

ARTIGO TÉCNICO

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES, TEMPO DE USO E MANUTENÇÃO DE PULVERIZADORES NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

FERNANDO C. BAUER¹, FRANCISCO DE A. R. PEREIRA¹, BRUNO R. SCHEEREN¹, LUIZ W. BRAGA²

RESUMO: O estudo teve por objetivo avaliar a condição de manutenção de pulverizadores com capacidade de tanque superior a 2.000 litros, em áreas de produção de soja do Estado de Mato Grosso do Sul. Foram inspecionados 38 pulverizadores de arrasto e automotrizes e 45 conjuntos de pontas de pulverização. O levantamento a campo foi realizado em parceria com a DuPont do Brasil S.A. Foram feitas inspeções em componentes e equipamentos determinantes para o controle e a qualidade da pulverização: tacômetro, manômetro, Sistema de Posicionamento Global (GPS), tanque de água limpa e reservatório para lavagem de embalagens e pontas de pulverização. A avaliação da vazão de 12 pontas por conjunto foi realizada com o uso de provetas graduadas. Os resultados indicaram que a frota da região norte do Estado possui menor idade que a frota da região sul, onde o tempo de uso médio calculado foi de 7,1 anos. Em 51,1% dos casos, os pulverizadores apresentavam pontas com vazão inadequadas.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia de aplicação, pontas, avaliação de pulverizadores.

FIELD CONDITIONS OF BOOM SPRAYERS IN THE STATE OF MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the field conditions of the boom sprayers with capacity equal or up to 2,000 liters of water, belonging to farmers in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. It was inspected 38 boom trailed and autopropelled sprayers and 45 parts of nozzle. The field information was collected in partnership with Du Pont of Brazil. It was accomplished inspections in the equipments that are important for quality and control of application: tachometer, pressure gauge, Global Positioning System, tank of clean water, tank for washing containers and spray nozzles. The evaluation of the flown of 12 nozzles per set was accomplished with the use of graduated vials. To evaluate the volume of water in 45 samples of nozzles it was also used graduated vials each one under pressure and used at the same time of the volume test. For this purpose, it was used the statistical model generating the adequate equation based on the manufacture recommendation. With these results it was possible to indicate a smaller age for the boom sprayer from the North of Mato Grosso do Sul State than the one from the South region, where the average age was about 7.1 years. About 51.1% of the sprayers had nozzle with inadequate volume.

KEYWORDS: application technology, nozzle, boom sprayer evaluation.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para a comunidade envolvida no processo de produção de alimentos é produzir mais, com menor custo e menor utilização de produtos fitossanitários, sem agredir ao homem e ao ambiente. Entretanto, segundo GADANHA JÚNIOR (2001), a agricultura empresarial atual é altamente dependente de proteção química com uso de herbicidas, fungicidas, inseticidas e fertilizantes. KISSMANN (2001) afirma que toda a nossa agricultura econômica é dependente do uso desses produtos, acrescentando que o Brasil é o terceiro maior mercado do mundo para produtos fitossanitários.

¹ Prof. Dr., Mestrado em Produção e Gestão Agroindustrial, UNIDERP, Campo Grande - MS.

² Acadêmico do Curso de Mestrado em Produção e Gestão Agroindustrial - UNIDERP - Campo Grande - MS.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 16-4-2008

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 16-5-2009

Segundo BAUER & PEREIRA (2005), dentre todos os equipamentos utilizados na condução de lavouras, o pulverizador é um dos únicos usado em todo o ciclo das culturas, sendo, também, responsável pela colocação dos produtos fitossanitários no ambiente. Por isso, o domínio da técnica de aplicação desses produtos é tarefa de mais alta importância, pois, além de apresentar baixíssimo custo, é utilizada em pulverização para a maioria dos produtos fitossanitários aplicados nas culturas, sejam inseticidas, fungicidas, herbicidas, maturadores ou dessecantes.

Contudo, a manutenção dos pulverizadores, tanto novos quanto em utilização, também é fator fundamental no uso correto e seguro dos produtos fitossanitários.

Avaliações da conservação e de componentes isolados dos pulverizadores são realizadas em países da Europa desde a década de 1940, e os primeiros programas de inspeção surgiram nos anos de 1970 (REICHARD et al., 1991). A Itália iniciou programa de inspeções de pulverizadores em 1985, tendo avaliado, em 1989, o total de 60 pulverizadores de barras, concluindo que somente oito apresentavam condições adequadas para uso (ENDRIZZI, 1990). Exemplificando a evolução do conceito, BIOCCA & VANNUCCI (2000) relatam a existência de 73 centros de inspeção atualmente na Itália.

Na Noruega, a inspeção de pulverizadores ocorre desde 1991, com laboratórios móveis que possibilitam avaliar a precisão da regulagem e da calibração para uma taxa de aplicação predeterminada, o controle da vazão e a distribuição dos bicos e, ainda, a precisão do funcionamento do manômetro.

Atualmente, mais de 20 países adotam algum sistema de inspeção para controlar o uso dos produtos fitossanitários e, na maioria deles, as inspeções ocorrem com visitas programadas às propriedades. Após a avaliação, são atribuídos certificados de condição de uso e/ou orientação aos usuários para melhor uso e manutenção, com o objetivo de reduzir a quantidade de produtos fitossanitários utilizados, diminuir o custo de produção e causar menor impacto ambiental (ANTUNIASSI & GANDOLFO, 2001).

No Brasil, a primeira ação organizada para avaliar as máquinas pulverizadoras foi feita por GANDOLFO (2001), por meio do Projeto de Inspeção Periódica - IPP. Os resultados desse projeto foram apresentados por ANTUNIASSI & GANDOLFO (2001), que concluíram não ter sido possível encontrar máquinas em condições de certificação, ou seja, com ausência de falhas, em pulverizadores avaliados nos Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

PALLADINI (2004) relata significativas melhorias resultantes da implantação de programa de inspeção periódica de pulverizadores utilizados em cultura de maçã, em Santa Catarina.

Por isso, o presente estudo teve por objetivo avaliar o tempo de uso e as condições de operação de pulverizadores de arrasto e automotrizes, com capacidade do tanque igual ou superior a 2.000 litros, para análise quanto ao estado de conservação e funcionamento de alguns componentes vitais à eficácia da pulverização.

MATERIAL E MÉTODOS

Devido à adversidade ambiental e às características regionais do Estado de Mato Grosso do Sul, as amostras foram agrupadas em regiões Norte e Sul, sendo a primeira constituída por 21 pulverizadores avaliados nos municípios de Sonora, São Gabriel do Oeste, Costa Rica e Chapadão do Sul; e a segunda, formada por 17 pulverizadores avaliados nos municípios de Sidrolândia, Maracaju, Itaporã, Dourados, Caarapó, Laguna Carapã e Angélica. Essas regiões são importantes produtoras de soja e, conforme a CONAB (2004), esses municípios representaram 61,6% de toda produção de soja do Estado de Mato Grosso do Sul.

A amostragem foi feita de maneira aleatória no universo de produtores e empresários agrícolas que fazem uso de produtos fitossanitários e que dispõem de equipamento de pulverização. Os elementos das amostras foram selecionados por meio de entrevista, em que foi dada a anuência

em participar do projeto. Foram avaliados somente pulverizadores com capacidade igual ou superior a 2.000 litros de calda.

A amostra foi constituída por 38 pulverizadores. Desses, sete foram avaliados com dois conjuntos diferentes de pontas, resultando em 45 conjuntos inspecionados.

Essas máquinas foram agrupadas em função do tempo de operação, tipo de tração, (automotrizes ou de arrasto) e tipo de ponta utilizada na barra pulverizadora.

Tomando por base o tempo de uso de cada um dos 38 pulverizadores avaliados, calculou-se o tempo médio de operação de toda amostra. Com o cálculo da mediana, fez-se a divisão da amostra em dois grupos, sendo um grupo de pulverizadores com menor tempo de uso, e outro composto por pulverizadores com maior tempo de uso.

As avaliações foram realizadas em parceria com técnicos da DuPont do Brasil S.A., seguindo metodologia desenvolvida pela Comercial Agrícola Mineira (COMAM), de Belo Horizonte - MG, empresa responsável pelo treinamento dos profissionais que executaram as avaliações.

Essa metodologia consiste em avaliações feitas por meio da inspeção propriamente dita, na propriedade rural, onde o produtor disponibiliza seu pulverizador para a execução da inspeção, deixando-o totalmente limpo e abastecido apenas com água.

Componentes avaliados

As inspeções foram realizadas dentro da regulagem e calibração adotadas pelo proprietário e/ou operador, não ocorrendo substituição de nenhum componente do equipamento antes da vistoria. Além disso, todas as avaliações foram realizadas dentro do cotidiano de trabalho do produtor, no tocante à pressão de trabalho, vazão, pontas utilizadas na barra pulverizadora e velocidade de deslocamento da máquina (rotações por minuto do motor e marcha de avanço). Assim, segundo os objetivos do estudo, e tendo como parâmetros técnicos básicos os trabalhos de GANDOLFO (2001) e BIOCCA & VANUCCI (2000), foram avaliadas algumas peças e equipamentos importantes relacionados a qualidade de pulverização:

- tacômetro: ausência ou presença desse componente. No caso de estar presente, foi verificado seu funcionamento correto, atribuindo-se ausência ou inoperante, em caso de mau funcionamento. Esse procedimento foi adotado tanto nos pulverizadores automotrizes quanto nos de arrasto, ou seja, tracionados por trator, sendo que, nesse caso, o tacômetro avaliado foi o do trator. Não foram estimados os possíveis erros dos tacômetros;
- manômetro: ausência e, se presente, verificação do funcionamento, sem aferição. Procedimento adotado para todos os pulverizadores;
- presença de tanque de água limpa e reservatório para lavagem de embalagens: itens obrigatórios para pulverizadores fabricados a partir de janeiro de 2001, segundo Lei Federal 9974/00, de 6 de junho de 2000;
- sistema de posicionamento global (GPS): presença ou ausência do acessório;
- pontas de pulverização: verificação da vazão. Em cada inspeção foram escolhidos, aleatoriamente ao longo da barra, 12 bicos para determinar a vazão. A máquina, estacionada, foi colocada em funcionamento na mesma rotação de trabalho de uma pulverização real, utilizando apenas água limpa. Após a estabilização da pulverização, foi coletado, por um minuto, o líquido de cada um dos 12 bicos avaliados. Esse procedimento permitiu avaliar o estado das pontas em relação ao desgaste e/ou entupimento, tendo como vazão-padrão aquela indicada pelo fabricante, para cada tipo de ponta, aplicada à pressão utilizada pelo produtor. Foram, também, avaliadas a variação da vazão das pontas, de acordo com a moda da vazão no conjunto inspecionado, e a qualidade do conjunto, de acordo com a variabilidade entre a maior e a menor vazão encontrada no conjunto.

Após a coleta de todas as informações, os dados foram inseridos em *software* desenvolvido pela empresa AQP-COMAM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 38 pulverizadores nas regiões norte e sul do Estado de Mato Grosso do Sul (Tabela 1).

A análise do tempo de uso dos pulverizadores avaliados resultou em mediana de 4 anos, em que se dividiu a amostra em dois grupos, um de pulverizadores com tempo de uso de 1 a 4 anos, e o segundo grupo com 5 a 18 anos.

TABELA 1. Distribuição geográfica e número de pulverizadores avaliados nas regiões produtoras de soja no Estado de Mato Grosso do Sul. **Geographic distribution and number of boom sprayers in soybean crop regions evaluated in the Mato Grosso do Sul State, Brazil.**

Região	Municípios	Total de Máquinas	Distribuição (%)
Norte	Sonora, São Gabriel do Oeste, Costa Rica e Chapadão do Sul.	21	55,26
Sul	Sidrolândia, Maracajú, Itaporã, Dourados, Caarapó, Laguna Carapã e Angélica	17	44,74
Total		38	100,00

A distribuição dos pulverizadores, de acordo com o tempo de uso no campo e respectivas distribuições percentuais entre as regiões Norte e Sul do Estado, está apresentada na Tabela 2. O grupo representado por pulverizadores com tempo de 1 a 4 anos de uso ficou representado por 20 pulverizadores (52,63%), e o grupo com tempo de 5 a 18 anos de uso ficou representado por 18 pulverizadores (47,37%).

TABELA 2. Distribuição dos pulverizadores avaliados nas regiões produtoras de soja no Estado de Mato Grosso do Sul, de acordo com o número de anos em operação no campo. **Distribution of boom sprayers in soybean crop regions in the Mato Grosso do Sul State, Brazil, evaluated according to the age of use.**

Tempo de Uso (anos)	Número de Pulverizadores	Distribuição (%)	Regiões de MS	
			Norte	Sul
1 a 4	20	52,63	55,00%	45,00%
5 a 18	18	47,37	55,55%	44,45%

O tempo médio de utilização dos pulverizadores foi de 5,7 anos, e na região norte, o período médio de utilização encontrado foi de 4,5 anos, representando 55,26%; na região sul, foi de 7,1 anos, representando 44,74%.

GANDOLFO (2001) constatou que, de 76 pulverizadores avaliados no Estado de São Paulo, somente 12 (15,8%) tinham até 2 anos de fabricação. Dos pulverizadores restantes, foi possível observar o tempo de uso somente em 51 deles (identificação do ano de fabricação), onde o tempo médio de uso foi de 9,2 anos.

Entretanto, na presente pesquisa, verificou-se haver 12 máquinas com até 2 anos, o que equivale a 31,6% do total de equipamentos avaliados, embora os pulverizadores avaliados na região norte tenham apresentado média de 4,5 anos de tempo de uso, e na região sul, pouco mais de 7 anos. Percebe-se, com isso, ser a frota do Mato Grosso do Sul mais nova em relação ao estudo de GANDOLFO (2001).

Na Tabela 3, apresenta-se a distribuição dos pulverizadores, de acordo com o tipo de tração e sua localização geográfica. Observa-se aparente equilíbrio entre as categorias de pulverizadores, pois 55,26% foram representados por pulverizadores de arrasto e 44,74% por automotrizes. Entretanto, há diferenças regionais com predominância de pulverizadores de arrasto na região sul do

Estado e automotrizes na região norte. Esse fato pode ser explicado pela diferença na estrutura fundiária dessas regiões, havendo propriedades de maiores dimensões na região norte, com necessidade de equipamento de maior capacidade operacional.

TABELA 3. Distribuição dos pulverizadores avaliados nas regiões produtoras de soja no Estado de Mato Grosso do Sul, de acordo com o tipo de tração e respectiva localização geográfica. **Distribution of boom sprayers evaluated in soybean crop regions in the Mato Grosso do Sul State, Brazil, according to the type of traction and respective geographic localization.**

Tipo de Tração	Número de Pulverizadores	Distribuição (%)	Regiões de MS	
			Norte	Sul
Arrasto	21	55,26	28,57%	88,24%
Automotriz	17	44,74	71,43%	11,76%
Total	38	100,00	100,00%	100,00%

As avaliações das peças e equipamentos apresentaram as seguintes características:

- Tacômetro: observou-se a presença de tacômetros em 97,37% dos conjuntos inspecionados, sendo que apenas um conjunto pulverizador de arrasto na região sul não apresentou esse equipamento, mesmo tratando-se de equipamento relativamente novo. O fato de 97,37% da amostra estar equipada com tacômetro (em funcionamento) significa evolução na qualidade do conjunto, uma vez que a uniformidade da vazão está diretamente ligada à rotação constante do motor que mantém o pulverizador em funcionamento. No entanto, a presença do tacômetro não significa que o operador saiba qual rotação deva ser utilizada, assim como a presença e funcionamento não significam que a rotação de 540 rpm na tomada de potência, necessária ao correto funcionamento do pulverizador, esteja sendo aplicada. PALLADINI & MONDIN (2002), em trabalho sobre inspeção de 62 pulverizadores utilizados na cultura de maçã, no município de Fraiburgo - SC, relatam que, em relação à rotação na tomada de potência, 45% dos tratores não estavam funcionando de acordo com as especificações técnicas.
- Manômetro: observou-se a presença de manômetro em 92,10% dos pulverizadores avaliados. A ausência e/ou inoperância do mesmo foi observada apenas em três pulverizadores de arrasto (7,9%). Esses tinham idade superior a 5 anos, localizados na região sul do Estado, onde o tempo médio de uso dos equipamentos foi de 7,1 anos. GANDOLFO (2001) constatou a presença de manômetro em 81,6% dos equipamentos avaliados, porém somente em 17,7% o equipamento encontrava-se adequado ao pulverizador.
- Tanque de água limpa e lavador de embalagens: Dentre os pulverizadores inspecionados, 84,21% possuem tanque de água limpa. Os pulverizadores não equipados encontravam-se todos na região sul do Estado, onde todos eram de arrasto, porém um com idade inferior a 5 anos.

Dentre os equipamentos inspecionados, 89,47% dos pulverizadores possuem lavador de embalagens. Os pulverizadores não equipados encontravam-se todos na região sul do Estado, onde um pulverizador da amostra é de arrasto, com tempo de uso inferior a 4 anos, e três pulverizadores são de arrasto, com tempo de uso superior a 4 anos. A falta desses acessórios nos pulverizadores com idade igual ou superior a 5 anos é entendida pelo fato de que a legislação em vigor obriga a presença desse componente nos pulverizadores fabricados a partir de janeiro de 2001. Entretanto, a ausência desses equipamentos em máquinas fabricadas a partir dessa data reflete total negligência do produtor, considerando-se que o mesmo deva ter sido retirado. É de consciência do produtor rural a instalação do componente nas máquinas fabricadas anteriormente à vigência da lei.

- Sistema de Posicionamento Global: o GPS é um componente que equipa normalmente os pulverizadores automotrizes e contribui para que a cobertura da área pulverizada tenha maior precisão, evitando falhas ou sobreposição excessiva da aplicação. Entre os pulverizadores inspecionados em todo o Estado, apenas 28,95% possuíam esse equipamento. Na região norte,

41,86% estavam equipados com GPS e apenas 11,76% da região sul. A presença desse equipamento é superior na região Norte devido à predominância do mesmo nos pulverizadores automotrizes, categoria de máquinas também predominante na região norte. Por outro lado, nenhum dos conjuntos de arrasto inspecionados apresentou o equipamento.

- Pontas de pulverização: as avaliações das pontas de pulverização foram feitas em 38 pulverizadores. No entanto, sete pulverizadores foram avaliados com dois conjuntos de pontas diferentes, sendo uma primeira avaliação com pontas de jato plano, e em seguida com pontas de jato cônico vazio, resultando em 45 conjuntos avaliados. Desses, 80% apresentaram pontas de jato plano e 20% pontas de jato cônico vazio. GANDOLFO (2001) verificou ocorrência de pontas de jato plano em 91,7% de máquinas novas e 68,7% de máquinas usadas, justificando tal fato pela maior versatilidade das pontas de jato plano.

Foi constatado que 15 conjuntos de pontas (33,33%) apresentaram vazão de acordo com as recomendações do fabricante, dois conjuntos (4,44%) apresentaram problemas em apenas uma ponta, e cinco conjuntos (11,11%) apresentaram problemas em apenas duas pontas. Os 23 conjuntos restantes apresentaram seis pontas ou mais (num grupo de 12) com vazão alterada em, no mínimo, 10%. Segundo RAMOS & 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, o que significa que, nos conjuntos avaliados neste estudo, 51,11% teriam de ser totalmente substituídos.

CONCLUSÕES

A partir das informações obtidas e nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, concluiu-se que a maioria dos pulverizadores avaliados utilizava pontas de pulverização que já deveriam ter sido substituídas por apresentarem variação da vazão superior aos limites estabelecidos e que há equipamentos sendo utilizados fora das especificações legais por terem o reservatório de água limpa e o tanque de lavagem de embalagens retirados.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Du Pont do Brasil S.A. e à Comercial Agrícola Mineira - Comam, pelo apoio à execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U.R.; GANDOLFO, M.A. Projeto IPP: Inspeção Periódica de Pulverizadores. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001, Jundiaí. *Anais...* Jundiaí: Instituto Agronômico de Campinas. 2001. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automa%C3%A7%C3%A3o/sintag/anais.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2005.
- BAUER, F.C.; PEREIRA, F.A.R. Fitossanidade e produção agrícola. In: BAUER, F.C.; VARGAS JÚNIOR, F.M. *Produção e gestão agroindustrial*. Campo Grande: UNIDERP, 2005. cap.2, p.44.
- BIOCCA, M.; VANNUCCI, D. Organization and criteria of inspection of sprayers in Italy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 2000, Warwick. *Proceedings...* CIGR, 2000. 4 p. (Paper no 00-PM-058)
- CONAB. *Sexto levantamento da safra agrícola 2003/2004 - agosto/2004*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 8 set. 2004.
- ENDRIZZI, T. Indispensabili per le irroratrici manutenzioni e controlli più accurati. *L'informatore Agrário*, Roma, v.24, p.37-38, 1990.
- GADANHA JÚNIOR, C.D.O. Desenvolvimento de produtos, equipamentos e componentes na aplicação de agrotóxicos. Tendências e realidade: evolução dos equipamentos de aplicação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2.,

2001, Jundiaí. *Anais...* Jundiaí: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automa%C3%A7%C3%A3o/sintag/anais.htm>. Acesso em: 12 nov. 2005.

GANDOLFO, M.A. *Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas*. 2001. 101 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

KISSMAN, K. Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos: A visão da indústria química. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001. Jundiaí. *Anais...* Jundiaí: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automa%C3%A7%C3%A3o/sintag/anais.htm>. Acesso em: 12 nov. 2005.

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

PALLADINI, L.A.; MONDIN, L.R. Sistema de inspeção de pulverizadores: Funcionamento e primeiros resultados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. *Anais...* - Disponível em:

www.google.com.br/search?hl=ptBR&q=Sistema+de+Inspe%C3%A7%C3%A3o+de+Pulverizadores%3A+Funcionamento+e+Primeiros+Resultados&meta. Acesso em: 22 jul. 2006.

RAMOS, H.H.; PIO, L.C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. *O que os Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários*. Viçosa - MG: UFV, 2003. cap. 5, p.133-202.

REICHARD, D.L.; OZKAN, H.E.; FOX, R.D. Nozzle wear rates and test procedure. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v.34, n.6, p.2.309-2.316, 1991.