

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL**
Campus Ibirubá

MARCOS VINICIUS ENGEL

**INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADORES NA MICRORREGIÃO DO ALTO
JACUÍ**

**Ibirubá
2023**

MARCOS VINICIUS ENGEL

**INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADORES NA MICRORREGIÃO DO ALTO
JACUÍ**

Trabalho de Conclusão de Curso II, apresentado junto ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, *Campus* Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Daniel Uhry.

Co-orientadora: Dra. Daniela dos Santos.

Ibirubá

2023

RESUMO

A crescente demanda mundial por alimentos faz com que a agricultura exerça papel fundamental para o desenvolvimento humano. Na busca por maiores produtividades e qualidade dos produtos agrícolas, o uso de agrotóxicos é uma técnica fundamental, e os pulverizadores são as máquinas responsáveis pela sua distribuição. Neste sentido, o bom estado de trabalho dos pulverizadores é essencial para uma boa aplicação e para o sucesso produtivo das culturas, sendo que, para tal, inspeções periódicas são necessárias. Segundo estudos, o Brasil possui grande parte dos pulverizadores em más condições de serviço, e a prática de inspeções ainda é pouco difundida. Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar inspeções em pulverizadores agrícolas na microrregião do Alto Jacuí, buscando identificar e quantificar os possíveis problemas dos mesmos. O presente trabalho foi realizado no estado do Rio Grande do Sul, em 5 cidades pertencentes à microrregião do Alto Jacuí. A amostragem foi realizada em 10 pulverizadores, visando atender à realidade da microrregião, tendo por base o estudo de Carpes (2019). A metodologia de avaliação foi adaptada de Gandolfo (2001) e Antuniassi e Gandolfo (2004). Foi feita uma avaliação geral dos pulverizadores, desde as suas características (acoplamento, idade, tamanho de barras,...) até uniformidade de vazão ao longo dos bicos. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise exploratória, através de uma estatística descritiva, com o uso de frequência percentual. As máquinas montadas apresentaram maior destaque, bem como as com idade superior a 10 anos de fabricação. Todos os pulverizadores possuíam ao menos uma condição inadequada de serviço, sendo que vazamentos de calda e problemas nas mangueiras foram comuns. Uma alta porcentagem das máquinas não apresentava antigotejadores; e a maioria estava sem proteção das partes móveis, reservatório de água limpa e local de alta pressão para lavagem de embalagens. Metade dos pulverizadores estava com a vazão muito próxima da desejada, e metade com o CV dentro do aceitável. Conclui-se que a inspeção periódica de pulverizadores é uma prática pouco comum na microrregião do Alto Jacuí, e incentivos a esta ação devem ser realizados.

Palavras-chave: máquinas, pulverização, avaliação, problemas, porcentagem.

ABSTRACT

The growing global demand for food makes agriculture play a fundamental role in human development. In the search for greater productivity and quality of agricultural products, the use of pesticides is a fundamental technique, and sprayers are the machines responsible for its distribution. In this sense, the good working condition of the sprayers is essential for a good application and for the productive success of the cultures, and, for that, periodic inspections are necessary. According to studies, Brazil has a large number of sprayers in poor service conditions, and the practice of inspections is still not widespread. Thus, this work aimed to carry out inspections on agricultural sprayers in the Alto Jacuí microregion, seeking to identify and quantify their possible problems. The present work was carried out in the state of Rio Grande do Sul, in 5 cities belonging to the Alto Jacuí microregion. Sampling was carried out in 10 sprayers, aiming to meet the reality of the microregion, based on the study by Carpes (2019). The evaluation methodology was adapted from Gandolfo (2001) and Antuniassi and Gandolfo (2004). A general evaluation of the sprayers was carried out, from their characteristics (coupling, age, boom size,...) to flow uniformity along the nozzles. The data obtained were submitted to an exploratory analysis, through descriptive statistics, with the use of percentage frequency. The assembled machines were more prominent, as well as those older than 10 years of manufacture. All sprayers had at least one inadequate service condition, and spray leaks and hose problems were common. A high percentage of the machines did not have anti-drip devices; and most were without protection of moving parts, clean water tank and high pressure place for washing packages. Half of the sprayers had a flow rate very close to the desired one, and half had a CV within the acceptable range. It is concluded that the periodic inspection of sprayers is an uncommon practice in the Alto Jacuí microregion, and incentives for this action should be carried out.

Keywords: machines, spraying, evaluation, problems, percentage.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento utilizado para aplicação de líquidos em 1868	111
Figura 2- Municípios integrantes do Alto-Jacuí.	18
Figura 3- Pulverizador montado.	20
Figura 4- Pulverizador autopropelido.	20
Figura 5 - Balança eletrônica de precisão, original line.	22
Figura 6- Manômetro com adaptação de engate rápido para o bico de pulverização.	22
Figura 7- Celular utilizado como cronômetro e calculadora.....	23
Figura 8- Baldes padronizados de 3,2 litros.	24
Figura 9- Canos de PVC, com arames para fixação nos bicos	24
Figura 10- Trena de 50 metros.....	25
Figura 11-Equipamentos de proteção individual (EPI).	26
Figura 12- Notebook usado no decorrer do projeto.....	26
Figura 13- Obstáculos entre o bico e o alvo da pulverização.	27
Figura 14- Vazamentos nas mangueiras da barra de pulverização.	28
Figura 15- Mangueira danificada ao longo da barra de pulverização.....	28
Figura 16- Funcionamento incorreto dos antigotejadores	29
Figura 17- Presença da proteção das partes móveis.	29
Figura 18- Processo de coleta de calda nas pontas da barra de pulverização.	30
Figura 19 - Filtro de sessão retorcido e danificado.....	31
Figura 20 - Filtro do bico obstruído por resíduos.....	31
Figura 21- Diferentes bicos na mesma barra de pulverização.	32
Figura 22- Manômetro encaixado no bico da ponta para aferição de pressão.....	32
Figura 23- Pulverizador em deslocamento, ao lado da trena de 50 metros.	33
Figura 24- Planilha utilizada para armazenamento de dados pessoais e do maquinário.....	34
Figura 25- Planilha utilizada para determinação da taxa de vazão dos bicos.	35
Figura 26- Gráfico da idade dos pulverizadores avaliados.....	38
Figura 27- Gráfico da área anual aplicada por bico dos pulverizadores.....	40
Figura 28- Gráfico do estado de conservação dos filtros de sucção dos pulverizadores.....	43

Figura 29- Gráfico do estado de conservação dos filtros de linha dos pulverizadores.....	44
Figura 30- Gráfico do estado de conservação dos filtros de bico dos pulverizadores.....	45
Figura 31- Gráfico do estado geral dos bicos dos pulverizadores.....	46
Figura 32- Gráfico do estado dos antigotejadores dos pulverizadores.....	47
Figura 33- Gráfico da idade das pontas de pulverização dos pulverizadores.....	48
Figura 34- Gráfico da presença e estado da proteção das partes móveis dos pulverizadores.....	50
Figura 35- Gráfico da presença e funcionamento do reservatório de água limpa dos pulverizadores.....	51
Figura 36- Gráfico da variação entre a vazão desejada e a vazão real dos pulverizadores.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Municípios, localidades e número de máquinas em que foram realizadas as inspeções.....	19
Tabela 2: Características gerais dos pulverizadores avaliados.....	36
Tabela 3: Pulverizadores avaliados e seus respectivos coeficientes de variação (CV) ao longo das pontas.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 PULVERIZADORES.....	10
2.2 SISTEMA DE FILTRAGEM	13
2.3 MANÔMETROS E PRESSÃO DO SISTEMA.....	13
2.4 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	14
2.5 VOLUME DE APLICAÇÃO	15
2.6 INSPEÇÕES PERIÓDICAS DE PULVERIZADORES.....	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO TRABALHO	18
3.2 ORGANIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM DOS PULVERIZADORES.....	19
3.3 VISITA À S PROPRIEDADES.....	21
3.4 MATERIAS UTILIZADOS	21
3.5 MÉTODO DE AVALIAÇÃO.....	26
3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	
3521	
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	355
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS PULVERIZADORES AVALIADOS	35
4.1.1 Acoplamento das máquinas	36
4.1.2 Idade das máquinas	37
4.1.3 Tamanho da barra e espaçamento entre bicos.....	39
4.1.4 Área atendida e número de aplicações por ano	39
4.2 VAZAMENTOS.....	41
4.3 MANGUEIRAS	41
4.4 MANÔMETRO.....	42
4.5 GUIA DE TRABALHO UTILIZADA	42
4.6 ESTADO DOS FILTROS.....	43
4.6.1 Filtro de sucção	43
4.6.2 Filtro de linha	44
4.6.3 Filtro de bico	45
4.7 BICOS	46

4.7.1 Estado dos bicos de maneira geral	46
4.7.2 Porta bicos	46
4.7.3 Estado dos antigotejadores	47
4.7.4 Pontas de pulverização.....	48
4.8 PROTEÇÃO DE PARTES MÓVEIS	49
4.9 RESERVATÓRIO DE ÁGUA LIMPA	50
4.10 LOCAL DE ALTA PRESSÃO PARA LAVAGEM DAS EMBALAGENS.....	51
4.11 TAXA DE APLICAÇÃO.....	52
5 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda mundial por alimentos, a agricultura exerce um papel fundamental para o desenvolvimento humano. O Brasil é um dos maiores produtores de alimento do mundo, sendo que o agronegócio brasileiro teve uma participação de 24,5% no PIB no ano de 2022 (CEPEA, 2023).

Na busca por maiores produtividades e qualidade dos produtos agrícolas, o uso de agrotóxicos é uma técnica fundamental, especialmente para combater doenças, plantas daninhas e pragas (LIMONGELLI, RONDIONE e LOZANO, 1991). E as máquinas responsáveis pela distribuição dos agrotóxicos nas áreas agrícolas são os pulverizadores. Entre todos os equipamentos utilizados na condução de lavouras, o pulverizador é um dos únicos utilizado em todo o ciclo das culturas (REYNALDO e MACHADO, 2015).

Neste sentido, tendo conhecimento da importância dos pulverizadores dentro das propriedades, o seu bom estado de trabalho é essencial para a realização de uma boa aplicação e para o sucesso produtivo das culturas. A eficiência da aplicação dos produtos fitossanitários, associada à menor contaminação ambiental e menor custo, depende de diversos fatores, entre eles o estado e funcionamento dos pulverizadores e seus componentes e, principalmente, sua calibração (SIQUEIRA e ANTUNIASI, 2011).

Assim, para que os pulverizadores estejam sempre em bom estado de funcionamento, inspeções periódicas são necessárias. Os programas de inspeção técnica surgiram no final da década de 60 em países europeus, os quais relataram uma melhor taxa de aproveitamento das aplicações e uma diminuição de impactos negativos após as inspeções periódicas, fazendo com que esta prática fosse aderida em outros países europeus (REICHARD, OZKAN e FOX, 1991).

No Brasil, a primeira ação organizada para avaliar as máquinas pulverizadoras foi feita por Gandolfo (2001), que constatou não ter sido possível encontrar máquinas em condições de certificação, ou seja, com ausência de falhas, nos Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Este trabalho evidenciou a necessidade de outros programas de inspeções periódicas de pulverizadores em nosso país.

Desde então, outros trabalhos tem sido desenvolvidos em território nacional, a exemplo dos organizados por Dornelles (2008), Casali (2012), Machado (2014) e

Martini (2017). Nesses trabalhos, também foram observados bastantes problemas nos pulverizadores avaliados, indicando que as inspeções devem continuar sendo realizadas.

O uso de máquinas em bom estado de conservação, aliadas a uma correta calibração e regulação, é fundamental para melhorar a eficiência técnica das aplicações, diminuindo assim os custos de produção e minimizando os impactos causados ao ambiente (SCHMIDT e ZANELLA, 2017). E diante às más condições encontradas nos pulverizadores pelo Brasil, a questão das inspeções periódicas dos pulverizadores carece de mais atenção.

Neste sentido, o trabalho a seguir teve como objetivo realizar inspeções em pulverizadores agrícolas na microrregião do Alto Jacuí, a fim de avaliar as condições atuais de trabalho de cada um, buscando identificar e quantificar os possíveis problemas que podem afetar a qualidade da pulverização, bem como os riscos ao ambiente e ao operador.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PULVERIZADORES

Pulverizador é a denominação dada para máquinas agrícolas capazes de produzir gotas em função de uma determinada pressão exercida sobre a calda (CHRISTOFOLETTI, 1992). Os pulverizadores têm a função de levar o defensivo agrícola até o alvo e na dose correta, sendo de fundamental importância na eficácia de ação dos produtos fitossanitários (VELLOSO, GASSEN e JACOBSEN, 1984).

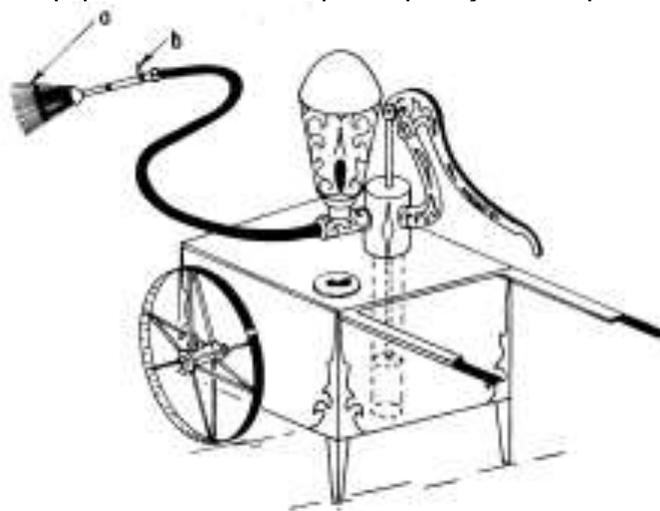
Os pulverizadores podem ser agrupados de acordo com o sistema que utilizam para transformar uma massa líquida em gotas, sendo que, de acordo com a forma de energia utilizada, se classificam em hidráulicos, pneumáticos, centrífugos, eletrostáticos e térmicos (AZEVEDO e FREIRE, 2006). Segundo os mesmos autores, os hidráulicos são máquinas nas quais o líquido é bombeado sob pressão para o bico e parte-se ao ser lançado ao ar, por decompressão, podendo ser manual costal, tratorizado (barra, pistola, jato dirigido ou auxiliado por ar) ou avião.

Conforme Dornelles et al. (2009), os pulverizadores hidráulicos de barras são os mais utilizados atualmente na agricultura, possuindo boa capacidade operacional

e custo acessível aos produtores. Estes são basicamente constituídos por tanque, registro, filtro, bomba, comando, barras e pontas (CHRISTOFOLETTI, 1992).

Antes de 1868, a aplicação de soluções nas plantas era realizada através de esfrega ou lavagens com panos ou escovas (CHAIM, 1999). A partir deste ano, surgiu a técnica de arremesso de líquidos sobre as plantas com o auxílio de vassouras, conhecida hoje como “benzedura” (CASALI, 2015). Conforme Akesson e Yates (1979), para realização desta técnica, surgiu um instrumento especial (Figura 1) que possuía rodas para facilitar o deslocamento, um reservatório de calda para aumentar a autonomia e uma bomba de recalque manual. Tal instrumento pode ser considerado o primeiro pulverizador hidráulico com o princípio do aumento de pressão para pulverização de agrotóxicos sobre as plantas (AKESSON e YATES, 1979).

Figura 1 - Equipamento utilizado para aplicação de líquidos em 1868.



Fonte: AKESSON e YATES (1979)

Entre 1867 e 1900, os equipamentos tiveram um grande processo de desenvolvimento devido à Revolução Industrial e a necessidade de uma maior produção (CHAIM, 1999). Devido à revolução, ocorreu um êxodo rural muito grande, fazendo com que a mão de obra no meio rural diminuísse e a demanda por alimentos nos centros urbanos aumentasse, gerando assim um desenvolvimento forçado (CASALI, 2015).

Todos esses fatos contribuíram para acelerar o processo de modernização da agricultura e, durante o período entre 1867 e 1939, houve uma grande melhoria na

qualidade dos projetos das bombas e, desta forma, a energia na forma de pressão pode ser utilizada nos bicos de pulverização para aplicação de agrotóxicos (CHAIM, 1999). No início, um simples tubo fino ou um orifício produzia um jato fino de líquido que, com a fricção e resistência do ar, promovia a formação de grandes gotas; mas o processo evoluiu e, de acordo com Akesson e Yates (1979), em 1896 já eram descritas 3 categorias de bicos utilizados na agricultura.

Em 1970, o Brasil obteve contato com diversos modelos de pulverizadores hidráulicos de barras, mas sem aumentar a qualidade nas aplicações, o que aconteceu apenas em 1980, quando foram introduzidas novas tecnologias em pontas de pulverização (BOLLER, 2007). Segundo Lobo Junior (2011), o início da fabricação desses grandes pulverizadores no Brasil por empresas brasileiras ocorreu no final dos anos 80.

A busca por maior precisão e eficiência na pulverização deu origem aos pulverizadores classificados como autopropelidos pela sua forma de acoplamento, os quais possuem incorporação de controladores eletrônicos em sua constituição e elevada capacidade operacional para atender grandes áreas com qualidade (CASALI, 2015). No Brasil, predominam dois tipos de pulverizadores autopropelidos: máquinas projetadas originalmente como pulverizadores autopropelidos, que são produzidas em linha de montagem e possuem padronização quanto às suas especificações; e pulverizadores autopropelidos adaptados à estrutura de um trator agrícola (CASALI, 2015), através da instalação de um kit de barra e tanque de água permanente (CARPES, 2019).

Outros tipos de pulverizadores bastante comuns na agricultura, quanto à forma de acoplamento, são os montados e os de arrasto. Os pulverizadores montados são aqueles acoplados no sistema hidráulico de três pontos dos tratores, e por este motivo possuem reservatório de calda e tamanho de barras inferior aos outros tipos (MARTINI, 2017), sendo comuns em pequenas propriedades. Já os pulverizadores de arrasto são aqueles com engate na barra de tração dos tratores agrícolas, o que permite um maior reservatório de calda e tamanho de barras e, conseqüentemente, rendimento operacional (CASALI, 2012).

Atualmente, a gama de pulverizadores se estende do tipo costal com propulsão humana, utilizado para pequenas áreas, até os autopropelidos, com fonte própria de propulsão, alta tecnologia e elevada capacidade operacional para atender grandes áreas (CASALI, 2015).

2.2 SISTEMA DE FILTRAGEM

O componente filtro tem papel importante nas aplicações de defensivos por ter a função de reter sedimentos, evitando que estes obstruam a passagem da calda pela ponta de pulverização (SCHMIDT e ZANELLA, 2017). O sistema de filtragem da calda de pulverizador é composto por uma tela na boca do tanque (ou filtro do reservatório), filtro principal (ou filtro da bomba), filtros de linha e filtros de bico; cada um deles apresentando importância dentro da operação de filtragem de calda (ALVARENGA e CUNHA, 2010).

Os problemas normalmente encontrados nos filtros são malhas furadas, rasgadas ou em péssimo estado de conservação, o que por consequência faz com que este filtro não desempenhe sua atividade (MARTINI et al., 2017). Os filtros devem estar em bom estado de conservação e o número de malha por polegada (*mesh*) deve estar de acordo com o orifício das pontas utilizadas, seguindo as instruções dos fabricantes (ÁLVAREZ, 2009).

Neste sentido, há necessidade de destacar a manutenção e limpeza dos filtros das pontas para evitar que os sedimentos afetem a qualidade de pulverização da calda (CASALI, 2012).

2.3 MANÔMETROS E PRESSÃO DO SISTEMA

Os manômetros são responsáveis por informar ao operador dados referentes à pressão da calda no sistema (SCHMIDT e ZANELLA, 2017). Essa informação é importante, pois uma pressão inadequada pode proporcionar, entre outros problemas, o desgaste excessivo das pontas de pulverização (CASALI, 2012). Segundo Martini et al. (2017), o uso de manômetros é imprescindível, pois a pressão é um parâmetro fundamental para a calibração de pulverizadores.

Os manômetros devem ser instalados em um local de fácil visualização do operador da máquina. Além disso, segundo a norma ISO 16122 (2015), para que possibilite uma boa leitura da pressão, seu diâmetro mínimo deve ser de 63 mm. Outro detalhe é o nível de glicerina deste equipamento, o qual deve estar em 3/4 do total, sendo o indicado para bom funcionamento, visto que, havendo pouca glicerina, o ponteiro do manômetro acaba trepidando e não faz a sua devida calibragem (SCHMIDT e ZANELLA, 2017).

É fundamental que haja um equilíbrio na pressão entre as diferentes seções da barra de pulverização, a fim de possibilitar a distribuição uniforme da calda na área (ÁLVAREZ, 2009). Segundo a norma ISO 16122 (2015), a variação deve ser a mínima possível, sendo que a pulsação da pressão, queda de pressão, distribuição da pressão e a variação da pressão com as seções fechadas, bem como com a pulverização desligada, não deve ser superior a 10,0%.

2.4 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Ao final do circuito hidráulico dos pulverizadores existe um conjunto denominado de bico, o qual é composto pela estrutura que permite fixar na barra, o corpo, o anel de vedação, o filtro, a capa e a ponta de pulverização, sendo a ponta a peça mais importante, pois regula o volume de aplicação, o tamanho das gotas e o jato gerado (RAETANO e ANTUNIASSI, 2004). Segundo Contiero, Biffe e Catapan (2018), as pontas de pulverização têm por função formar gotas e distribuí-las de forma adequada no alvo.

No passado, o material utilizado para a fabricação de pontas era o bronze e o latão, uma vez que as exigências para a geração destas peças não era demasiada e não havia controle de qualidade eficaz (MARTINI et al., 2017). Porém, com a evolução e necessidade, foram surgindo pontas mais precisas, sendo que atualmente são comercializadas peças produzidas em plástico (poliacetal), aço inoxidável e cerâmica (MASIÁ e CID, 2010).

Existem vários modelos de pontas disponíveis no mercado, sendo que cada uma produz um espectro de tamanho de gotas diferente, bem como larguras e padrões diferentes de deposição (CONTIERO, BIFFE e CATAPAN, 2018). Portanto, é muito importante saber escolher a ponta mais adequada ao trabalho a ser realizado, sendo que cada modelo apresenta algumas características peculiares. No entanto, todos apresentam uma faixa ideal de pressão de trabalho e estão disponíveis com aberturas de diferentes tamanhos (MARTINI et al., 2017). O tipo e o tamanho mais adequados são selecionados em função do produto fitossanitário que se deseja aplicar, da superfície a ser tratada e do volume de calda necessária (CONTIERO, BIFFE e CATAPAN, 2018).

As pontas de pulverização são subdivididas em grupos conforme o jato emitido, sendo que existem pontas de jato cônico-cheio, de jato cônico-vazio e de

jato em leque (CONTIERO, BIFFE e CATAPAN, 2018). Entre estas, as mais utilizadas em grandes culturas são as de jato plano (CUNHA et al., 2003).

A respeito da vida útil, o material de que é produzida a ponta, a qualidade da água e o tipo de defensivo utilizado durante as aplicações exercem influência (MARTINI et al., 2017). Formulações com capacidade mais abrasiva possuem características de maiores desgastes das pontas, no entanto, pontas produzidas em cerâmica têm maior durabilidade quando comparadas com as demais (MASIÁ e CID, 2010).

Neste sentido, a avaliação do desgaste das pontas é algo muito importante para pulverizações de qualidade. Conforme Dornelles et al. (2009), o erro de volume maior ou menor que 10% de qualquer ponta em comparação com a média de todas revela que a mesma está com problemas. Caso o volume seja 10% menor, há a possibilidade de haver um entupimento, e uma simples limpeza resolve; mas caso o volume da ponta se apresentar maior que 10% da média, há um indicativo de desgaste, e a mesma deve ser substituída.

2.5 VOLUME DE APLICAÇÃO

O volume de aplicação é a quantidade de calda que sai do equipamento de aplicação por área, estando relacionado ao uso adequado do equipamento para se conseguir a cobertura mínima necessária para o controle do organismo alvo (CONTIERO, BIFFE e CATAPAN, 2018).

Conforme Matthews (2000), para culturas anuais, a classificação do volume de aplicação, em $L\cdot ha^{-1}$, divide-se em: Alto volume (maior que 600), Médio volume (200 a 600), Baixo volume (50 a 200), Muito baixo volume (5 a 50) e Ultra baixo volume (menor que 5).

Há uma tendência para redução dos volumes de aplicação, pois além de permitir maior rendimento operacional nas pulverizações, permite menor consumo de água por unidade de área, o que resulta em menor consumo deste bem finito, menor gasto com transporte e tempo de reabastecimento, o que conseqüentemente reduz os custos operacionais do equipamento de aplicação (LIMA e MACHADO NETO, 2001).

Todavia, os diferentes produtos aplicados e alvos biológicos apresentam peculiaridades, aos quais muitas vezes baixos volumes de aplicação não se

encaixam. Em termos gerais, a aplicação de herbicidas sistêmicos possui maior eficiência biológica com a utilização de menores volumes de aplicação, o que pode ser explicado pela maior concentração da calda pulverizada (MARTINI et al., 2017). Porém, quando se considera a aplicação de inseticidas, o volume a ser utilizado está relacionado ao tipo de praga que se deseja controlar; e por outra parte, os fungicidas são mais exigentes com relação à cobertura do alvo biológico, necessitando, em muitos casos, a utilização de maior volume de aplicação quando comparado com aplicação de herbicidas (KUNZ, 2010).

2.6 INSPEÇÕES PERIÓDICAS DE PULVERIZADORES

As inspeções periódicas de pulverizadores têm por fim mantê-los nas melhores condições possíveis para que sejam obtidas aplicações com maior eficiência e para que se evitem contaminações desnecessárias (DORNELLES, 2008).

Estudos relatam que a partir da década de 1940 surgiram as primeiras avaliações em pulverizadores, sendo estas realizadas de forma isolada nos componentes dos mesmos (MARTINI et al., 2017). No entanto, os programas de inspeção técnica de pulverizadores surgiram apenas no final da década de 60 em países europeus, os quais relataram uma melhor taxa de aproveitamento das aplicações e uma diminuição de impactos negativos após as inspeções periódicas, fazendo com que esta prática fosse aderida em outros países europeus (REICHARD, OZKAN e FOX, 1991).

Na Alemanha, Koch (1996) propôs uma metodologia de avaliação em pulverizadores dividida em qualitativa (observação) e quantitativa (medição). As observações qualitativas são feitas observando o estado geral de manutenção, presença de vazamentos, proteção das partes móveis, estado dos filtros, entre outras. As quantitativas incluem avaliação da vazão das pontas, comprimento real da barra e velocidade de deslocamento, sendo esses três parâmetros utilizados para a determinação da correta calibração.

Segundo Val (2006), os pulverizadores inspecionados na região de Valência, na Espanha, eram divididos em duas classes: aptos ou não aptos. Os não aptos eram ainda subdivididos em desconformidades leves ou graves, sendo que para equipamentos com desconformidades leves era possível que o proprietário

realizasse reparos em um determinado prazo, tornando o equipamento capaz de ser submetido a uma próxima inspeção. No entanto, pulverizadores que apresentassem desconformidades graves foram reprovados pelo programa devido ao risco causado ao ambiente e ao ser humano.

Os projetos de inspeções periódicas dos pulverizadores (“Projetos IPP”) implantados na Europa, além de verificarem a condição de trabalho e adequação dos equipamentos, dão importância ao processo educativo (GANDOLFO, 2001). Uma medida adotada em alguns países da Europa para controlar a qualidade de uso dos pulverizadores foi a implantação de uma inspeção sobre as máquinas, atribuindo a elas certificação e/ou orientação aos usuários para um melhor uso e manutenção, objetivando uma redução da quantidade de defensivos agrícolas utilizados e, conseqüentemente, redução do custo e da contaminação ambiental (LANGENAKENS e PIETERS, 1997).

No ano de 2003, os países que compõem a União Europeia desenvolveram a norma EN 13790, a qual definia a metodologia a ser utilizada na Europa para inspecionar pulverizadores (MARTINI et al., 2017). O emprego desta norma Europeia nas inspeções permitia determinar precisamente o estado de uso e conservação dos pulverizadores, separando-os em três categorias (DECLERCQ, HUYGHEBAERT e NUYTENS, 2009).

Posteriormente, com o objetivo de padronizar internacionalmente as inspeções de pulverizadores agrícolas, foi desenvolvida a norma ISO 16122, tendo como base a metodologia descrita na EN 13790 (MARTINI, 2017). Esta norma faz referência às condições dos pulverizadores, com ênfase à segurança operacional, ao risco potencial de contaminação ambiental e às condições para se realizar a aplicação correta dos agrotóxicos (ISO 16122, 2015).

No Brasil, a primeira ação organizada para avaliar as máquinas pulverizadoras foi feita por Gandolfo (2001), que constatou não ter sido possível encontrar máquinas em condições de certificação, ou seja, com ausência de falhas, nos Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Este trabalho evidenciou a necessidade de outros programas de inspeções periódicas de pulverizadores em nosso país.

Desde então, outros trabalhos tem sido desenvolvidos em território nacional, a exemplo dos organizados por Dornelles (2008), Casali (2012), Machado (2014) e Martini (2017). Nesses trabalhos, também foram observados bastantes problemas

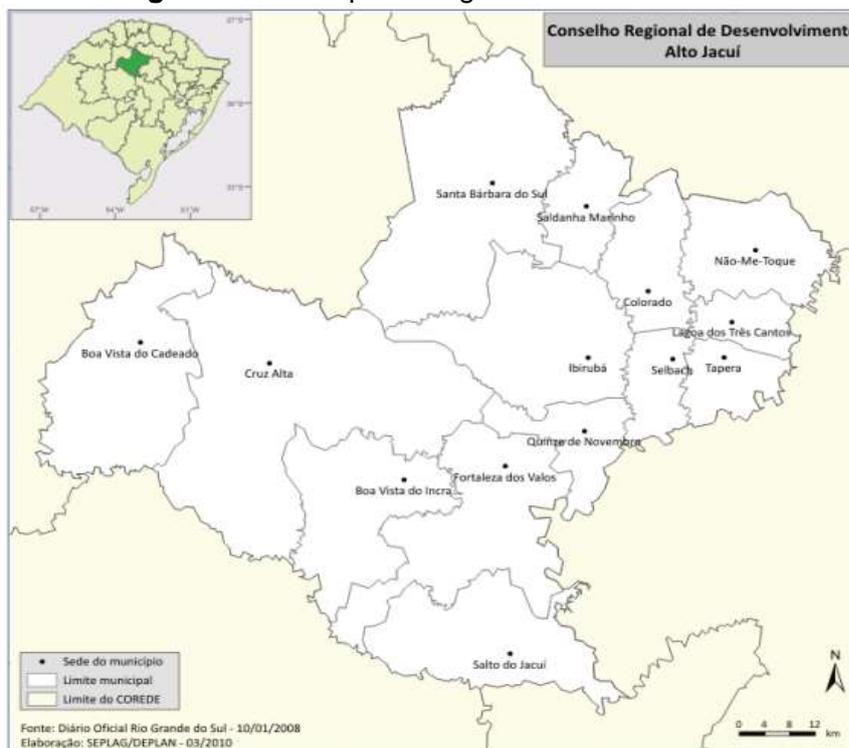
nos pulverizadores avaliados, indicando que as inspeções devem continuar sendo realizadas e cada vez em maior quantidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO TRABALHO

O presente trabalho foi realizado no estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente nas cidades pertencentes à microrregião do Alto Jacuí. A Figura 2, apresentada abaixo, demonstra as 14 cidades que constituem a microrregião do Alto Jacuí.

Figura 2 - Municípios integrantes do Alto-Jacuí.



Fonte: DIÁRIO OFICIAL DO RIO GRANDE DO SUL (s/a).

Das 14 cidades que constituem a microrregião do Alto Jacuí, as avaliações ocorreram em 5, sendo estas: Ibirubá, Colorado, Tapera, Saldanha Marinho e Cruz Alta. Na Tabela 1 estão representadas as cidades onde ocorreram as avaliações, juntamente às localidades e o número de máquinas inspecionadas.

Tabela 1: Municípios, localidades e número de máquinas em que foram realizadas as inspeções.

Município de inspeção	Localidade	Número de máquinas inspecionadas
Ibirubá – RS	Santo Antônio do Triunfo	1
Ibirubá – RS	Capela Fátima	1
Ibirubá – RS	Campinas	1
Ibirubá – RS	São Sebastião	1
Colorado – RS	Paquinhos	2
Tapera – RS	Linha Teutônia	1
Saldanha Marinho – RS	Água Santa	1
Ibirubá – RS	Linha Duas	1
Cruz Alta – RS	São Carlos	1
Total		10

3.2 ORGANIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM DOS PULVERIZADORES

A amostragem dos 10 pulverizadores foi organizada visando atender à realidade da presente região quanto aos tipos de pulverizadores e área agrícola predominante das propriedades. Para tal, foi recorrido aos dados encontrados por Carpes (2019). Este autor entrevistou 180 produtores rurais do município de Ibirubá em seu trabalho, correspondendo a aproximadamente 14,83% dos produtores e 52,3% da área do município, assim tendo um bom resultado a respeito dos tamanhos de propriedade e tipos de pulverizadores da região.

Segundo Carpes (2019), a maioria dos pulverizadores da região é do tipo montado e, em segunda ordem, tem-se os do tipo autopropelido. Desta maneira, no presente trabalho, foram avaliados 7 pulverizadores de barras do tipo montado (Figura 3) e 3 do tipo autopropelido (Figura 4). Além disso, o mesmo autor não observou a presença de nenhum pulverizador de arrasto em sua pesquisa, e por isso este tipo de pulverizador não fez parte dos avaliados neste trabalho.

Figura 3 - Pulverizador montado.

Fonte: O AUTOR (2023)

Figura 4 - Pulverizador autopropelido.

Fonte: O AUTOR (2022)

A respeito do tamanho de propriedade, Carpes (2019) constatou que a maior parte possui pequeno porte (entre 1 e 4 módulos fiscais); e em segunda ordem aparecem as propriedades de médio porte (entre 4 e 15 módulos fiscais). Conforme dados do (INCRA, 2013), no município de Ibirubá, o tamanho de 1 módulo fiscal é de

20 hectares. Assim, no presente trabalho, foram avaliados os pulverizadores em 8 pequenas propriedades e em 2 médias propriedades.

3.3 VISITAS ÀS PROPRIEDADES

As inspeções foram realizadas conforme se adquiriam as licenças com os produtores, tendo seu agendamento prévio em função da disponibilidade da máquina, condições climáticas e buscando não comprometer a rotina de trabalho nas propriedades. Quanto ao período, as avaliações se estenderam do final do ano de 2021 até o primeiro semestre de 2023, tendo sua realização dificultada mediante a pandemia do COVID-19, que fez com que os produtores permanecessem com receio em receber pessoas de fora do seu círculo social.

3.4 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a realização das avaliações, foi necessária a utilização de um veículo pick-up como meio de deslocamento e transporte do material necessário para as inspeções, sendo este material o seguinte:

- a) uma balança eletrônica de precisão para até 10 kg da marca Original Line (Figura 5);

Figura 5 - Balança eletrônica de precisão Original Line.



Fonte: O AUTOR (2023)

b) um manômetro com adaptação de engate rápido para o bico de pulverização da marca Herbicat (Figura 6);

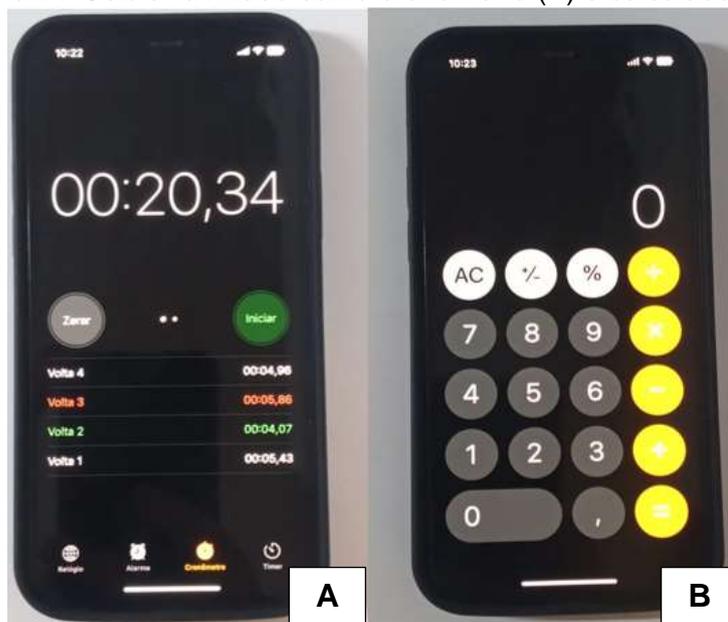
Figura 6 - Manômetro com adaptação de engate rápido para o bico de pulverização.



Fonte: O AUTOR (2023)

c) um celular utilizado como cronômetro e calculadora (Figura 7);

Figura 7 - Celular utilizado como cronômetro (A) e calculadora (B).



Fonte: O AUTOR (2023)

d) baldes padronizados de 3,2 litros (Figura 8) e tubos hidráulicos de aproximadamente 50 centímetros (Figura 9) para avaliar a distribuição volumétrica de calda;

Figura 8 - Baldes padronizados de 3,2 litros.



Fonte: O AUTOR (2023)

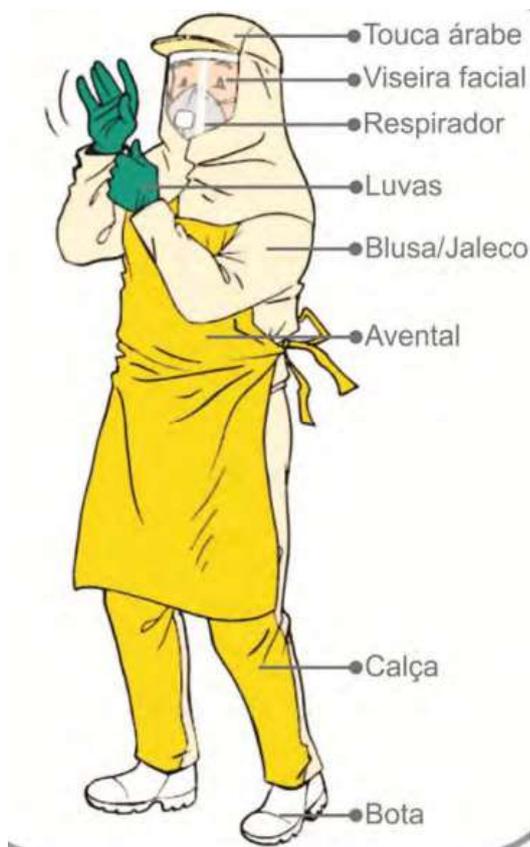
Figura 9 - Canos de PVC com arames para fixação nos bicos.



Fonte: O AUTOR (2023)

e) um equipamento de proteção individual (EPI), sendo este composto por máscara de filtro duplo, viseira, macacão, luvas e botas de borracha (Figura 10);

Figura 10 - Equipamento de proteção individual (EPI).



Fonte: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (2003).

f) uma trena de 50 metros para medir o espaço de deslocamento do pulverizador e o espaçamento entre bicos (Figura 11);

Figura 11 - Trena de 50 metros.



Fonte: O AUTOR (2023)

g) um notebook (Figura 12) para a posterior transferência dos dados de vazão para planilha no programa Microsoft Excel 2010.

Figura 12 - Notebook usado no decorrer do projeto.



Fonte: O AUTOR (2023)

3.4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Para a realização do presente trabalho, foram utilizadas como base e parâmetros técnicos as metodologias descritas por Gandolfo (2001) e Antuniassi e Gandolfo (2001).

Após a chegada às propriedades, o primeiro passo era fazer uma apresentação aos produtores sobre o assunto do trabalho. Em seguida, era conduzido ao proprietário e/ou operador da máquina um breve questionário para coleta de dados do maquinário como, por exemplo, idade, ano de aquisição e espaçamento entre bicos.

Terminado o questionário, era solicitado que a máquina estivesse com o tanque limpo e cheio de água para que pudessem ser realizadas as avaliações com o menor risco possível de intoxicação por resíduos de defensivos químicos. Com o pulverizador posicionado em um terreno plano (em todos os casos, a máquina sempre foi operada pelo responsável), era solicitado ao operador que abrisse as barras do equipamento para ser realizada uma análise visual e contabilização dos bicos presentes na barra, do comprimento da barra e do espaçamento entre bicos.

Dando sequência ao procedimento, era solicitado ao operador que acionasse o pulverizador, simulando uma operação de trabalho realizada no cotidiano. Neste momento era realizada a verificação de obstáculos em frente aos bicos (conforme exemplo da Figura 13), vazamentos e remendos (Figura 14), mangueiras danificadas (Figura 15), presença e funcionamento dos antigotejadores (Figura 16) e a presença ou ausência da proteção das partes móveis (TDP) (Figura 17).

Figura 13 - Obstáculos entre o bico e o alvo da pulverização.



Fonte: O AUTOR (2023)

Figura 14 - Vazamentos nas mangueiras da barra de pulverização.



Fonte: O AUTOR (2022)

Figura 15 - Mangueira danificada ao longo da barra de pulverização.



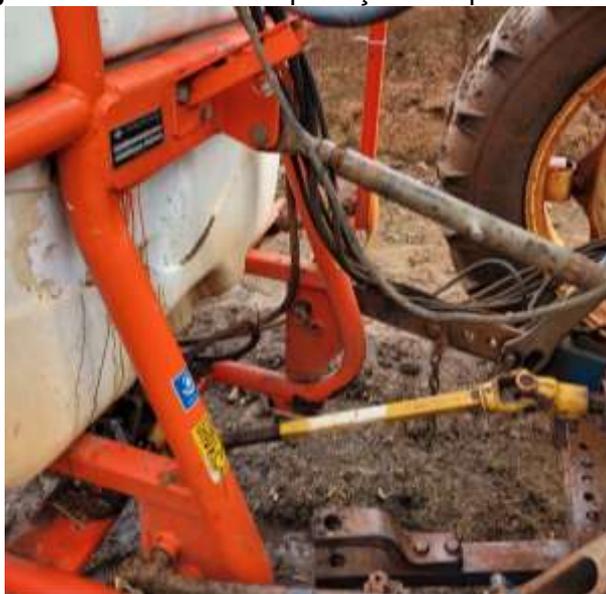
Fonte: O AUTOR (2022)

Figura 16 - Funcionamento incorreto dos antigotejadores.



Fonte: O AUTOR (2022)

Figura 17 - Ausência da proteção das partes móveis.



Fonte: O AUTOR (2023)

Feito isso, novamente a máquina era desligada, começando então o procedimento para verificar a taxa de vazão dos bicos de forma quantitativa. Para tal ação, eram fixados com arames de metal em cada bico os canos de PVC padronizados, de comprimento aproximado de 50 cm, com o intuito de conduzir a calda diretamente ao recipiente de coleta, os baldes padronizados de 3,2 litros.

Após realizada a fixação dos canos, era solicitado o acionamento da máquina, e os recipientes eram posicionados um a um abaixo do cano de coleta de calda a cada 5 segundos (tempo cronometrado no celular), permanecendo na coleta até o primeiro recipiente completar 3 minutos. Completado os 3 minutos de coleta do primeiro recipiente, os outros eram retirados a cada 5 segundos, para que o tempo de coleta se mantivesse igual em todos os baldes (Figura 18).

Figura 18 - Processo de coleta de calda nos bicos da barra de pulverização.



Fonte: O AUTOR (2022)

Terminada a retirada dos baldes, a máquina era desligada, e de forma sequencial, da esquerda para a direita, utilizando um balde limpo e padronizado e uma balança de precisão, a calda presente nos recipientes era pesada, seu peso era zerado e o conteúdo presente nos demais recipientes era transferido para o mesmo (um a um), buscando a máxima precisão possível.

Em caso de um erro muito grande em bicos específicos, os mesmos eram averiguados, devido à possibilidade de alguma sujeira estar bloqueando o fluxo da calda. No caso desta ocorrência, o bico era retirado e limpo com uma escova e água, e a coleta da calda durante 3 minutos era repetida apenas na ponta em questão.

Posterior a este processo, com o pulverizador desligado e os canos e baldes de coleta já retirados, era realizada uma análise sobre o estado dos filtros do maquinário, começando pelos filtros de sessão (Figura 19). Nesta avaliação, os filtros eram inspecionados quanto às fissuras, obstruções e outros possíveis danos.

Constatada a situação atual e realizada a limpeza em caso de obstrução, o passo seguinte era a avaliação dos filtros dos bicos (Figura 20), selecionando as pontas que apresentavam maior irregularidade durante os testes de vazão. Novamente a constatação e limpeza era realizada se necessária e, em caso de pontas diferentes em uma mesma barra (Figura 21), as mesmas eram registradas.

Figura 19 - Filtro de sessão retorcido e danificado.



Fonte: O AUTOR (2023)

Figura 20 - Filtro do bico obstruído por resíduos.



Fonte: O AUTOR (2023)

Figura 21 - Diferentes pontas na mesma barra de pulverização.



Fonte: O AUTOR (2023)

Dando sequência no processo de inspeção, era constatada a presença ou ausência do manômetro no maquinário. Em caso de presença, para averiguar seu funcionamento correto, dirigia-se até um dos bicos do pulverizador e, utilizando um manômetro com adaptação de engate rápido (Figura 22), o maquinário era novamente ligado e as pressões apresentadas nos manômetros eram avaliadas.

Figura 22 - Manômetro encaixado no bico para aferição de pressão.

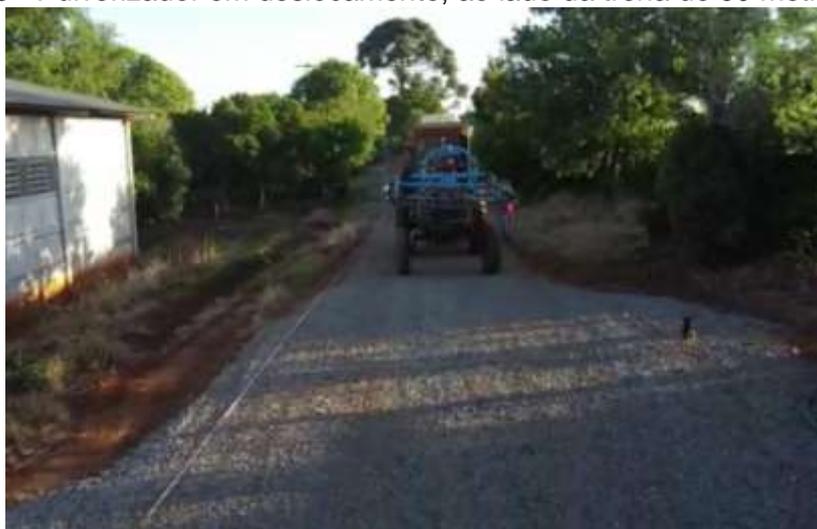


Fonte: O AUTOR (2023)

Por fim, era solicitado que o operador posicionasse a máquina em alguma área ampla para que a trena de 50 metros fosse estendida ao lado e, assim, fosse

realizada a determinação do tempo de deslocamento do pulverizador em 50 metros. Recomendava-se a utilização da velocidade de aplicação em uso no dia a dia da propriedade, sendo que a máquina deveria estar em rotação normal de trabalho (proporcionando 540 rpm na TDP). Ao final do percurso (Figura 23), o tempo encontrado no cronômetro era anexado à planilha para calcular a velocidade real de deslocamento.

Figura 23 - Pulverizador em deslocamento, ao lado da trena de 50 metros.



Fonte: O AUTOR (2023)

Ao fim da coleta de dados, todos foram transferidos para planilhas no programa Microsoft Excel 2010, a fim de melhor organização. Na Figura 24 está a planilha usada para anotar as características e situação atual dos pulverizadores avaliados. Os problemas que foram encontrados em cada avaliação eram informados ao produtor, para que este realizasse o reparo dos mesmos.

Figura 24 – Planilha do Excel utilizada para anotação das características e situação atual dos pulverizadores.

Anexo 01.
Avaliação das características e situação atual dos pulverizadores agrícolas da microrregião do Alto Jacuí.
 Ficha de inspeção:

1. O pulverizador é? () autopropelido () de arrasto () montado
2. Marca: _____ Modelo: _____
3. Ano de fabricação: _____ Ano de aquisição: _____
4. Área atendida pelo equipamento? _____
5. Número de aplicações anuais realizadas na área? _____
6. Tamanho da barra: _____
7. Números de bicos: _____
8. Data da última troca de pontas: _____ () desconhecido
9. Espaçamento médio entre bicos? _____ erros? _____
10. Diferentes pontas na mesma barra? () sim () não
 - a. Se sim, quais?.....
11. Vazamentos: () sim () não.
 Se sim, quantidade (número de vazamentos):..... e Vazão: _____
12. Mangueiras danificadas e ou retorcidas? () sim () não
13. Mangueiras posicionadas entre o jato e o alvo? () sim () não
14. Possui manômetro? () sim () não
15. Manômetro funciona corretamente? () sim () não
16. Pressão mensurada no manômetro do equipamento é a mesma mensurada na extremidade da barra?
 () Sim () Não Se não, qual a diferença?.....
17. Qual a guia (forma de direcionamento e/ou localização) de trabalho utilizada?
 - a. () Sistema de Posicionamento Global, com barra de luzes
 - b. () Sistema de Posicionamento Global, com monitor
 - c. () Sistema de Posicionamento Global, com piloto automático
 - d. () Espuma
 - e. () Outro. Qual?....visual.....
18. Estado do filtro de sucção? () bom () regular () ruim () inoperante () ausente () sujo
19. Estado do filtro de linha? () bom () regular () ruim () inoperante () ausente () sujo
20. Estado do filtro dos bicos? () bom () regular () ruim () inoperante () ausente () sujo
21. Estado dos bicos de pulverização?
 () bom () regular () ruim () inoperante () ausente
22. Estado dos Antigotejadores?
 () bom () regular () ruim () inoperante () ausente
23. Proteção de partes móveis? () bom () regular () ruim () ausente
24. Possui reservatório de água limpa? () Sim, funcionando. () Sim, mas não funciona () Não
25. Estado de conservação do local de alta pressão para lavagem das embalagens?
 () bom () regular () ruim () ausente
26. Porta bicos com mais de uma ponta fixada? () Sim () Não
27. Há erros entre taxa de aplicação pretendida e a aplicada? () Sim () Não
 Se sim, de quanto é esse erro?
28. Utiliza o bico correto para a vazão desejada?
 () Sim () Não
29. Qual o modelo e Número da ponta utilizada?
29. Há uniformidade na distribuição de calda na barra? () Sim () Não

Fonte: O AUTOR (2023)

Já na Figura 25 tem-se a planilha utilizada para determinação da taxa de vazão dos bicos dos pulverizadores avaliados. Caso algum dos bicos apresentava uma variação de vazão acima da aceitável conforme a Norma ISSO 16122 (2015), ou seja, maior que 10%, este era inspecionado novamente e o teste refeito. Persistindo o problema, o produtor era informado da necessidade de troca do bico.

Figura 25 - Planilha do Excel utilizada para determinação da taxa de vazão dos bicos.



Fonte: O AUTOR (2023)

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os dados obtidos foram submetidos a uma análise exploratória, através de uma estatística descritiva, com o uso de frequência percentual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS PULVERIZADORES AVALIADOS

As características gerais das 10 máquinas avaliadas estão apresentadas na Tabela 2, destacando as diferentes marcas e modelos, forma de acoplamento, anos de fabricação e aquisição, tamanho de barras e número de bicos, área atendida e número de aplicações nessa área por ano.

Tabela 2: Características gerais dos pulverizadores avaliados.

Marca	Modelo	Acoplamento	Fabricação	Aquisição	Tamanho de barra	Número de bicos	Área atendida	Aplicações anuais
Jhon Deere	4630	A*	2015	2017	27 m	54	270 ha	10
Jacto	Columbia 2000	A	2000	2018	22 m	44	140 ha	12
Robust	600 L	M*	2010	2010	14 m	28	45 ha	10
KO	IH14	M	2012	2018	15 m	30	72 ha	8
Ideal	1016	M	2019	2022	16 m	32	60 ha	10
KO	800 L	M	2012	2018	15 m	30	70 ha	10
Ideal	600 L	M	2007	2018	12 m	24	45 ha	8
Jacto	600 L	M	1998	2004	14 m	28	60 ha	14
Trator Spray	MF 275 modificado	A	1990	2006	18 m	36	65 ha	11
Ideal	600L	M	2009	2014	14 m	28	60 ha	8

*A = autopropelido, M = montado.

É possível perceber que as avaliações foram realizadas em uma boa diversidade de máquinas, cada qual com suas características distintas, buscando sempre seguir a realidade da região, conforme o trabalho de Carpes (2019).

Martini (2017), em seu estudo, também encontrou uma grande diversidade de pulverizadores, especialmente quanto às marcas comerciais. Carpes (2019) também, mas com destaque para a marca Jacto e Max Spray nas pequenas e médias propriedades. Deve se salientar que as marcas Max Spray e Trator Spray correspondem a pulverizadores autopropelidos adaptados de tratores agrícolas, através da instalação de um kit de barra e tanque de água permanente.

4.1.1 Acoplamento das máquinas

As máquinas montadas apresentaram maior destaque, representando 70% do total amostrado (7 unidades). Em segunda ordem, as máquinas autopropelidas representaram 30% (3 unidades) das máquinas avaliadas. Nenhuma das propriedades visitadas utilizava máquinas de arrasto, o que está se tornando uma

realidade da região do Alto Jacuí, sendo que para áreas maiores os produtores estão optando por pulverizadores autopropelidos.

Esse predomínio de máquinas montadas pode ser explicado pelo tamanho das propriedades visitadas, sendo que a maioria apresentava entre 45 e 70 hectares (pequenas propriedades), o que é a realidade da presente região. Para estas áreas agrícolas, tais pulverizadores de porte menor em relação aos autopropelidos e os de arrasto são capazes de atender bem a demanda.

Martini et al. (2021) confirmam isto, afirmando que o tipo de pulverizador inspecionado está relacionado às características intrínsecas da região de atuação do projeto. Carpes (2019) observou o mesmo, sendo que nas pequenas propriedades, 83,52% dos pulverizadores eram montados e 16,47% autopropelidos; enquanto que nas médias propriedades 64,70% eram autopropelidos e 35,29% montados.

Dornelles (2008) teve resultados semelhantes aos do presente trabalho. Inspeccionando máquinas na região central do Rio Grande do Sul, observou 7 pulverizadores autopropelidos, 16 pulverizadores de arrasto e 61 pulverizadores com engate nos três pontos do hidráulico do trator (montado).

Já em uma realidade diferente, Gandolfo (2001), inspeccionando máquinas nos estados de São Paulo e Paraná, verificou que as máquinas montadas representaram 26,3% da amostra, as autopropelidas 21,1% e as de arrasto 52,6%.

4.1.2 Idade das máquinas

Apenas 1 máquina (10%) inspecionada possuía menos de 5 anos de fabricação. Da mesma forma, apenas 1 (10%) entre 5 e 10 anos de fabricação. Entre 10 e 15 anos, 4 pulverizadores (40%) foram inspecionados, mesmo número de pulverizadores com mais de 15 anos, representando os mesmos 40% (Figura 26).

Figura 26 – Gráfico da idade dos pulverizadores avaliados.



Fonte: O AUTOR (2023)

Pode-se perceber uma predominância de máquinas com maior idade de uso. Pensando pelo lado tecnológico, isso não é algo bom, visto que as máquinas mais novas apresentam algumas melhorias, a exemplo dos controladores de vazão e sistema de desligamento da pulverização bico a bico, aumentando a eficiência de aplicação e também o operacional. Todavia, desde que bem regulado e com a manutenção em dia, um pulverizador com mais de 15 anos de uso pode apresentar uma boa qualidade de aplicação.

Dornelles (2008) também observou um envelhecimento dos pulverizadores agrícolas em seu estudo na região central do Rio Grande do Sul, onde 36,9% das máquinas apresentavam idade acima de 15 anos.

Carpes (2019) verificou que quanto menor a propriedade, maior a idade média dos pulverizadores. Para as pequenas propriedades, a idade média de fabricação foi em 2003, para as médias propriedades foi em 2008 e para as grandes propriedades foi em 2011.

Já Reynaldo e Machado (2015), no estado do Paraná, encontraram que a maioria, 42,11% dos pulverizadores em uso, estavam com idade entre 6 e 10 anos. Os mesmos autores também observaram que 26,32% dos equipamentos apresentavam mais que 16 anos de uso, uma considerável porcentagem.

4.1.3 Tamanho de barras e espaçamento entre bicos

O tamanho de barras é um item muito importante dos pulverizadores, sendo fator determinante no rendimento operacional da máquina. Além disso, outra vantagem é que quanto maior a barra, menos passadas o equipamento tem que fazer em uma mesma área e menor é a compactação gerada na mesma.

Neste trabalho, o tamanho de barras variou entre 12 e 27 m, o que é uma grande variação. Todavia, a maior porcentagem dos pulverizadores, 60%, possuía tamanho de barra entre 14 e 16 m (Tabela 2).

Carpes (2019) encontrou que nas pequenas propriedades o tamanho médio de barras foi de 15,4 m, ao passo que nas médias propriedades este valor médio foi de 19,44 m.

Quanto ao espaçamento entre bicos, todos os pulverizadores avaliados apresentavam um espaçamento de 50 cm. O mesmo foi observado por Casali (2012), em seu estudo.

Entretanto, ao avaliar este espaçamento, percebeu-se que 40% dos pulverizadores apresentavam erros de dimensionamento, com distância maior ou menor que 50 cm entre bicos ao menos em algum lugar da barra. Isto é algo preocupante, visto que pode estar havendo falhas ou excesso de calda aplicada em alguns trechos da barra de pulverização.

4.1.4 Área atendida e número de aplicações por ano

A maioria dos pulverizadores apresentava uma área atendida entre 45 e 72 ha (pequenas propriedades), o tamanho de área mais comum na região do Alto Jacuí. Apenas 2 pulverizadores atendiam a uma área maior, de 140 e 270 ha (médias propriedades) (Tabela 2).

Quanto ao número de aplicações por ano, foi observada uma quantidade semelhante relatada pelos produtores, variando entre 8 e 14. Esse valor expressa a importância dos pulverizadores dentro das propriedades, sendo hoje a máquina agrícola com mais horas de uso.

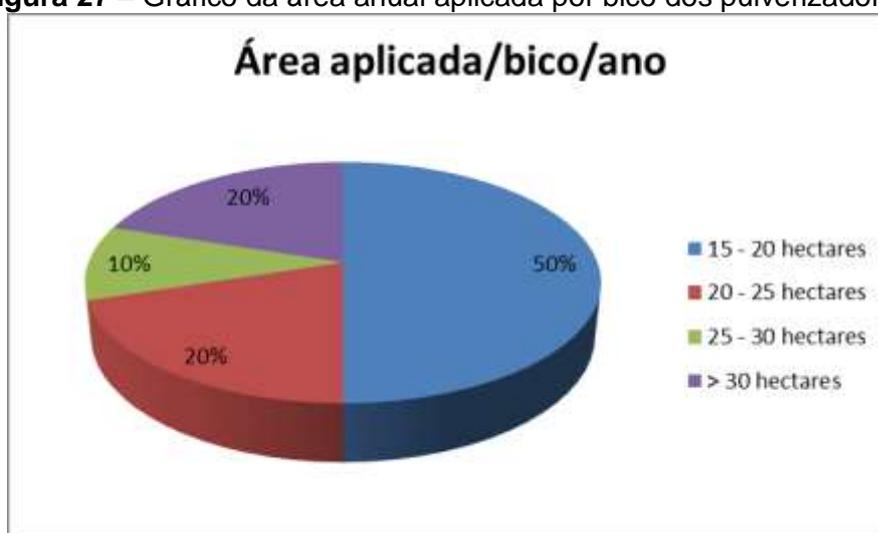
O número de aplicações por ano fornecidas pelos produtores neste trabalho corrobora com os valores encontrados por Schweig et al. (2018) também na região

de Ibirubá, os quais observaram um número médio de aplicações realizadas por ano de 10,8.

Multiplicando a área atendida de cada pulverizador pelo número de aplicações por ano, e o produto desta equação pelo número de bicos de cada máquina, chegou-se a um resultado de área anual aplicada por cada bico.

Em 50% dos pulverizadores, cada bico aplicava em uma área de 15 a 20 ha. Em 20%, os bicos eram responsáveis por 20 a 25 ha; em 10%, responsáveis por 25 a 30 ha; e em 20%, responsáveis por mais de 30 ha (Figura 27).

Figura 27 – Gráfico da área anual aplicada por bico dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Com estes resultados, fica clara a importância que cada bico tem para uma propriedade rural, sendo que o problema em apenas um afeta a qualidade de aplicação em uma grande quantidade de área agrícola ao longo do ano.

Casali (2012) encontrou em seu estudo uma área anual aplicada por cada bico de 32 ha (no ano de 2008) e 34,8 ha (no ano de 2011). Porém, ao ser estratificado pelo tamanho de propriedade, percebeu que nas propriedades menores que 50 ha cada ponta era responsável por 4,3 ha, enquanto que nas com mais de 400 ha cada ponta aplicava anualmente em 83,9 ha. E, segundo o autor, esse pouco uso das máquinas nas pequenas propriedades em relação às maiores pode justificar a presença de pulverizadores com elevado tempo de uso nas mesmas.

4.2 VAZAMENTOS

Metade das máquinas inspecionadas (50%) apresentavam vazamentos de calda em algum ponto do sistema. Enquanto isso, a outra metade não. Foi possível perceber que a idade dos pulverizadores afetou significativamente esse quesito, sendo que os que apresentavam vazamentos possuíam mais tempo de uso. Gandolfo (2001) observou o mesmo, sendo que para os pulverizadores usados o percentual de máquinas com vazamentos foi quase o dobro que para os novos.

Vazamentos são um problema comum em pulverizadores, mas muito sério. Além do prejuízo econômico de perder a calda, ainda pode haver a contaminação do ambiente pelo vazamento em locais de risco (CASALI, 2012).

Reynaldo e Machado (2015), durante inspeções, verificaram que 37,50% dos pulverizadores apresentaram problema de vazamentos. Alvarenga e Cunha (2010) relatam que 61,8% das inspeções demonstraram a presença de vazamentos. Martini et al. (2021) constataram que em 23,00% dos equipamentos inspecionados houve presença de vazamentos estáticos (pulverizadores parados) e, em 44,00% dos pulverizadores, houve a presença de vazamentos dinâmicos (pulverizador em funcionamento).

Nas máquinas com vazamentos, o número destes variou. Duas possuíam 1 vazamento apenas, enquanto que outras duas 4 vazamentos e uma 6 vazamentos, um grande número. Gandolfo (2001) encontrou, em média, vazamentos em pelo menos 3 locais de um mesmo pulverizador.

4.3 MANGUEIRAS

Com as inspeções nos pulverizadores, observou-se que 70% das máquinas possuíam mangueiras danificadas ou retorcidas. Em algumas destas, já estavam ocorrendo vazamentos, causando contaminação do ambiente e desperdício de calda.

Outro problema encontrado nos pulverizadores foi o mau posicionamento de mangueiras, estas ficando entre o jato das pontas e o alvo. Metade dos pulverizadores (50%) apresentou este problema, que pode resultar em falhas de aplicação pelo desvio das gotas pulverizadas.

Mangueiras com posicionamento irregular foram observadas em 31,30% das máquinas avaliadas por Reynaldo e Machado (2015). Já Gandolfo (2001) constatou que a presença de mangueiras entre o bico e o alvo ocorreu em 46 unidades, correspondendo a 60,5% do total de pulverizadores avaliados.

4.4 MANÔMETRO

Apenas uma das máquinas avaliadas (10%) não apresentava manômetro. Mesmo sendo apenas 1, isso é algo preocupante, pois o manômetro é um equipamento essencial nos pulverizadores, sem ele não tendo como aferir ao longo da aplicação se a pressão de serviço está correta. Problemas como entupimento no sistema ou o surgimento de algum vazamento ao longo da aplicação, sem a presença de um manômetro, podem passar despercebidos.

Martini (2017), de forma semelhante a este trabalho, constatou que 96,43% dos pulverizadores estavam com manômetros presentes.

Entretanto, das 9 máquinas que apresentavam o manômetro, em 3 este equipamento não estava funcionando. E, entre os 6 manômetros em funcionamento, em 5 estava chegando a mesma pressão nos bicos, mas em uma máquina a pressão que chegava estava diferente.

Machado (2014) verificou que em 45% das máquinas avaliadas os manômetros estavam com defeitos. Já Martini (2017) observou, num teste de bancada com os manômetros removidos das máquinas, que 64,29% dos mesmos foram reprovados, apresentando algum problema.

4.5 GUIA DE TRABALHO UTILIZADA

Em 60% dos pulverizadores inspecionados, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), com monitor de deslocamento, era a forma de guia de trabalho utilizada. Nos outros 40%, a forma de guia era o marcador de espuma.

O GPS para guiar as aplicações de defensivos agrícolas é uma tendência no ramo agrícola, tendo diversas vantagens em relação ao marcador de espuma. Ele confere maior precisão na aplicação; não requer motor, reservatório e mangueiras específicas para aplicar a espuma; armazena as áreas ou faixas aplicadas no seu

sistema, enquanto que a espuma se perde com o passar de horas; e é de fácil utilização (ALVARENGA e CUNHA, 2010).

Porém, o sistema de GPS tem um custo mais elevado de aquisição, e por isso alguns produtores, principalmente os menores, ainda não fazem seu uso. Isso foi percebido ao longo das inspeções, sendo que os produtores que ainda utilizavam o marcador de espuma possuíam uma menor área atendida por seus pulverizadores.

Machado (2014) encontrou que 20% dos pulverizadores de arrasto utilizavam para orientação um receptor GPS com barras de luz e 80% aplicavam através da contagem das fileiras de plantio. Já para os pulverizadores autopropelidos, 15% utilizava o receptor GPS com barras de luz e 85% o receptor GPS com piloto automático.

4.6 ESTADO DOS FILTROS

4.6.1 Filtro de sucção

Todas as máquinas avaliadas apresentavam o filtro de sucção. Já ao avaliar o estado desses filtros, 30% foram classificados como “Bom”, 40% como “Regular”, 20% como “Ruim” e 10% como “Sujo”, ou seja, uma máquina estava com este filtro necessitando de limpeza (Figura 28). Ter filtros em bom estado de conservação é fundamental para um bom funcionamento do sistema de pulverização, e o filtro de sucção é o primeiro que tem ação após a formação da calda.

Figura 28 – Gráfico do estado de conservação dos filtros de sucção dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Sobre os filtros de sucção (ou da bomba), Silva et al. (2016) observaram que os mesmos estavam presentes em todas as máquinas inspecionadas, porém 20% deles apresentaram entupimentos ou fissuras. Martini (2017) encontrou que 96,43% dos filtros de sucção estavam em bom estado.

4.6.2 Filtro de linha

Todas as máquinas avaliadas apresentavam os filtros de linha presentes. Já ao avaliar o estado desses filtros, 40% foram classificados como “Bom”, 30% como “Regular”, 30% como “Ruim” (Figura 29).

Figura 29 – Gráfico do estado de conservação dos filtros de linha dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Silva et al. (2016), em seu estudo, verificou que os filtros de linha apresentaram alta frequência de entupimentos e fissuras, sendo solicitada a substituição dos mesmos. Já Martini (2017) encontrou que 96,43% dos filtros de linha estavam em bom estado de conservação, não precisando ser trocados. Em outro estudo, Gandolfo (2001) observou que 36 pulverizadores (47,4%) não utilizavam filtros de linha, ao passo que das 40 máquinas que o possuíam, 22,5% apresentavam algum tipo de dano no filtro.

4.6.3 Filtro de bico

Ao avaliar o estado dos filtros de bico dos pulverizadores, 40% foram classificados como “Bom”, 30% como “Regular”, 20% como “Ruim” e 10% como “Inoperante”, ou seja, estes filtros não estavam sendo usados (Figura 30). Alguns produtores fazem isto, removem o filtro de bico para evitar entupimento nos mesmos. Todavia, é uma prática arriscada, visto que sem filtro pode haver o entupimento das pontas, que são bem mais difíceis de limpar que os filtros.

Figura 30 – Gráfico do estado de conservação dos filtros de bico dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Martini (2017) também notou que uma parte dos produtores (5,36%) não utilizavam os filtros de bico, ao passo que os 94,64% que utilizavam possuíam estes em bom estado de conservação. Schmidt e Zanella (2017), diferentemente do presente trabalho, observaram que 100% dos filtros de bico estavam em bom estado de conservação. Martini et al. (2021), por outro lado, encontraram que os filtros dos bicos apresentavam resíduos em 57% das amostras, o que afeta negativamente o padrão da pulverização.

4.7 BICOS

O bico de pulverização é o conjunto de uma série de itens como, por exemplo, o filtro da ponta, a válvula antigotejamento, a ponta de pulverização e a capa (CASALI, 2012).

4.7.1 Estado dos bicos de maneira geral

Ao avaliar o estado dos bicos dos pulverizadores de maneira geral, chegou-se ao seguinte resultado: 50% classificaram-se como “Bom”, 40% como “Regular” e 10% como “Ruim” (Figura 31). Estes valores expressam que a maioria dos produtores se preocupa com o estado de conservação de seus bicos, parte essa fundamental para uma pulverização de qualidade.

Figura 31 – Gráfico do estado geral dos bicos dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

4.7.2 Porta bicos

Há bicos que possuem em sua estrutura um sistema que permite o acoplamento de mais de uma ponta ao mesmo tempo. Isto permite que o produtor armazene suas diferentes pontas nos bicos e faça a escolha da ponta desejada para cada aplicação através de um simples acionamento. Esta estrutura é conhecida popularmente como “porta bico”.

De todos os pulverizadores inspecionados, apenas 1 (10%) possuía mais de uma ponta fixada no porta bico. Enquanto isso, 9 (90%) pulverizadores possuíam só uma ponta fixada no porta bico. Analisando pelo lado prático, isto não é algo interessante, pois caso os produtores queiram trocar as pontas para uma determinada aplicação, necessitam fazer toda a montagem nos bicos e não somente girar o mecanismo do porta bicos.

4.7.3 Estado dos antigotejadores

Entre as máquinas inspecionadas, 20% estava com os antigotejadores em “Bom” estado, 30% classificou-se como “Regular”, 20% como “Ruim” e 30% como “Inoperante”, ou seja, não possuía sistema de antigotejamento (Figura 32). O fato de alguns pulverizadores não apresentarem antigotejadores se deve ano de fabricação dos mesmos, sendo que nas marcas nacionais, há alguns anos atrás, normalmente o sistema de antigotejo não era previsto nos projetos (DORNELLES, 2008).

Figura 32 – Gráfico do estado dos antigotejadores dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Os resultados encontrados expressam que maiores cuidados devem ser tomados a respeito deste item, que tem uma grande importância em um pulverizador. O sistema de antigotejo é fundamental para reduzir a contaminação do meio ambiente e do operador, além de evitar perdas de calda e melhorar a qualidade da aplicação (MARTINI, 2017).

Gandolfo (2001) constatou, de maneira semelhante a este trabalho, que 30,3% dos pulverizadores inspecionados não possuíam antigotejadores. O mesmo autor também observou que, das máquinas com a presença de antigotejadores, 60,4% apresentaram pelo menos um com problemas.

Reynaldo e Machado (2015) destacam que a maioria dos trabalhos de inspeções de pulverizadores apresenta um alto índice de falhas nos antigotejadores. Os mesmos autores, no próprio trabalho, observaram que 62,50% dos pulverizadores estavam com irregularidades no sistema antigotejo.

4.7.4 Pontas de pulverização

Entre as partes que formam o bico, a ponta de pulverização é a de maior importância, pois é ela que, ao receber a calda sob pressão, proporciona a formação das gotas e o tipo de jato (CASALI, 2012).

Questionando os produtores sobre as pontas de pulverização utilizadas, foi possível fazer uma avaliação da idade destas. 20% das pontas apresentavam menos de 1 ano de uso, 30% entre 1 e 2 anos, 10% entre 2 e 3 anos e 30% com mais de 3 anos de uso. Além disso, em um dos pulverizadores as pontas tinham idade desconhecida pelo produtor (Figura 33).

Figura 33 – Gráfico da idade das pontas de pulverização dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

A idade das pontas é um fator que interfere no desgaste das mesmas, sendo que quanto mais velhas, maior tende a ser o desgaste e perda de qualidade na aplicação.

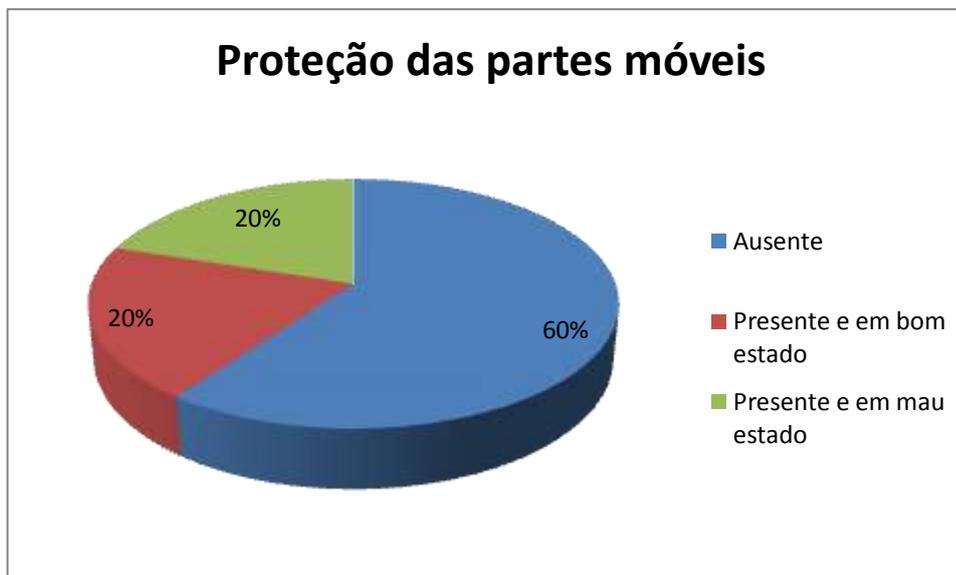
Outro problema ocorrente em alguns pulverizadores é o uso de diferentes pontas na mesma barra. Entre as máquinas avaliadas, 40% possuíam diferentes pontas montadas ao longo da barra, o que é uma alta porcentagem. Tal prática é prejudicial para o padrão da aplicação, podendo haver grandes diferenças de tamanho de gotas e volume de calda ao longo da barra.

4.8 PROTEÇÃO DE PARTES MÓVEIS

Entre as partes móveis de um pulverizador que requerem proteção para evitar acidentes, pode-se destacar a TDP do trator e eixo livre da bomba, além de correias e polias (DORNELLES, 2008). Mesmo estes itens estando dentre os maiores causadores de acidentes no meio rural, a utilização de proteção das partes móveis em máquinas e implementos agrícolas muitas vezes é negligenciada por parte dos operadores (MARTINI et al., 2021) e isto foi presenciado ao longo das inspeções realizadas.

Em 60% dos pulverizadores inspecionados, a proteção das partes móveis estava ausente, em 20% dos pulverizadores estava presente e em bom estado de conservação e em 20% estava presente e em regular estado de conservação (Figura 34).

Figura 34 – Gráfico da presença e estado da proteção das partes móveis dos pulverizadores.



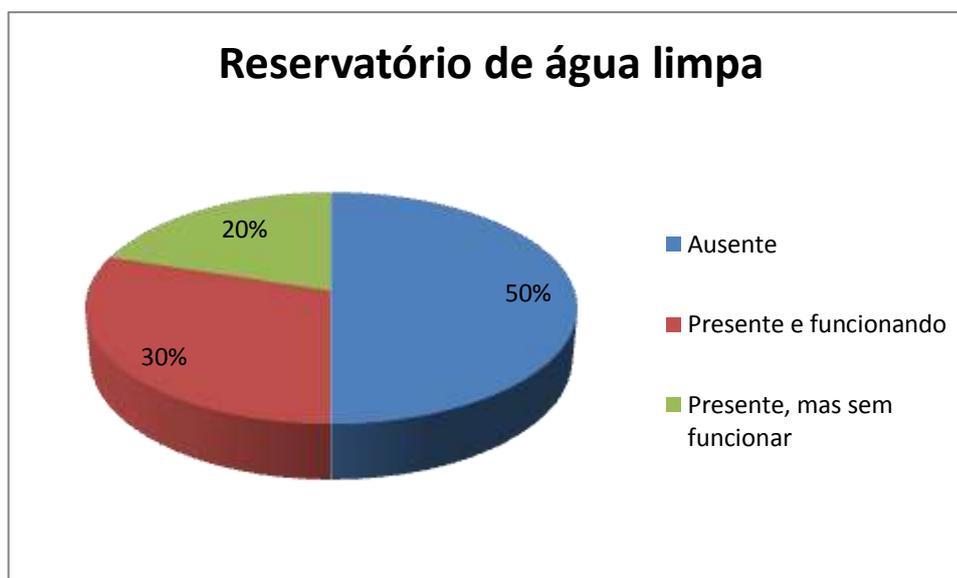
Fonte: O AUTOR (2023)

Em trabalho semelhante, Gandolfo (2001) mostra que a maioria das máquinas avaliadas (49 unidades), correspondentes a 64,5% da amostra, não possuíam proteção de partes móveis. Reynaldo e Machado (2015) observaram que 81,3% dos pulverizadores inspecionados apresentavam irregularidades quanto à proteção das partes móveis. Já Sichoeki (2013), ao avaliar a proteção da árvore cardâmica, observou que somente 60% dos pulverizadores hidráulicos possuíam este equipamento de forma eficiente.

4.9 RESERVATÓRIO DE ÁGUA LIMPA

Dos pulverizadores avaliados, 30% possuía reservatório para água limpa em funcionamento; 20% possuíam, mas sem estar funcionando; e os outros 50% não possuíam este reservatório (Figura 35). A presença de reservatório de água limpa é item importante para higienização do operador em caso de contato com os agrotóxicos ou calda de aplicação. Foi possível perceber que a maioria dos produtores não estava dando muita importância para este item.

Figura 35 – Gráfico da presença e funcionamento do reservatório de água limpa dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Martini (2017) encontrou que o reservatório de água limpa estava presente em 66,07% dos pulverizadores, mas somente em 53,57% este se apresentava em funcionamento. Casali (2012) verificou que 47,8% dos pulverizadores apresentavam reservatório de água limpa em funcionamento no ano de 2011 e 39,1% no ano de 2008. Já Machado (2014) encontrou que 55% dos pulverizadores não possuíam tal reservatório.

4.10 LOCAL DE ALTA PRESSÃO PARA LAVAGEM DAS EMBALAGENS

A maioria dos pulverizadores inspecionados, 80%, não possuía local de alta pressão para lavagem das embalagens, sendo que somente 2 (20%) possuíam, nestes casos em bom estado de conservação. Este item é importante porque reduz o tempo necessário para limpeza das embalagens e também o risco de contato do operador com os agrotóxicos.

A baixa presença de máquinas com um local de alta pressão para lavagem das embalagens se explica pela idade mais avançada dos pulverizadores inspecionados, a maioria tendo mais de 10 anos de fabricação. Dornelles (2008) destaca isso, que pulverizadores mais antigos são desprovidos de sistema de lavagem sob pressão.

Em outro trabalho, Reynaldo e Machado (2015) verificaram que uma porcentagem menor, 12,50% das máquinas avaliadas, não apresentava o sistema de lavagem de embalagens. Já Martini et al. (2021) encontraram que 29,00% dos pulverizadores não possuíam o dispositivo de lavagem das embalagens sob pressão.

4.11 TAXA DE APLICAÇÃO

Também foi avaliada a taxa de aplicação ou vazão dos pulverizadores, isto analisando cada bico de forma isolada. Desta forma, foi possível, além de avaliar a vazão média, aferir como estava a vazão em cada ponta e calcular o coeficiente de variação (CV).

A vazão desejada pelos produtores nem sempre é a vazão real dos pulverizadores. Em 50% das máquinas inspecionadas, a vazão real ficou muito próxima da desejada, com variação inferior a 5%. Já em 20% das máquinas, esta variação ficou entre 5 e 10%; e em 30% das máquinas esta variação foi superior a 15% (Figura 36).

Figura 36 – Gráfico da variação entre a vazão desejada e a vazão real dos pulverizadores.



Fonte: O AUTOR (2023)

Variações maiores que 5% já podem causar sérios problemas durante a aplicação, fazendo com que haja superdosagem ou subdosagem dos ingredientes ativos adicionados à calda.

Gandolfo (2001) verificou uma porcentagem maior de pulverizadores com problemas de variação da vazão. Em seu estudo, 61 unidades (80,2%) aplicavam volumes de calda com uma diferença maior que 5% da quantidade desejada, tendo valor médio de erro no volume de 18,9%. Enquanto isso, Machado (2014) observou problemas mais sérios, havendo vazão irregular das pontas em 97% das máquinas avaliadas.

A respeito do CV ao longo das pontas, 50% dos pulverizadores apresentaram um valor aceitável de acordo com a Norma ISO 16122 (2015), ou seja, menor que 10%. Enquanto isso, outros 50% dos pulverizadores apresentou CV superior a 10%, expressando uma variação de vazão acima da aceitável. O caso mais extremo foi de um pulverizador com 21,4% de CV.

Tabela 3: Pulverizadores avaliados e seus respectivos coeficientes de variação (CV) ao longo das pontas.

Marca	Modelo	Acoplamento	Fabricação	CV (%)
Jhon Deere	4630	A*	2015	6,2
Jacto	Columbia 2000	A	2000	19,8
Robust	600 L	M*	2010	11,9
KO	IH14	M	2012	21,4
Ideal	1016	M	2019	11,0
KO	800 L	M	2012	7,9
Ideal	600 L	M	2007	10,5
Jacto	600 L	M	1998	5,0
Trator Spray	MF 275 modificado	A	1990	7,2
Ideal	600L	M	2009	7,9

*A = autopropelido, M = montado.

O coeficiente de variação das pontas mede a distribuição do ingrediente ativo ao longo das barras, o desgaste das pontas e também a presença de bicos entupidos (MARTINI, 2017). Assim, quanto menor este valor, mais uniforme e precisa tende a ser a pulverização.

Siqueira (2009) encontrou que 87,5% dos pulverizadores no estado do Mato Grosso do Sul apresentavam CV abaixo de 10%. Já Martini (2017) reprovou 73,21% dos pulverizadores avaliados quanto à distribuição transversal de vazão das pontas.

Resultados preocupantes foram observados por Alvarenga (2009), onde 93,3% dos pulverizadores apresentavam CV superior a 15%. Gandolfo (2001) também, sendo que das 39 unidades avaliadas, o CV médio foi de 18,05%, com valor máximo de 34,65%; sendo que apenas uma máquina apresentou CV abaixo de 10%.

5. CONCLUSÃO

As máquinas montadas apresentaram maior destaque na microrregião do Alto Jacuí, bem como as com idade superior a 10 anos de fabricação.

Os pulverizadores testados apresentaram alguns problemas, sendo que todos possuíam ao menos uma condição inadequada em uma das variáveis analisadas. Problemas de vazamentos de calda e nas mangueiras (danificadas ou retorcidas e mau posicionamento) foram comuns. Uma alta porcentagem das máquinas não apresentava antigotejadores; e a maioria estava sem proteção das partes móveis, reservatório de água limpa e local de alta pressão para lavagem de embalagens.

Cabe ainda destacar que metade dos pulverizadores estava com a vazão muito próxima da desejada, e metade com o CV dentro do aceitável, o que comparando a outros trabalhos pode ser considerado bom.

Por fim, conclui-se que a inspeção periódica de pulverizadores é uma prática pouco comum na microrregião do Alto Jacuí. Incentivos a esta ação devem ser realizados, a fim de conscientizar os produtores e a assistência técnica.

REFERÊNCIAS

- AKENSON, N. B.; YATES, W. E. **Pesticide application equipment and techniques**. Roma: FAO, 1979. 257 p. (FAO Agricultural Services Bulletin).
- ALVARENGA, C. B. **Avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia – MG**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R. **Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, p.555-562, maio/jun. 2010.
- ÁLVAREZ, J. M. O. **Revisión de los pulverizadores de fitosanitarios**. Producción integrada de remolacha azucarera La Rioja. 2009. 42p. (Boletim Técnico).
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (ANDAV) (Campinas). **Manual de uso correto de equipamentos de proteção individual**. 2003. Disponível em <https://www.casul.com.br/arquivo/imagem/d3d9446802a44259755d38e6d163e820Manual_EPI.pdf>. Acesso em: 01/07/2023.
- ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Projeto IPP – Inspeção periódica de pulverizadores. **II Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Jundiaí, 2001.
- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza - CE, dezembro de 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426350/1/Dc102.pdf>>. Acesso: 20/07/2022.
- BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II**. Passo Fundo, RS. 2007. 23 - 35p.
- CARPES, R.F. **Índice de mecanização em propriedades agrícolas do município de Ibirubá – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso. IFRS, Campus Ibirubá – RS, Bacharelado em Agronomia. 26p.
- CASALI, A. L. **Caracterização, avaliação e classificação dos pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil**. Tese de doutorado pela UFSM. Santa Maria, RS, Brasil, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3632/CASALI%2c%20ANDRE%20LUI%20S.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso: 20/07/2022.
- CASALI, A. L. **Condições de uso de pulverizadores e tratores na região central do Rio Grande do Sul**. 109p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB do agronegócio brasileiro**. 2023. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso: 01/07/2023.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 1999. Disponível em: <file:///C:/Users/7/Downloads/HISTORIA_DA_PULVERIZACAO.pdf>. Acesso: 20/07/2022.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Shell Brasil, 1992. 122p.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. **Tecnologia de Aplicação**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401 – 449. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5696492/mod_resource/content/1/Cap%C3%ADtulo%20Livro.pdf>. Acesso: 20/07/2022.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

DECLERCQ, J.; HUYGHEBAERT, B.; NUYTENS, D. **An overview of the defects on tested field sprayers in Belgium**. Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayer. 2009. 198p.

DIÁRIO OFICIAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Conselhos Regionais de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul**. Corede Alto Jacuí. s/a. Disponível em: <<https://www.diariooficial.rs.gov.br/>>. Acesso: 20/06/2023.

DORNELLES, M. E.C. **Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2008. 125 p.

DORNELLES, M. E. et al. Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas: histórico e importância. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1600-1605, agosto de 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/DGnY7VsvvDpwJ5RrWyFrBWv/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso: 20/07/2022.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. 101p.

INCRA. Instituto nacional de colonização e reforma agrária. **Classificação dos imóveis rurais**. 2013. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais>>. Acesso: 22/06/2023.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 16122: Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use**. Geneva, 2015. 88p.

KOCH, H. Periodic inspection of air-assisted sprayers. **EPPO Workshop on Application Technology in Plant Protection**, v.26, p.79-86, 1996.

KUNZ, V. L. **Dinâmica do ar em barra pulverizadora, com saída única e dupla, deposição da calda e controle da ferrugem asiática da soja**. 2010. 48p. Tese de Doutorado em Agronomia – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

LANGENAKENS, J.; PIETRS, M. The organization and first results of the mandatory inspection of crop sprayers in Belgium. **Aspects of Applied Biology-Optimising Pesticide Application**, n.48, p.233-240, 1997.

LIMA, P. R. F.; MACHADO NETO, J. G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine Max*). **Planta Daninha**. v. 19, n. 1, p. 85-95, 2001.

LIMONGELLI, J.C., RONDIONE, M.C. LOZANO, J.F. **Impacto de la contaminación en la Calidad de los productos vegetales**. In: SEMINÁRIO JUÍCIO A NUESTRA AGRICULTURA. Buenos Aires, 1991. p.174.

LOBO JÚNIOR, M. H. Pulverizadores autopropelidos. **A Granja**, ed. 749, maio de 2011.

MACHADO, T. M. Inspeção periódica de pulverizadores de barras na região de Guarapuava – PR. **Enciclopédia Biosfera**. v. 10, n. 19, p. 1225-1233, 2014.

MARTINI, A. T. et al. Aspectos relevantes da inspeção de pulverizadores agrícolas: Impactos na precisão das pulverizações de agrotóxicos. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.4, p. 72-82, 2017.

MARTINI, A. T. **Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas conforme a norma ISO 16122**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2017. 190p.

MARTINI, A. T. et al. Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas. **Agronegócio: técnicas, inovação e gestão**. 2021. Capítulo 18, p. 241-257.

MASIÁ, G.; CID, R. **Las boquillas de pulverización**. Rio Negro: CYTED, 2010. p. 77-88.

MATTHEWS, G. A. Pesticide application methods. 3. ed. London: **Blackwell Science**, 2000.

RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. FEPAF: Botucatu/SP, 2004, v.1, p.69-84.

REICHARD, D.L.; OZKAN, H.E.; FOX, R.D. Nozzle wear rates and test procedure. **Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)**, v.34, p.2309-16, 1991.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M. Inspeção periódica de pulverizadores na região centro-sul do estado do Paraná. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.08, n.03, p.87 – 94, set/dez. 2015.

SCHMIDT, S.; ZANELLA, S. J. Avaliações qualitativas de pulverizadores agrícolas em propriedades rurais na região de Erechim – RS. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). v. 10, n. 3, p. 633-652, jul./set. 2017.

SCHWEIG, F. H.; ENGEL, M. V.; TURA, E. F.; GARAFFA, J. P. **Auxílio aos produtores na observação de regulagens, calibração e condição atual dos pulverizadores agrícolas da microrregião do Alto Jacuí**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá. Ibirubá/RS. p1, 2018.

SICHOCKI, D. **Metodologia de inspeção de pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na região do Alto Paranaíba, MG**. 2013. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2013.

SILVA, S. M. et al. Inspeção de pulverizadores e qualidade na aplicação de produtos fitossanitários. **Engenharia na agricultura**. Viçosa - MG, v.24 n.5, setembro/outubro de 2016.

SIQUEIRA, J. L. **Inspeção periódica de pulverizadores: análise dos erros de calibração e impacto econômico**. 2009. 132p. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.

SIQUEIRA, J. L.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 26, n.4, p.92-100, 2011.

VAL, L. M. **Programas de formación de aplicadores y programa de revisión de equipos**. Diapositivo color. Universidad Politécnica de Valencia. 2006.

VELLOSO, J. A. R. O.; GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barras**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1984.