

CLEYTON BATISTA DE ALVARENGA

AVALIAÇÃO DE PULVERIZADORES HIDRAÚLICOS DE BARRA NA REGIÃO  
DE UBERLÂNDIA-MG

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

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL

2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CLEYTON BATISTA DE ALVARENGA

AVALIAÇÃO DE PULVERIZADORES HIDRAÚLICOS DE BARRA NA REGIÃO  
DE UBERLÂNDIA-MG

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

APROVADA em 13 de fevereiro de 2009.

|  |      |
|--|------|
| Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira | IFTM |
| Prof. Dr. Mauri Martins Teixeira           | UFV  |
| Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis            | UEG  |

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha  
ICIAG – UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

A473a Alvarenga, Cleyton Batista de, 1981-  
Avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de  
Uberlândia-MG / Cleyton Batista de Alvarenga. - 2009.  
62 f. : il.

Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pro-  
grama de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.

1. Máquinas agrícolas - Teses. 2. Equipamento de pulverização -  
Teses. I. Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues da. II. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
III. Título.

CDU: 631.3

---

## DEDICATÓRIA

Pela colaboração para eu conquistar esta vitória, dedico ao meu irmão Paulimar Batista de Alvarenga, por ser para mim uma referência como profissional e como homem.

Difícil explicar porque algumas pessoas entram em nossas vidas. Fato é que estas nos transformam em pessoas mais humanas. Por respeitá-la e admirá-la em vida, dedico também não apenas esta vitória, mas todas as que irei conseguir em minha vida profissional e pessoal *in memória* de Maria de Fátima Ramos.

## AGRADECIMENTOS

Àqueles que me educaram, deram carinho e apoiaram nesta caminhada que foi árdua em função de vários obstáculos que se apresentaram até a conquista. Pessoas a quem dedico a conclusão desta etapa e que sempre serão lembradas. Por sua colaboração, sempre terei uma dívida de gratidão para com elas.

Desta forma, meus agradecimentos a:

Meus pais: Paulo Silva Alvarenga e Marlúcia Batista Costa de  
Alvarenga

Às famílias de: Valter Gomes Moura e Joana D'arc Moura;  
Jose Eustáquio de Paiva e Maria José Lemos de Paiva;  
Cristiano Correa Lemos e Cynthia Karla Lemos de Paiva.

Meus agradecimentos também ao meu orientador,  
Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, pela colaboração,  
orientação e pelos conselhos, meu muito obrigado.

Ao CNPq e a Capes, pelo suporte financeiro que permitiu o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO.....   | i  |
| ABSTRACT.....   | ii |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                      | 1  |
| 2 OBJETIVOS .....                                       | 5  |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA.....                            | 6  |
| 3.1 Normalização dos ensaios de pulverizadores.....     | 6  |
| 3.2 Cenário mundial da inspeção de pulverizadores ..... | 8  |
| 3.3 Inspeções de pulverizadores no Brasil.....          | 12 |
| 3.4 Qualidade na aplicação de agrotóxicos.....          | 17 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS .....                              | 19 |
| 4.1 Metodologia .....                                   | 19 |
| 4.2 Avaliações qualitativas .....                       | 20 |
| 4.2.1 Acoplamento .....                                 | 20 |
| 4.2.2 Abertura e levante da barra .....                 | 20 |
| 4.2.3 Idade da máquina.....                             | 21 |
| 4.2.4 Avaliação das pontas na barra.....                | 21 |
| 4.2.5 Monitoramento das condições climáticas .....      | 21 |
| 4.2.6 Orientação por faixa .....                        | 22 |
| 4.2.7 Vazamentos .....                                  | 22 |
| 4.2.8 Mangueiras e conexões .....                       | 22 |
| 4.2.9 Localização e posicionamento de mangueiras .....  | 22 |
| 4.2.10 Filtros .....                                    | 23 |
| 4.2.11 Válvulas antigotejo .....                        | 23 |
| 4.2.12 Manômetros.....                                  | 23 |
| 4.2.13 Partes móveis.....                               | 24 |
| 4.3 Avaliações quantitativas .....                      | 24 |
| 4.3.1 Espaçamento entre bicos.....                      | 24 |
| 4.3.2 Exatidão dos manômetros .....                     | 25 |
| 4.3.3 Volume de aplicação.....                          | 25 |
| 4.3.4 Distribuição volumétrica na barra .....           | 26 |
| 4.3.5 Vazão das pontas de pulverização.....             | 28 |

|   |    |
|---|----|
| 4.3.6 Rotação da tomada de potência do trator (TDP) ..... | 28 |
| 4.3.7 Nível de ruído.....                                 | 28 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                            | 30 |
| 5.1 Avaliações qualitativas .....                         | 31 |
| 5.1.1 Acoplamento .....                                   | 32 |
| 5.1.2 Abertura e levante da barra .....                   | 33 |
| 5.1.3 Idade das máquinas.....                             | 34 |
| 5.1.4 Orientação por faixa .....                          | 36 |
| 5.1.5 Monitoramento das condições climáticas .....        | 38 |
| 5.1.6 Vazamentos .....                                    | 39 |
| 5.1.7 Avaliação das pontas na barra.....                  | 39 |
| 5.1.8 Localização e posicionamento de mangueiras .....    | 40 |
| 5.1.9 Mangueiras e conexões .....                         | 40 |
| 5.1.10 Válvulas antigotejo .....                          | 41 |
| 5.1.11 Partes móveis.....                                 | 42 |
| 5.1.12 Manômetro .....                                    | 43 |
| 5.1.13 Filtros .....                                      | 44 |
| 5.2 Avaliações quantitativas .....                        | 45 |
| 5.2.1 Vazão das pontas de pulverização .....              | 45 |
| 5.2.2 Espaçamento entre bicos.....                        | 47 |
| 5.2.3 Nível de ruído.....                                 | 48 |
| 5.2.4 Exatidão do manômetro .....                         | 49 |
| 5.2.5 Distribuição volumétrica na barra .....             | 49 |
| 5.2.6 Rotação na tomada de potência (TDP) .....           | 51 |
| 5.2.7 Volume de aplicação.....                            | 52 |
| 5.3 Avaliação da metodologia para inspeção.....           | 53 |
| 6 CONCLUSÕES.....   | 55 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                          | 56 |

## RESUMO

ALVARENGA, CLEYTON BATISTA de. **Avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia-MG**. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

Toda e qualquer forma de aplicação de agrotóxico representa risco ao ambiente, no entanto, é preciso minimizar esses riscos, por meio do uso de tecnologia e conhecimento adequados, garantindo a produção sustentável de alimentos. Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário e pouca atenção à técnica de aplicação. A identificação do estado atual de conservação e forma de uso de pulverizadores na agricultura pode orientar novas pesquisas e investimentos para uma manutenção e uso adequados destes equipamentos, no sentido de contribuir com a redução de custos e a contaminação ambiental. Desta forma, este trabalho teve como objetivo: avaliar o estado de funcionamento de pulverizadores agrícolas na região de Uberlândia, Minas Gerais, estudar a necessidade de implantação de programas de inspeções periódicas de pulverizadores e desenvolver metodologia específica de avaliações para as condições brasileiras. As avaliações foram realizadas em propriedades rurais visitadas aleatoriamente e consistiram de um questionário preenchido pelo operador das máquinas e da inspeção propriamente dita dos pulverizadores. Os itens avaliados foram: existência de vazamentos; estado de conservação e localização das mangueiras; presença e estado de conservação dos filtros de linha, ponta e principal; presença e conservação de antigotejadores; regularidade do espaçamento entre bicos; semelhança das pontas de pulverização na barra; presença, funcionalidade, adequação e precisão do manômetro; proteção de partes móveis; erros no volume de aplicação; uniformidade de distribuição volumétrica na barra; vazão das pontas; rotação na tomada de potência; idade das máquinas; forma de acoplamento; sistemas de abertura e levante de barra; orientação por faixa e monitoramento das condições climáticas. Este trabalho permitiu produzir um diagnóstico da situação dos pulverizadores de barra da região. Essa informação serviu de base para fundamentar e recomendar a necessidade da implantação de um programa regional de avaliação periódica dos pulverizadores de barra. Os resultados mostraram que há necessidade da implantação de um programa de avaliação freqüente desses equipamentos, com o objetivo de atender às exigências de mercados consumidores mais preocupados com a qualidade dos alimentos, meio ambiente e bem estar dos trabalhadores. Todos os pulverizadores avaliados apresentaram algum tipo de problema, sendo os mais freqüentes: má uniformidade de distribuição de produto na barra, falta de monitoramento das condições climáticas antes e durante a aplicação, estado de conservação inadequado das pontas de pulverização e erros no volume de calda aplicado. Muitos ajustes de incompatibilidades encontrados são, em muitos casos, simples de serem realizados e também apresentam baixo custo, não justificando sua não realização. A repetição das avaliações em anos posteriores é fundamental para se ter uma resposta junto aos produtores quanto à aceitação das sugestões feitas pelos técnicos, e para verificar se houve melhoria nos equipamentos. A metodologia utilizada mostrou-se adequada para avaliação do estado de funcionamento de pulverizadores agrícolas, exceto para uniformidade de distribuição de calda na barra, feita com auxílio de provetas graduadas, onde ficou evidente a influência negativa do vento afetando os resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação, aplicação de defensivos, manutenção.

---

<sup>1</sup>Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU

## ABSTRACT

ALVARENGA, CLEYTON BATISTA de. **Evaluation of boom hydraulic sprayers in the region of Uberlândia-MG.** 2008. 62p. Dissertation ((Master Program Agronomy/Crop Science) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. <sup>1</sup>

Any and every manner of pesticide application represents environmental risks, which must be minimized by the use of proper knowledge and technology, assuring a sustainable food production. Often, great importance is given to the pesticide and little to the application technique. The identification of the conservation state and mode of use of the sprayers in agriculture can direct new research and investment for the maintenance and adequate use of such equipment, thus contributing for the reduction of costs and environmental contamination. Therefore, this study evaluated the operational state of agricultural sprayers in the region of Uberlândia, Minas Gerais, and the need to implement periodical inspection programs for sprayers, developing specific evaluation methods for Brazilian conditions. The evaluations were done in farm properties randomly visited and consisted of a questionnaire filled out by the machine operator and of the inspection of the equipment. The following items were evaluated: presence of leakage; conservation state and location of the hoses; presence and conservation state of the line filters, nozzle; presence and conservation state of anti-drippers; regularity and nozzle spacing; similarity of spray nozzles in the boom; presence, operability, adequacy and precision of the manometer; protection of mobile parts; errors in the application volume; uniformity of volume distribution in the boom; nozzle flow; rotation at the tractor power take-off; machinery age; coupling form; boom lifting systems; orientation by band and monitoring the environment conditions. This study diagnosed the boom sprayers' condition in the region. This information served as the basis to recommend the implementation of a regional program of periodical evaluation of boom sprayers. The results indicated the need to implement a frequent evaluation program for this equipment, to meet the consumer market that is concerned with food quality, the environment and well being of the laborers. Every sprayer evaluated had problems, and the most frequent were: non uniformity of product distribution along the boom, lack of monitoring of environmental conditions before and during spraying, inadequate conservation state of nozzles and mistakes on the mixture volume applied. Many incompatibility adjustments found, often, are easily fixed and low cost, without any reason of being omitted. The repetition of the evaluations in subsequent years is fundamental to monitor the response of farmers in relation to acceptance of suggestions made by the technician, and to monitor improvements in the equipment. The method used was adequate to evaluate the working conditions of the agricultural sprayers, except for the mixture distribution uniformity along the boom, which is made with graduated cylinders, making clear the negative effect of wind affecting the results.

KEYWORDS: application technology, pesticide application, maintenance.

---

<sup>1</sup>Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU

## 1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, embora desempenhem papel de fundamental importância dentro do sistema de produção agrícola vigente, têm sido alvo de crescente preocupação por parte dos diversos segmentos da sociedade, em virtude de seu potencial de risco ambiental (BARCELLOS et al., 1998). Tradicionalmente, há, na sociedade, consenso de que os agrotóxicos são prejudiciais ao homem, devido às notícias de contaminação de animais e seres humanos. No entanto, o seu uso tem contribuído com a prática agrícola, por meio da redução de mão-de-obra e aumento da produção, abaixando os custos e melhorando a qualidade dos alimentos. Sua utilização deve ser feita de maneira racional, dentro do contexto mais amplo da produção integrada de plantas. Evita-se, assim, a contaminação do solo e da água, os danos à saúde humana e animal e o aparecimento de pragas, doenças e plantas daninhas tolerantes e a seleção de resistência.

Dentre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos disponíveis, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações (TEIXEIRA, 1997). Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, do tipo costal, utilizado em pequenas áreas; até os equipamentos mais sofisticados, como os pulverizadores de barra autopropelidos. Nesses equipamentos, as pontas de pulverização representam, sem dúvida, um dos principais componentes que garantem a qualidade e a segurança da aplicação (TEWARI et al., 1998).

Independente do cultivo, cereal ou oleaginosa, pode-se considerar que o resultado da produção depende dos processos de semeadura, pulverização, adubação de cobertura e colheita. São todos importantes, mas o processo de pulverização deve ter especial atenção do agricultor, uma vez que, se a aplicação não for realizada adequadamente, problemas econômicos, ambientais e de saúde poderão ocorrer. Os defensivos agrícolas são aplicados para controlar plantas daninhas, patógenos e insetos. Como resultado, espera-se então que tais agentes biológicos sejam controlados, mas além destes, deve-se evitar fitotoxicação às plantas de interesse econômico, evitar comprometer a saúde tanto do operador, quanto dos consumidores, causar o mínimo de impacto ambiental e ser economicamente viável. O problema de se atingir tais resultados está na dificuldade de controlar os fatores que interagem e influenciam o processo de aplicação dos agroquímicos (SANTOS, 2005).

O uso de agrotóxicos ocupa um lugar de destaque entre as técnicas utilizadas para melhorar tanto a produtividade, quanto a qualidade dos produtos oriundos de áreas agrícolas produtivas, principalmente no combate às doenças, plantas daninhas e pragas das plantas cultivadas (LIMONGELLI et al., 1991).

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca à técnica de aplicação. Não basta conhecer o produto a ser aplicado, mas fundamental também é conhecer a forma de aplicação. É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Para isso, é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado.

Dentre as máquinas desenvolvidas para uso agrícola, os pulverizadores são de ampla utilização para a aplicação de produtos fitossanitários, uma vez que possibilitam a distribuição rápida de produtos, tais como: herbicidas, fungicidas, inseticidas, reguladores de crescimento, acaricidas, entre outros.

A eficiência da aplicação dos produtos fitossanitários contra os agentes causadores de danos nas culturas agrícolas, associada à menor contaminação ambiental e menor custo, depende de diversos fatores, entre eles pode-se citar a escolha adequada do equipamento, o estado e funcionamento de seus componentes e sua calibração (GANDOLFO, 2001). Este mesmo autor afirma ainda que uma medida adotada em alguns países da Europa para controlar as pulverizações é a realização de inspeções periódicas dos pulverizadores, atribuindo a eles certificação. É oferecida orientação aos usuários para um melhor uso e manutenção dos equipamentos, objetivando uma redução da quantidade de defensivos agrícolas utilizados, com conseqüente redução do custo e da contaminação ambiental, além de elevar a eficiência das aplicações.

O objetivo da tecnologia de aplicação é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, sem afetar o ambiente (DURIGAN, 1989). Muitas vezes, entretanto, parte do produto aplicado se perde para o ambiente, principalmente por deriva. Além do prejuízo resultante da perda de agrotóxico e dos danos que podem ser causados em culturas adjacentes, a deriva assume grande importância devido à conscientização da população em relação à qualidade de água, alimentos e outras questões ambientais (LUNKES, 1996).

A deriva é considerada um dos maiores problemas da agricultura (SUMNER; SUMNER, 1999). O desvio da trajetória que impede que as gotas produzidas atinjam o alvo está relacionado, principalmente, ao tamanho de gotas e à velocidade do vento

(SILVA, 1999). De acordo com as condições ambientais, é preciso conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental. Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (SUMNER, 1997; MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000).

Qualquer técnica recomendada para uma determinada aplicação de agrotóxico deve conseguir controlar a praga utilizando uma dose mínima, e distribuir o produto de maneira que se alcance a maior eficácia, sem, entretanto, causar efeitos negativos ao ambiente. O sucesso de um programa de tratamento fitossanitário, na agricultura, depende fundamentalmente da utilização de produto de eficácia comprovada e de uma tecnologia desenvolvida para sua aplicação, ficando condicionada ao momento de sua realização e à influência dos fatores meteorológicos, biológicos e agrônômicos incontroláveis.

Dessa forma, é preciso que se estabeleçam métodos de controle das aplicações de agrotóxicos, principalmente no que diz respeito às máquinas aplicadoras. Alguns países europeus, principalmente, já atentaram para isso e tornaram obrigatória a avaliação dos equipamentos de aplicação e o treinamento de seus operadores. No Brasil, com exceção de alguns casos isolados, pouco ainda foi feito a respeito.

A identificação do estado atual de conservação e uso de pulverizadores na agricultura, pode nortear novas pesquisas e investimentos para uma manutenção e uso adequados destes equipamentos, no sentido de contribuir com a redução de custos e contaminação ambiental, pelo menor consumo e menores perdas, associados a uma maior eficiência das pulverizações.

O conhecimento do estado atual dos pulverizadores agrícolas no Brasil é fundamental, principalmente na região dos Cerrados onde a agricultura é praticada intensivamente. A partir dele, será possível justificar a criação de um programa regional de inspeção, que tenha como objetivo reduzir o impacto ambiental, melhorar a eficiência das aplicações e colaborar com os programas de certificação.

A exigência de programas de certificação da produção agrícola tem crescido, principalmente para produtos de exportação. Em breve, muitos produtos exportados precisarão de laudo de produção, em que deverá constar também a descrição das condições de aplicação dos agroquímicos.

Em qualquer pulverização, os operadores ficam expostos ao produto, seja por contato direto, seja pela deriva ocorrida entre a ponta de pulverização e o alvo de deposição. Como os riscos de intoxicação ocupacional com os agrotóxicos existem em qualquer modalidade de pulverização, e ainda são influenciados por diversos fatores de risco dominantes nas condições específicas de trabalho, as características estruturais do equipamento de aplicação, do trator e da posição do trabalhador no seu posto de trabalho são fatores que afetam a intensidade da exposição e, conseqüentemente, o risco proporcionado ao trabalhador pela condição de trabalho.

Neste contexto, insere-se muito bem a região de Uberlândia, no Triângulo Mineiro. Com cidades modernas e de porte médio como Uberlândia, Uberaba, Araguari e Ituiutaba, é uma das mais importantes regiões produtoras de grãos do Brasil. A agropecuária dessa região está entre as mais avançadas do país em termos de produtividade, no entanto, em termos de qualidade de aplicação de agrotóxicos e impacto ambiental, pouca informação se tem a respeito.

No setor agropecuário, em algumas cooperativas do Estado do Paraná, a implantação de programas de qualidade já é considerada uma nova forma de gerir agronegócio. O desafio será implantar o programa em todas as propriedades de seus cooperados, o que além de melhorar a produção agropecuária, poderá auxiliar na implantação da agricultura de precisão e de sistema de rastreabilidade. Considera-se ainda a hipótese de que, a partir da utilização de ferramentas da qualidade total, é possível desenvolver uma metodologia prática e eficiente para atestar a qualidade dos processos de pulverização (SANTOS, 2005).

Em breve, os órgãos legisladores precisarão atentar para a falta de regulamentação desta área no Brasil, em detrimento do que acontece nos países de primeiro mundo, e assim será preciso reunir informações das diversas regiões do país para justificar e embasar a criação de um programa de inspeção de pulverizadores.

## **2 OBJETIVOS**

- Avaliar o funcionamento dos pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, no Triângulo Mineiro.
- Estudar a necessidade de implantação de programas de avaliações periódicas de pulverizadores.
- Avaliar o manejo dos pulverizadores agrícolas e, conscientizar os agricultores e operadores da importância na calibração e regulação dessas máquinas.
- Desenvolver metodologia específica de avaliação de pulverizadores para as condições brasileiras.
- Apontar os principais pontos de perda de eficiência no processo de aplicação de agrotóxicos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Normalização dos ensaios de pulverizadores

O ensaio de máquinas agrícolas é uma constatação prática das características técnicas e operacionais dessas máquinas. Nos ensaios, realiza-se uma descrição e análise do desempenho das máquinas, tendo em vista atender às necessidades de informações dos usuários, fabricantes e também dos profissionais que estudam essas máquinas. O mais comum é o Governo encampar o interesse de uma ou mais dessas classes e realizar o ensaio, disponibilizando os dados posteriormente, de forma a permitir a operação dessas máquinas de forma mais segura e eficiente (MIALHE, 1996).

Com relação à normalização de ensaios, está se formando nos países europeus, principalmente, uma forte consciência da sua necessidade. Esses trabalhos de normalização são básicos para a realização dos ensaios e, principalmente, para sua aceitação. Somente por meio da normalização é possível obter a repetitividade dos resultados alcançados durante os ensaios.

A primeira preocupação em uma norma refere-se à terminologia. É preciso padronizar a terminologia, de modo a facilitar a comunicação, inclusive à divulgação técnica na área. A ASAE – “American Society of Agricultural Engineers” apresenta uma padronização dos termos e definições utilizados na aplicação de defensivos agrícolas (ASAE, 1990).

No Brasil, o Comitê de Estudos de Máquinas e Implementos para a Aplicação de Defensivos Agrícolas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) já editou algumas normas relacionadas à terminologia, classificação e ensaio de pontas de pulverização. Entretanto, a normalização de ensaios no país ainda é incipiente. Enquanto não houver normalização específica, o país adotará a norma ISO – “International Organization for Standardization”, que é de aceitação universal. Existem algumas normas ISO para ensaio de pulverizadores e para o ensaio de pontas de pulverização.

A Espanha é um país que se destaca pelo interesse na normalização de ensaios de pulverizadores, já tendo atualmente normalização específica para o assunto (IRANOR, 1982). Sua norma harmoniza-se com as normas da ISO. A Associação Nacional de

Proteção de Plantas Francesa também já possui alguns trabalhos sugerindo pautas para o ensaio de pulverizadores.

Outra entidade que tem se preocupado com a normalização é a FAO – “Food and Agriculture Organization of the United Nations”. A FAO desenvolveu normas para o ensaio de alguns tipos de pulverizadores mais comumente utilizados na agricultura. Tais normas foram desenvolvidas por meio de consultoria externa e o resultado dessa consultoria foi, então, levado para análise e aprovação de especialistas da FAO, na área de aplicação de agrotóxicos (FAO, 1997a, b, c).

No que se refere aos riscos ocupacionais, a legislação federal mais recente, NR 31, da Portaria 86, de 3 de março de 2005, determina as condições de segurança do trabalhador rural, inclusive daqueles ligados ao manuseio de agrotóxicos, adjuvantes e produtos afins (BRASIL, 2005). Ficou estabelecido que todo empregador rural, independente de sua posição socioeconômica, é obrigado a cumprir as normas e regulamentações dispostas na NR-31. Nesta norma foi determinado que cabe ao empregador rural ou equiparado realizar avaliações dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores. Com base nos resultados, deve-se adotar medidas de proteção para garantir que todas as atividades, lugares de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas e processos produtivos sejam mais seguros e em conformidade com as normas de segurança e saúde (BRASIL, 2005).

Com relação ao nível de ruído, a ABNT, através da norma NBR-10152 (ABNT, 1987b), estabelece os níveis de ruído para o conforto acústico, e a norma regulamentadora NR-15 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 2008) estabelece o nível máximo de ruído permitido para oito horas de exposição diária em 85 dB (A). Acima desse limite, além de perturbar as atividades humanas, corre-se o risco de modificar o limiar auditivo dos indivíduos expostos ao ruído, principalmente em longos períodos de tempo, causando hipoacusia (MERLUZZI et al., 1987). Ainda de acordo com a NR-15, não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

Astete e Kitamura (1980) afirmam que, dentre as características mais importantes para o aparecimento de doença auditiva, destacam-se: a intensidade, relacionada com o nível de pressão sonora; o tipo de ruído, definido como contínuo intermitente ou de impacto; a duração, relacionada ao tempo de exposição a cada tipo de agente; e a qualidade, que diz respeito à frequência dos sons que compõem os ruídos em determinada análise.

Com relação à rotação na tomada de potência (TDP), a padronização é necessária devido ao fato de que os fabricantes de máquinas agrícolas necessitam saber qual a rotação de trabalho da máquina para poder estimar a potência necessária para seu funcionamento. Da mesma forma, as dimensões também são padronizadas para permitir o acoplamento de máquinas agrícolas ao trator. Assim, as TDPs são projetadas para trabalhar em duas rotações padronizadas: 540 e 1000 rpm. O motor do trator deve trabalhar a determinada rotação que proporcione 540 rpm na TDP. A velocidade angular ajustada com a variação de rotação aceitável é de  $540 \pm 10$  rpm no sentido horário. O motor do trator pode trabalhar também a determinada rotação que, conforme a redução do motor para a TDP, proporcione 1000 rpm na TDP com velocidade angular de  $1000 \pm 25$  rpm no sentido horário (MIALHE, 1996).

### **3.2 Cenário mundial da inspeção de pulverizadores**

Avaliações de componentes isolados dos pulverizadores são realizadas desde a década de 40, mas apenas no final dos anos 60 é que surgiram os primeiros programas de inspeção para máquinas de pulverização. Na TABELA 1, é mostrado um panorama dos programas de inspeção em atividade nos países da Europa, indicando o ano de início das atividades e a obrigatoriedade ou não da inspeção (ANTUNIASSI; GANDOLFO, 2001, 2005). Estes autores afirmam que, na maior parte dos países, as inspeções periódicas têm sido realizadas utilizando-se unidades móveis de avaliação e visitas programadas às propriedades ou cooperativas. Nessas avaliações, são atribuídos certificados de condição de uso e/ou orientação aos usuários para um melhor uso e manutenção. Em alguns casos, a certificação por meio de inspeções periódicas pode incluir a autorização ou não do trabalho com os equipamentos. No caso de reprovação, há a necessidade de uma reavaliação após os devidos reparos (GANDOLFO; ANTUNIASSI, 2003).

Segundo Koch (2001), na Alemanha, a inspeção tornou-se obrigatória em 1992. Geralmente, são realizadas por oficinas credenciadas, em locais pré-determinados, com custo de aproximadamente 150 dólares, tendo validade de dois anos. As principais características verificadas são: funcionamento da bomba e do manômetro e distribuição transversal.

Ainda na Alemanha, Koch (1996) propôs uma metodologia de avaliação em pulverizadores dividindo-as em qualitativas (observadas) e quantitativas (medidas). Algumas das qualitativas foram feitas observando o estado geral de manutenção, presença de vazamentos, proteção das partes móveis, estado dos filtros entre outras. Dentre as quantitativas, apresenta-se a avaliação da vazão das pontas, comprimento real da barra e velocidade de deslocamento, sendo estes três parâmetros utilizados para a determinação da correta calibração.

**TABELA 1.** Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas em alguns países europeus

| PAÍS       | ANO DE INÍCIO | OBRIGATORIEDADE |
|------------|---------------|-----------------|
|            |               | (Ano de 1998)   |
| Alemanha   | 1968          | Sim             |
| Eslovênia  | 1971          | Sim             |
| Áustria    | 1975          | Sim             |
| Croácia    | 1984          | Sim             |
| Itália     | 1985          | Não             |
| Holanda    | 1988          | Sim             |
| Suécia     | 1988          | Não             |
| Suíça      | 1989          | Sim             |
| Espanha    | 1990          | Não             |
| Noruega    | 1991          | Não             |
| Dinamarca  | 1994          | Sim             |
| Bélgica    | 1995          | Sim             |
| Finlândia  | 1995          | Sim             |
| Inglaterra | 1996          | Não             |

Fonte: Ganzelmeier; Rietz (1998), citado por Antuniassi (2001).

Baldi e Vieri (1992), na Itália, desenvolveram proposta de institucionalizar um controle periódico sobre pulverizadores, descrevendo a metodologia para a avaliação de manômetros, vazão das pontas e distribuição na barra do pulverizador. Os manômetros foram avaliados utilizando um banco comparador composto por um circuito hidráulico com pressurização regulada, com tubulação comunicante para dois manômetros, um de precisão e outro da máquina. A vazão das pontas foi obtida por meio de fluxômetros instalados nas pontas. A distribuição horizontal na barra das máquinas foi avaliada

volumetricamente, com provetas graduadas postas sob um banco de distribuição com canaletas a cada cinco centímetros. As avaliações também consideraram aspectos qualitativos da máquina, como proteção ao operador, presença de filtros e antigotejadores e escala do manômetro.

Aqueles autores concluíram que a aplicação de tal metodologia sobre 28 máquinas mostrou que 71 % não apresentavam proteção adequada ao operador, 85 % não estavam dotadas de antigotejadores e, em 36 %, os filtros eram ineficientes ou ausentes. Com relação ao manômetro, independentemente da eficiência, em 50 % dos casos a escala era muito elevada em relação ao valor médio de registro em pulverizações. Da avaliação da vazão das pontas, os autores concluíram que a variação média de vazão foi de 19,5 %, com valores médios de coeficiente de variação (CV) na distribuição de 22,3 %. Com respeito à qualidade de distribuição nas barras, foi observado que 40 % das máquinas apresentavam CV superior ao limite determinado pelos pesquisadores, que neste caso foi de 10 %.

Ainda na Itália, Pergher et al. (1994) registraram que o sistema de inspeção proporcionou em dois anos melhorias nas condições de uso dos equipamentos utilizados nos tratamentos fitossanitários de vitivinicultura. Comparando os resultados obtidos das avaliações realizadas em 1990 e 1992, a quantidade de manômetro, em condições de regular o equipamento, passou de 23,2 % para 42,1 %, o número de bombas com a vazão incorreta diminuiu de 63 % para 37,8 %, a distribuição vertical correta do jato de pulverização aumentou de 5,8 % para 38,6 % e a proteção do cardan aumentou de 20,3 % para 64,9 %.

No Centro de Testes de Pordenone na Itália, cerca de 100 pulverizadores são inspecionados a cada ano na região produtora de frutas. Cerca de 39 % e 11 %, respectivamente, da área total dos pomares (700 ha) e de vinhas (5500 ha), em torno deste distrito, são atualmente tratados com pulverizadores que foram inspecionados ao menos uma vez durante os últimos 5 anos (PERGHER, 2004).

Na Bélgica, a inspeção tornou-se obrigatória em 1995. As inspeções são feitas por unidades móveis, por agentes do governo, em locais pré-determinados a uma distância de no máximo 15 km das propriedades. De 1995 a 1998, mais de 25.000 pulverizadores foram inspecionados. Aproximadamente 82 % foram aprovados. As principais verificações foram: estado dos manômetros, distribuição da pressão ao longo da barra e estado das pontas (LANGENAKENS; BRAEKMAN, 2001).

Levantamentos também foram realizados na Argentina por Magdalena e Di Prinzio (1992). Parâmetros como funcionalidade do manômetro, vazão das pontas e proteção do eixo cardan foram avaliados em 292 equipamentos, sendo constatado que 70 % das máquinas utilizavam pontas desgastadas, 52 % não tinham manômetro ou estavam fora de serviço e 86 % não dispunham de proteção na árvore cardânica. Foi observado ainda que, com investimentos de baixo custo em reparos, calibração correta e informação aos usuários, as máquinas poderiam ser postas em adequada condição de operação.

De maneira geral, Langenkens e Braekman (2001) notaram nos países da Europa que adotaram a inspeção obrigatória uma conscientização dos produtores quanto à importância da tecnologia de aplicação. Além disso, as próprias empresas fabricantes de equipamentos passaram a se preocupar mais com qualidade e durabilidade.

Apesar do caráter técnico das inspeções, todos os programas europeus ressaltam a importância do processo de inspeção como agente redutor de custos, além da minimização e prevenção da contaminação de alimentos e do ambiente. De uma análise geral dos objetivos estabelecidos para os programas de inspeção de pulverizadores, independente de ser espontânea ou obrigatória, pôde-se observar na Europa a real importância dada ao processo educativo do usuário ou proprietário da máquina (ANTUNIASSI, 2001).

Friedrich (1997) afirma que os equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários evoluíram consideravelmente nos últimos anos, porém essa transferência ao campo ocorreu lentamente, enquanto que os agroquímicos evoluíram mais rapidamente para produtos mais potentes, e ainda chegam às partes mais remotas do mundo em menor tempo. Neste mesmo sentido, Matuo (1998) afirma também que houve uma evolução tecnológica importante para aplicação destes produtos, contudo, ainda aquém da necessidade, quando comparada com os investimentos para a descoberta de novos produtos.

Para a avaliação de pulverizadores agrícolas, Matthews (2000) apresenta diversas opções de metodologias. A determinação da distribuição das gotas e cobertura do alvo pode ser realizada mediante a utilização de alvos artificiais, como fitas de papel, colocadas próximas ao alvo (folha da planta, solo e outras).

### 3.3 Inspeções de pulverizadores no Brasil

Não se tem bem definido quando começaram os ensaios de pulverizadores no Brasil. Na década de 60, iniciaram-se alguns experimentos de aplicação de defensivos em diversas culturas, com destaque para o algodão. A partir da década de 70, com o advento da ferrugem do cafeeiro, dois órgãos se destacaram na avaliação das máquinas aplicadoras de defensivos: o IBC – Instituto Brasileiro do Café e o Instituto Agrônomo de São Paulo.

Em 1985, iniciaram-se as ações para a implantação de um sistema de inspeção de pulverizadores na Estação Experimental de Caçador/Epagri-SC. A demanda pela utilização adequada de agrotóxicos e a existência de um convênio entre a Epagri e o governo da Alemanha proporcionaram o intercâmbio técnico e a possibilidade de se obter equipamentos para a realização do trabalho.

Como já era notória, grande parte da ineficiência no controle fitossanitário dos pomares era em decorrência do uso de pulverizadores em condições precárias. Iniciaram-se as atividades de verificação do estado funcional dos componentes dos equipamentos na busca de soluções para suprir tais deficiências e melhorar o controle fitossanitário dos pomares, aplicando os produtos de forma correta e racional. Palladini (2004) afirma ainda que, na época, pouco se conhecia sobre os procedimentos e parâmetros a serem utilizados para a realização da inspeção dos pulverizadores.

Atualmente, a inspeção de pulverizadores no Brasil ainda é incipiente. Algumas universidades e empresas privadas estão iniciando alguns projetos de inspeção, mas ainda em fase experimental, sem qualquer oficialização. Sabe-se, entretanto, que a tendência futura é a obrigatoriedade das avaliações.

Para Schröder (2004), pouco valor terá uma máquina sofisticada se esta não for operada segundo as especificações técnicas. O mesmo autor relata que procedimentos operacionais e equipamentos adequados são os pilares que sustentam as modernas aplicações de agroquímicos. O problema para se atingir resultados satisfatórios nas pulverizações está na dificuldade de controlar os fatores que interagem e influenciam no processo de pulverização (SANTOS; MACIEL, 2006).

A Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Botucatu, lançou o projeto IPP – Inspeção Periódica de Pulverizadores – com o objetivo de avaliar o estado de pulverizadores agrícolas, no entanto, ainda de abrangência pequena, em virtude das

dimensões continentais do País, concentrando-se principalmente nos Estados do Paraná e São Paulo. Basicamente, foram avaliadas as seguintes características: identificação do equipamento, estado dos componentes (pontas, barra, filtros, comandos, manômetros, mangueiras e anti-gotejadores), integridade estrutural e vazamentos, proteção das partes móveis, aferição do volume de calda e dosagem pretendida e coeficiente de variação dos valores de vazão das pontas (ANTUNIASSI; GANDOLFO, 2001).

A ocorrência de vazamentos foi observada por Gandolfo (2001), em 56,6 % dos pulverizadores inspecionados, sendo que, em 58,1 % dessas máquinas, os vazamentos ocorreram na conexão da capa com o corpo das pontas e, em 9,3 %, na carcaça dos filtros de linha. Quanto à localização e posicionamento das mangueiras, pelos resultados apresentados, constatou-se que a presença de mangueiras entre a ponta e o alvo ocorreu em 60,5 % do total. O espaçamento entre bicos inadequado, considerando o limite de 10 % de variação em relação ao valor pretendido, ocorreu em 42,1 %, sendo o erro médio do número de espaçamentos incorretos igual a três por máquina. Na avaliação do estado dos filtros, 47,4 % não utilizavam filtros de linha. Das 40 máquinas que o possuíam, 22,5 % apresentavam algum tipo de dano no filtro.

Até o ano de 2004, resultados gerais de avaliação obtidos por Antuniassi e Gandolfo (2004) mostraram que a gravidade do problema relacionado ao bom funcionamento dos pulverizadores pode ser medida na quantificação de algumas das falhas, com destaque para: 72,2 % dos pulverizadores com mais de dois anos de uso no Mato Grosso apresentaram erros de calibração; 96,7 % dos pulverizadores no Paraná/São Paulo/Mato Grosso do Sul apresentaram manômetros inadequados; e 88,9 % dos pulverizadores com três ou mais anos de uso no Mato Grosso apresentaram pelo menos uma ponta inadequada. Apesar de, em geral, as máquinas novas apresentarem padrões de qualidade adequados, em pouco tempo de uso estes equipamentos apresentam problemas, os quais decorrem do uso incorreto e da falta de manutenção. Neste sentido, a inspeção periódica é uma ferramenta importante na melhoria da qualidade das aplicações.

Aqueles autores destacaram ainda que outro fator importante a ser ressaltado é a expressiva quantidade de máquinas com erros de calibração (ajuste de volume de calda e dose do produto). Para este parâmetro, foram consideradas inadequadas as máquinas com diferenças superiores a 5 % entre a calibração real aferida na inspeção e a calibração efetivamente realizada pelo operador. Os erros de volume de aplicação foram significativamente influenciados pelos problemas encontrados nas pontas de

pulverização (pontas obstruídas e desgastadas), induzindo os operadores ao erro. Alguns casos de cálculo errôneo de velocidade e uso de barras com espaçamentos errados também colaboraram para ampliar esta frequência de erros.

Para pulverizadores hidro-pneumáticos no Brasil, em particular na região produtora de maçã no estado de Santa Catarina, Palladini e Melzer (1988) apresentaram as primeiras avaliações para verificar em que condições estavam funcionando os equipamentos de pulverização. Os resultados mostraram que 70 % dos manômetros não funcionavam adequadamente. Em relação às pontas de pulverização, encontraram em um mesmo turboatomizador pontas de mesma especificação com diferenças na vazão de até 140 %, o que proporcionava grande desuniformidade no volume aplicado entre os lados esquerdo e direito do equipamento. Estes resultados foram apresentados aos produtores e proporcionaram um grande impacto, pois rapidamente houve substituições de equipamentos, e iniciou-se uma grande preocupação com o estado de conservação e funcionamento dos pulverizadores, principalmente nas empresas produtoras de maçã.

Palladini (2004) afirma que na região produtora de maçã a verificação do estado funcional e a correção dos defeitos através da inspeção dos equipamentos de pulverização voltaram a ser praticados novamente com o estabelecimento das normas de calibração dentro da Produção Integrada de Maçã (PIF). Assim, a partir de 2001, iniciou-se novamente o trabalho para atender as normas da PIF, realizando a inspeção nos pulverizadores, utilizando-se os mesmos equipamentos e parâmetros empregados em outros países. Ainda no ano de 2001, os resultados das inspeções em equipamentos que estavam sendo utilizados normalmente nas aplicações dos produtos fitossanitários mostraram que 21 % dos turboatomizadores foram reprovados por não apresentarem as mínimas condições para a realização da inspeção. O principal defeito apresentado foi vazamento por desgaste no ramal de bicos. Em relação às pontas de pulverização que já estavam sendo utilizadas, verificou-se que 64,8 % delas apresentavam vazão acima do limite de 10 %, em comparação com os valores da vazão inicial. Em relação à rotação na tomada de potência do trator, verificou-se que, quando o trator estava funcionando com o tacômetro na indicação recomendada pelo fabricante, 45 % deles não proporcionaram as 540 rpm.

Silveira et al. (2006), analisando a distribuição percentual quanto ao tipo de pulverizador avaliado na região de Cascavel, Estado do Paraná, observaram que dos 62 pulverizadores avaliados, os de arrasto obtiveram maior frequência nas avaliações. Eles concluíram que a preferência por esse tipo de equipamento pode estar relacionada à

capacidade de carga da máquina (tanque). Os autores observaram também que a idade máxima e mínima dos pulverizadores avaliados contribuiu para o mau estado dos equipamentos e redução de sua confiabilidade. Pelos resultados apresentados, pôde-se concluir também que o maquinário na região de Cascavel no Paraná possui idade elevada (tempo de uso) e manutenção inadequada ou insuficiente, contribuindo para o seu mau estado de conservação. Considerando a presença e estado dos principais componentes essenciais para o uso dos pulverizadores agrícolas, somente 17 % dos equipamentos avaliados estavam em condições adequadas de uso, o que evidencia a necessidade da adoção de um sistema oficial de inspeção de pulverizadores agrícolas.

Estes mesmos autores avaliaram também o coeficiente de variação da distribuição sob a barra. Verificaram que pontas do tipo cone vazio apresentaram coeficiente de variação de 81 % acima dos 15 % aceitáveis, demonstrando que esse tipo de ponta não é aconselhável para uma barra com espaçamento de 50 cm entre bicos. Observou também que nenhuma ponta atingiu coeficiente de variação ideal como o proposto, ou seja, abaixo dos 10 %. Borghi et al. (2003), relatando a qualidade de pulverizadores utilizados em pequenas propriedades, constataram que o coeficiente de variação das pontas ensaiadas para a distribuição do produto atingiram índices superiores aos estabelecidos pela FAO, que preconiza coeficiente de variação inferior a 10 %.

Gimenez (2006), fazendo um diagnóstico da mecanização na região produtora de grãos sob sistema de semeadura direta no sul do Brasil, avaliou 242 pulverizadores e encontrou predominância de pulverizadores de arrasto 70,5 % e montados 17 % em detrimento dos autopropelidos.

Para Alvarez e Arias (2004), uma empresa é considerada tecnicamente eficiente se obtém a máxima saída possível, dadas as quantidades de entradas e tecnologias utilizadas. Os autores verificaram, na Espanha, evidências empíricas de que eficiência técnica e tamanho de propriedades é positivamente correlacionada, ou seja, as maiores propriedades são mais tecnificadas.

Alguns outros exemplos poderiam ser citados, mas o que se percebe é a urgência no desenvolvimento de um programa oficial de avaliação de pulverizadores no Brasil. Avaliar tamanho de gotas talvez ainda seja um passo para o futuro, mas uma avaliação de componentes mínimos e de uniformidade de distribuição já se faz necessária. As normas para isso já existem internacionalmente.

Um dos grandes entraves para a implementação de um sistema de avaliação de pulverizadores parece ser a falta de mão-de-obra especializada e as dimensões do país. Países Europeus conseguem estabelecer pontos de avaliação de pulverizadores distantes de, no máximo, 15 km de todas as propriedades. Algo semelhante no Brasil torna-se praticamente inviável. De qualquer forma, é preciso treinar mão-de-obra e montar equipes de avaliação móveis.

A consciência e responsabilidade dos técnicos e agricultores com relação ao uso de agrotóxicos são fundamentais para o futuro da agricultura. A realização de inspeções periódicas compulsórias em pulverizadores nos países desenvolvidos mostra que a preocupação com a qualidade das operações e com a minimização do impacto ambiental é uma tendência irreversível. Portanto, a agricultura brasileira precisa estar preparada para esta nova etapa (ANTUNIASSI, 2001).

A qualidade dos equipamentos para aplicação de defensivos agrícolas apresentou uma evolução considerável, nos últimos 50 anos. No passado, a maioria dos produtos fitossanitários era comercializada nas formulações de pó seco ou granulados e aplicados com equipamentos que não permitiam boas condições de controle da qualidade das aplicações. À medida que a proteção ao ambiente passou a ser mais valorizada e as principais culturas passaram da condição de lavouras de subsistência para lavouras comerciais, houve inovações na qualidade dos produtos fitossanitários e dos equipamentos de aplicação (BOLLER, 2004).

Um fator importante para a revolução na qualidade dos equipamentos de aplicação foi o advento do sistema plantio direto, onde o pulverizador tornou-se a máquina mais utilizada nas propriedades produtoras de grãos. Além das aplicações que já se faziam, substituiu o arado na tarefa de controlar plantas daninhas em pré-semeadura. Como a adoção inicial do sistema semeadura direta ficou a cargo dos agricultores inovadores, estes também passaram a exigir maior qualidade nos equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários. O mercado fornecedor de pontas de pulverização se especializou e passou a oferecer uma grande diversidade de pontas, que geravam gotas com diferentes tamanhos, para uma mesma vazão. Os pulverizadores passaram a utilizar comandos de vazão proporcional à velocidade do motor do trator, ou comandos eletrônicos, capazes de minimizar os erros decorrentes da condução das máquinas em velocidades diferentes das previstas na sua calibração. A preocupação com a deriva passou a estar muito presente e os fabricantes desenvolveram pontas de jato plano capazes de operar satisfatoriamente com níveis de pressão menores do que as

pontas tradicionais de jato cônico, e assim proporcionar uma pulverização com volumes baixos e gotas de tamanho médio, compatíveis com a redução da deriva (BOLLER, 2004).

### **3.4 Qualidade na aplicação de agrotóxicos**

Para Weirich Neto (2000), o conhecimento do processo é o primeiro passo a ser dado rumo à qualidade, pois é preciso saber o que está acontecendo para depois estudar as devidas melhorias. Para esse autor, uma ferramenta simples que pode ser utilizada para visualização global do processo é o Diagrama de Ishikawa (FEY, 1998), o qual representa as atividades agrícolas como apenas cinco M's: Mão-de-obra, Máquina, Material, Meio e Método.

Santos (2005), utilizando ferramentas de qualidade na avaliação de pulverizadores, observou que as principais causas dos problemas apresentados foram: falta de conhecimento sobre o limite mínimo da umidade relativa do ar, faixa de temperatura e vento ideais para realização da pulverização e sobre a seleção das pontas para aplicação de fungicida, inseticida, herbicida. Além disso, observou problemas relacionados à escala inadequada dos manômetros, falta de limpeza do filtro da bomba, malha inadequada dos filtros das pontas, ausência de um sistema antigotejo ou defeito no sistema e ausência de um reservatório para limpeza das mãos.

Para Santos e Maciel (2006), a falta de conhecimento sobre as condições meteorológicas favoráveis à aplicação, principalmente o desconhecimento da temperatura e da velocidade do vento, contribui muito para a perda na qualidade da aplicação. O desconhecimento e a falta de monitoramento das condições meteorológicas podem levar ao insucesso nas aplicações (COUTINHO & CORDEIRO 2003; SPRAYING SYSTEM, 1999; JACTO, 2001).

Para uma pulverização eficiente, todos os esforços tecnológicos devem ser empregados para acertar o alvo, reduzindo a deriva e resultando em maior eficiência do tratamento fitossanitário, menores riscos e maior segurança (COSTA, 2007). As perdas na aplicação de defensivos agrícolas são relatadas a muito tempo. Courshee (1960), citado por Matthews (2000), já descrevia que até 80 % do total de pesticidas aplicados alcançavam o solo, e para compensar estas perdas muitos produtores aumentavam a

dose do produto, podendo levar a seleção de biótipos resistentes e causar um grave problema de contaminação do solo e da água dependendo do produto em uso.

A aplicação de agrotóxicos consiste em uma delicada operação agrícola, em que uma boa eficiência é de difícil obtenção, estando sujeita a provocar danos muitas vezes expressivos ao ambiente e, quase sempre, representando altos riscos aos operadores dos equipamentos. Existe um grande interesse na redução dos impactos ambientais causados pela agricultura, bem como uma forte demanda por alternativas que conduzam à sua sustentabilidade. Todavia, a aplicação de agrotóxicos empregada atualmente revela ser um processo desperdiçador, não adequado ao objetivo proposto. Graham-Bryce (1977) estimou que, no caso de inseticidas, menos de 1 % do produto aplicado é efetivamente utilizado no controle das pragas.

Um dos pontos críticos do atual sistema de produção de culturas agrícolas é o uso de agrotóxicos, que, além de elevar o custo de produção, pode causar contaminações ambientais diretas e indiretas. Nas pulverizações, os desperdícios de agrotóxicos podem ultrapassar 70 % do total do produto aplicado (CHAIM et al., 1999a, 1999b, 2000). Outros autores verificaram perdas entre 30 % e 50 % (BUISMAN et al., 1989; PERGHER et al., 1997), mas, em alguns casos, a deposição nas plantas tem sido superior a 64 % do total aplicado (PERGHER et al., 1995).

Os métodos de aplicação são da forma como vêm sendo empregados, extremamente desperdiçadores, não adequados, portanto, ao novo paradigma proposto, que é de redução de contaminação do meio ambiente e de intoxicação de trabalhadores. Exemplos de desperdícios têm sido constatados em alguns trabalhos científicos para culturas de porte rasteiro. Assim, Pessoa e Chaim (1999) constataram perda de 50 % na deposição de herbicidas em aplicação aérea em arroz irrigado. Chaim et al. (1999b) observaram que, dependendo do porte das plantas, as perdas de agrotóxicos na cultura do feijão permaneceram entre 49 a 88 %, e na cultura do tomate, entre 44 e 71 %. Em tomate estaqueado, Chaim et al. (1999a) detectaram que a porcentagem de agrotóxico depositado nas plantas variou entre 24 e 41 %. As perdas no solo ficaram entre 20 e 39 %, e cerca de 30 a 45% perdeu-se provavelmente por evaporação ou deriva. Em culturas de porte arbustivo, como a videira, as perdas de agrotóxicos no solo podem variar entre 35 e 49 % (PERGHER et al., 1997).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi realizado na região de Uberlândia. Trata-se de uma região do Cerrado Brasileiro, caracterizada principalmente por médias e grandes propriedades produtoras de grãos. Foram visitados aleatoriamente 26 produtores rurais que possuíam em sua propriedade pulverizadores hidráulicos de barra. Foi feita uma parceria com o Clube Amigos da Terra de Uberlândia-MG, com o objetivo de facilitar a entrada dos avaliadores nas propriedades. Os produtores interessados entravam em contato com a equipe de avaliação e solicitava a visita, este produtor visitado indicava um vizinho ou outro interessado e assim sucessivamente, em algumas propriedades os avaliadores solicitavam permissão para a avaliação. Mediante visita a cada uma dessas propriedades, foi analisado o estado de funcionamento dos pulverizadores durante a safra 2007/2008.

Inicialmente, foi montada uma estrutura auxiliar para as avaliações, bem como definida a metodologia de análise. Para os levantamentos de campo, utilizou-se um kit de avaliação, composto por: bomba de calibração com manômetro padrão digital (Classe A4), para aferição da exatidão dos manômetros utilizados; tacômetro Minipa modelo MDT-2238A (foto/contato digital), para aferição da rotação do eixo de acionamento da bomba do pulverizador, provetas graduadas para tomada de volumes e uniformidade de distribuição; cronômetros, para tomada de tempo; jogo de ferramentas; máquina fotográfica digital, para aquisição de imagens do estado de funcionamento dos pulverizadores; termo-higro-anemômetro Kestrel 4000, para monitoramento das condições de umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura no momento das avaliações e decibelímetro Minipa modelo MSL-1325 digital, para a determinação do nível de ruído nas condições de trabalho dos operadores de máquinas.

### **4.1 Metodologia**

As avaliações consistiram de um questionário que foi aplicado pela equipe de avaliação e respondido pelos operadores e/ou proprietário das máquinas e pela inspeção propriamente dita dos pulverizadores. Inicialmente, foi feita a descrição completa do pulverizador.

As seguintes informações foram tomadas: identificação; marca/modelo; ano de fabricação; espaçamento entre bicos e monitoramento de condições climáticas.

Após a descrição do equipamento, conforme proposto por Koch (1996) e Huyghebaert et al. (1996), as avaliações foram realizadas do ponto de vista qualitativo do estado geral do pulverizador e quantitativo sobre parâmetros de prestação. As avaliações foram realizadas seguindo a metodologia proposta por Gandolfo (2001), com algumas modificações.

## **4.2 Avaliações qualitativas**

### **4.2.1 Acoplamento**

Por meio de vistoria à máquina, foi observada a forma de acoplamento do equipamento ao trator, as formas encontradas foram as seguintes, autopropelido, montado e arrasto.

Apesar de não estar diretamente relacionada com a qualidade da aplicação em si, a forma de acoplamento é uma variável que está ligada à segurança do operador e à caracterização da frota da região. Pontos de potencial risco como cardan, polias e outros devem estar protegidos, para evitar acidentes de trabalho durante as operações de engate dos pulverizadores aos tratores agrícolas.

### **4.2.2 Abertura e levante da barra**

Durante a avaliação, foi verificado qual era o sistema de abertura de barras dos pulverizadores, sabendo-se que o sistema manual é geralmente mais encontrado em equipamentos menores, enquanto que equipamentos maiores apresentam sistema hidráulico. Independente do sistema de abertura, a barra deve permitir o acesso do operador às pontas de pulverização e a realização das operações de manutenção no equipamento.

Foi observado qual dessas formas de levante de barra é mais comum nos equipamentos da região. É possível que sistemas manuais de levante sejam, nas

circunstâncias atuais de evolução da agricultura, uma realidade de agricultores de pequeno e médio porte, e também dos equipamentos utilizados em unidades experimentais, devido ao seu menor custo.

#### **4.2.3 Idade da máquina**

Por meio de questionário ao operador e/ou proprietário da máquina, foi verificado seu ano de fabricação, quando possível. Essa informação forneceu uma idéia da idade da frota de pulverizadores, na região de Uberlândia, e foi apresentada, em alguns casos, como uma justificativa para problemas como má conservação de mangueiras, presença de vazamentos, manômetro não funcional entre outros.

Outra informação que foi extraída destes dados foi se os produtores estavam administrativamente reduzindo custos e prevenindo problemas através da manutenção nos equipamentos. Por meio da pesquisa, foi possível verificar também se os problemas de mau funcionamento estavam ligados à idade do pulverizador.

#### **4.2.4 Avaliação das pontas na barra**

Os técnicos observaram atentamente cada ponta para confirmar se eram iguais. Pulverizadores que apresentavam pontas diferentes na barra foram considerados inadequados para a realização da operação de pulverização.

#### **4.2.5 Monitoramento das condições climáticas**

Por meio de entrevista com os operadores, foi possível determinar se antes e durante as pulverizações eram feitos acompanhamento das condições climáticas, principalmente no que se refere à umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura.

#### **4.2.6 Orientação por faixa**

Foi verificado qual o sistema de orientação utilizado pelos operadores, através de questionário aplicado durante a avaliação da máquina.

Os pulverizadores mais modernos apresentam sistema GPS para orientar precisamente o local de reentrada do equipamento nos talhões, após uma manobra; no entanto, seu uso ainda não está generalizado. Esta pesquisa apontou a principal forma de orientação por faixa adotada pelos operadores das máquinas na região.

#### **4.2.7 Vazamentos**

Os vazamentos, quando ocorreram, foram identificados e localizados independentes da quantidade e do local encontrado. Esta avaliação foi realizada colocando a máquina em operação, e observando a ocorrência dos mesmos. Tomou-se o cuidado para que os técnicos não interferissem na condição original da máquina, e assim não mascarassem o resultado real de funcionamento dos pulverizadores nas propriedades.

#### **4.2.8 Mangueiras e conexões**

A presença de mangueiras e conexões encontradas rompidas, trincadas, fissuradas, dobradas ou que apresentaram qualquer outro tipo de dano que poderia ter influenciado na operação de pulverização foram identificadas e localizadas. Os equipamentos que apresentaram este problema foram considerados inaptos para realizar a aplicação de agrotóxicos.

#### **4.2.9 Localização e posicionamento de mangueiras**

Observou-se o posicionamento das mangueiras, e aquelas que influenciavam negativamente o processo de pulverização foram consideradas como mais um

componente com potencial para interferir na eficiência do processo de aplicação de agrotóxicos.

#### **4.2.10 Filtros**

O filtro principal foi retirado após as avaliações dinâmicas, e a observação foi realizada considerando a presença de fissuras e obstruções devido ao acúmulo de resíduos de produtos aplicados e a má qualidade da água e da agitação do produto no tanque ou outro tipo de dano, tanto na malha, quanto na carcaça.

O procedimento para este levantamento foi semelhante ao realizado para os filtros de linha e de bico. Nestes, foi verificada também sua presença, visto que alguns produtores optam por retirá-los para realizar suas aplicações, alegando que estes atrapalham a realização do trabalho, dependendo da formulação a ser aplicada.

#### **4.2.11 Válvulas antigotejo**

Além da presença, os antigotejadores foram avaliados quanto a sua funcionalidade. Quando, após a interrupção do bombeamento de água, impediram completa e instantaneamente a passagem de líquido através das pontas, eles foram considerados funcionais. Quando, após cessar o bombeamento de água às barras, as pontas continuaram a gotejar, o antigotejador foi considerado não-funcional.

#### **4.2.12 Manômetros**

Foi observada a presença e a funcionalidade dos manômetros. Esta avaliação foi feita com a máquina em funcionamento, observando se o mostrador do manômetro indicava valores de pressão diferentes com a máquina desligada e em operação.

Outra verificação foi a adequação dos manômetros, onde se observou a escala dos mesmos, sendo considerados adequados, aqueles que apresentaram uma escala máxima de 1600 kPa. Este critério foi estabelecido baseado na pressão máxima admitida pela maioria das pontas de jato plano de pulverizadores de barra (400 kPa) e

na norma NBR-12446/1992. Vale ressaltar que no caso de pontas de jato cônico, por trabalharem em pressões mais elevadas, essa escala máxima deve ser aumentada.



**FOTO 1.** Bomba de calibração com manômetro padrão digital.

#### **4.2.13 Partes móveis**

As partes móveis foram consideradas protegidas desde que apresentassem segurança ao operador durante as operações de manutenção, abastecimento, transporte, regulagem e calibração do equipamento, e não apresentassem espaços que permitisse a colocação de ferramentas e/ou membros do corpo em contato com elas durante seu funcionamento. Foram consideradas como partes móveis: árvore cardânica, correias e polias.

### **4.3 Avaliações quantitativas**

#### **4.3.1 Espaçamento entre bicos**

No momento das avaliações do espaçamento entre bicos, foi observada a regularidade deste espaçamento. Esses valores foram tomados com auxílio de uma trena com resolução de 1 mm. A máquina foi considerada adequada, quando todos os espaçamentos foram iguais.

Os valores medidos foram comparados com aqueles encontrados entre a maioria dos bicos, sendo considerado como distância padrão, e foram considerados inadequados

para a aplicação de agroquímicos, quando as diferenças entre os valores encontrados no momento da avaliação diferiram em mais ou menos 10 %.

#### **4.3.2 Exatidão dos manômetros**

A exatidão dos manômetros foi aferida após as avaliações dinâmicas, com a instalação do manômetro do pulverizador na bomba de calibração. Esta bomba hidráulica é composta por um manômetro de precisão (Classe A4), instalado em uma tubulação comunicante com o bocal de instalação do manômetro da máquina, sendo a tubulação ligada a um cilindro contendo um êmbolo. Este êmbolo é acionado pelo movimento obtido pelo acionamento manual de uma rosca sem-fim. O movimento da rosca, bem como a posição do êmbolo, determina o nível de pressurização de água dentro do cilindro, comunicando a pressão com ambos os manômetros, possibilitando comparações entre os dois.

Conforme previsto na norma NBR-12446/1992, as comparações foram realizadas com pressão mínima de 25 % da escala máxima do manômetro da máquina até o valor máximo correspondente a 75 % do fundo de escala. Foram feitas, no mínimo cinco leituras neste intervalo. Tais componentes foram considerados exatos, quando as diferenças entre as leituras correspondentes do manômetro da máquina e o padrão não superaram 10 % de variação. A avaliação não constou com levantamento do tempo de uso dos manômetros.

#### **4.3.3 Volume de aplicação**

A aferição do volume de aplicação foi realizada somente nas máquinas que estavam calibradas pelos seus operadores. Os valores informados pelos usuários foram comparados com os valores encontrados pelos avaliadores, e, pela diferença entre ambos, foi obtido um valor correspondente ao erro. O limite de erro para que a calibração fosse considerada aceitável foi de 5 %.

Para obtenção do volume de aplicação, mediu-se uma distância de 50 m, com uma trena de mesmo tamanho e resolução de um milímetro e, na velocidade de trabalho utilizada pelo operador para realizar as aplicações. Foi tomado, com auxílio de um

cronômetro, o tempo gasto para que o conjunto trator-pulverizador percorresse essa distância. Determinou-se, então, a velocidade de deslocamento. Posteriormente, determinou-se a faixa média de deposição por bico, medindo-se o espaçamento entre bicos.

Utilizando-se, então, provetas graduadas, foram determinadas, com a máquina em funcionamento na rotação e pressão usadas durante as pulverizações, a vazão média das pontas. Esta foi tomada em 50 % das pontas da barra. De posse desses dados, utilizou-se a fórmula seguinte para obtenção do volume de aplicação real e, por conseguinte, o erro percentual no volume de aplicação informado pelo operador:

$$Q = \frac{q * 600}{v * f} \quad (1)$$

onde

Q = Volume de aplicação, L.ha<sup>-1</sup>;

q = Vazão média dos bicos, L.min<sup>-1</sup>;

v = Velocidade de deslocamento, km.h<sup>-1</sup>; e

f = Faixa de deposição por bico, m.

#### 4.3.4 Distribuição volumétrica na barra

Para a realização desta avaliação, utilizaram-se dez provetas plásticas iguais, com capacidade de um litro e resolução de cinco mililitros, as quais foram colocadas uma ao lado da outra e alinhadas sob a barra, a uma altura que se aproximasse da situação de aplicação adotada pelo produtor. Em geral, esta altura foi de 50 cm. Feito isso, o pulverizador era acionado, na pressão normal de trabalho empregada pelo operador, por um tempo suficiente para uma leitura mínima nas provetas, sendo que a coleta de líquido foi realizada em três pontos amostrais por barra. Para encontrar o coeficiente de variação (CV), calculou-se o CV da amostra utilizando-se das médias de leitura através da equação seguinte utilizada também por (FREITAS, 2005 & BAUER et al., 2006).

$$C.V. = (\text{desvio-padrão}/\text{média}) * 100 \quad (2)$$

Geralmente, as avaliações de uniformidade de distribuição volumétrica são realizadas em uma mesa de teste ou equipamento específico, como o “Hardi Spray Scanner”. Em função de dificuldades para transportar esta mesa até as propriedades e da indisponibilidade do aparelho específico, a equipe de avaliadores realizou as avaliações de uniformidade de distribuição volumétrica das pontas de pulverização com o emprego de provetas.

Coefficiente de variação da média dos volumes das provetas de até 10 % foi considerado satisfatório. Entre 10 % e 15 %, foram considerados aceitáveis. Já coeficientes acima de 15 % foram considerados inaceitáveis. Em pulverizadores que apresentaram pontas nestas condições, foi recomendada a troca destas por pontas novas.

Para a realização deste teste, em virtude da falta de um galpão fechado na maioria das propriedades com disponibilidade para a abertura completa das barras, buscaram-se condições propícias de ambiente, como temperatura inferior a 30°C, umidade relativa superior a 60 % e velocidade do vento inferior a 10 km h<sup>-1</sup>. No entanto, devido ao horário disponibilizado aos avaliadores para checagem das máquinas, nem sempre foi possível obter essas condições ótimas.

Segundo Langenkens (1999), um coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial abaixo de 10 % indica uniformidade satisfatória. Na Europa, em condições de laboratório, para a pressão e altura estabelecidas pelo fabricante como ideais para cada ponta, o coeficiente de variação deve ser inferior a 7 %.



**FOTO 2.** Avaliação da distribuição volumétrica na barra.

#### **4.3.5 Vazão das pontas de pulverização**

A vazão foi avaliada em 50 % das pontas do pulverizador. Com auxílio de provetas graduadas, com capacidade de um litro e resolução de cinco mililitros, coletou-se o líquido, passados três minutos de funcionamento para estabilização da pressão no circuito hidráulico. A pressão de líquido avaliada foi àquela usada pelo operador na condição de regulagem do equipamento.

Posteriormente, fez-se a comparação das vazões de cada ponta com a média de todas as pontas avaliadas. As pontas foram consideradas ruins ou inadequadas para uso, quando a diferença percentual entre sua vazão e a média diferiu em mais de 10 %.

#### **4.3.6 Rotação da tomada de potência do trator (TDP)**

Com o auxílio de um tacômetro, foi avaliada a rotação na tomada de potência dos tratores. A rotação considerada ideal foi de 540 rpm no sentido horário. Para fins de avaliação, foram considerados aceitáveis para funcionamento aqueles tratores que apresentaram uma variação de mais ou menos 10 rpm na tomada de potência.

Esta avaliação foi feita de acordo com o uso dos operadores, nas condições de trabalho executada por estes na propriedade. Os operadores informavam a rotação utilizada no contágiros e a equipe de avaliação verificava se estava sendo transmitida a rotação adequada na tomada de potência.

#### **4.3.7 Nível de ruído**

As avaliações basearam-se no método descrito na NBR-9999 (ABNT, 1987a). Segundo essa norma, na posição e momento do ensaio de medição do nível de ruído, a temperatura ambiente deve estar entre -5 e 30°C e a velocidade do vento deve ser inferior a 5,0 m.s<sup>-1</sup>. Os níveis de ruído foram determinados em um medidor de pressão sonora (decibelímetro), nos circuitos de resposta lenta e de equalização “A”, sendo expressos em dB(A).

Embora tenham sido observadas condições climáticas favoráveis, durante a realização de todos os testes, foi utilizado o protetor de ventos no microfone do medidor de pressão sonora, com o intuito de uniformizar as condições de leitura e evitar a influência de possíveis rajadas de vento. As leituras foram tomadas junto ao ouvido do operador, no lado de maior intensidade sonora, em períodos de dez segundos, perfazendo cinco leituras para cada condição. Cuidou-se para que a dispersão entre os dados não ultrapassasse 5 dB(A).

Em todas as amostragens realizadas, foram aguardados três minutos antes da medição, tempo necessário para que as máquinas entrassem em regime de trabalho. Para a medição, os pulverizadores e tratores foram acionados e colocados na condição de operação normal, com rotação no motor do trator equivalente a rotação de 540 rpm na tomada de potência.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do ano agrícola de 2007/2008, durante a safra de verão, foram avaliados 34 pulverizadores de barra em 26 propriedades produtoras de milho, soja e feijão, na região de Uberlândia, Minas Gerais. A TABELA 2 apresenta os municípios onde estão situadas as propriedades visitadas e o número de máquinas avaliadas. Verificou-se que um número elevado de pulverizadores encontrava-se inadequadamente funcionando, e que os operadores desconheciam a condição funcional dos equipamentos. Muitos demonstraram estar despreparados para realizar uma operação de pulverização de agrotóxicos. Pois na maioria dos casos, não faziam sequer uma observação prévia das condições do equipamento antes de iniciar as atividades, o que poderia resolver boa parte dos problemas encontrados, como por exemplo, presença de vazamentos, mangueiras danificadas entre outros.

Apesar de ter sido feita uma palestra de esclarecimento sobre o programa de avaliação, que não teve nenhum custo ao produtor, em uma reunião no Clube Amigos da Terra de Uberlândia, que contou com mais de 100 pessoas, muitos produtores se mostraram reticentes, com receio de alguma forma de punição em caso de alguma anormalidade, principalmente pela iniciativa ter sido tomada por um órgão federal. Dessa forma, percebe-se a necessidade de um programa de conscientização dos produtores quanto aos benefícios das inspeções de pulverizadores, antes de se iniciar o programa. É preciso mostrar que a avaliação tem como objetivo tornar o processo produtivo mais eficiente, com ganho para o produtor, para a sociedade e para o meio ambiente.

Por outro lado, muitos produtores mostraram-se bastante satisfeitos com a visita. Perceberam a importância da avaliação das condições dos pulverizadores e da possibilidade de redução de custos e dos danos ao ambiente. Após a realização das avaliações e do recebimento das sugestões de melhoria, muitos solicitaram a continuidade do programa e parabenizaram a iniciativa da Universidade Federal de Uberlândia.

**TABELA 2.** Municípios visitados para avaliação de pulverizadores agrícolas de barra na região de Uberlândia-MG

| Municípios            | Número de máquinas avaliadas |
|-----------------------|------------------------------|
| Uberlândia            | 15                           |
| Uberaba               | 7                            |
| Indianópolis          | 6                            |
| Irai de Minas         | 3                            |
| Tupaciaguara          | 1                            |
| Monte Alegre de Minas | 1                            |
| Pedrinópolis          | 1                            |

### 5.1 Avaliações qualitativas

A seguir são apresentados os resultados de algumas características operacionais das máquinas avaliadas. As características qualitativas assim classificadas foram: acoplamento, abertura e levante da barra, idade da máquina e orientação de faixa. Essas informações caracterizam, de um modo geral, o nível tecnológico da frota de pulverizadores de barra da região analisada, além do que, de posse desses dados, pôde-se ter uma idéia da agricultura praticada nos locais estudados, partindo do pressuposto que propriedades tecnificadas de maior área optam por equipamentos com mais tecnologia.

Algumas variáveis foram analisadas segundo critérios onde se considerava o item como regular ou irregular, de acordo com parâmetros de funcionamento considerados adequados para se fazer o controle fitossanitário. As características qualitativas foram avaliadas segundo sua funcionalidade, tais como: avaliação das pontas na barra, condições climáticas antes e durante as aplicações, vazamentos, mangueiras e conexões, localização e posicionamento de mangueiras, filtros, válvulas antigotejo, manômetro e partes móveis.

### 5.1.1 Acoplamento

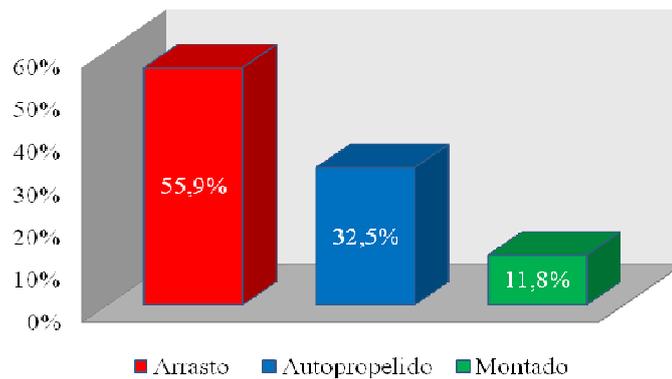
A forma de acoplamento do conjunto trator-pulverizador (FIGURA 1) é uma variável que diz respeito à operacionalidade dos pulverizadores e não está diretamente relacionada à eficiência da aplicação. Entretanto, nos dá uma informação do nível tecnológico da agricultura praticada na região e, nesse sentido, verificou-se que mais da metade dos pulverizadores eram autopropelidos.

Os pulverizadores autopropelidos, em geral, são equipamentos altamente tecnificados, com controle automático de volume de aplicação, entre outros, e também permitem maior facilidade para que o operador possa acompanhar a saída da calda na barra e a altura desta em relação ao alvo desejado. Outra vantagem dessas máquinas é o rendimento em termos de área trabalhada, pois operam em velocidades mais altas e, com isso, permitem maior agilidade no desempenho do trabalho. Kutzbach (2000) fez um estudo sobre máquinas agrícolas e afirmou que a tendência de máquinas maiores e mais potentes deve permanecer para os próximos anos, e que a participação das máquinas autopropelidas ficará cada vez maior. Segundo o autor, elas realizarão operações onde hoje se utilizam tratores.

Os pulverizadores de arrasto e montados necessitam de um trator para realizar a aplicação. Equipamentos de arrasto são em geral maiores que os montados. Quando se opera com esses conjuntos, a velocidade de trabalho é menor porque depende do trator que está acionando o equipamento.

Os conjuntos (trator+pulverizador) exigem maior espaço para manobras em finais de talhão, geralmente leva-se mais tempo para realizá-las e há maior possibilidade de amassamento da cultura pelos pneus do pulverizador. Uma provável razão para este maior amassamento é que os equipamentos de arrasto são acoplados em vários tratores e nem sempre é feito ajuste de bitola pelos operadores.

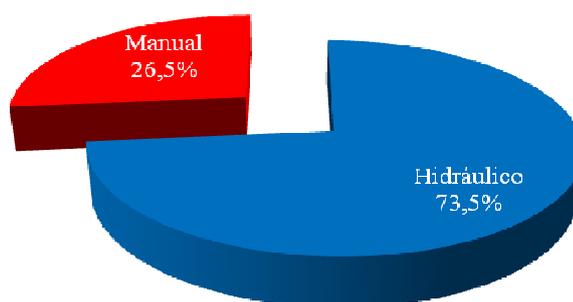
Em sistemas de semeadura direta, os pulverizadores são os equipamentos que mais vezes entram na lavoura. É possível que os equipamentos de arrasto possam contribuir mais com o problema da compactação de solo que os autopropelidos, isso porque esses equipamentos também são grandes, além dos tratores que os tracionam. Cabe então a sugestão de um estudo detalhado de compactação em áreas onde se usam equipamentos de arrasto e autopropelidos para se ter uma resposta sobre a interferência da forma de acoplamento dos pulverizadores na compactação do solo.



**FIGURA 1.** Forma de acoplamento dos pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia.

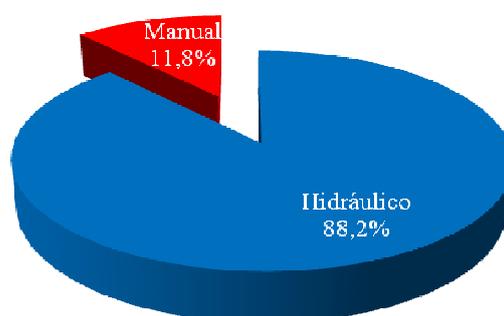
### 5.1.2 Abertura e levante da barra

Foi observado que a grande maioria das máquinas apresentava sistema de abertura de barra hidráulico (FIGURA 2). Quanto ao levante de barra a mesma observação pôde ser feita (FIGURA 3). Sistemas manuais de abertura da barra são mais propensos a causar acidentes, pois trabalhadores desavisados ou pessoas que estejam acompanhando as aplicações em algum momento podem estar debaixo da barra ou apoiar o corpo no equipamento e, assim, estarem mais propensas a sofrer um acidente.



**FIGURA 2.** Sistema de abertura de barras.

Com relação ao levante de barra nas manobras feitas nos talhões, o sistema hidráulico permite um ganho de tempo importante quando, comparado ao manual, principalmente em beirada de estrada ou cerca, e este tempo é significativo para a realização do trabalho no menor tempo possível. Isso se torna mais importante em grandes áreas, onde o rendimento operacional é mais exigido e o tempo para se fazer a aplicação se torna menor. O sistema hidráulico de levantamento de barra foi detectado em praticamente todos os pulverizadores, sendo o sistema manual verificado apenas em equipamentos montados.



**FIGURA 3.** Sistema de levante de barras.

### 5.1.3 Idade das máquinas

Os projetos visando a avaliação de pulverizadores devem considerar algumas características como fundamentais na interpretação dos resultados obtidos. Dentre estas, a avaliação da idade das máquinas permite fazer um diagnóstico para constatar se as irregularidades estão relacionadas ao tempo de uso do equipamento.

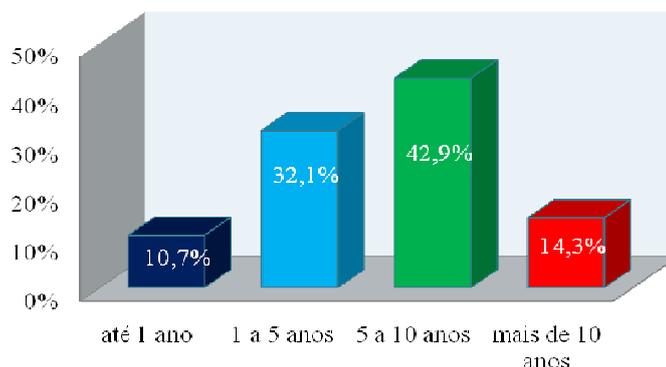
Não foi possível identificar o ano de fabricação de todas as máquinas, entretanto, aquelas que não permitiram exatidão nesta avaliação eram antigas e não entraram nas estatísticas. Em 28 máquinas, foi possível identificar com precisão sua idade e observou-se que a maioria das máquinas avaliadas apresentou-se com tempo de uso de seis a dez anos (FIGURA 4).

A pequena percentagem de equipamentos com até um ano de fabricação pode se justificar pela resposta dos produtores de que a agricultura ainda estava se recuperando

de um período de baixos preços pagos pelos produtos agrícolas, conseqüentemente, levando a poucos investimentos, devido ao endividamento de muitos agricultores. A menor classe de idade dos pulverizadores foi daqueles que tinham até um ano de funcionamento e todos independentes do ano de fabricação, apresentaram ao menos um defeito. De posse destes resultados, percebeu-se que as irregularidades encontradas não estavam relacionadas diretamente à idade da máquina e sim a sua manutenção e forma de uso. Resultados encontrados por Gandolfo e Antuniassi (2003) também evidenciaram que todos os pulverizadores avaliados apresentaram problema, independente da idade, apesar de a frequência de erros ser maior em equipamentos mais velhos.

Verificou-se que os pulverizadores novos e os com maior tempo de uso apresentaram, em algumas situações, problemas similares, como vazamentos, mangueiras danificadas, entre outros, e com isso foi possível constatar que a falta de cuidado com a máquina pode ser apontada como fator principal dos defeitos encontrados. A frota da região não pode ser considerada velha, visto que 85,7 % dos equipamentos apresentam até 10 anos de uso e com idade média de 6,4 anos, sendo, portanto, uma frota nova. Este é outro indício do mau uso dos equipamentos. Gandolfo e Antuniassi (2003) avaliaram 76 pulverizadores e constataram idade média de 9,2 anos, mostrando, segundo os autores, um envelhecimento da frota monitorada. Ramos e Cortés (2006), avaliando, na Espanha, o estado funcional de pulverizadores, encontraram que 83 % dos equipamentos apresentavam-se com menos de cinco anos de uso. Braga et al. (2008), avaliando as condições de manutenção de 38 pulverizadores no Estado do Mato Grosso de Sul, constataram que a média de idade da frota estava em torno de 5,7 anos de uso.

A deterioração de equipamentos novos mostra que os produtores ainda têm muito a aprimorar. Percebe-se muito amadorismo na administração das propriedades em função dos altos investimentos feitos na aquisição de máquinas novas, para posteriormente não receberem manutenção adequada.



**FIGURA 4.** Idade dos pulverizadores avaliados.

#### 5.1.4 Orientação por faixa

A forma como é feita a orientação de faixa nas propriedades é de extrema importância, uma vez que a orientação correta reduz a não aplicação e/ou a sobreposição de áreas já tratadas (FIGURA 5). Podendo afetar a eficácia dos tratamentos, principalmente provocando fitotoxicidade às plantas por receberem doses altas de produtos.

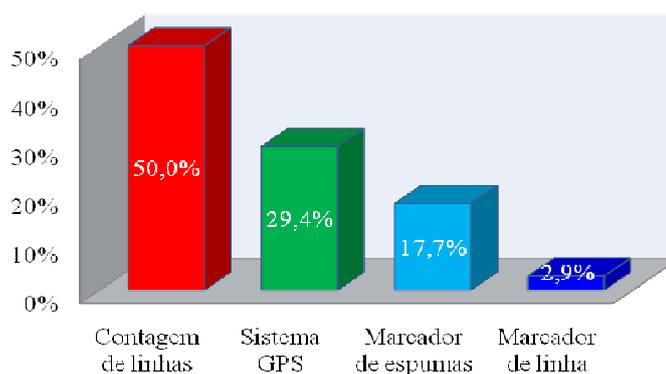
Em função do valor dos equipamentos munidos de sistema GPS, muitos produtores ainda resistem a adquirir máquinas que têm este sistema para fazer a orientação da aplicação. Confirmando isso, constatou-se que metade dos equipamentos são operados pelo método de contagem de linhas para a reentrada no talhão. Este é um método simples, porém, é eficiente se a semeadura for feita em linha reta. Em locais onde as linhas da cultura fazem curvas, o operador fica mais propenso a errar na condução da máquina, e, nessa situação, podem ocorrer erros tanto de reaplicação, como também ficarem faixas sem serem tratadas, favorecendo reinfestações de plantas infestantes, patógenos ou insetos.

Foi constatado também, nos pulverizadores de barra, o sistema de GPS para orientação de faixa no momento da reentrada no talhão. O uso desta tecnologia tem reduzido de forma significativa os erros referentes à reaplicação de áreas tratadas, e desta forma também reduzindo o custo da aplicação naqueles casos onde os operadores estavam cometendo esse tipo de erro. A utilização do GPS como referência nos

alinhamentos durante as aplicações possui algumas vantagens sobre as técnicas convencionais, algumas das quais são: maior acurácia no alinhamento; possibilidade de retorno ao ponto de parada da aplicação; possibilidade de utilização durante a noite; possibilidade de aumento da velocidade da aplicação e melhoria na ergonomia para o operador.

Outra forma de orientação empregada pelos produtores da região estudada é o uso dos marcadores de espuma. Essa tecnologia vem sendo reduzida, em função de, em muitos casos, a espuma sofrer a interferência do vento, temperatura e umidade relativa do ar. Os erros com o uso do marcador de espuma ocorrem quando as condições ambientais não são favoráveis, e esta é a realidade de muitos produtores que têm grandes áreas e muitas vezes não podem esperar o momento ideal para entrar com as aplicações. Trabalho conduzido por Antuniassi (2004), avaliando as tecnologias de aplicação que utilizam sistema de navegação por GPS, mostrou que o erro médio de sobreposição das faixas de aplicação é bem menor com relação ao uso de marcador de espumas (0,14 m para a barra de luzes e 0,70 m para o marcador de espuma), independentemente da velocidade de deslocamento do pulverizador.

Encontrada em menor quantidade, outra forma de orientação que já foi muito usada é o uso de marcadores de linha por sulco. Com a adesão crescente dos produtores ao sistema de semeadura direta e a necessidade de não revolvimento do solo, este sistema tende a desaparecer cada vez mais rápido.



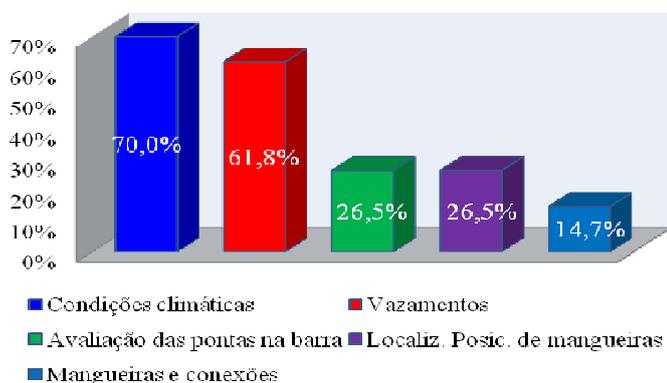
**FIGURA 5.** Sistema de orientação de faixas adotado na região de Uberlândia.

### 5.1.5 Monitoramento das condições climáticas

A aplicação de defensivos agrícolas está diretamente ligada à características do produto, como solubilidade, volatilidade e formulação; à características do pulverizador, como pressão e ponta; e do ambiente, como temperatura, umidade e velocidade do vento. Levando em conta estes últimos aspectos, constatou-se que em muitas propriedades não é feito qualquer acompanhamento das condições climáticas (FIGURA 6).

A agricultura, por ser um negócio praticado a céu aberto, exige, por parte do produtor, um monitoramento das condições do clima, para auxiliar na tomada de decisão quanto à entrada de pulverizadores na área. Os resultados sugerem que a eficiência das aplicações nestas propriedades pode melhorar significativamente, a partir do momento que se adotar o monitoramento das condições climáticas.

Um dos fatores que mais contribui para discussões entre ambientalistas e defensores da agricultura comercial é a contaminação do ambiente, sendo a deriva ocasionada pelo vento, uma das grandes provocadoras de contaminação de cidades e povoados próximos a áreas agrícolas. Sendo assim, formas de controlá-la devem ser estudadas, e a mais eficaz é, sem duvida, a observação das condições climáticas antes e durante as aplicações, para se tomar medidas preventivas que evitem a ocorrência desse fenômeno. Outro problema que se pode evitar através da observação das condições climáticas é a fitotoxicidade em lavouras de áreas vizinhas que ocorre por meio da deriva.



**FIGURA 6.** Percentagem de pulverizadores com irregularidades nos parâmetros qualitativos avaliados na região de Uberlândia.

### 5.1.6 Vazamentos

A distribuição do volume de calda pela ponta de pulverização sofre interferência direta do estado de conservação de todos os componentes do pulverizador. Dentre os fatores que interferem no volume de aplicação, na eficácia do controle e que oneram a aplicação de agroquímicos está a presença de vazamentos. Por estarem presentes na maioria dos equipamentos em tamanhos e locais variados estes têm sua importância subestimada, passando a fazer parte do pulverizador por vários anos.

A avaliação dos pulverizadores na região de Uberlândia mostrou que um número muito expressivo dos pulverizadores apresentava algum tipo de vazamento (FIGURA 6). Este valor é muito alto, visto que vazamentos são, na maioria das vezes, fáceis de serem percebidos.

Essa informação reafirma o problema da falta ou do péssimo treinamento dos operadores, pois simplesmente colocando o pulverizador em funcionamento e fazendo uma vistoria rápida do mesmo seria possível constatar os vazamentos e tomar providências para repará-los. Note-se que o nível de treinamento não foi uma característica avaliada.



**FOTO 3.** Presença de vazamentos.

### 5.1.7 Avaliação das pontas na barra

Este item refere-se ao uso de pontas iguais, na barra, durante as aplicações (FIGURA 6). Este foi um dos fatores que provavelmente influenciou no volume de

aplicação e uniformidade de distribuição da barra. Essa variação pode interferir também na eficiência da aplicação, pois a sobreposição dos jatos não ocorre corretamente. Foram encontradas, na mesma barra, pontas com ângulo de 80 e 110 graus.

Outra razão que pode ser apontada como efeito negativo do uso de pontas diferentes é que a faixa de pressão ótima para seu funcionamento é diferente, e, em função disso o ângulo produzido pode variar, afetando a cobertura uniforme do alvo. Nesse tipo de situação, é comum que fiquem faixas na lavoura sem receber defensivo.

A presença de pontas diferentes na barra é outro indicativo de que se atua com pouco profissionalismo na agricultura brasileira, pois é necessário que se faça uma checagem das pontas antes do início das atividades. E se assim fosse feito, não haveria a necessidade de se utilizar pontas diferentes, mesmo numa situação de imprevisibilidade, pois o produtor deveria contar com algumas pontas de reserva.

#### **5.1.8 Localização e posicionamento de mangueiras**

A avaliação de pulverizadores agrícolas exige atenção a detalhes que ficam a margem da observação que geralmente se faz antes de uma aplicação. E nesse sentido, a variável posicionamento de mangueiras mostrou existir um enorme desconhecimento dos fatores que podem afetar sua operação.

O estudo demonstrou que este é um problema relativamente freqüente nos equipamentos (FIGURA 6). Foi possível perceber, em determinadas situações, que devido à posição incorreta da mangueira, entre o bico e o alvo, formava-se um jato de calda, o que afeta negativamente a eficiência das aplicações, e podendo contribuir com a contaminação do solo e da água.

#### **5.1.9 Mangueiras e conexões**

Os principais problemas encontrados com relação a mangueiras e conexões foram trincamento e rachaduras que ocorrem em função do tempo de uso ou contato (abrasão) com alguma parte da barra. Na FIGURA 6 é mostrado o percentual de máquinas com mangueiras danificadas.

O principal efeito negativo de mangueiras danificadas está na pressão de saída da calda nas pontas de aplicação. Se a pressão diminuir, o volume de calda aplicado fica abaixo do recomendado, o que pode comprometer o sucesso do tratamento.

Geralmente, em casos envolvendo a eficácia da aplicação, a responsabilidade é dada ao produto. Entretanto, ela pode estar no mau uso dos equipamentos de pulverização que culmina em uma pulverização ineficiente e que irá apenas aumentar o custo da produção, sem benefício no controle de pragas, doenças e plantas infestantes.



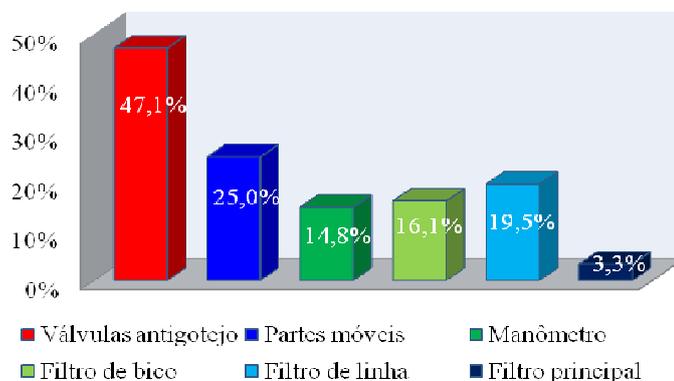
**FOTO 4.** Exemplo de mal estado de conservação de mangueiras.

#### **5.1.10 Válvulas antigotejo**

Para que a aplicação seja considerada eficiente, o produto deve alcançar o alvo na quantidade correta, e quando o operador interrompe o funcionamento da bomba, a aplicação de calda deve ser imediatamente interrompida. Observou-se que em grande número dos pulverizadores estudados, após a bomba ser desligada, permanecia-se gotejando produto pela ponta de pulverização. Se for considerada apenas uma ponta e um pequeno gotejo, as perdas podem ser insignificantes. No entanto, como é mostrado na FIGURA 7, em que várias pontas apresentam vazamento constante, o custo ambiental se torna alto. Resultados piores foram encontrados, na Itália, por Baldi e Vieri (1992), onde 85 % das máquinas avaliadas não estavam dotadas de antigotejadores.

Esta é uma observação fácil de ser feita pelo operador da máquina, entretanto, o problema existe e não é sanado em quase metade dos equipamentos estudados, demonstrando que o comprometimento dos operadores com o sistema de produção está deixando a desejar. Funcionários mal treinados ou sem treinamento não conseguem

identificar pontos de perda passíveis de melhoria e o equipamento passa a funcionar inadequadamente.



**FIGURA 7.** Percentagem de pulverizadores com irregularidades nos parâmetros qualitativos dos pulverizadores avaliados na região de Uberlândia.

#### 5.1.11 Partes móveis

A inspeção de pulverizadores em alguns países europeus foi implantada compulsoriamente. Em outros países, os próprios produtores aderiram à idéia por perceberem que era vantajosa, pois reduziam custos e permitiam acesso a consumidores mais preocupados com a qualidade do alimento que consumiam. Há também consumidores que estão preocupados com as condições de trabalho dos operários das grandes fazendas produtoras de alimento, e querem saber se existe uma preocupação por parte dos produtores com seus funcionários. Nesse sentido, um país que tenha um programa que demonstre cuidado e monitoramento das etapas de produção pode ganhar mercado e, conseqüentemente, gerar mais emprego e desenvolvimento.

A preocupação com as condições de trabalho do ser humano é uma questão bastante discutida por vários seguimentos da sociedade em todo o mundo. Quando se pensa em implantar um sistema de avaliação e/ou inspeção de pulverizadores, seja ele regional ou nacional um dos objetivos é a preocupação com a saúde e o bem estar do trabalhador.

Existem inúmeros exemplos de operadores que vêm a óbito ou sofrem amputações devido a acidentes em partes consideradas flexíveis ou móveis de

equipamentos agrícolas. A falta de proteção do eixo cardan, correias e polias são apontadas como as principais causas de acidentes envolvendo trabalhadores agrícolas. Neste sentido, levou-se em conta principalmente a proteção destes itens nos pulverizadores e verificou-se que um quarto dos mesmos apresentava pelo menos um dos três itens desprotegidos e, portanto, passíveis de provocar algum acidente (FIGURA 7). Estes resultados indicam haver pouca conscientização dos produtores quanto aos meios de prevenção de riscos para operários durante a realização dos trabalhos. Porém, resultados ainda piores foram constatados, na Argentina, por Magdalena e Di Prinzio (1992), onde 72 % das máquinas apresentavam-se sem a proteção do cardan. No Brasil, Palladini (2004) detectou que 84,5 % dos turboatomizadores avaliados na região produtora de frutas em Santa Catarina não apresentavam o cardan protegido.

#### **5.1.12 Manômetro**

As operações de regulagem e calibração são baseadas em recomendações de faixa de pressão para a aplicação de produtos que atuam como defensivos agrícolas. A escolha da ponta de aplicação está relacionada à pressão dentro da qual esta produz um jato que facilite a penetração no alvo. O manômetro é um indicador de pressão prático e fácil à disposição do operador. Pode orientá-lo a trocar uma ponta, aumentar e/ou diminuir a pressão conforme se deseja e alterar o volume de calda aplicado, juntamente com a velocidade de trabalho.

Os resultados (FIGURA 7) foram considerados bons, por ser o primeiro trabalho avaliando funcionamento de manômetro na região. Resultados mais expressivos e negativos foram encontrados por Palladini e Melzer (1988), avaliando turboatomizadores, onde verificaram que 70 % dos manômetros não funcionavam adequadamente. Já Ramos e Cortés (2006) verificaram que apenas 20 % dos manômetros atendiam às exigências quanto à escala, faixa e precisão na medição. Gandolfo e Antuniassi (2003) também encontraram resultados ainda piores em avaliações feitas em pulverizadores nos estados de São Paulo e Paraná.

Algumas das conseqüências do não funcionamento dos manômetros pode ser o desgaste de pontas, erros no volume de aplicação e baixo rendimento operacional, pois ou se aplica em excesso e o volume do tanque não permite aplicar na área programada,

ou se aplica abaixo do recomendado e o tanque fica com produto após o término da operação.

### 5.1.13 Filtros

A aplicação de defensivos agrícolas é uma operação bastante técnica, que exige conhecimento do responsável e também funcionamento correto dos componentes do sistema de aplicação, para que seja eficiente e produza o resultado esperado. O componente filtro (FIGURA 7) tem um papel importante nas aplicações de agrotóxicos por ter a função de reter as impurezas que estão na água para que estas não influenciem negativamente o sucesso da aplicação.

O sistema de filtragem da calda de pulverização é composto por uma tela na boca do tanque, filtro principal, filtros de linha e filtros de bico, cada um deles apresenta importância dentro da operação filtragem de calda.

Os problemas encontrados no filtro principal foram: tela furada, rasgada ou em péssimo estado de conservação, e conseqüentemente não estava realizando sua função adequadamente. Todos os pulverizadores apresentaram este filtro, presente independente do seu estado de conservação e uso. Estes problemas foram constatados em um número pequeno de máquinas, sendo um resultado considerado muito bom pela equipe de avaliação, pela importância do sistema de filtragem na tecnologia de aplicação de agrotóxicos.

Com relação aos filtros de linha, os problemas avaliados foram os mesmos do filtro principal. Entretanto, do total de pulverizadores que apresentaram filtros de linha com problemas, 6,5 % estavam operando sem filtro, enquanto 12,90 % apresentavam-se furados ou em péssima condição de conservação. Já para os filtros de bico, 3,2 % das máquinas avaliadas apresentavam filtros ausentes e 12,90 % apresentavam-se mal conservados. Balestrini (2006), em inspeções de pulverizadores na Argentina, encontrou 59 % dos filtros funcionando inadequadamente. Ramos e Cortés (2006), na Espanha, verificaram que apenas 50 % dos equipamentos avaliados apresentavam filtros limpos e em condições funcionais.

Procurou-se saber a razão para a ausência dos filtros de linha e de bicos nos casos mencionados e a justificativa apresentada por produtores e operadores foi que os filtros estavam atrapalhando o andamento da aplicação, pela necessidade de freqüente

limpeza. Alguns produtos, devido a sua formulação, exigem uma agitação constante para que não ocorra deposição no fundo do tanque. Nestes casos em que os filtros estavam afetando a aplicação, possivelmente a agitação não estava sendo feita corretamente. Ressalta-se que nenhum motivo justifica a retirada dos filtros para realização das operações de aplicação de defensivos. Se a agitação não estiver sendo feita corretamente, pode ser que a rotação na tomada de potência não seja suficiente para uma boa agitação de produto no tanque.

## **5.2 Avaliações quantitativas**

Adotaram-se os conceitos de Koch (1996), para apresentação dos resultados como qualitativos e quantitativos. Estes últimos são aqueles parâmetros que são mensurados por aparelhos considerados como padrão ou medidos por equipamentos específicos para tal finalidade. Entre eles há também o volume de aplicação que foi considerado dentro de limites aceitáveis de variação após ter sido aferido pelos avaliadores. A seguir, são mostrados os resultados obtidos a partir das medições feitas nas máquinas e extrapolados para seus limites de tolerância, acima e/ou abaixo dos quais os danos ao equipamento e os prejuízos são considerados inaceitáveis e exigem reparos.

### **5.2.1 Vazão das pontas de pulverização**

A análise da vazão das pontas de pulverização (FIGURA 8) mostrou que muitas máquinas apresentavam ao menos uma ponta funcionando com vazão diferindo em relação à média em 10 %. O equipamento que apresentou maior número de pontas com vazão 10 % abaixo da média tinha quatro pontas nessa condição e o menor, uma ponta. Já para vazão acima da média, o maior número de pontas em um único equipamento foi cinco e o menor, duas pontas. Os maiores erros foram apresentados por pontas que estavam acima da média. Resultados muito piores foram encontrados, na Argentina, por Magdalena e Di Prinzio (1992). Eles avaliaram 292 máquinas e constataram que 70 % apresentavam pontas desgastadas. Palladini e Melzer (1988) encontraram diferenças na vazão de pontas de mesma especificação de até 140 %.

Esses resultados comprovam a importância do monitoramento das condições de todos os componentes dos pulverizadores. As causas podem ser a presença de filtros sujos ou entupidos, mangueiras dobradas ou fissuradas, pontas entupidadas ou desgastadas, entre inúmeros outros fatores. Essa realidade possivelmente contribuiu para os erros no volume de aplicação.

A falta de atenção também pode ser apontada como um dos principais motivos para estes resultados. Vários operadores não sabiam ou não se lembravam quando haviam sido trocadas as pontas, o que levanta a hipótese de estas pontas estarem sendo usadas por muitas safras sem serem trocadas ou até mesmo, em alguns equipamentos, serem originais de fábrica.

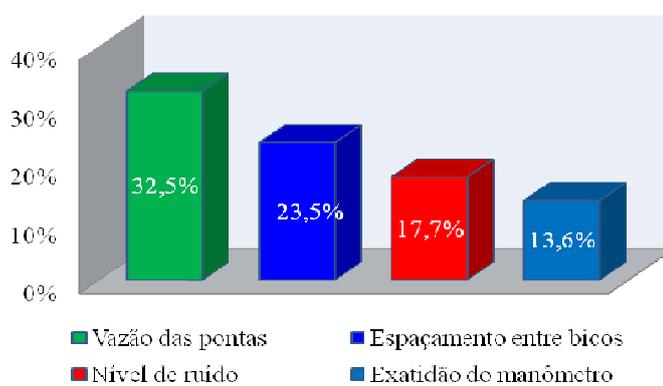
Quando comparada a vazão das pontas com a idade das máquinas, percebeu-se que tanto as pontas de máquinas consideradas novas, com menos de dois anos de uso, quanto aquelas com maior tempo de uso, apresentavam-se com variação de vazão acima ou abaixo dos 10 % aceitáveis. Entretanto, os maiores erros foram encontrados em máquinas com mais de 10 anos de uso. O pulverizador que apresentou maior número de pontas danificadas estava com nove pontas nessa condição. O menor e o maior erro encontrado para pulverizadores que estavam acima da média foram 11,7 % e 51,8 %, respectivamente.

Para aqueles que apresentaram erros abaixo da média, o menor e o maior erro encontrado foram em dois equipamentos com 12,7 % e quatro com 41,7 %. Os resultados mostraram que equipamentos mais novos, por terem sido usados em poucas safras, apresentam pontas mais conservadas que equipamentos mais antigos. A menor variação encontrada em pulverizadores novos foi de 11,7 % acima da vazão média e nenhum dos equipamentos com até dois anos apresentou pontas com vazão 10 % abaixo da média.

Resultados muito piores foram encontrados por Ramos e Cortés (2006). Eles relataram que 94 % dos equipamentos avaliados apresentaram variação de vazão nas pontas, em relação à vazão nominal, superior a 15 %. A partir do ano de 2003, a Du Pont do Brasil S/A e a Comercial Agrícola Mineira (COMAM) começaram a aplicar o programa Avaliação da Qualidade dos Pulverizadores em seus clientes, nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, e avaliaram 395 pulverizadores, constatando que 44,4 % das máquinas avaliadas em Minas Gerais apresentavam pontas desgastadas (CORDEIRO et al., 2004). Segundo Ramos e Pio

(2003), quando três ou mais pontas, num conjunto de 12, apresentam a vazão alterada em 10 % ou mais, recomenda-se a troca de todo o conjunto.

Outra provável causa para o alto índice de pontas operando com vazão acima da média, além do tempo de uso, pode ser o hábito de muitos operadores de limpar as pontas com pedaços de arame ou outro material abrasivo que aumenta a degradação do orifício de saída de produto, provocando um maior erro na aplicação de defensivos. Recomenda-se que sejam utilizadas escovas específicas para limpeza de pontas oferecidas pelas empresas do setor de tecnologia de aplicação ou “escova de dente”, pois causam menos danos aos orifícios, preservando-os por mais tempo.



**FIGURA 8.** Percentagem de pulverizadores com irregularidades nos parâmetros quantitativos avaliados em pulverizadores de barra na região de Uberlândia.

### 5.2.2 Espaçamento entre bicos

Em pulverizadores onde essas distâncias apresentavam variações acima dos 10 % aceitáveis, provavelmente contribuíam também para a desuniformidade de distribuição da calda na barra. Os efeitos mais notáveis dos erros no espaçamento entre bicos (FIGURA 8) são faixas não tratadas na lavoura devido a não sobreposição dos jatos, o que pode prejudicar a eficácia dos tratamentos. Nenhuma máquina apresentou distância entre pontas 10 % abaixo da indicada pelo fabricante.

Não houve associação deste problema com a idade das máquinas, o que poderia ser esperado, visto que os equipamentos mais antigos apresentavam tubulações flexíveis

entre bicos, como mangueiras, que permitiam aos produtores fazer alterações nesse espaçamento.

Não se pode afirmar com certeza que estes equipamentos vieram de fábrica com este tipo de irregularidade porque já tinham no mínimo um ano de trabalho na propriedade, entretanto, como nos pulverizadores mais novos os bicos são fixos, fica a necessidade de um estudo mais detalhado para aferir o distanciamento entre bicos no momento que a máquina sair de fábrica.

### **5.2.3 Nível de ruído**

Os equipamentos autopropelidos ou tracionados por trator cabinado não apresentaram nível de ruído acima de 85 dB(A). Todos aqueles que estavam com ruído acima de 85 dB eram pulverizadores sem cabine no trator. De posse desses resultados, e sabendo da importância e da influência que a exposição por longo período a níveis de ruído acima dos permitidos tem na saúde, recomenda-se que o protetor auricular seja incorporado ao cotidiano dos operadores juntamente com os outros Equipamentos para Proteção Individual (EPIs), sendo fornecidos pelos empregadores como uma medida de proteção e prevenção a problemas de saúde do operador e atendendo à legislação.

Um dos motivos para a implantação de programas de avaliação do estado de funcionamento de pulverizadores agrícolas é sem dúvida atender às exigências de consumidores mais preocupados com os níveis de contaminação ambiental e com a qualidade dos alimentos que fazem parte de sua alimentação. Outro aspecto é a preocupação com as condições de trabalho as quais estão expostos os trabalhadores, ou seja, bem estar durante a execução do trabalho. Nesse sentido, o nível de ruído (FIGURA 8) produzido pelos pulverizadores pode afetar a audição dos operadores.

Não foi necessário fazer correção em função do nível de ruído de fundo (ruído ambiente). De acordo com a norma NBR-9999 (ABNT, 1987a), a diferença entre os valores de nível de ruído ambiente e aqueles obtidos nos testes deve ser superior a 10 dB(A). Observou-se que a diferença entre o nível de ruído ambiente e os níveis medidos ficou acima do mínimo estabelecido pela norma. O nível de ruído ambiente observado durante os testes foi próximo a 41 dB(A).

É importante destacar que a atenção dentro do processo de pulverização é despendida principalmente para o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

voltados à proteção contra exposição ao agrotóxico. Já o nível de ruído não é observado por produtores e operadores, que desconhecem a existência da lei que determina níveis máximos de exposição e os riscos à saúde que estão expostos.

A tendência dos fabricantes de máquinas agrícolas em produzir equipamentos autopropelidos e tratores cabinados contribui para reduzir os problemas gerados pela incidência de ruídos encontrada nos tratores sem cabine. Além disso, trazem mais conforto durante a execução dos trabalhos e proteção ao operador da exposição aos produtos que sofrem deriva.

#### **5.2.4 Exatidão do manômetro**

A avaliação da exatidão dos manômetros mostrou que um número pequeno de pulverizadores estava operando com exatidão de medidor de pressão fora do recomendado (FIGURA 8), se comparado com resultados apresentados por Gandolfo e Antuniassi (2003), em que ocorreu problema com a exatidão dos manômetros em 71 % das máquinas. Nota-se que é despendida uma atenção maior a esse dispositivo pelos produtores da região, mostrando uma evolução no comportamento do agricultor. Este desgaste no manômetro pode interferir no volume de aplicação, pois os operadores não têm como aferir o instrumento regulador de pressão e, desta forma, fazem uma leitura errada da pressão.

Não foi constatada relação entre a idade da máquina e a exatidão dos manômetros, o que pode indicar que alguns manômetros podem vir com defeito da fábrica ou terem uma vida útil muito reduzida.

#### **5.2.5 Distribuição volumétrica na barra**

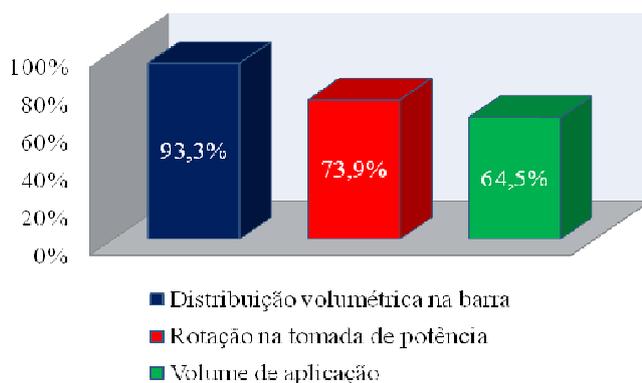
A aplicação eficiente de agrotóxicos está ligada a uma boa uniformidade de distribuição na barra (FIGURA 9). Esta homogeneidade de saída de produto na barra promove cobertura total do alvo ao longo da barra e contribui com a eficiência da aplicação em toda a área.

Os resultados mostraram que todos os pulverizadores apresentaram coeficiente de variação (CV), em relação à média dos volumes coletados nas provetas sob a barra,

acima de 15 %, valor considerado alto e que, portanto, compromete o sucesso do controle. Na Itália, Baldi e Vieri (1992) avaliaram 28 pulverizadores e concluíram que 40 % estavam com CV na barra acima de 10 %. Avaliando 39 máquinas com “Spray Scanner”, Gandolfo e Antuniassi (2003), em São Paulo e Paraná, encontraram CV médio de 18,1 %, o que é um resultado bom comparado aos encontrados neste trabalho. Entretanto, a metodologia empregada com uso de provetas graduadas não foi considerada adequada, principalmente em virtude da influência do vento nos resultados encontrados e da baixa repetibilidade.

Nos pulverizadores, o comprimento da barra influencia diretamente a distribuição da calda. As oscilações verticais na barra provocadas pelas irregularidades do terreno alteram a altura das pontas em relação ao alvo, afetando a uniformidade de distribuição da calda. Os fatores que incrementam essas oscilações são os aumentos da velocidade de operação dos pulverizadores, bem como o aumento no comprimento da barra sem o uso de sistemas de amortecimento de choques.

A desuniformidade de distribuição volumétrica pode ocorrer devido a vários fatores que compõem o sistema de pulverização de um pulverizador, tais como: mangueiras entupidas e perfuradas; conexões defeituosas e com diâmetros e tamanhos inadequados; pontas entupidas, diferentes, quanto à vazão e ao ângulo, e desgastadas; falta de sistema antigotejo e barras de pulverização desalinhada, deformada e instável. Não se pode afirmar que essa desuniformidade ocorreu exclusivamente devido a pontas desgastadas, pois foram encontrados pulverizadores com mais de um tipo de ponta na barra, com vazamentos, filtros danificados, entre outros fatores que podem ter contribuído com essa desuniformidade.



**FIGURA 9.** Percentagem de pulverizadores com irregularidades nos parâmetros quantitativos avaliados em pulverizadores de barra na região de Uberlândia.

No entanto, esse resultado deve ser analisado com critério. Preconiza-se que esse tipo de ensaio seja conduzido em bancada de ensaio padronizada e em condições ambientais propícias. Ou seja, para esta informação ser considerada segura o ensaio deve ser realizado em condições controladas, preferencialmente em laboratório. Contudo, além do teste ter sido conduzido com provetas, em muitos casos não foi possível obter as condições climáticas ideais, seja pela falta de ambiente fechado, seja pela impossibilidade de aguardar por condições propícias. Assim, verificou-se que a metodologia proposta para essa variável necessita de melhoria.

### **5.2.6 Rotação na tomada de potência (TDP)**

Foi constatado que um grande número dos pulverizadores de arrasto ou montados estava trabalhando fora do limite aceitável de variação para rotação na tomada de potência, que é  $540 \pm 10$  rpm (FIGURA 9). Do total de pulverizadores que apresentaram rotação na TDP fora dos níveis aceitáveis, 30,4 % estavam com valor na tomada de potência acima de 550 rpm e 43,5 % estavam com rotação abaixo de 530 rpm. Esta pode ser a causa de insucesso de algumas aplicações de defensivos agrícolas. Fazendo uma associação com o sistema de filtragem, a má agitação pode provocar o entupimento dos filtros e, conseqüentemente, de pontas, causando falhas na aplicação. Balestrini (2006), trabalhando com pulverizadores, verificou que 64 % das bombas apresentaram problemas e que o sistema de agitação não estava funcionando corretamente em 76 % dos equipamentos avaliados, problemas que podem estar relacionados com a rotação na tomada de potência.

A rotação na tomada de potência dá uma idéia do funcionamento dos pulverizadores de arrasto e montados no momento da aplicação e também da exatidão da informação pelo funcionamento do contagiros. A rotação abaixo da recomendada pode ter influências negativas no funcionamento da bomba e no sistema de agitação da calda. Com relação à bomba, poderá afetar sua vazão e também a vida útil. No sistema de agitação mecânica, a rotação baixa afeta o número de revoluções da hélice do agitador. Na agitação hidráulica, pode afetar o retorno da calda ao tanque. Em ambas as formas de agitação, poderão afetar a eficiência dos tratamentos fitossanitários, principalmente em função de entupimentos no circuito hidráulico e/ou formação de camada espessa de espuma acima da calda.

Os produtos agrícolas existentes no mercado apresentam várias formulações. Algumas com maior e outras com menor facilidade de ser misturada a água no tanque. Alguns produtos utilizados na forma de pó têm dificuldade de se manter suspensos na solução, apresentando tendência de sedimentar no fundo do tanque. Há também produtos oleosos que não se misturam muito bem com a água, em função de sua baixa solubilidade. Nas duas situações, o sistema de agitação de calda dos pulverizadores é extremamente importante para o sucesso da aplicação, pois caso a agitação não seja feita adequadamente, corre-se o risco de aplicar água pura com o produto ficando retido no fundo do tanque ou o produto sair todo no início da aplicação.

### **5.2.7 Volume de aplicação**

Quanto ao volume de aplicação, 31 pulverizadores estavam calibrados e operando. De acordo com o volume de aplicação informada pelo operador, a grande maioria dos pulverizadores estava operando com erros maiores que os 5 % de variação aceitáveis para volume de aplicação (FIGURA 9). Do total de equipamentos mal calibrados, 41,9 % das máquinas estavam aplicando volume abaixo do desejado e 22,6 %, acima. Este problema tem um impacto muito grande nos custos com aplicação de agrotóxicos e, conseqüentemente, nos custos de produção da lavoura.

Os resultados mostraram que os operadores não estão devidamente preparados para efetuar os cálculos de volume de calda aplicado. Estes valores de erro apontam para a hipótese de que os custos da operação feitos para a aplicação de agrotóxicos no Brasil podem estar subestimados ou superestimados, pois os erros são grandes e comprometem tais resultados. Não foi possível realizar um estudo sobre erros na quantidade de produto a ser colocado no tanque dos pulverizadores, mas estes resultados para volume de aplicação sugerem que muitos erros são cometidos também no momento de adicionar o produto ao tanque. Gandolfo (2001) também encontrou muitos problemas de erro no volume de aplicação.

### 5.3 Avaliação da metodologia para inspeção

A metodologia empregada na avaliação dos pulverizadores agrícolas na região de Uberlândia mostrou-se adequada, com exceção da avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica. A estrutura montada foi simples e de custo relativamente pequeno e, de maneira geral, alcançou o objetivo de incentivar os produtores a realizarem avaliações em seus pulverizadores, de forma a obterem informações que auxiliem na manutenção destes equipamentos e melhorem o processo de aplicação de defensivos agrícolas.

Com relação à uniformidade de distribuição volumétrica, é preciso melhorar a forma de avaliação, principalmente no que se refere à influência das condições ambientais e da facilidade de transporte da mesa de teste. A utilização das provetas alinhadas sob a barra não conferiu precisão à medição.

Todos os equipamentos usados nas avaliações são de simples manuseio e, portanto, fáceis de serem utilizados na propriedade. Mesmo sendo equipamentos simples, os resultados obtidos foram considerados confiáveis. A demonstração desses equipamentos para os produtores também os incentivou a adquirí-los, pois auxiliam na tomada de decisão quanto, por exemplo, ao momento de entrar com aplicação, conforme os fatores climáticos mostrados no termo-higro-anemômetro.

Todos os equipamentos utilizados nas avaliações necessitam estar aferidos por órgãos competentes, em função da importância dos resultados produzidos pelas leituras fornecidas. E também porque estes resultados poderão implicar em investimentos para a melhoria do equipamento.

A receptividade aos técnicos, após o consentimento da entrada dos mesmos nas propriedades, de modo geral, foi boa. Em alguns casos, os produtores apresentaram certa resistência à entrada dos avaliadores para vistoria dos pulverizadores, mesmo sendo informados de que a visita não resultaria em multa ou qualquer outro tipo de fiscalização que resultasse em penalidades.

As visitas foram marcadas com dois a quatro dias de antecedência, mas a melhor forma de realizá-las seria de surpresa. Entretanto, devido a fatores operacionais, não foi possível proceder desta forma. As avaliações surpresa são feitas nas máquinas em condições reais de funcionamento e operação, enquanto que, em visitas agendadas com antecedência, percebeu-se que o produtor instruiu seus colaboradores a realizarem

ajustes na máquina (limpeza de filtros, a troca de pontas entre outras). De qualquer forma, o objetivo da inspeção é aprovar os pulverizadores para uso, e com a percepção dos produtores dos benefícios da inspeção acredita-se que estes estarão comprometidos a manterem as máquinas em boas condições de funcionamento.

Outro ponto importante foi que as avaliações foram feitas durante a safra. Por um lado, dificulta a disponibilização da máquina para os testes em virtude do trabalho, mas por outro a máquina estava em condição real de operação. O tempo médio para a avaliação dos pulverizadores durava em torno de uma hora e trinta minutos. Em alguns casos, uma solução encontrada foi fazer a avaliação no horário mais quente do dia, quando as máquinas estavam paradas, mas com isso comprometeu-se principalmente a avaliação da uniformidade de distribuição.

Para observar a aceitação dos produtores ao projeto de avaliação de pulverizadores, faz-se necessária a repetição das visitas às propriedades e a reavaliação dos equipamentos nas safras seguintes. Assim, ter-se-ia dados para se comparar o estado dos pulverizadores antes e após as primeiras avaliações e saber se as sugestões dos técnicos foram aceitas, e, também, se houve melhoria na utilização das máquinas.

Uma medida que ajudaria a sanar o ceticismo dos agricultores quanto à redução de custos com a operação de pulverização, promovida pela boa manutenção dos equipamentos, seria a elaboração de um estudo do custo individual e particularizado por pulverizador nas propriedades, mostrando quanto se perde com vazamentos, erros no volume de aplicação, desuniformidade de distribuição de calda na barra, pontas desgastadas, manômetros não funcionais entre outros. Dessa forma, o produtor teria a informação fundamentada da importância do bom estado funcional de pulverizadores agrícolas.

## 6 CONCLUSÕES

A inspeção dos pulverizadores mostrou a necessidade da implantação de um programa de avaliação freqüente desses equipamentos.

A manutenção dos pulverizadores hidráulicos de barra está sendo feita de forma incorreta. Muitos ajustes de incompatibilidade encontrados são, em muitos casos, simples de serem realizados e também apresentam baixo custo, não justificando sua não-realização.

A metodologia utilizada mostrou-se adequada para a avaliação do estado de funcionamento de pulverizadores agrícolas, exceto para uniformidade de distribuição de calda na barra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, A.; ARIAS, C. Technical efficiency and farm size: a conditional analysis. **Agricultural Economics**, Goettingen, v. 30, n. 3, p. 241-250, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 9999**: medição do nível do ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 10152 (NB 95)**: níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987b.

ASTETE, M.G.W.; KITAMURA, S. Efeitos da exposição profissional ao barulho. In: MENDES, R. (ed.). **Medicina do trabalho**: doenças ocupacionais. São Paulo: Sarvier editora Livro Médicos; 1980. p. 416-435.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. **Terminology and definitions for agricultural chemical application**. ASAE, 1990. St. Joseph; 1990.

ANTUNIASSI, U.R. Inspeção de pulverizadores. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 1, n. 5, p. 16-18, 2001.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação a taxas variáveis. In: RAETANO, C. G., ANTUNIASSI U. R. (Ed.) **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 158-166.

ANTUNIASSI, U.R.; GANDOLFO, M.A. Projeto IPP. Inspeção de pulverizadores. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: IAC, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.br>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

ANTUNIASSI, U.R.; GANDOLFO, M.A. Projeto IPP. Inspeção de pulverizadores. In: RAETANO, C. G., ANTUNIASSI U. R. (Ed.) **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 69-84.

ANTUNIASSI, U.R.; GANDOLFO, M.A. Periodic inspection on crop sprayers: results according to age of sprayers. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v. 40, n. 1, p. 195-200, 2005.

BALDI, F.; VIERI, M. Controllo e certificazione delle macchine per la distribuzione dei Fitofarmaci. **Macchine per la Distribuzione de Fitofarmaci**, Bologna, v. 38, p. 17-32, 1992.

BALESTRINI, L. Mobile Inspection and Diagnosis Service of Sprayers in Resistance Prevention. Results Obtained Out of Inspections Performed by a Group of Producers During the 2004-2005 Season. **Resistant Pest Management Newsletter**, Michigan, v. 16, n. 1, p. 5-7, 2006

- BARCELLOS, L.C.; CARVALHO, Y.C.; SILVA, A.L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max.* (L.) Merrill]. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.; PEREIRA, F. A. R. Padrões de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano 11002, com e sem indução de ar, sob diferentes espaçamentos e alturas. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 546-551, 2006.
- BOLLER, W. Evolução da qualidade em equipamento de aplicação, In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 49-53.
- BORGHI, E.; SCHREINER, R. C.; RAMOS, H. H., FILHO, A. P.; YANAI, K. Qualidade de pulverizadores utilizados em pequenas propriedades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 113-121, 2003.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n.86, 03 mar. 2005. Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura – NR 31, **DOU** de 04/03/2005, Disponível em: <<http://www.tem.gov.br/temas/SegSau/NormasRegulamentadoras>>. Acesso em: 20 jun. 2008.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Atividades e operações insalubres**. NR-15. Disponível em: <<http://www.mtb.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas>>. Acesso em: 30 jun. 2008.
- BRAGA, L. W.; BAUER, F. C.; FERREIRA, F. A. R.; SCHEEREN, B. R.; ARIAS, E. R. A. Diagnóstico das condições de manutenção de pulverizadores no Estado de Mato Grosso de Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., 2008, Ribeirão Preto. **Anais...**Ribeirão Preto, 2008, não paginado.
- BUISMAN, P.; SUNDARAM, K. M. S.; SUNDARAM, A.; TRAMMEL, K. Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to apple orchard using an air-blast sprayer, and a laboratory evaluation of physical properties and atomization characteristics. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v. 24, n. 4, p. 389-411, 1989.
- CHAIM, A.; CASTRO, V. L.; CORRALES, F.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, mai. 1999a.
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa, 1999b.
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 65-74, 2000.

- CRISTOFOLETTI, J. C. **Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Shell Brasil, 1992.
- COSTA, G. M. **Segurança do trabalhador em aplicações de herbicidas com pulverizadores de barra em cana-de-açúcar**. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- CORDEIRO, C. A. M.; COUTINHO, P. O.; MOTA, F. M. Avaliação da qualidade dos pulverizadores. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu, **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004, p. 32-35.
- COUTINHO, P.; CORDEIRO, C.M. A ponta de pulverização: cuidados na escolha. In: ENCONTRO TÉCNICO: Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 2003, Cascavel. **Anais...** Cascavel: COOPAVEL, 2003.
- COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides, **Annual Review of Entomology**, v. 5, p. 327-352, 1960.
- DURIGAN, J.C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS, 1989, p. 1-23.
- FEY, E. **Estado de arte do processo de pulverização junto a associados da COOPERVALE**, 1998. 26 f. Monografia (Graduação em Agronomia - Relatório de Estágio Supervisionado)-Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 1998.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural pesticide sprayers: FAO Minimum standards**. Roma, 1997a.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. In: Portable (operator-carried) sprayer. **Sprayers specifications and test procedures**. Roma, 1997b, Vol. 1, p. 1-44.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. In: Vehicle mounted and trailed sprayer. **Sprayers specifications and test procedures**. Roma, 1997c. Vol. 2, p. 1-32.
- FREITAS, F.C.L.; TEIXEIRA, M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 161-167, 2005.
- FRIEDRICH, T. La actualización de la FAO com respecto a la tecnología de aplicación para Agroquímicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1, 1996, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Ed. FEPAF, 1997. Não paginado.

GANDOLFO, M.A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2001.92f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASSI, U. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 67-76, 2003.

GANZELMEIER, H., RIETZ, S. Inspection of plant protection equipment in Europe. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING. 1998, Oslo. **Eurageng**: Oslo: [s.n.] 1998, Part 2. p. 597-598.

GIMENEZ, L. M. **Diagnóstico da mecanização em uma região produtora de grãos**. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

GRANHAM-BRYCE, I. J. Crop protection: A consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, **Biological Sciences**, London. v. 281, n. 980, p. 163-179, 1977.

HUYGHEBAERT, B., MOSTADE, O., CARRE, J., DEBOUCHE, C. Compulsory inspection of crop sprayers already in use in Belgium: selection of control method. **Agencia/Madrid**, Madrid, v. 26, p. 79-86, 1996.

INSTITUTO ESPAÑOL DE NORMALIZACIÓN. **Maquinaria agrícola**: equipos para tratamiento fitossanitário: boquillas de pulverización: métodos de ensaios. Madrid: IRANOR, 1982.

JACTO. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**. Pompéia. 2001.

KOCH, H. Periodic inspection of air-assisted sprayers. **WORKSHOP ON APPLICATION TECHNOLOGY IN PLANT PROTECTION**, Braunschweig. v.26, p.79-86, 1996.

KOCH, H. German certification systems for new sprayers and those already in use. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: IAC, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.br>>. Acesso em: 15 abr. 2002.

KUTZBACH, H. D. Trends in, power and machinery. **Journal of agricultural Engineering Research**, London, v. 76, n. 3, p. 237-247, july, 2000.

LANGENAKENS, J. **Spraying nozzles**: usability limits. St. Joseph. ASAE, 1999.

LANGENAKENS, J.; BRAEKMAN, P. The mandatory inspection of sprayers in Belgium: history, organization, criteria and results. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: IAC, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.br>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

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. 14-15 nov 1990, Buenos Aires. **Trabajos presentados...** Buenos Aires: INTA, 1991. p. 183-206.

LUNKES, J.A. **Efeito de subdoses de glyphosate e oxyfluorfen simulando deriva sobre a cultura do feijoeiro.** 1996. 138p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MAGDALENA, J.C., DI PRINZIO, A.P. Serviço de calibración de pulverizadoras frutícolas en Rio Negro y Neuquén. In: CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 2, 1992, Córdoba. **Anais...** Córdoba: Maquinas Y Tratores, 1993. p. 91-94.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods.** 3<sup>rd</sup> ed. London: UK. 2000.  
MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.H.B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos:** novas tecnologias. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.95-105.

MERLUZZI, F.; DIGHERA, R.; DUCA, P. Soglia uditiva di lavaratorinon espositi a rumore professionale: valore de riferimento. **La Medicina Del Lavoro**, Milano, v.6, n.78, p.427-440, 1987.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas:** ensaios e certificação. Piracicaba: FEALQ, 1996.

MURPHY, S.D.; MILLER, P.C.H; PARKIN, C.S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.75, p.127-137, 2000.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **Projeto e uso de equipamentos de pulverização agrícola na América Latina.** Brasil. Roma, Itália, 1997d. Parte 2.

PALLADINI, L. A., Certificação de pulverizadores para fruticultura, In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação.** Botucatu : FEPAF, 2004. p. 30-35.

PALLADINI, L.A., MELZER, R. Preliminary results to evaluate the quantity of liquid spray emitted by nozzles and the quality of pressure gauges. **Acta Horticulturae**, Caçador, v. 232, p. 229-233, 1988.

PERGHER, G., GUBIANI, R., GASPARINETTI, P., DEL CONT BERNARD, D. Voluntary testing of plant protection equipment in Northern Italy. **Acta Horticulturae**, Udine, p. 59-66, 1994.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1995.

PERGHER, G.; GUBIANI, R. The effect of spray application rate on foliar deposition in a hedgerow vineyard. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 61, n. 3, p. 205-216, 1997.

PERGHER, G. Field evaluation of a calibration method for air-assisted sprayers involving the use of a vertical patternator. **Crop Protection**, Udine, v. 23, p. 437-446, 2004.

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 45-56. 1999.

RAMOS, H.H.; PIO, L.C. Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários. In: ZAMBOLIN, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O Que Os Engenheiros Agrônomos Devem Saber Para Orientar o Uso de Produtos Fitossanitários**. 1. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2003. cap. 5, p. 133-202.

RAMOS, F. J. G.; CORTÉS, M. V. Inspección técnica de equipos para la aplicación de fitosanitarios. **Vida Rural**, Zaragoza, v. 227, p. 38-42, 2006.

SANTOS, S. R. dos. **Proposta metodológica utilizando ferramentas de qualidade na avaliação do processo de pulverização**. 2005. 121 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SANTOS, S. R. dos, MACIEL, A. J. da S. Proposta metodológica utilizando ferramentas de qualidade na avaliação do processo de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 627-636, maio/ago. 2006.

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.D.; SILVA, O.C. (Ed.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1999. p.127-137.

SILVEIRA, J. C. M, da, FILHO, A. G.; PEREIRA, J. O.; SILVA, S. De L.; MODOLO, A. J.; Avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel, Estado do Paraná. **Acta Science Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 569-573, Oct./Dec., 2006.

SCHRÖDER, E.P. Caderno Técnico: Segurança em Pulverização – Aplicação segura. **Cultivar Máquina**, Pelotas, n. 30, p. 1-10, 2004.

SPRAYING SYSTEMS. **Produtos de pulverização para agricultura**. Wheaton: Catálogo 46M-BR/P. 1999.

SUMNER, P.E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997.

SUMNER, P.E.; SUMNER, S.A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1999.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310

f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TEWARI, V.K.; MURALIKRISHNA, R.V.S.; PANDYA, A.C. **Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1998.

WEIRICH NETO, P.H. Máquinas agrícolas em sistema de semeadura sob a palha (plantio direto): Atualização. In: PAULETTI, V.; SEGANFREDO, R. **Plantio direto: atualização tecnológica**. Campinas: Fundação Cargill/Fundação ABC, Campina Grande. 2000. p.53-70.

WOLF, R.E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)