Análise Estatística

Foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene para que possa ser aplicada a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Intervalo de confiança a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios de cobertura (%) e depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$), referentes ao experimento realizado no sistema de integração lavoura floresta (Figura 13 e Figura 14) e no sistema de monocultura (Figura 15 e Figura 16), indicam diferença em relação ao horário de pulverização e modelo de ponta utilizada ao se analisar os estratos inferior médio e superior da cultura da soja.

Figura 10 - Cobertura (%) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema ILF.

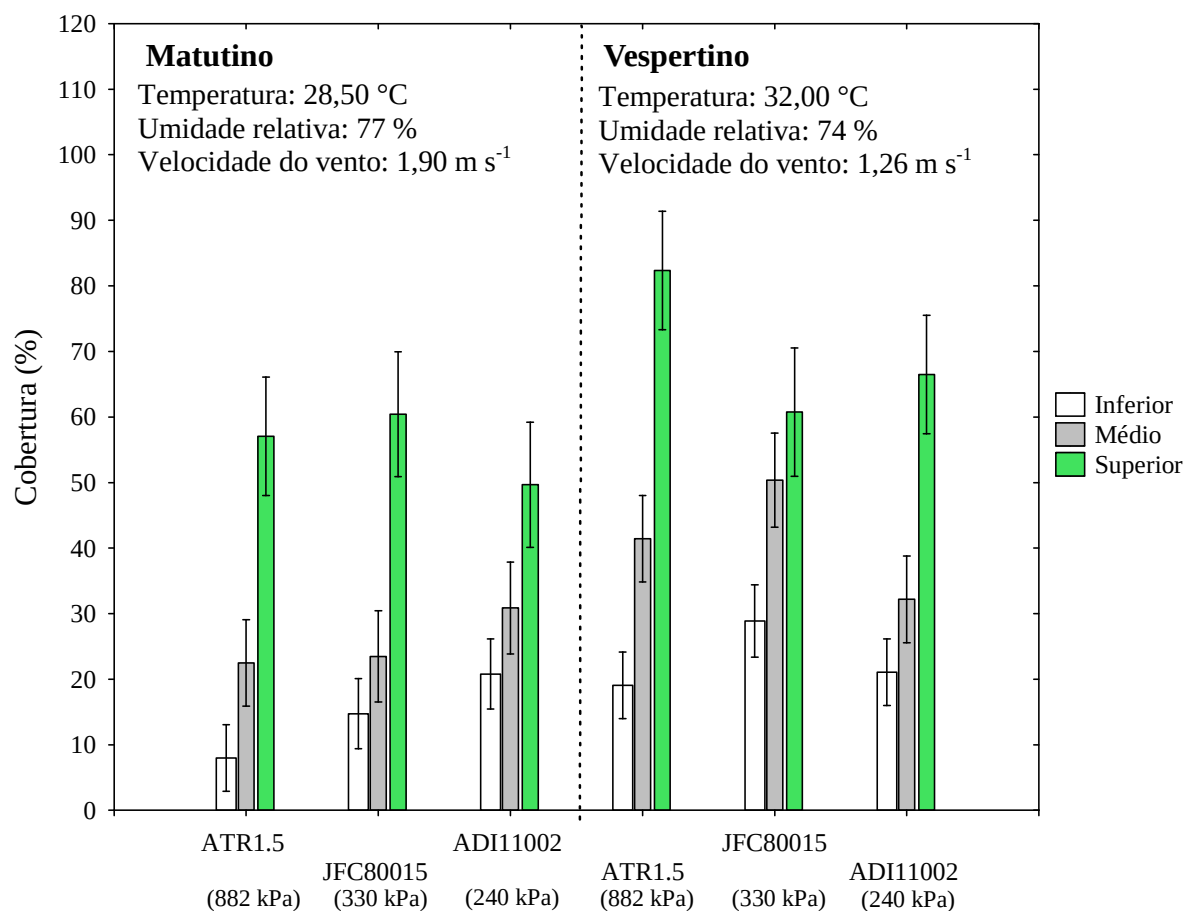


Figura 11 - Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema II F

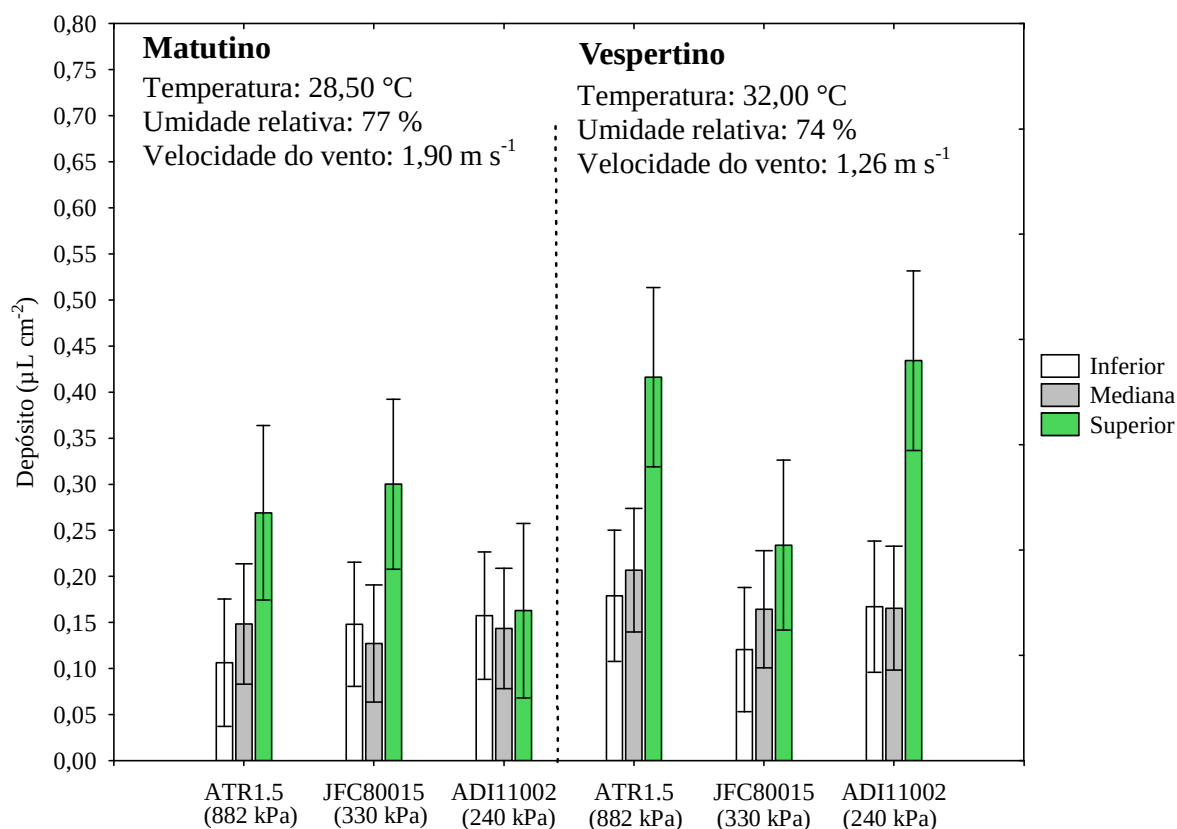


Figura 12 - Cobertura (%) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema de monocultura.

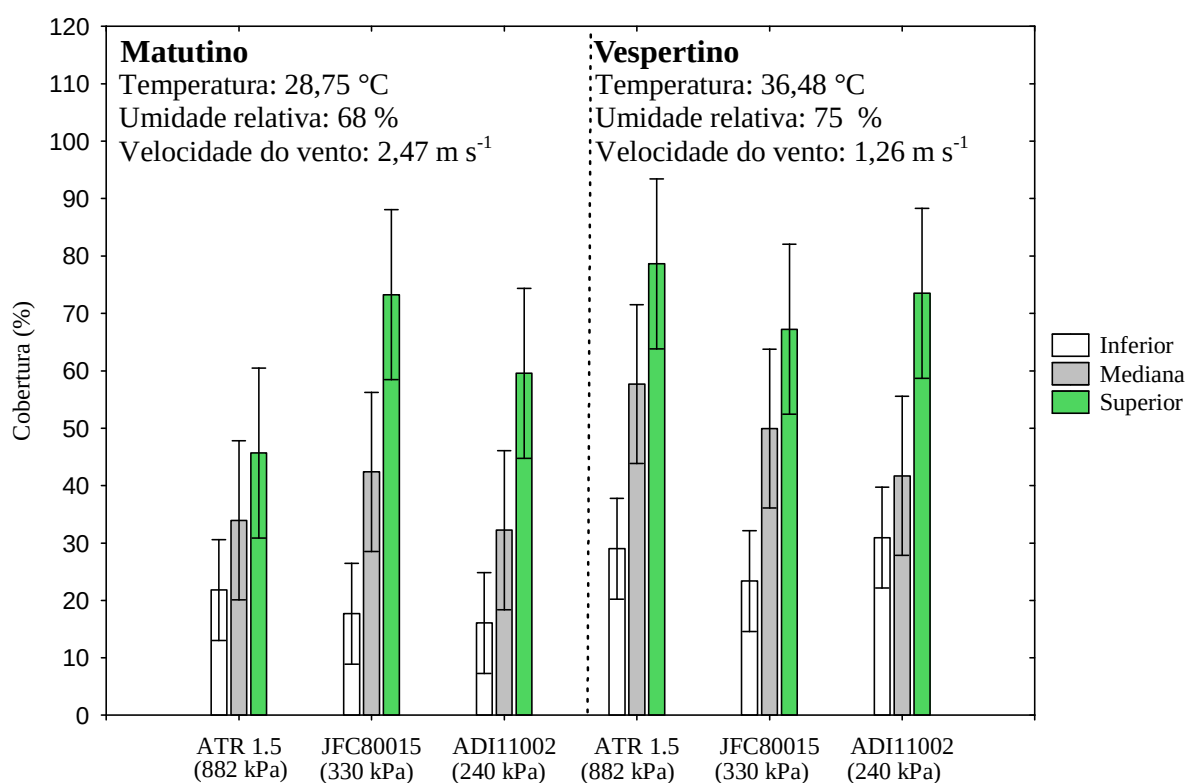
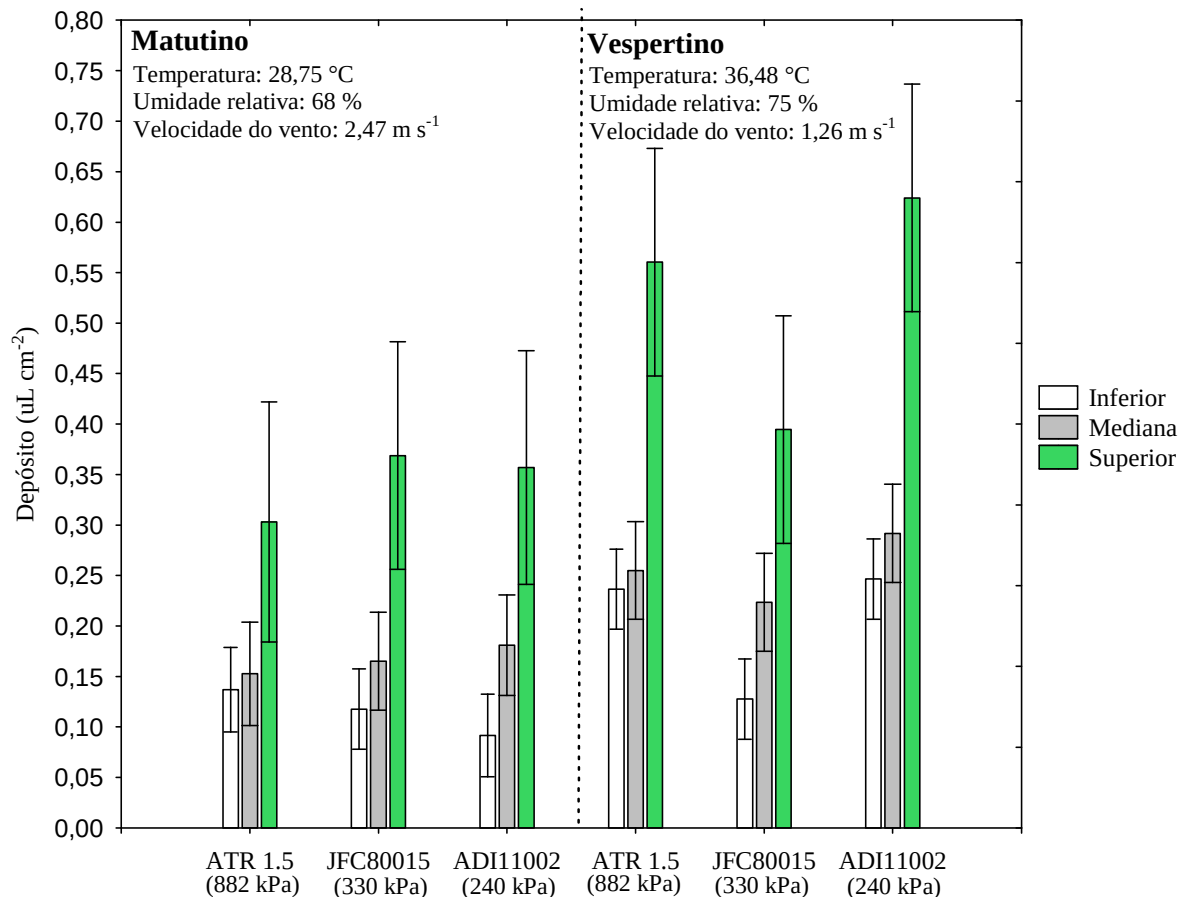


Figura 13 - Depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície das folhas de soja nos estratos inferior, médio e superior em função de três classes de gotas nos períodos matutino e vespertino no sistema de monocultura.



A pulverização na cultura da soja no período vespertino aumentou o percentual de cobertura e depósito absoluto, principalmente nos estratos médio e inferior da cultura da soja, independente da classe de gota utilizada, mesmo com condições de temperatura alta, diferente do período matutino onde a temperatura se apresentava mais amena. Tal fato pode ser explicado pela alteração na angulação das folhas de soja, ocasionado principalmente pelo aumento da incidência solar e temperatura. Essa relação fica ainda mais evidente quando se analisa os dados obtidos no experimento realizado em sistema de monocultura, onde a variação das condições meteorológicas entre os períodos do dia foi mais acentuada que no sistema de integração, apresentando, no período vespertino, condições de alta temperatura ($36,48^{\circ}\text{C}$).

Para aumentar as taxas fotossintéticas através da maior interceptação de luz, ou evitar danos pelo excesso de sol, as plantas de soja possuem movimentos reversíveis dos folíolos durante o dia (RAKOCEVIC et al., 2010).

Nas primeiras horas do dia, em condições meteorológicas amenas, a posição das folhas tende a ficar na horizontal. Ao longo do dia, este posicionamento tende para a vertical com as

extremidades voltadas para cima, devido ao aumento da incidência solar temperatura ambiente (BOLLER et al., 2011).

Em pesquisa realizada por Müller et al. (2018), foi constatado o heliotropismo na cultura da soja. As plantas demonstraram uma resposta geral de evitar raios solares diretamente sobre as lâminas foliares, tanto de folíolos centrais como laterais. As aplicações realizadas nos horários próximos ao meio dia demonstraram maior eficiência, atingindo o interior do dossel vegetativo.

Ao relacionar tal fato com os resultados obtidos no trabalho, fica evidente que a alteração na angulação das folhas de soja no período vespertino, devido ao aumento da incidência solar e temperatura, favoreceu a penetração das gotas no dossel da cultura, aumentando o percentual de cobertura e o depósito nos estratos médio e inferior, quando comparada ao período matutino, independente da classe de gotas utilizadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Graziano et al. (2017) que constatou em sua pesquisa que a cobertura e depósito nos estratos médio e inferior foi maior quando a pulverização aconteceu às 14:00h, com condições de temperatura média de 36,8°C e umidade relativa do ar de 51%.

Ao se utilizar classes de gotas finas e muito finas, JFC80015 (330 kPa) e ATR1.5 (882 kPa) respectivamente, a cobertura tende a ser maior em todos os estratos, devido a maior facilidade de penetração no dossel e a maior quantidade de gotas produzidas com o mesmo volume de água, quando comparadas às gotas médias (ADI 11002 240 kPa), principalmente no período vespertino, onde a posição das folhas da cultura da soja favoreceu a penetração no dossel.

A ocorrência de maior cobertura do alvo e penetração no dossel da cultura com a utilização de gotas finas e muito finas é relatada em vários trabalhos (CARVALHO, 2013; CUNHA et al., 2006; CUNHA e PERES, 2010)

Chechetto e Antuniassi (2012) ressaltam a importância da seleção correta de pontas de pulverização, principalmente para aplicações de fungicidas e inseticidas em situações em que a cultura apresente um alto índice foliar, onde recomendam o uso de pontas que produzam classe gotas finas e muito finas, com o objetivo de aumentar a cobertura do alvo e penetração no dossel da planta.

Comparando os resultados médios de depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$), é possível observar que não houve diferenças significativas entre os modelos de pontas utilizadas. Mesmo com uma porcentagem de cobertura relativamente menor, quando se trata de gotas maiores o volume de calda presente em cada gota é superior do que o volume presente em gotas mais finas. Dessa

forma, mesmo que com menor distribuição, devido ao número menor de gotas formadas, o volume depositado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) tende a não variar.

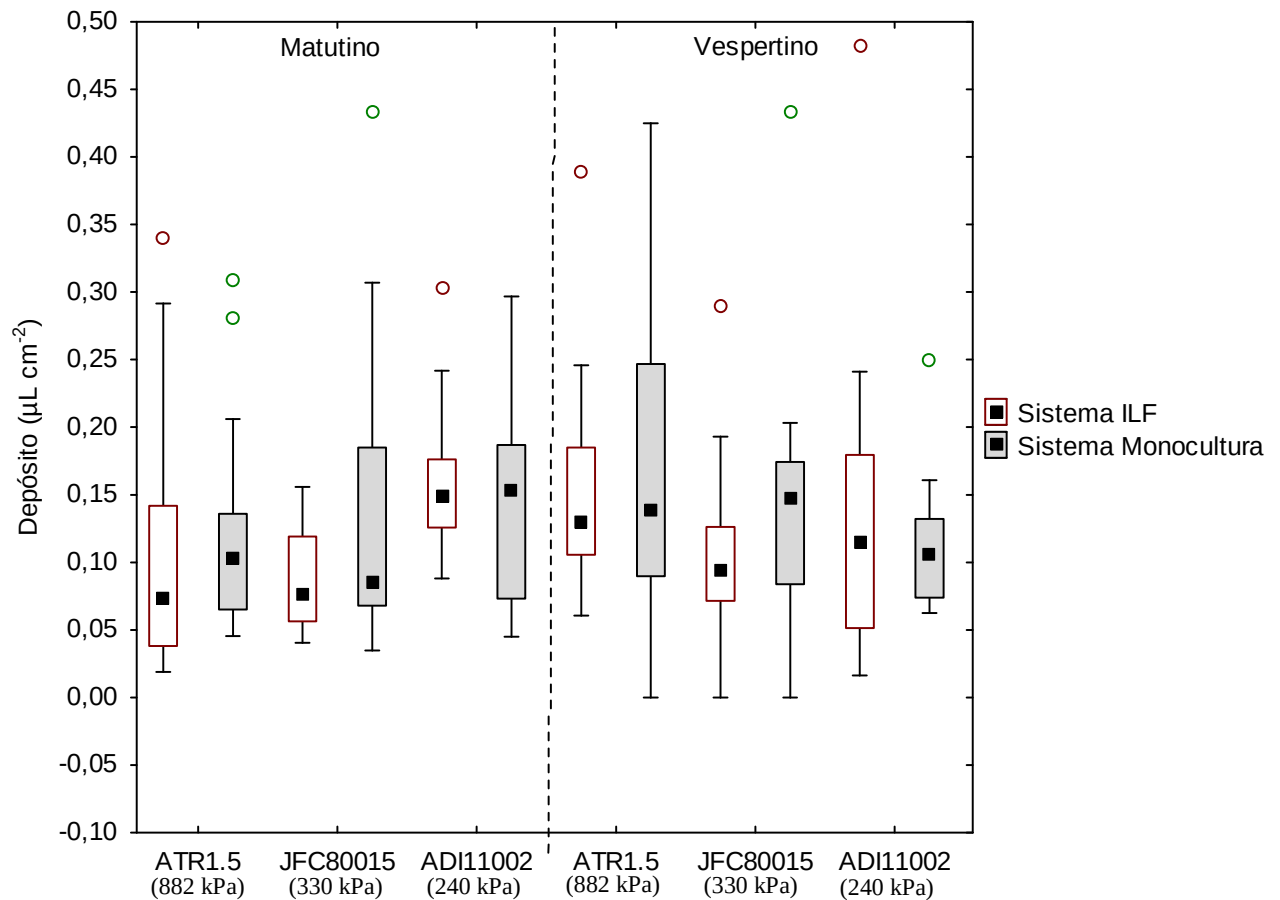
Ao se comparar os resultados de depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) obtidos no sistema de monocultura com os obtidos no sistema de integração (Figuras 14 e 16), é possível observar que o depósito da calda nos estratos da cultura não diferiu significativamente entre os sistemas, quando a aplicação aconteceu no período matutino. Entretanto, o depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) tende a ser maior nos tratamentos aplicados em sistema de monocultura, quando a aplicação aconteceu no período vespertino. Reforçando a hipótese da alteração na angulação das folhas da cultura citada anteriormente.

Tal fato contradiz algumas recomendações presentes na literatura que dizem que em condições meteorológicas adversas, como temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento, cobertura e o depósito nos estratos da planta diminuem (CROSS et al., 2001; ANTUNIASSI et al., 2005). Balan (2008) recomendam que as pulverizações de produtos fitossanitários sejam realizadas pela manhã ou ao final da tarde, a fim de evitar altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, e consequentemente a evaporação rápida do produto aplicado e perdas por deriva.

Ao se verificar a literatura e os resultados obtidos no trabalho, é possível concluir que não se deve analisar as condições meteorológicas, situação fisiológica e morfológica da planta e a tecnologia de aplicação utilizada, de forma isolada. Pelo contrário, é fundamental que essa análise seja feita em conjunto para o correto ajuste da tecnologia, de forma a se aumentar a cobertura e o depósito no dossel da planta, principalmente no estrato inferior do dossel.

Na figura 17 estão expostos os resultados médios de perdas para o solo ($\mu\text{L cm}^{-2}$), referentes aos experimentos realizados no sistema de monocultura e de integração lavoura floresta, nos períodos matutino e vespertino, em formato de Box-plot.

Figura 14 - Box-plot representando perdas para o solo ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na linha e entre linhas, em função de três classes de gotas, nos períodos matutino e vespertino, analisadas no sistema ILF e no sistema de monocultura.



Ao analisar os dados pode-se observar que, para as classes de gota fina e muito fina (JFC80015 e ATR1.5) as perdas para o solo aumentaram no período vespertino, em ambos os sistemas, sendo ainda mais evidente no sistema de monocultura, onde as condições meteorológicas no período vespertino foram mais extremas que no sistema de integração. Este fato reforça a hipótese de que o movimento heliotrópico das folhas da cultura da soja, favoreceu a penetração das gotas no dossel da cultura de tal forma que, mais gotas atingiram o solo. Entretanto, o mesmo comportamento não aconteceu para a classe de gotas média (ADI11002) que apresentou maiores perdas para o solo no período matutino, onde as condições de temperatura e umidade se apresentavam mais amenas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Graziano et al. (2017), que constatou em sua pesquisa maiores perdas para o solo quando a aplicação de produtos fitossanitários foi realizada às 14:00h, momento em que a temperatura era de 36,8°C e umidade relativa do ar de 51%.

5 CONCLUSÃO

Os valores de depósito e cobertura nos estratos superior, mediano e inferior foram decrescentes em todos os tratamentos.

As aplicações realizadas no horário vespertino favoreceram a cobertura e o depósito em todos os estratos, bem como aumentaram as perdas para o solo.

O estabelecimento do sistema de Integração Lavoura Floresta proporcionou redução da temperatura ambiente.

As perdas para o solo foram maiores no sistema de monocultura. Entretanto, os valores de depósito e cobertura foram maiores, em todos os estratos, no sistema de monocultura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propõe-se para trabalhos futuros, avaliar a ocorrência de inversão térmica na área, pois, esse fenômeno pode afetar diretamente os resultados de cobertura e depósito e está relacionado com a velocidade do vento. Partindo do princípio que, o componente arbóreo do sistema de integração funciona como quebra vento. Realmente foi constatado uma menor velocidade do vento no sistema ILF durante a execução desse trabalho, porém, não foi possível relaciona-la aos resultados de cobertura e depósito. Dessa forma, é importante verificar a hipótese de que há probabilidade de ocorrência de inversão térmica dentro do sistema é maior.

Outro fator importante que não foi considerado no trabalho é com relação aos pontos de sombreamento no sistema ILF. Durante a execução desta pesquisa, observamos que, ocorrem vários pontos de luminosidade na cultura da soja e também pontos sem luminosidade (sombreamento), ao decorrer do dia. Uma variável que pode influenciar os resultados de cobertura e depósito.

7 REFERÊNCIAS

- ALHEIDARY, M.; DOUZALS, J. P.; SINFORT, C.; VALLET, A. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: A literature review. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 63, p. 120–130, Set, 2014.
- ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 47).
- ALVARENGA, R. C.; ALBERNAZ, W. M.; VIANA, M. C. M.; GONTIJO NETO, M. M.; PINTO JÚNIOR, E. S. **Integração lavoura-Pecuária-Floresta em Latossolo Vermelho Distrófico de Maravilhas-Mg, região do cerrado: implantação do eucalipto e do milho e resultados do primeiro ano**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO. Goiânia, 2010.
- ALMEIDA, R. G.; OLIVEIRA, P. P. A.; MACEDO, M. C. M.; PEZZOPANE, J. R. M. **Recuperação de pastagens degradadas impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, Bonito, MS, 2011.
- ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. São Paulo, 2010.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R.; BIZARI, I. R. **Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5, Londrina-PR. Anais. Londrina: SBI-Agro, 2005.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo – RS, v. 1, p. 51-80, 2011.
- ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de Soja**, v. 13, p. 299-317, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Fepaf, 2004.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista plantio direto**, Pelotas, v.15, p. 17-22, 2006.
- ASABE S572.1. **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra**. American Society of Agricultural Engineers St. Joseph, Michigan, 4 pp, 2009.
- BALAN, M. G. Depósito da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011.130p.
- BAESSO, M. M.; GOULART JUNIOR, R.; TEIXEIRA, M. M.; RODRIGUES JUNIOR, F. A.; RUAS, R. A. A. Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica de bicos hidráulicos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 120-127, 2009.

BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; COSTA, D. I. da. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. **Revista Plantio Direto**, v. 121, p. 33-37, 2011.

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

BOLLER, W.; RAETANO, C.G. **Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras**. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Passo Fundo – RS, v. 1, p. 51-80, 2011.

CABEDA, R.; WELTER, B., **Influência do volume de aplicação para o controle de doenças na cultura do trigo**. In: BORGES, L.D. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, p.69-74, 2006.

CARVALHO, B. O. **Fungicida e ativador de defesa no controle da ferrugem asiática, na produção e na qualidade das sementes de soja**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2013.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 17p. (Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa).

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e de tomate**. Embrapa Meio Ambiente, 1999.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R. Classe de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, p. 130-142, 2012.

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

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

CORDEIRO, A. M. C. **Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas**. In: ZAMBOLIM, L. Manejo integrado: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CROSS, J. V. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protec.**, 2001.

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

CUNHA, J. P. A. R.; 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. 597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1360-1366, 2006.

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, p. 1069-1074, 2005 (a).

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Depósito e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005 (b).

DA COSTA, D. I. **Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. 2009. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Passo Fundo, 2009.

DARIO, G. **Técnicas de aplicação de produtos fitossanitários no tomateiro em ambiente protegido**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. **Agroforesterie: des arbres et des cultures**. Paris: France Agricole, 413p, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. 306p. Rio de Janeiro. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa no Cerrado. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 1. ed. 400p. Brasília. 2015.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Depósito da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p. 1738-1744, 2009.

FERREIRA, M. C. **Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários em cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. D. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. D. (Org.). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Prol, v. 1, p. 293-303, 2006

FRIEDRICH, T. **Quality in pesticide application technology**. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Botucatu: Fepaf, 2004.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2001. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP), Botucatu-SP.

GRAZIANO, C. E. P. L.; ALVES, K. A.; GANDOLFO, M. A.; DARIO, G.; OLIVEIRA, R. B. Spraying quality of crop protection products using two droplet spectra in three periods of the day. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 6. 2017.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, FILHO, C. de; LANDERS, J.N. **A erosão e o seu impacto**. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J.R.R. (Ed.). Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p.47-60. 2002.

IBGE. **Censo agropecuário 2006/2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

Jacto, 2019. **Catálogo Geral de Bicos**. Disponível em: <<https://www.jacto.com/brasil/products/bicos-ceramicos/catalogo-geral-dos-bicos>>. Acessado em: 27 de junho de 2019.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G. **Vantagens da ILP na recuperação de pastagens degradadas**. In: SIMPÓSIO MATOGROSSENSE DE BOVINOCULTURA DE CORTE, 1., 2011, Cuiabá. Anais... Cuiabá: Juscemil Serafim, p. 63-73, 2011.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C.H. B. **Sistema de Integração Agricultura e Pecuária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001.

KISSMANN, K. G. **Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos: A visão da indústria química**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001. Jundiaí. Anais... Jundiaí: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C.; CECCON, G. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Embrapa Floresta, documento 110, 48p. 2011.

MACIEL, C. F. S. **Perda por evaporação durante a pulverização hidráulica em diferentes condições meteorológicas**. 2016. 70 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R. Droplets spectrum at different vapour pressure deficits. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p 41-46, 2016.

MAGDALENA, J. C. et al. Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos em agricultura. In: MAGDALENA, J. C. et al. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: CYTED. p. 17-26, 2010.

MATTHEWS, G. A. **The application of chemicals for plant disease control**. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J.M.; WALLER, S.J. Plapathologist's pocketbook. London: CAB, 2002.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de produtos fitossanitários**. Jaboticabal: Funep, 1990.

MATUO, T. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. Brasília, ABEAS; Viçosa, UFV. Curso Proteção de Plantas. Módulo 2 -2.1; 2.2, 86 p, 2005.

MATUO, T.; PIO, L.C; RAMOS, H.H.; FERREIRA, L.R. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. Curso de proteção de plantas. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Módulo 2, 85 p, 2001.

MEDEIROS, F. M. **Cobertura do solo na deriva e depósito de pulverizações sobre alvos artificiais**. 2014 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes-PR.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MILLER, P. C. H. **Reducing the risk of drift from boom sprayers**. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Botucatu: Fepaf, 2004.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; LANG, C. R. **Sistemas de integração lavoura-pecuária no Subtropical da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, Curitiba. 2007.

MÜLLER, M.; CHAVARRIA, G.; RAKOCEVIC, M.; BOLLER, W.; CAVERZAN, A.; SCHNEIDER, J.R. **Movimentos heliotrópicos e deposição de gotas de produtos fitossanitários em soja**. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA. Goiânia – GO, 2018.

NASCIMENTO, A. B. **Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação**. 2011 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR.

NASCIMENTO, A. B.; OLIVEIRA, G. M.; BALAN, M. G.; HIGASHIBARA, L. R.; ABI-SAAB, O. J. G. Depósito de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 105-110, 2012.

NUYTENS, D.; SHAMPHELEIRE, M.; STEURBAUT, W.; BAETENS, K.; VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B.; RAMON, H.; SONCK, B. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 2: Spray application technique. **Aspects Applied Biology**, Wellesbourne, v. 77, p. 321-329, Jan, 2006.

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

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 01-09, 2009.

PARANÁ. Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento. Instituto de terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba, 2011.

PRIMAVESI, O. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

RADOMSKI, M.I.; RIBASKI, J. **Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

RAKOCEVIC, M.; NEUMAIER, N.; OLIVEIRA, G.M. de.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Heliotropic responses of soybean cultivars at three phenological stages and under two water regimes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 661-670, 2010.

RIBASKI, J.; VARELLA, A. C.; FLORES, C. A.; MATTEI, V. L. **Experiências com sistemas silvipastoris em solos arenosos na fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO BIOMA PAMPA, Pelotas, 2009.

RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, J. G.; GANDOLFO, A. Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e depósito do herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p.90–95, 2011.

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

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

SANTOS, R. B. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop-MT. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 1, 2013.

SANCHES, J.; MEDINA, R.; RODRIGUEZ, F.; CALLEJON, A. Use of food dyes as tracers to measure multiple Spray deposits by ultraviolet visible Absorption spectrophotometry. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 52, n. 4, p. 1177-1186, 2008.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B. Droplets spectrum of air-assisted boom sprayers under different environmental and operational conditions. **Agriambi**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 92-96, 2016.

SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABRIELS, D.; SPANOGHE, P. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, Bedford, v. 9, p. 1-12, Oct. 2008.

SILVA, T. E.; OSIPE, J.B.; GANDOLFO, U.D. OLIVEIRA, J.F.; GANDOLFO, M.A.; OSIPE, R. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1229-1234, 2011.

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.