

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADORES: ANÁLISE DOS
ERROS DE CALIBRAÇÃO E IMPACTO ECONÔMICO**

JOSÉ LUIZ DE SIQUEIRA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP

Agosto-2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADORES: ANÁLISE DOS
ERROS DE CALIBRAÇÃO E IMPACTO ECONÔMICO**

JOSÉ LUIZ DE SIQUEIRA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP

Agosto-2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S618mi Siqueira, José Luiz de, 1964-
Inspeção periódica de pulverizadores: análise dos erros de calibração e impacto econômico / José Luiz de Siqueira. - Botucatu : [s.n.], 2009.
xiii, 117 f. : gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia.

1. Inspeção periódica de pulverizadores. 2. Erros de calibração. 3. Copo calibrador. 4. Prejuízos econômicos. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

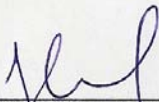
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADORES: ANÁLISE DO ERROS
DE CALIBRAÇÃO E IMPACTO ECONÔMICO".**

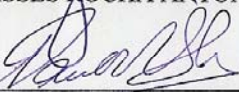
ALUNO: JOSÉ LUIZ DE SIQUEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS



PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO



PROF. DR. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB

Data da Realização: 14 de agosto de 2009.

À minha esposa **Nágela Magave** por todo afeto, compreensão, pelo apoio, pelas palavras de carinho em todos os momentos difíceis e bons que este período nos proporcionou e pela nova etapa de nossas vidas. Você é parte desta conquista.

À minha querida filha Luiza Eduarda, pelo carinho e afeto. Agradeço a Deus pela sua existência e que Ele continue lhe protegendo sempre.

À minha enteada Anne Sullem, pela consideração e carinho.

DEDICO.

A mente que se abre a uma nova idéia jamais volta ao seu tamanho original.

Albert Einstein

Aos meus pais, Benedito Sérgio (In memorian) e Eracy Siqueira pela simplicidade, sabedoria, paciência, amor e carinho a mim transmitidos por toda a vida.

Aos meus familiares, irmãos e irmãs, pelo incentivo.

À minha irmã Vera, lembro como se fosse hoje o dia em que ela me perguntou: Zé Luiz você quer estudar?

Aos meus tios Sr. Alírio e Dna. Fia, minhas irmãs Gerna, Arlete e aos cunhados Manoel e Chico por terem me acolhido em suas casas durante um bom tempo da minha vida estudantil.

À minha irmã Elizete pelos passes de ônibus e ao meu tio Valdomiro e meu cunhado Chico pelas passagens para o Rio de Janeiro-RJ.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor bom Deus de infinita bondade, proteção e força para superar as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Ulisses R. Antuniassi, pela orientação, incentivo, atenção, liberdade de trabalho e confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Ademir José Conte ex-diretor Geral do CEFET-Cuiabá e ao Prof. MsC. Leone Covari Diretor Geral do CEFET-Cuiabá pela liberação para fazer o Curso.

Aos colegas Adilson Pacheco de Souza, Rone Batista de Oliveira e Adriano Dawison de Lima pelas ajudas.

Ao Sr. Antonio (Português) e família (D. Celina, Regina, Luiz, Fernanda e Andréa), pela excelente amizade, apoio e incentivos.

Ao Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças, Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo e ao Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab pertencentes à banca examinadora, por fazerem críticas construtivas, trazerem melhorias nos trabalhos e contribuírem para nosso crescimento profissional.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, que me traz à lembrança momentos inesquecíveis, pela oportunidade de retornar aos estudos e atualizar conhecimentos.

À Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF), à empresa Dow AgroSciences e a Associação dos Produtores de Soja do MT (APROSOJA) pelo apoio financeiro.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pelo atendimento e providências.

Às funcionárias da Seção de Pós-graduação da FCA, pelo atendimento, providências, orientação e encaminhamento da documentação.

Aos funcionários (as) da Biblioteca, pela orientação e atendimento das solicitações.

Aos meus amigos de curso pela amizade e carinho.

Aos meus colegas de trabalho pela amizade, incentivo e apoio.

A todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO.....	IV
LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1 Eficiência operacional dos pulverizadores.....	7
4.2 Os agrotóxicos e o custo de produção agrícola.....	9
4.3 Manutenção dos pulverizadores.....	10
4.4 Inspeção periódica de pulverizadores na Europa.....	11
4.5 Inspeção periódica de pulverizadores no Brasil.....	14
4.6 Os erros nos métodos de calibração.....	18
4.6.1 Teoria dos erros	18
4.6.2 Limites de erros de um instrumento	18
4.6.3 Calibração pelo método do copo calibrador	20
4.6.4 Calibração de pulverizadores com o uso do copo calibrador	21
4.6.5 Outros tipos de erros de calibração.....	22
5 MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 Material	25
5.2 Métodos	27
5.2.1 Locais de avaliação.....	27
5.2.2 Procedimento de visita	28
5.2.3 Época das avaliações	29
5.3 Procedimento de inspeção.....	30

5.4	Organização da amostragem.....	30
5.4.1	Idade dos pulverizadores	30
5.4.2	Presença ou não de computador	31
5.5	Delineamento experimental	31
5.6	Avaliações consideradas	31
5.6.1	Avaliação dos erros na taxa de aplicação	32
5.6.2	Avaliação da precisão da calibração pelo copo calibrador.....	34
5.6.3	Simulação do erro do uso do copo calibrador	35
5.6.4	Comparação dos erros na taxa de aplicação entre a simulação e leitura do copo calibrador e a calibração de pulverizadores equipados com computador	38
5.6.5	Erros de espaçamento entre bicos.....	38
5.7	Análise econômica da situação de calibração dos pulverizadores avaliados.....	40
5.7.1	Custo com agrotóxicos na cultura da soja	40
5.7.2	Prejuízos por ponta de pulverização	40
5.7.3	Prejuízos econômicos devido aos erros na taxa de aplicação.....	42
5.7.4	Prejuízo econômico total devido aos erros de espaçamento.....	42
5.7.5	Prejuízos devido à presença de vazamentos	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6.1	Áreas médias e custo anual com agrotóxicos nos Estados	48
6.2	Média da taxa de aplicação real	49
6.3	Caracterização dos pulverizadores nos Estados.....	50
6.4	Idade dos pulverizadores.....	53
6.5	Combinação da cidade dos pulverizadores com a presença de computador	55
6.6	Caracterização dos erros de calibração	56
6.6.1	Estado de conservação das pontas de pulverização.....	56
6.6.2	Erros na taxa de aplicação	57
6.6.3	Uniformidade de distribuição da vazão das pontas	61
6.6.4	Amplitude e frequência de erros na taxa de aplicação	63
6.6.5	Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador.....	67
6.6.6	Cálculo do erro de calibração obtido com a simulação do uso do copo calibrador	71

6.6.7	Comparação dos erros na taxa de aplicação obtidos na simulação do uso do copo, na leitura do copo calibrador e na calibração de pulverizadores com computador	75
6.7	Caracterização dos prejuízos econômicos devido aos erros	78
6.7.1	Prejuízos econômicos devido aos erros na taxa de aplicação.....	78
6.7.2	Amplitude e frequência dos prejuízos em função dos erros de leitura do copo calibrador.....	82
6.7.3	Prejuízos econômicos dos erros de simulação do uso do copo calibrador	86
6.7.4	Prejuízos econômicos devido aos erros de espaçamento entre bicos	89
6.7.5	Prejuízos econômicos devido à presença de vazamentos.....	92
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
8	CONCLUSÕES.....	96
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
	APÊNDICE	103

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas em alguns países europeus.....	12
2. Máquinas reprovadas de acordo com as avaliações consideradas.....	16
3. Estados, número de pulverizadores e municípios visitados nos anos de 2006, 2007 e 2008	27
4. Exemplo do sorteio das pontas para a simulação do erro do copo calibrador de um pulverizador	36

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Porcentagem de pulverizadores reprovados de acordo com as avaliações consideradas por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008	52
2. Número de pulverizadores avaliados por desdobramento dos grupos de combinações por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008	53
3. Idade máxima e média dos pulverizadores nos Estados do PR, RS, MS e MT	54
4. Número de pulverizadores avaliados por grupo de combinação da idade e presença ou não de computador por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008	56
5. Porcentagem de pulverizadores e número médio de pontas de pulverização danificadas em função da idade dos pulverizadores por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008.....	57
6. Porcentagem de pulverizadores com erros na taxa de aplicação nos Estados do PR, RS, MS e MT	58
7. Porcentagem de pulverizadores com erros na taxa de aplicação em função do grupo e combinação por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008.....	60
8. Porcentagem de pulverizadores com coeficientes de variação (CV) aceitável e CV médio da taxa de aplicação da barra por Estados.....	61
9. Coeficientes de variação (CV) da taxa de aplicação da barra em função do grupo e combinação por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008.....	62
10. Porcentagem de erros na taxa de aplicação obtidos por simulação, leitura do copo calibrador e dos pulverizadores com computador no PR nos anos de 2006 e 2007.....	76
11. Porcentagem de erros na taxa de aplicação obtidos por simulação, leitura do copo calibrador e dos pulverizadores com computador no RS nos anos de 2006 e 2007.....	77
12. Porcentagem de erros na taxa de aplicação obtidos por simulação, leitura do copo calibrador e dos pulverizadores com computador no MT em 2008	78
13. Prejuízos econômicos em função do erro de espaçamento entre bicos no Paraná nos anos de 2006 e 2007.....	90
14. Prejuízos econômicos em função do erro de espaçamento entre bicos no Rio Grande do Sul nos anos de 2006 e 2007.....	91
15. Prejuízos econômicos em função do erro de espaçamento entre bicos no Mato Grosso no ano de 2008.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pagina
1. Leitura de uma dimensão (y) usando uma régua graduada em milímetros (Fonte: Vuolo, 1996).....	19
5. Leitura do volume de água (mL) e posterior pesagem (g)	34
6. Quantificação do vazamento presente no pulverizador.....	43
7. Área média e custo médio anual com agrotóxico em soja nos Estados do PR, RS, MS e MT (período de 2006 a 2008).....	49
8. Volume de calda médio real utilizado nos Estados do PR, RS, MS e MT.....	50
9. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007	64
10. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007	65
11. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do MS no ano de 2006	66
12. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do MT no ano de 2008	67
13. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007.....	68
14. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007.....	69
15. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MS em 2006	70
16. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MT em 2008	71
17. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007.....	72
18. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007.....	73
19. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do MS em 2006	74
20. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do MT em 2008	75

21. Amplitude e frequência do prejuízo devido aos erros na taxa de aplicação no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007.....	79
22. Amplitude e frequência do prejuízo devido aos erros na taxa de aplicação no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007.....	80
23. Amplitude e frequência do prejuízo devido ao erro na taxa de aplicação no Estado do MS em 2006	81
24. Amplitude e frequência do prejuízo devido aos erros na taxa de aplicação no Estado do MT em 2008	82
25. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha ⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007.....	83
26. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha ⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007.....	84
27. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha ⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MS em 2006	85
28. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha ⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MT em 2008	86
29. Amplitude e frequência do prejuízo da simulação de calibração do pulverizador pelo copo calibrador no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007.....	87
30. Amplitude e frequência do prejuízo da simulação de calibração do pulverizador pelo copo calibrador no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007.....	88
31. Amplitude e frequência do prejuízo da simulação de calibração do pulverizador pelo copo calibrador no Estado do MT em 2008	89
32. Prejuízos anuais médios simulados em função da ocorrência de vazamentos	93

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Página
1. $\tau_c = L_c / 3 \cong 0,1 \text{ mm}$	19
2. $\sigma_c = L_c / 2 \cong 0,5 \text{ mm}$	19
3. $\sigma = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_c^2} \cong 0,5 \text{ mm}$	19
4. $V = \frac{S}{T} \times 3,6$	32
5. Taxa de aplicação real ($L \text{ ha}^{-1}$) = $Qt \times (\{L \times V\} \times 100000^{-1})^{-1}$	32
6. Largura de trabalho (m) $\Rightarrow L = d \times Em$	33
7. $E = \left(\frac{Qr}{Qe} \times 100 \right) - 100$	33
8. $E = \frac{L - P}{P} \times 100$	35
9. $Q_m = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{4}$	36
10. $E = \left(\frac{QM_r}{QM_g} \times 100 \right) - 100$	37
11. $E_m = \frac{\sum (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)}{5}$	38
12. $AS = \frac{(Ep - Ee) \times 100}{Np \times Ep}$	39
13. $AS = \frac{(Ep - Ee)_1 + (Ep - Ee)_2 + (Ep - Ee)_n \times 100}{Np \times Ep}$	39
14. $AP = \frac{A \times C}{Np}$	40
15. $Pp = \frac{AP \times E_m}{100}$	41
16. $Pt = Pp \times Np$	41
17. $P = \frac{E}{100} \times A \times C$	42
18. $Pt = AS \times A \times C$	43
19. $Qt = Q \times NA$	44

20. $Cup = \frac{Ct}{Qt}$	44
21. $Cop = \frac{NB \times E \times V \times Cef}{10}$	45
22. $Cef = \frac{Efp}{100}$	45
23. $Nh = \frac{A \times NA}{Cop}$	46
24. $P = Cup \times Vh$	46
25. $Pt = P \times Nh$	47

1 RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram analisar os erros dos métodos usuais de calibração dos pulverizadores e quantificar o impacto econômico de problemas detectados na inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões produtoras de grãos no Brasil. A base do trabalho envolveu uma coleta de dados nos moldes do projeto IPP (Inspeção Periódica de Pulverizadores), englobando estudos dos equipamentos de pulverização de propriedades rurais nos Estados do Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT). De posse da base de dados foram desenvolvidos modelos de simulação para avaliação dos métodos de calibração, estimativa de erros e dos prejuízos causados pelos mesmos. Os resultados mostraram que todas as máquinas apresentaram falhas de manutenção e calibração, com destaques para problemas no estado e conservação das pontas de pulverização. No MT 82,4% das pontas de pulverização encontravam-se inadequadas para o uso, seguido de PR com 72,5%, MS com 62,5% e RS 59,3%. Os erros na taxa de aplicação foram significativos, com valores de 70,6% para o PR, 60,2% para o RS, 37,5% para o MS e 61,8% para o MT. No que se refere ao método de calibração, o módulo dos erros médios de leitura do copo calibrador variaram de 1,8% (RS) a 2,7% (PR), enquanto o módulo dos erros médios de calibração do sensor de fluxo dos computadores variou de 5,3% (RS) a 8,8% (MT). A maior frequência de prejuízos devido a erros de calibração da taxa de aplicação ficou na faixa de R\$ 4.000,00 por ano por pulverizador. Entretanto, os fatores ligados a calibração geraram perdas maiores que R\$ 10.000,00 por pulverizador por ano em alguns casos. Os problemas de manutenção também causam prejuízos, com grande frequência de valores até R\$ 4.000,00 por ano por pulverizador. De acordo com os resultados obtidos nas coletas de dados e nas simulações realizadas neste trabalho concluiu-se que o método de calibração pelo copo calibrador apresenta erros, tanto pela determinação direta no volume no copo como pela variabilidade das pontas coletadas na barra. A calibração dos pulverizadores com computador apresentou percentual de erros muito superior aos observados no processo de leitura do copo calibrador, indicando haver uma cadeia de erros que se somam para determinação destes fatores. No geral o processo de calibração baseado na leitura do copo

calibrador se mostrou falho e com índices de erro que justificam amplamente a adoção do método gravimétrico (coleta nos baldes e pesagem). A magnitude dos prejuízos econômicos observados deve representar motivo de grande preocupação quanto à sustentabilidade do processo produtivo numa agricultura moderna e competitiva.

Palavras – chaves: Inspeção Periódica de Pulverizadores, erros de calibração, copo calibrador, prejuízos econômicos

PERIODIC INSPECTION OF CROP SPRAYERS: ANALYSIS OF CALIBRATION ERRORS AND ECONOMIC IMPACT. Botucatu, 2009. 131p. Thesis (Doctoral in Agronomy/Agricultural Energy)-Agronomic Sciences Faculty, São Paulo State University.

Author: JOSÉ LUIZ DE SIQUEIRA

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

2 SUMMARY

The aim of this study was to analyze errors on the sprayer calibration process and to quantify the economic impact of problems detected on periodic inspection of crop sprayers on the main soybean production regions in Brazil. This work was based on the IPP Project (Periodic Inspection of Sprayers) with focus on sprayers used on the States of Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT). After the data collection process, some models were developed in order to analyze the calibration methods and the economic losses related to it. The results showed that all the sprayers presented failures, with emphasis on nozzle problems (82.4% on MT, 72.5% on PR, 62.5% on MS and 59.3% on RS). The frequency of errors on spray volume calibration were 70.6% on PR, 60.2% on RS, 37.5% on MS and 61,8% on MT. On the calibration process, the absolute mean errors on using the measuring cylinder range were 1.8% (RS) to 2.7% (PR), while the absolute mean errors for the calibration of the flow sensor range were 5.3% (RS) to 8,8% (MT). The higher frequency of economic losses related to the calibration process was within R\$ 4,000.00 per year per sprayer. However, this value was found higher that R\$ 10,000.00 per year per sprayer in some cases. Problems related to maintenance caused losses frequently up to R\$ 4,000.00 per year per sprayer. Based on the data collected and the simulation using the models it was concluded that the calibration process based on the measuring cylinder present errors both related to the visual use of it the and the variability of nozzle flow along the boom. The calibration of the sprayers with electronic control showed errors above to those found on the measuring cylinder calibration process and this may be due to a chain of errors that should be further studied. As a general view the calibration process based on the measuring cylinder shower errors that justify the use of a calibration process using weigh scales and buckets for collecting the spray solution flow from the nozzles. The level of economic losses observed on the results should be addressed as a concern related to the sustainability of the production process on a competitive and modern agriculture.

Key-words: Periodic inspection of crop sprayers, calibration, glass calibrator, economic losses

3 INTRODUÇÃO

A grande expansão demográfica mundial nos últimos anos acarretou uma demanda cada vez maior por alimentos, para satisfazer as necessidades nutricionais dessa população. A demanda associada às necessidades econômicas do setor produtivo da agricultura, a grande pressão dos órgãos ambientais pela preservação ambiental, dentre vários outros fatores, têm levado os produtores a buscarem novas técnicas que possibilitem maior produtividade das áreas já exploradas, melhor qualidade dos alimentos produzidos para garantia do mercado interno e externo.

Com a Revolução Industrial ocorrida no século XVIII, foram criadas e desenvolvidas várias máquinas. Dentre estas estão as de uso agrícola, das quais evoluíram os pulverizadores, que são de ampla utilização para a aplicação de agrotóxicos, uma vez que possibilitam a distribuição rápida de agroquímicos destacando os herbicidas, inseticidas, fungicidas, acaricidas e os reguladores de crescimento.

A eficiência da aplicação dos agrotóxicos 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.

Alguns países da Europa implantaram a Inspeção Periódica das Máquinas utilizadas no campo para verificar a qualidade das aplicações, atribuindo certificação e/ou orientação aos usuários para melhor uso, manutenção e calibração, objetivando aumentar a eficiência das aplicações com conseqüente redução do custo e da contaminação ambiental. Este processo mostra a importância de se fazer uma boa aferição dos equipamentos de pulverização. Atualmente, utiliza-se para calibrar os pulverizadores o copo calibrador, o que pode induzir a erros na aplicação de produtos em quantidade superior ou inferior à dose recomendada, acarretando perdas ao produtor pelo excesso de produtos ou deficiência no controle.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar os erros dos métodos de calibração de pulverizadores e realizar uma análise das condições atuais de operação e manutenção destas máquinas através da Inspeção Periódica de Pulverizadores, assim como analisar os prejuízos econômicos desses erros e da deficiência de manutenção, com seus respectivos impactos no processo produtivo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a agricultura moderna e extremamente competitiva dos últimos tempos, a avaliação e a calibração correta dos pulverizadores é um instrumento indispensável para a melhoria da qualidade da pulverização de agrotóxicos, permitindo redução das perdas que podem ocorrer durante essas operações, com conseqüentes efeitos ambientais indesejáveis.

Os agrotóxicos são essenciais para o sistema de produção agrícola e, por serem substâncias de alto risco, devem ser empregados de forma criteriosa. Trabalhar com esses produtos implica obediência a um conjunto de leis, de normas e de técnicas que garantam a segurança do trabalhador, a saúde do consumidor e o equilíbrio do ambiente (GONÇALVES, 1999).

Considerando o mercado de agrotóxicos no Brasil é de sete bilhões e oitocentos milhões de reais em 2007 e para a safra 2008/2009 dez bilhões e duzentos milhões de reais (SINDAG, 2009) e que estes produtos quando aplicados em excesso, podem consumir até 400% a mais da quantidade necessária de produto (LANGENAKENS e BRAEKMAN, 2001), pode-se avaliar a importância do controle sobre o estado das máquinas que aplicam a maior parte de tais produtos, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Os equipamentos de aplicação de agrotóxicos evoluíram consideravelmente nos últimos anos, porém, essas transferências ao campo ocorrem lentamente, enquanto que os agroquímicos evoluíram mais rapidamente para produtos mais potentes e ainda chegam às partes mais remotas do mundo em menor tempo (FRIEDRICH, 1996). Boller (2006) afirma que inicialmente, os produtos utilizados para proteger as culturas eram poderosos biocidas, utilizados em doses da ordem de kg por hectare e apresentavam elevados riscos para os usuários e para o ambiente. Segundo o mesmo autor, nos últimos 15 anos, observa-se a oferta de produtos desta categoria, sendo alguns utilizados com doses abaixo de 5 gramas por hectare. Essas transformações implicam em adequações da tecnologia de aplicação, na busca de maior eficiência, menor desperdício e menor contaminação do homem e do ambiente e redução dos custos de produção. 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.

4.1 Eficiência operacional dos pulverizadores

Quando se adota o controle químico, grande parte dos problemas encontrados refere-se à tecnologia de aplicação. Entende-se por tecnologia de aplicação o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990).

Na cultura da soja, cujo cultivo estabelece-se em áreas na sua maioria extensas, a maioria dos controles químicos é feito em formulações líquidas diluída em água, sendo comum a aplicação ser realizada através de pulverizadores de barra acionados pela tomada de potência do trator, pulverizadores automotrizes ou aplicação aérea (MATUO, 1990).

A má regulagem do pulverizador, pontas danificadas ou obstruídas ou mesmo erros durante a aplicação são fatores frequentemente detectados como responsáveis pelo não funcionamento dos produtos. Segundo Matuo (1990), a época de aplicação e as

condições climáticas também estão ligadas diretamente à eficiência no controle e a redução de custo na aplicação.

A pulverização é um processo físico mecânico de transformação de uma substância sólida ou líquida em partículas ou gotas as mais uniformes e homogêneas possíveis. Ela pode ser influenciada pelo tipo de bico, volume de aplicação e fatores climáticos (SANTOS, 2002; RAMOS e PIO, 2003).

A seleção correta dos pulverizadores e a operação adequada das pontas de pulverização são passos importantes para aplicações precisas, com menor perda de produto e menor risco de contaminação ambiental.

Para Mialhe (1974), a capacidade operacional de um pulverizador é a quantidade de trabalho executada em uma unidade de tempo. No caso específico dos pulverizadores, indica a área tratada por unidade de tempo, expressa em hectares por hora.

A análise operacional da aplicação de agrotóxicos é imprescindível para a racionalização do sistema sob aspectos econômicos, sociais e ambientais. Os fatores que determinam a eficiência operacional da aplicação são aqueles associados à logística da pulverização. Segundo Matuo (1990), esses fatores são: velocidade de trabalho da máquina; largura da faixa de pulverização; tempo de manobra; comprimento da faixa de tratamento; distância total percorrida para cada abastecimento; volume de pulverização; velocidade de deslocamento para reabastecimento; capacidade do tanque; e tempo de reabastecimento do tanque.

Matuo (1990) constatou que uma forma de aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores seria a instalação de estações de abastecimento de calda pronta, evitando interrupções no trabalho durante o tratamento.

Segundo Dias (1999), a redução do volume de calda tem sido utilizada visando aumentar a eficiência operacional dos pulverizadores, pois há menor necessidade de paradas para o reabastecimento, além de reduzir risco de contaminação durante o preparo da calda de pulverização.

Veiga (2004) constatou-se que os Estados do PR e RS, apesar das diferenças entre pulverizadores utilizados, apresentaram a mesma eficiência operacional global dos pulverizadores (65%). Verificou-se que dentre os Estados do Centro-Oeste, o Mato

Grosso do Sul (MS) destacou-se por ser o mais eficiente, com índice de 71%, valor superior aos outros Estados da região (Mato Grosso e Goiás), que apresentaram eficiência de 69%.

4.2 Os agrotóxicos e o custo de produção agrícola

A determinação do custo com agrotóxicos é de suma importância na agricultura, não somente como um componente para análise de rentabilidade da unidade de produção, mas também como parâmetro de tomada de decisão e de capitalização do setor rural. A redução desses custos está na tendência de utilizar pulverizadores com maior rendimento diário para as propriedades médias, bem como pulverizadores automotrizes para as grandes áreas cultivadas. Esses custos com agrotóxicos na maioria das vezes são obtidos diretamente com os produtores, revendas de insumos da região ou com sindicatos rurais. O abastecimento do tanque e a necessidade da preparação da calda são particularidades da aplicação de agrotóxicos comparadas a outras operações mecanizadas. Esses fatores acrescentam custos operacionais, pois geralmente é necessário acrescentar outras máquinas para aperfeiçoar o uso dos pulverizadores no campo.

O custo de produção constitui elemento essencial nas ações gerenciais e administrativas da propriedade rural na busca de padrões de qualidade e obtenção de lucro e a elaboração de estimativas de custo de produção tornam-se, para o produtor rural, ação obrigatória para auxiliar a tomada de decisão, considerando que cada propriedade possui particularidades quanto à área plantada, topografia, condições físicas e de fertilidade dos solos, nível tecnológico, máquinas, equipamentos e aspectos administrativos (RICHETTI, 2007).

Trabalho realizado por Gomes (2008) no município de Itaí-SP constatou que o custo de produção de soja com herbicidas, inseticidas e fungicidas foi de 443,83 R\$ ha⁻¹, correspondendo a 40,7% do custo total de produção.

Matsunaga et al. (1976) conceituou o custo total de produção, como sendo as despesas efetivamente desembolsadas pelo agricultor mais a depreciação de máquinas e benfeitorias específicas da atividade, somadas aos outros componentes de custos como os agrotóxicos para obter o custo total de produção e análise da rentabilidade.

4.3 Manutenção dos pulverizadores

É importante a manutenção adequada dos pulverizadores agrícolas para que elas possam executar suas funções operacionais de forma mais eficiente, pois isso interfere diretamente no lucro da empresa (LANÇAS et al., 1998). Esses autores defendem também a inspeção como a parte mais importante de todo o programa de manutenção preventiva, uma vez que ela revela as condições operacionais dos pulverizadores. Pannel (1994) recomenda a necessidade de serviços de inspeção como agente redutor de custos e da prevenção da contaminação de alimentos e do ambiente. De uma análise dos objetivos estabelecidos para as inspeções de pulverizadores, independente de ser espontânea ou obrigatória, salienta a importância dada ao processo educativo do operador ou proprietário. Rikoon et al. (1996) citam a importância de processos educativos e interativos com produtores rurais, considerando esses processos como agentes de mudanças de atitude, que podem conduzir um produtor a adotar uma técnica para modificação de um processo. Machado (2001) também destaca a importância da manutenção como alternativa para que as máquinas agrícolas possam executar corretamente suas tarefas como forma de conservar a máquina nas condições mais próximas das ideais de operação. Apesar dessa grande evolução há necessidade, principalmente no Brasil, de programas de melhoria da qualidade de manutenção e de calibração dos equipamentos de pulverização.

Essa manutenção e a inspeção tornam-se ainda mais importantes principalmente devido à idade avançada das máquinas em uso. Trabalhos realizados por diversos autores em vários países constataram essa realidade. Na Eslováquia mais de 50% das máquinas encontrava-se com idade média acima de 8 anos (JEZIK e LAVCAK, 2007), Em Portugal metade das máquinas estavam com mais de 15 anos (MARTINS e MOREIRA, 2007), na Itália, Tugnoli (1995) constatou, também, que 35% das máquinas avaliadas tinham entre 5 e 10 anos de uso. Na Sérvia, segundo Sedlar et al. (2007), a idade média das máquinas era de 11 anos. No Brasil, trabalho realizado por Silveira et al. (2006) na região de Cascavel-PR, observaram que as máquinas tinham idade máxima de 21 anos e média de 7,7 anos; Já Braga et al. (2008), constataram que no Mato Grosso do Sul (MS) a idade média foi de 5,7 anos; sendo que na região norte do Estado do MS, 55,3% das máquinas encontravam com idade de 4,5 anos e na região sul 44,7% tinham idade de 7,1 anos. Gandolfo (2002) constatou

que das 76 máquinas avaliadas, somente 12 (15,8%) tinham até dois anos de fabricação, 19 máquinas (30,2%) tinham mais de 10 anos de idade e 64 máquinas (84,2%) estavam em operação há mais de 2 anos e a idade média de 51 pulverizadores foi de 9,2 anos. Estes valores evidenciam o envelhecimento da frota, indicando a necessidade de renovação ou modernização dos maquinários em uso.

4.4 Inspeção periódica de pulverizadores na Europa

Na maior parte dos países europeus, as inspeções periódicas têm sido realizadas utilizando-se unidades móveis de avaliação e visitas programadas às propriedades ou cooperativas. Nestas avaliações são atribuídos certificados de condição de uso e/ou orientação aos usuários para um melhor uso e manutenção, objetivando uma redução da quantidade de agrotóxicos utilizados e, conseqüentemente, redução do custo e do impacto ambiental. Em alguns casos, a certificação através de inspeções periódicas pode incluir a autorização ou não da continuidade do trabalho com os equipamentos. No caso de pulverizadores “reprovados”, há a necessidade de uma reavaliação após os devidos reparos. Na maioria destes países, a exemplo do que ocorrem com veículos automotores, as avaliações já são obrigatórias.

Segundo Reichard et al. (1991), as avaliações de componentes isolados dos pulverizadores são realizadas desde pelo menos 1943. Na Alemanha a inspeção de pulverizadores de barra tem uma longa história (GANZELMEIER, 2007). Segundo o mesmo autor, as primeiras inspeções voluntárias de pulverizadores de barra neste país iniciaram-se no final da década de 60 e para os pulverizadores assistido a ar e turboatomizadores iniciou-se em meados da década de 80. Devido à participação insatisfatória dos produtores nas inspeções voluntárias, a partir de 1993 a inspeção passou a ser obrigatória para os pulverizadores de barras e a partir de 2002 para os pulverizadores assistido a ar e turboatomizadores, sendo inspecionados por volta de 75.000 pulverizadores de barra e 25.000 assistidos a ar e turboatomizadores anualmente.

Segundo Wehmann (2007), a situação atual da inspeção de pulverizadores agrícolas nos países europeus, em levantamento feito no período de 2004-2006 é conforme consta no Quadro 1.

Quadro 1. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas em alguns países europeus

País	Voluntária (Ano de início)	Obrigatória	Números inspecionados (média 2004-2006)	Proibição de uso
Áustria	1983	-	9800	Não
Bélgica	1989	1995	6344	Sim
República Checa	1980	1997	1150	Sim
Dinamarca	-	1993	151	Não
Estônia	-	2000	218	Sim
França	1990	2009	0	-
Alemanha	1976	1993	72809	Sim
Hungria	-	2007	0	Sim
Itália	1988-2006	1999-2001	2300	Sim
Lituânia	-	2001	281	Sim
Noruega	1991	2006	1950	Sim
Polônia	-	1999	60500	Sim
Portugal	2007	-	0	Não
Sérvia	-	2007	0	?
Eslováquia	-	2003	605	Sim
Eslovênia	-	1995	7172	Sim
Espanha	1990	2010	300	Não
Suécia	1987	-	1700	Não
Suíça	-	1993	2980	-
Holanda	1976	1997	5751	-
Reino Unido	1997	-	8790	Sim

Fonte: Wehmann (2007).

Na Itália, segundo Endrizzi (1990), de um total de 60 pulverizadores de barras avaliados, somente oito apresentavam condições adequadas para uso, 47% produziam uma distribuição irregular na barra, 53% apresentavam manômetros danificados e 53% não tinham proteção na árvore cardâmica. Como evolução do conceito, Biocca e Vannucci (2000) relataram a existência de 73 centros de inspeção atualmente na Itália.

Segundo Baldi e Vieri (1992), a avaliação de 28 pulverizadores mostrou que 71% não apresentavam proteção adequada ao operador, 85% não estavam dotadas de antigotejadores e em 36% os filtros eram ineficientes ou ausentes. 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 Coeficiente de Variação (CV) superior ao limite determinado pelos pesquisadores, que neste caso foi de 10%.

Trabalhos realizados por Tugnoli (1995) constataram que os problemas mais comuns eram: manômetro com defeito (30% dos pulverizadores); pontas ruins (25%); e árvore cardâmica sem proteção (33%). Com relação a idade dos equipamentos, quase 40% dos pulverizadores tinham no máximo 5 anos de fabricação e cerca de 20% tinham mais de 10 anos.

Na Alemanha, Bélgica e Suíça o CV aceitável para vazão da ponta deve ser menor que 10% e para o Coeficiente de Variação (CV) da ponta deve ser menor 9% na Alemanha, menor que 7% na Suécia e menor que 8% na Suíça (BIOCCA e VANNUCCI, 2000).

Segundo Huyghebaert et al. (2009), a Bélgica adotou a obrigatoriedade de inspeção dos pulverizadores em uso a partir de 1995, estabelecendo como objetivos principais a manutenção dos equipamentos e a educação dos usuários. A metodologia desenvolvida para a avaliação previa análises visuais e mensuráveis de diversos órgãos e componentes dos pulverizadores. Neste país pelo menos 24500 pulverizadores foram inspecionados durante o primeiro ciclo (1995 a 1998) e quase 82,4% dos pulverizadores foram certificados. Os restantes 17,6% foram certificados após alguns reparos. Estes resultados técnicos diferem fundamentalmente daqueles obtidos no âmbito das inspeções voluntárias (de 1989 a 1995), onde mais de 80% dos pulverizadores foram rejeitados. Esta diferença é principalmente explicada pelo fato dos agricultores fazerem os reparos antes, tendo em conta a notificação. No segundo ciclo (1998 a 2001), o número de rejeição na primeira inspeção diminuiu significativamente e chegou a menos de 10%.

Na Alemanha, segundo Osteroth (2004) até 1993, 30.000 pulverizadores foram inspecionados anualmente, no entanto, após a introdução da obrigatoriedade da inspeção dos pulverizadores de barra em 1993, o número de pulverizadores inspecionados aumentou para 63.000 por ano. Os itens dos pulverizadores a serem testados

são dispositivos de proteção da transmissão, capacidade da bomba, precisão do manômetro, estado de conservação dos filtros de sucção e de linha, uma boa distribuição ao longo da barra, estado de conservação da barra de pulverização, todas as pontas do mesmo tipo, estado de conservação das pontas e presença de agitadores.

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 de partes móveis e estado de conservação dos filtros. Dentre as quantitativas apresentaram 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.

Na Alemanha, Osteroth (2004) comparando dados de 1993 e 2003 mostrou que houve uma redução dos defeitos neste período. Em 1993 aproximadamente 14% das máquinas avaliadas apresentavam-se com manômetros danificados, sendo que em 2003 esse valor caiu para 4%. A uniformidade de distribuição das pontas caiu de 22% para aproximadamente 15,5%, antigotejadores houve uma redução dos defeitos de 17% para 4,5% e somente para a barra de pulverização foi que houve um acréscimo de aproximadamente 2%, passando de 6% para 8%.

Ganzelmeier (2007) relatou que na Alemanha no ano de 2005 nas avaliações visuais de tubulações, mangueiras, manômetros defeituosos, antigotejadores e barras, dos 4.600 equipamentos avaliados, apenas 4,6% foram declarados como defeituosos.

Segundo Langenakens e Braekman (2001) cerca de 40% dos pulverizadores na Bélgica, antes da inspeção se tornar efetiva, foram reprovados. Cerca de 6500 pulverizadores foram substituídos no primeiro ano de inspeção em toda a Bélgica.

4.5 Inspeção periódica de pulverizadores no Brasil

Segundo Antuniassi (2001), no Brasil a inspeção periódica de pulverizadores foi implantada pelo Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA) da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu-SP, a

partir de um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Tomando como base este projeto, Gandolfo (2002) desenvolveu uma estrutura completa para inspeções a campo, avaliando 76 pulverizadores e gerando informações para que pudesse avaliar o estado dos pulverizadores e a receptividade do processo de inspeções.

Segundo Gandolfo e Antuniassi (2003), em trabalhos realizados no Brasil, a análise sobre todas as máquinas mostrou que 61 unidades (80,2%) aplicavam volumes de calda com uma diferença maior que 5% da quantidade desejada, tendo valor médio de erro no volume de 18,9%. Entre estes, 32 pulverizadores aplicavam produtos com volume maior do que 5% acima do desejado, correspondendo a 42,1% das máquinas. O valor médio sobreaplicado foi de 18,0%. Em 29 máquinas (38,1% da amostra), observaram-se aplicações com volume abaixo do desejado, com erro maior que 5%. Nestes casos, o erro médio foi de 19,9%. Os autores também observaram que 71,0% dos pulverizadores não tinham manômetro ou eram imprecisos e 69,2% das máquinas encontravam-se com Coeficiente de Variação (CV) da barra acima de 15%.

Gandolfo (2002) avaliou presença de vazamentos, mangueiras danificadas, localização e posicionamento das mangueiras, espaçamento entre bicos, estado e conservação dos filtros de sucção e de linha, presença e estado de conservação de antigotejadores, tipo de pontas de pulverização, estado e conservação das pontas de pulverização, presença e adequação do manômetro, proteção de partes móveis, taxa de aplicação e uniformidade de distribuição da barra. Os resultados gerais dos 76 pulverizadores avaliados estão apresentados no Quadro 2.

Gandolfo (2002) encontrou ocorrência média de 5,5 pontas ruins por máquina avaliada com média de erro na vazão de 39,87% e apenas 18,4% das máquinas avaliadas apresentavam pontas em estado de conservação aceitável. Verificou-se que dos 62 pulverizadores avaliados que possuíam manômetros apenas 11 dessas unidades (17,7%) apresentavam manômetros adequados às máquinas.

Quadro 2. Máquinas reprovadas de acordo com as avaliações consideradas

Itens avaliados	Máquinas reprovadas	
	Número	%
Presença, funcionamento e adequação do manômetro	71	93,4
Pontas de pulverização ruins	62	81,6
Erro na taxa de aplicação	61	80,2
Antigotejadores ruins ou ausentes	55	72,4
CV da barra acima de 15%	27	69,2
Falta de proteção das partes móveis	49	64,5
Mangueiras mal localizadas	46	60,5
Vazamentos	43	56,6
Mangueiras danificadas	37	48,7
Espaçamento incorreto entre bicos	32	42,1

Fonte: Gandolfo (2002).

Alvarenga e Cunha (2008), em trabalhos realizados na região do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, onde avaliaram 34 pulverizadores, constataram que 26,6% dos pulverizadores possuíam mais de um tipo de pontas na barra, 61,8% apresentavam vazamentos, 64,5% estavam com erro na taxa de aplicação, sendo que 41,9% desse total estavam aplicando volume abaixo dos 5,0% de erro aceitável e 22,6% com volume acima desse valor e 93,3% dos pulverizadores apresentavam desuniformidade de distribuição na barra.

Silveira et al. (2006) em avaliações de pulverizadores realizadas na região de Cascavel, PR, constataram que das 62 máquinas avaliadas 13,7% das pontas eram do tipo cone vazio, 54,9% jato plano comum, 21,6% jato plano com pré-orifício e 9,8% jato plano com indução de ar. Segundo os mesmos autores cerca de 1/3 (33,3%) das pontas estavam em condição inadequada de uso, seja em função do desgaste (34,0%) ou pela má distribuição sob a barra (33,0%). Quanto ao CV, verificou que para a ponta do tipo cone vazio 81,0% das máquinas estavam acima dos 15,0% máximo aceitável. Para os outros componentes os autores observaram que quando presentes encontravam-se danificados ou inadequados. Quando

verificou manômetro 48,0% dos pulverizadores não tinham e para os filtros de linha essa situação era de 25,0%.

Na avaliação realizada por Braga et al. (2008) no Estado do MS 38 pulverizadores constataram que 80,0% deles apresentavam pontas de jato plano e 20,0% pontas de jato cônico. Os autores observaram também que 33,3% dos conjuntos de pontas apresentaram vazão de acordo com o fabricante, 4,4% estavam com problema em apenas uma ponta e 11,1% com problema em duas pontas. Os autores verificaram presença de manômetros em 92,1% e a ausência ou inoperância dos mesmos foi detectado em 7,9% dos pulverizadores.

Gandolfo et al. (2007) avaliaram erros na taxa de aplicação e Estado de conservação das pontas de pulverização em 20 pulverizadores automotrizes nos municípios de Campo Verde, Sapezal e Primavera do Leste, no Estado do MT. Ao compararem a taxa de aplicação aferida pelos responsáveis nos pulverizadores e a taxa de aplicação determinada pelos pesquisadores, constataram que 85,0% dos equipamentos (17 pulverizadores), aplicavam volumes com diferenças superiores ao limite de 5,0% entre elas. Destas diferenças, os autores observaram que 50,0% dos pulverizadores apresentaram erros para mais, ou seja, aplicaram volumes superiores àqueles de referência, sendo o erro médio de sobreaplicação de 14,1% e o erro médio em subaplicação (volumes aplicados a menos que o real) de 11,8%, tendo ocorrido em 35,0% dos equipamentos avaliados. Os valores de erros com a maior frequência tanto para sobreaplicação ou para subaplicação estiveram compreendidos entre 10,0 e 20,0%.

Para o estado de conservação das pontas de pulverização (GANDOLFO et al., 2007), constataram que somente duas unidades (10,0% dos pulverizadores) apresentaram todas as pontas de pulverização em estado adequado de uso, sendo que as demais apresentavam pelo menos uma obstruída ou desgastada. A média de pontas obstruídas por pulverizador foi de 3,6% e pontas desgastadas média de 3,5%. Ao avaliarem o número de máquinas que apresentavam erros na taxa de aplicação ou pontas inadequadas, foi constatado que 95,0% delas apresentavam algum problema, já que somente um pulverizador tinha todas as pontas adequadas para uso e erros em taxa de aplicação inferior a 5,0% do pretendido.

4.6 Os erros nos métodos de calibração

4.6.1 Teoria dos erros

Segundo Vuolo (1996), os objetivos da teoria de erros, consistem em determinar o melhor valor possível para a grandeza a partir das medições e determinar quanto o melhor valor obtido pode ser diferente do valor verdadeiro. O melhor valor para a grandeza (mensurado) deve ser o mais próximo possível do valor verdadeiro e também pode ser chamado de melhor estimativa ou, simplesmente, valor experimental.

4.6.2 Limites de erros de um instrumento

O limite de erro L é o valor máximo que pode ter o erro η . No caso de uma distribuição de erro simétrica, que se anula além de certo valor $y = L$, este é o limite de erro (VUOLO, 1996):

$$- L < \eta < + L$$

O erro sistemático mais comum que afeta o resultado de uma medição realizada diretamente com um instrumento é o erro de calibração. O limite de erro de um instrumento deve ser indicado pelo fabricante que é responsável, não só pela construção, mas também pela calibração do instrumento e é geralmente indicado em manuais fornecidos pelo fabricante. Assim, a regra para determinar o limite de erro de calibração consiste em consultar o manual do instrumento ou o próprio fabricante em caso de dúvidas. Na falta de informações detalhadas e para instrumentos mais simples o limite de erro de calibração de um instrumento pode ser admitido como a menor divisão ou menor leitura que é explicitamente indicada pelo instrumento de medida. Esta é apenas uma regra geral para estimar o limite de erro, na falta de informações mais detalhadas sobre o instrumento, e que deve ser aplicada com muito critério e bom senso (VUOLO, 1996).

A Figura 1 mostra um exemplo da leitura de uma dimensão (y) usando uma régua graduada em milímetros.

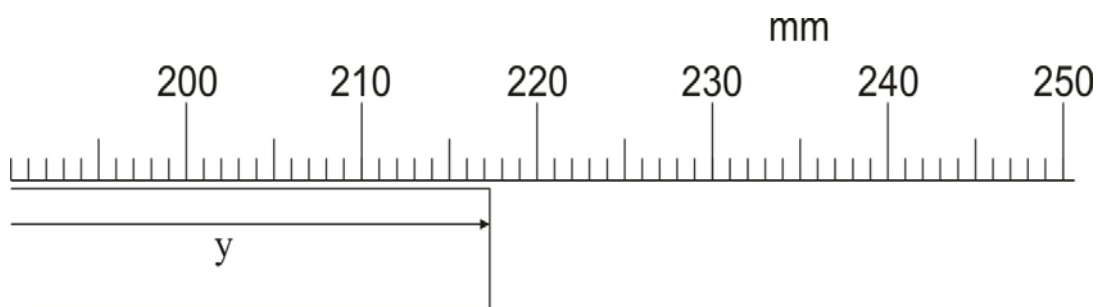


Figura 1. Leitura de uma dimensão (y) usando uma régua graduada em milímetros (Fonte: Vuolo, 1996).

O limite de erro estatístico L_e pode ser estimado como 0,3 mm e conforme a Equação 1.

$$\tau_e = L_e / 3 \cong 0,1 \text{ mm} \quad (1)$$

Admitindo o erro limite de calibração L_c como a menor divisão da régua, isto é, $L_c \approx 1 \text{ mm}$, obtém-se (Equação 2).

$$\sigma_c = L_c / 2 \cong 0,5 \text{ mm} \quad (2)$$

A incerteza padrão é obtida somando-se a variância estatística σ_e^2 com a variância sistemática residual σ_c^2 , conforme a Equação 3.

$$\sigma = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_c^2} \cong 0,5 \text{ mm} \quad (3)$$

O resultado da medição pode ser escrito como $y = (217,3 \pm 0,5) \text{ mm}$.

Na medição do comprimento de um objeto com uma régua graduados em milímetros, vários possíveis erros podem ser identificados (VUOLO, 1996). Entre eles o erro de calibração da escala, devido a erros na graduação original da escala, variações no comprimento da escala por efeito de temperatura, deformações e outros fatores; erro na

avaliação da fração de mm, erro no posicionamento e alinhamento do objeto em relação à escala; e erro no próprio da escala a ser medida, devido a deformações, variação por efeito de temperatura e outros fatores.

O limite de calibração de uma régua deveria ser no máximo igual à menor divisão da escala. Assim, para a leitura de uma régua graduada em milímetros, o limite de erro pode ser considerado como $L_c = 1 \text{ mm}$.

Para um comprimento bem determinado e em ótimas condições de medição, os erros na leitura e no próprio comprimento são usualmente desprezíveis, em relação ao erro de calibração. Neste caso, pode-se admitir o limite de erro L como sendo o limite de erro de calibração da escala, para comprimentos grandes, próximos do final da escala.

4.6.3 Calibração pelo método do copo calibrador

A calibração do pulverizador pelo método convencional é feita coletando a vazão da ponta com o copo calibrador durante o tempo em segundos que a máquina gastou para percorrer 50 metros no terreno. Coleta-se a vazão de uma ou duas pontas em cada seção de barra e faz-se a média para todas as pontas, o que pode acarretar vários erros, entre eles os de leitura. A divisão da escala do copo calibrador, que geralmente é de 20 em 20 mL, dificulta a leitura do valor exato do volume.

Os erros de leitura do copo calibrador, tomando-se como base a teoria dos erros descrita por Vuolo (1996), podem ser acarretados pelo erro de calibração da escala, devido a erros na graduação da escala (do copo calibrador); erro de leitura, devido à paralaxe, erro na avaliação da fração de mm (copo calibrador mL), erro no posicionamento e alinhamento do objeto em relação à escala (ângulo de inclinação do copo calibrador no momento da leitura) e erro na própria escala a ser medida.

4.6.4 Calibração de pulverizadores com o uso do copo calibrador

Segundo Ramos e Pio (2003), a calibração consiste em se determinar o volume de calda que o pulverizador aplica por unidade de área ou por planta e ajustá-lo para a melhor condição operacional.

Geralmente para se fazer o ajuste da constante da vazão do computador utiliza-se o copo calibrador para coletar a vazão das pontas. De posse dessas informações calcula-se a constante e faz-se seu ajuste no computador o que poderá induzir a erros uma vez que é coletada a vazão de uma ou duas pontas por seção e faz-se a média. Caso tenha pontas desgastadas ou obstruídas não serão levadas em consideração.

O método prático de calibração usando o copo calibrador, conforme proposto pelas Máquinas Agrícolas Jacto S/A (2008) é feito da seguinte forma:

- a. Marcar 50 metros no terreno no local a ser tratado.
- b. Abastecer o pulverizador com água limpa.
- c. Escolher a marcha de trabalho.
- d. Ligar a tomada de força do trator.
- e. Acelerar o motor até a rotação correspondente a 540 rpm na tomada de força.
- f. Iniciar o movimento do trator no mínimo 5 metros antes do ponto marcado.
- g. Anotar o tempo que o trator gasta para percorrer os 50 metros (Figura 2).

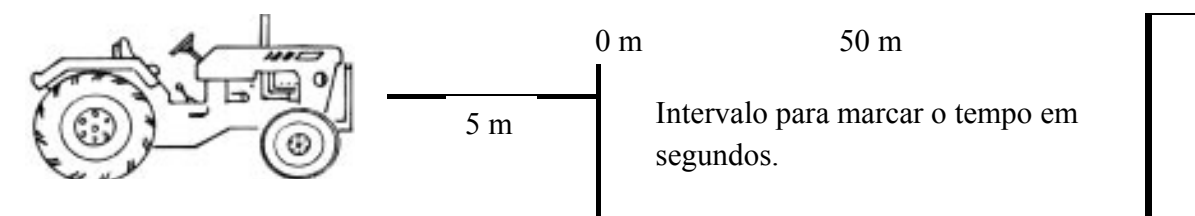


Figura 2. Esquema para marcar o tempo para o trator percorrer 50 metros no terreno

- h. Em terrenos de topografia irregular repetir a operação pelo menos três vezes e tirar a média.
- i. Com o trator parado na aceleração utilizada para percorrer os 50 m, liberar a vazão e regular a pressão de acordo com a recomendada para os diferentes tipos de pontas.
- j. Coletar a vazão da ponta no tempo igual ao gasto para percorrer os 50 m e efetuar a leitura na coluna correspondente ao espaçamento entre bicos.
- l. Repetir essa operação em diversos bicos para obter uma média da vazão.
- m. A média obtida nas leituras é a vazão para a marcha e a pressão já pré - determinadas.

O processo de calibração utilizando o copo calibrador é prático no trabalho de campo, mas pode levar a erro grave devido a problema na graduação ou mesmo por não se observar a capacidade de vazão das pontas em $L \text{ min}^{-1}$. Esse processo é desaconselhável no campo (RAMOS e PIO, 2003).

4.6.5 Outros tipos de erros de calibração

Os maiores erros de aplicação podem ser atribuídos a erros de calibração dos pulverizadores. Ross e Lembi (1985) constataram que 46% das pessoas responsáveis pela aplicação cometeram erros no processo de calibração dos pulverizadores.

Antuniassi e Gadanha Júnior (2000) citam ser desejável que os sistemas de aplicação com controle eletrônico apresentem variações menores do que 5% com relação à taxa de aplicação esperada. Neste sentido, vários fatores podem acarretar erros na taxa de aplicação: aferição da velocidade de trabalho, calibração do sensor de fluxo, constantes do computador, desgaste das pontas, pontas obstruídas e pontas inadequadas.

4.6.4.1 Velocidade de trabalho

Segundo Koch (1996), a velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador deve ser levada em consideração, uma vez que tal fator é utilizado para determinar a taxa de aplicação. Assim, erros no seu ajuste afetarão diretamente a taxa de aplicação final.

4.6.4.2 Pontas desgastadas

Pontas desgastadas acarretarão erros de sobreaplicação na taxa de aplicação. Gandolfo (2002) observou maior frequência de sobreaplicações em pulverizadores usados os quais apresentaram maior ocorrência de pontas desgastadas dificultando melhor controle sobre a vazão individual dos mesmos e uma calibração mais precisa. Segundo o mesmo autor, para as combinações entre pulverizadores novos e usados, notou-se que a idade dos pulverizadores teve efeito direto sobre os erros de calibração com os pulverizadores que apresentaram as maiores ocorrências de pontas desgastadas. Verificou-se também, que quanto maior a existência de pontas ruins, tanto maior os erros em sobreaplicação. No caso de pontas obstruídas acarretaria subaplicação de produtos.

4.6.4.3 Pontas obstruídas

Presença de pontas obstruídas acarreta erros de subaplicações na taxa de aplicação, o que pode prejudicar a eficiência do controle devido à aplicação de produtos com valor inferior à dose recomendada (GANDOLFO E ANTUNIASSI, 2003).

4.6.4.4 Sensor do medidor de vazão

A acurácia dos sensores de fluxo nos pulverizadores com controle eletrônico é de grande importância tanto para sistemas de aplicação em doses constantes

como para aplicações em taxas variáveis. Nestes equipamentos de aplicação, o algoritmo de controle se baseia na correlação entre o número de pulsos gerados e o fluxo real para comandar os atuadores que definem a taxa de aplicação instantânea. Segundo Miller et al. (1997), é fundamental que os controladores eletrônicos utilizados em sistemas de aplicação apresentem valores adequados quanto a acurácia de determinação da dose. Neste sentido, os sensores de fluxo são de fundamental importância para a obtenção deste requisito.

Pereira et al. (2005) observaram que os algoritmos de controle devem ser adaptados ao uso de cada um dos tipos de fluxômetro, não sendo recomendada a substituição indiscriminada entre os tipos de sensores sem que haja este ajuste. Este fato é de suma importância para o mercado atual de pulverizadores com controlador eletrônico, visto que em muitos casos estes fluxômetros são intercambiados indiscriminadamente sem que estes cuidados sejam tomados, aumentando-se a chance de perda de acurácia nas aplicações, sejam estas em doses constantes ou em taxas variáveis.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho utilizou como base os dados obtidos nas atividades de dois projetos de cooperação institucional da FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais: o primeiro foi com a Dow Agrosiences¹, através do projeto DAS - Desenvolvendo uma Aplicação Segura, e o segundo foi com a APROSOJA - Associação dos Produtores de Soja do Mato Grosso. Estes projetos envolveram estudos das condições operacionais e de manutenção de pulverizadores nos moldes do projeto IPP (GANDOLFO, 2002), englobando estudos dos equipamentos de pulverização de propriedades rurais e seus impactos econômicos no processo produtivo situadas nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, principais produtores de soja no Brasil.

5.1 Material

Para os levantamentos de campo foi utilizada a unidade móvel de avaliação (U. M. A), descrita por Gandolfo (2002), assim como, com exceção do copo calibrador e os pulverizadores, os demais equipamentos e materiais utilizados no Projeto IPP.

¹ A citação das empresas e/ou marcas comerciais não implicam em recomendação de uso por parte do autor.

5.1.1. Copo calibrador

Em todas as avaliações foi utilizado um copo calibrador com capacidade de um litro, contendo três escalas de leitura para a taxa de aplicação para os espaçamentos entre bicos de 50 cm, 40 cm e 35 cm. Possuía também uma escala de leitura em mL, sendo que para as avaliações realizadas neste trabalho utilizou-se esta escala. A Figura 3 mostra uma foto do copo calibrador utilizado nas avaliações.

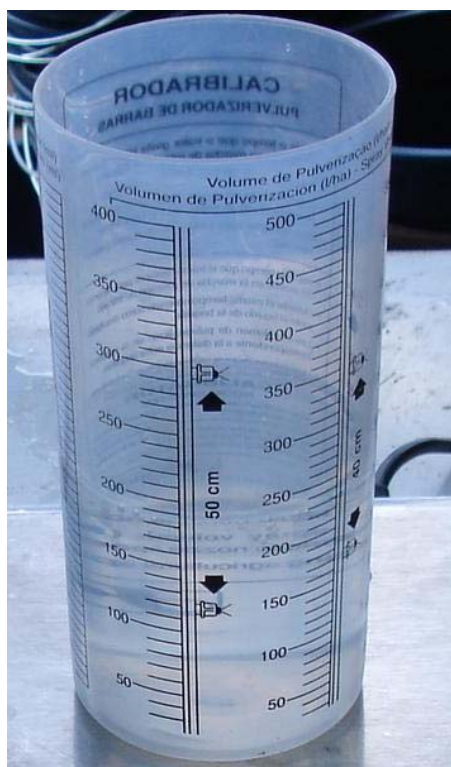


Figura 3. Copo calibrador utilizado nas avaliações.

5.1.2. Pulverizadores utilizados

Encontra-se no Apêndice (Tabelas 1 a 4) as características de todos os pulverizadores avaliados neste trabalho.

5.2 Métodos

5.2.1 Locais de avaliação

As visitas às propriedades agrícolas para levantamento de dados foram realizadas no segundo semestre dos anos de 2006, 2007 e 2008. As avaliações foram realizadas com visitas e entrevistas nas regiões produtoras de grãos nos Estados do Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT). Foram avaliados 137 pulverizadores, distribuídos da seguinte forma: 60 pulverizadores no PR, 35 no RS, 8 no MS e 34 no MT. Os locais das avaliações estão mostrados no Quadro 3.

Quadro 3. Estados, número de pulverizadores e municípios visitados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Estado	Total de avaliações	Municípios
PR	60	Londrina, Tamarana, Cruzmaltina, Faxinal, Ponta Grossa, Ouro Verde D'oeste, Catanduvas, Cascavel, Espigão Azul, Toledo, Palmitolândia, Santa Tereza, Rio do Salto, Palotina, Mangueirinha, Cândói, Foz do Jordão, Goioxim, Tijuca do Sul, Sertaneja, Sertanópolis, Cornélio Procópio, Clevelândia, Palmas, Guapirama, Andirá, Maringá, Campo Mourão e Ivaiporã
RS	35	Ijuí, Frederico Westphalen, Carazinho, Passo Fundo, Sananduva, Marau, Lajeado, Pântano Grande, Candelária e Ibirubá
MS	8	Sidrolândia, Maracaju, Rio Brilhante, Dourados e Ponta Porã
MT	34	Ipiranga do Norte, Vera, Tapurah, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Campo Novo dos Parecis, Diamantino, Campo Verde, Jaciara, Rondonópolis, Itiquira, Dom Aquino, Nova Xavantina, Canarana, Querência e Gaúcha do Norte
Total	137	

Avaliou-se uma máquina por propriedade visitada. No Apêndice, Tabelas 5 e 6 encontram-se o detalhamento do número de pulverizadores inspecionados por Estado e município.

5.2.2 Procedimento de visita

Nos três anos de execução do projeto as inspeções foram realizadas de forma programada, buscando não comprometer a rotina de trabalho dos agricultores nas propriedades.

No ano de 2006 as inspeções foram realizadas em pulverizadores de proprietários selecionados pelas revendas da Empresa Dow AgroSciences em cada região de abrangência do projeto. Foi avaliado um pulverizador por propriedade. Ao chegar à propriedade fazia-se uma apresentação do projeto, seguida de entrevista com o produtor ou responsável pelo pulverizador para obtenção dos dados, tais como: nome do proprietário, nome do responsável pelo pulverizador, nome da propriedade, marca do pulverizador, modelo, ano de fabricação, volume de calda esperado, velocidade de trabalho do pulverizador, espaçamento entre bicos, pressão de trabalho, rotação do motor e forma de calibração do pulverizador. Em seguida era feita uma lista de parâmetros do pulverizador, que era sempre operado pelo responsável.

Em 2007, no Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) adotou-se uma avaliação em forma de dia de campo, reunindo vários produtores em uma das propriedades visitadas no ano anterior para acompanharem a inspeção. Antes da inspeção fazia-se uma breve apresentação sobre o Projeto IPP, tecnologia de aplicação e os objetivos das avaliações. A Figura 4 mostra um desses momentos da apresentação aos produtores e técnicos envolvidos no projeto. Tal procedimento de avaliação em forma de dia campo foi realizado em 17 pulverizadores do total dos 60 avaliados e houve um envolvimento de 254 pessoas, o que pode ser considerado extremamente positivo, pois serviu também de treinamento para as pessoas envolvidas.



Figura 4. Apresentação feita aos participantes antes da avaliação do pulverizador no ano de 2007.

No ano de 2008 as inspeções foram realizadas no MT em pulverizadores de produtores membros da APROSOJA. O processo incluiu a avaliação de um pulverizador por propriedade, adotaram-se os mesmos critérios de 2006.

Em todas as avaliações os proprietários recebiam um relatório padrão contendo resultados de alguns itens avaliados, incluindo alguns valores de referência para comparação. O relatório apresentava também alguns comentários e sugestões de modificações a serem feitas na máquina para melhorar alguns parâmetros operacionais. Esse modelo de relatório encontra-se no Apêndice (Tabela 7 a 11).

5.2.3 Época das avaliações

As avaliações foram realizadas nos meses de julho, agosto e setembro, procurando evitar que as mesmas coincidisse com períodos de grande necessidade de uso dos pulverizadores. Este critério tinha como objetivo não interromper o uso dos pulverizadores

e também evitar que a inspeção fosse feita sob condição de elevado nível de resíduos de agroquímicos nos pulverizadores.

5.3 Procedimento de inspeção

Chegando ao local da avaliação, realizava-se inicialmente, uma entrevista com o responsável pelo pulverizador ou pela propriedade, obtendo dados a respeito do proprietário, da propriedade e do pulverizador. A sequência das atividades, bem como, os dados da entrevista e dos testes, foi registrada em um modelo de planilha específica e encontram-se no Apêndice Tabelas 7 a 11.

As avaliações do estado geral do pulverizador foram realizadas do ponto de vista qualitativo e quantitativo, taxa de aplicação utilizada pela última vez e taxa de aplicação real no momento da avaliação. A sequência de atividades foi determinada objetivando-se maior rapidez nas avaliações e, principalmente, impedindo que alterações necessárias para a inspeção mascarassem os resultados da condição real de operação. Para as avaliações sempre se contou com a ajuda do responsável pelo pulverizador em função da avaliação proposta neste trabalho ser realizada por apenas um técnico.

5.4 Organização da amostragem

Os pulverizadores inspecionados foram organizados neste trabalho em dois grupos: idade e presença ou não de computador (controlado eletrônico de fluxo).

5.4.1 Idade dos pulverizadores

O primeiro grupo referiu-se a idade dos equipamentos, obtendo-se duas categorias. Estas duas categorias foram consideradas para as avaliações qualitativas. A

primeira foi formada por pulverizadores com menos de um ano de fabricação, considerados como pulverizadores “novos”, e o outro por pulverizadores com mais de um ano, identificados como pulverizadores “usados”. Gandolfo (2002) no Brasil e Tugnoli (1995) na Itália, consideram pulverizadores “novos” aqueles com até dois anos de uso e “usados” aqueles com mais de dois anos de uso, considerou-se neste trabalho até um ano “novo” e a partir de um ano “usado”.

5.4.2 Presença ou não de computador

Os dois grupos foram divididos em mais duas categorias, constituído por pulverizadores com e sem a presença de computador. Estas categorias foram levadas em consideração para as avaliações quantitativas, pois a presença ou não do computador poderia afetar diretamente o processo de calibração.

Nos equipamentos com computador obteve-se a taxa de aplicação em $L\ ha^{-1}$, a vazão em $L\ min^{-1}$ e a velocidade média de trabalho em $km\ h^{-1}$.

5.5 Delineamento experimental

Os dados foram submetidos a uma análise exploratória, através de uma estatística descritiva, onde foram considerados os grupos e suas combinações.

5.6 Avaliações consideradas

Toda a coleta de dados se baseou na metodologia descrita por Gandolfo (2002), considerando todos os itens de inspeção usualmente abordados no Projeto IPP. Além destas avaliações, foram incluídas rotinas específicas para cada etapa, de acordo com os objetivos dos estudos dos métodos de calibração.

5.6.1 Avaliação dos erros na taxa de aplicação

A determinação da taxa real de aplicação teve destacada importância nos levantamentos realizados, sendo determinada conforme Gandolfo (2002), Bjugstad (2007), Hagenvall (1994), Koch e Weiber (1996) e Ozkan (1987). Para efeito de comparação da taxa de aplicação real com a que estava sendo utilizada pelo produtor, foi solicitada ao usuário da máquina a taxa de aplicação utilizada na última aplicação. Quando os pulverizadores estavam equipados com computador esta informação era retirada diretamente do computador, sendo representada pela vazão em $L \text{ min}^{-1}$.

Conforme proposto por Koch (1996), foi levada em conta também a velocidade de deslocamento do trator fornecida pelo operador. Quando o responsável pelo pulverizador não sabia qual era a velocidade utilizada, perguntavam-se quantos segundos eram gastos para percorrer 50 m com o pulverizador e em seguida calculava-se a velocidade de trabalho do pulverizador pela Equação 4.

$$V = \frac{S}{T} \times 3,6 \quad (4)$$

Onde:

V = velocidade (km h^{-1});

S = distância percorrida (m);

T = tempo (seg.).

A taxa de aplicação foi obtida através da vazão do líquido pulverizado pelas pontas, coletado em baldes em todas as pontas de pulverização para posterior pesagem (método gravimétrico), segundo Gandolfo (2002). Em seguida determinou-se a taxa de aplicação ($L \text{ ha}^{-1}$) pela Equação 5 (GANDOLFO, 2002).

$$\text{Taxa de aplicação real (L ha}^{-1}\text{)} = Q_t \times (\{L \times V\} \times 10000^{-1})^{-1} \quad (5)$$

Onde:

Q_t = Vazão total das pontas ($L \text{ min}^{-1}$);

L = Largura de trabalho efetiva (metros);

V = velocidade de trabalho ($km \text{ h}^{-1}$).

A largura de trabalho efetiva do pulverizador foi obtida pela Equação 6, também segundo Gandolfo (2002). Foi tomada a distância entre os últimos bicos das extremidades das barras (d), e também foi medido o espaçamento médio, em metros, efetivamente utilizado entre bicos (Em).

$$Largura \text{ de trabalho } (m) \Rightarrow L = d \times Em \quad (6)$$

Os valores de taxa de aplicação fornecidos pelos usuários ou pelo computador dos pulverizadores foram comparados percentualmente com os valores obtidos pela coleta da vazão das pontas com o método gravimétrico. Calcularam-se os erros na taxa de aplicação pela Equação 7. O limite de erro para que a calibração fosse considerada aceitável foi de mais ou menos 5,0% (OZKAN, 1987).

$$E = \left(\frac{Q_r}{Q_e} \times 100 \right) - 100 \quad (7)$$

Onde:

E = erro na taxa de aplicação (%);

Q_r = taxa de aplicação real ($L \text{ ha}^{-1}$); e

Q_e = taxa de aplicação esperada ($L \text{ ha}^{-1}$).

5.6.2 Avaliação da precisão da calibração pelo copo calibrador

Este parâmetro foi avaliado através de um copo de calibração de pulverizadores, fornecido pelo próprio técnico da inspeção. Tomou-se esse cuidado para garantir sempre o uso do mesmo copo calibrador em todas as avaliações, evitando com isso a ocorrência de erros devido ao uso de copo calibrador diferente. Primeiro era obtida a tara do copo calibrador. Colocava um pouco de água no copo e era solicitado ao usuário para que fizesse a leitura do volume em mL, o qual era anotado (Figura 5). Em seguida este mesmo volume de água foi pesado em uma balança eletrônica com capacidade para 5,0 kg, obtendo com isso o peso do líquido.



Figura 5. Leitura do volume de água (mL) e posterior pesagem (g)

O erro percentual foi calculado pela diferença entre o peso e o valor da leitura visual do responsável pelo pulverizador (Equação 8). O valor obtido através da leitura do copo calibrador foi utilizado como referência para o cálculo do erro.

$$E = \frac{L - P}{P} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

E = erro de leitura do copo calibrador (%);

P = valor pesado (g);

L = valor da leitura do copo calibrador (mL).

5.6.3 Simulação do erro do uso do copo calibrador

Para efeito de comparação entre o método gravimétrico de calibração que coleta a vazão em todas as pontas e o método convencional (copo calibrador), que se baseia numa amostragem das pontas na barra, fez-se uma simulação em planilha eletrônica (Microsoft Excel) para estimar o possível erro que o produtor poderia estar cometendo. Ressalta-se que caso o erro médio das simulações fosse negativo (na estimativa da vazão das pontas), o produtor estaria aplicando produto a mais, com potencial de prejuízo econômico direto. Quando o erro médio das simulações fosse positivo o pulverizador estaria aplicando produto a menos, com potencial de ocasionar uma menor eficiência do produto, o que indiretamente também estaria causando prejuízo econômico ao produtor. Assim, comparou-se o valor da taxa de aplicação obtida pelas simulações de coletas através copo calibrador com a taxa de aplicação real obtida através da coleta da vazão das pontas pelo método gravimétrico, visando verificar os possíveis efeitos dos erros. Para tanto, foram efetuadas cinco simulações para cada uma das 137 máquinas avaliadas nos anos de 2006, 2007 e 2008, selecionando quatro pontas em cada simulação. Para garantir a amostragem de pelo menos uma ponta para

cada seção de barra do pulverizador através do sorteio, estabeleceu-se um valor de 20,0% para cada posição, ficando a primeira posição com 20,0% da largura total da barra de pulverização, segunda entre 20% e 40,0%, terceira entre 40% e 60,0% e a quarta posição entre 60% e 80,0%, estes valores percentuais garantiram que em cada simulação pelo menos uma ponta fosse amostrada por seção de barra e estas porcentagens foram mantidas fixas para todos os pulverizadores inspecionados. O Quadro 4 mostra o sorteio de um pulverizador que continha 41 pontas de pulverização.

Quadro 4. Exemplo do sorteio das pontas para a simulação do erro do copo calibrador de um pulverizador

Número da simulação	Posição das pontas na barra de pulverização			
1	8	16	25	33
2	7	15	24	32
3	6	14	23	31
4	9	17	26	34
5	10	18	27	35

Estabelecendo-se as pontas através do sorteio, buscaram-se na planilha do levantamento de campo de cada máquina os valores em L ha⁻¹ das quatro pontas estabelecidas na simulação (valor calculado a partir dos dados da determinação gravimétrica), obtendo-se a média das quatro pontas para a primeira simulação (Equação 9). Adotou-se o mesmo critério para cada uma das cinco simulações realizadas para cada pulverizador.

$$Q_m = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{4} \quad (9)$$

Onde:

Q_m = taxa de aplicação média ($L\ ha^{-1}$);

Q_1, Q_2, Q_3 e Q_4 = taxa de aplicação das pontas (em $L\ ha^{-1}$), das posições 1, 2, 3 e 4.

O erro médio de cada simulação foi obtido dividindo-se a média real, que é aquela média em $L\ ha^{-1}$ obtida através da coleta das vazões de todas as pontas pelo método gravimétrico, pela média dos 4 valores em $L\ ha^{-1}$ de cada simulação (resultado da Equação 9), multiplicando por 100 e depois menos 100, obteve-se o erro da cada uma das 5 simulações (Equação 10). Adotou-se o mesmo critério para cada uma das 5 simulações realizadas.

$$E = \left(\frac{QM_r}{QM_g} \times 100 \right) - 100 \quad (10)$$

Onde:

E = erro de cada simulação (%);

QM_r = taxa de aplicação média real da avaliação do pulverizador ($L\ ha^{-1}$);

QM_g = taxa de aplicação média geral das cinco simulações ($L\ ha^{-1}$).

Somando-se os cinco erros médios, obtidos em cada simulação e dividindo-se este valor por cinco obteve-se o erro médio das 5 simulações (Equação 11), adotando esse mesmo critério para cada simulação efetuada para os 137 pulverizadores avaliados nos três anos de execução do projeto.

$$E_m = \frac{\sum (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)}{5} \quad (11)$$

Onde:

E_m = erro médio no volume de calda das cinco simulações (%);

$\sum (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)$ = somatório dos erros das cinco simulações.

Esse erro médio (E_m) das cinco simulações para cada pulverizador foi confrontado com o custo anual com agrotóxicos de cada produtor para avaliar seu impacto econômico no processo produtivo.

5.6.4 Comparação dos erros na taxa de aplicação entre a simulação e leitura do copo calibrador e a calibração de pulverizadores equipados com computador

Compararam-se os erros na taxa de aplicação entre os dados da simulação e de leitura do copo calibrador com os dados de calibração dos pulverizadores que tinham computadores, para verificar os possíveis efeitos dos erros de leitura do copo calibrador sobre a aferição da constante da vazão do computador.

5.6.5 Erros de espaçamento entre bicos

Calculou-se a área de sobreaplicação devidos aos erros de espaçamento entre bicos. Foram utilizados, neste caso os erros de espaçamentos que estavam menores que 10% do esperado, pois estes valores caracterizavam as sobreaplicações e conseqüentemente o desperdício de produtos. Os espaçamentos com erros superiores aos 10% em relação ao esperado causarão prejuízos econômicos devido a falhas de controle numa faixa da cultura, porém esta avaliação não foi realizada por não ser objeto deste estudo.

5.6.5.1 Pulverizadores com um espaçamento errado

Calculou-se a área sobreaplicada devido aos erros de espaçamento entre bicos pela Equação 12.

$$AS = \frac{(Ep - Ee) \times 100}{Np \times Ep} \quad (12)$$

Onde:

AS= área sobreaplicada devido ao erro de espaçamento entre bicos (%);

Ep = espaçamento padrão entre bicos (cm);

Ee = espaçamento errado entre bicos (cm); e

Np = número de pontas do pulverizador.

5.6.5.2 Pulverizadores com dois ou mais espaçamentos errados

Para os pulverizadores que apresentaram dois ou mais espaçamentos errados entre bicos calcularam-se a área sobreaplicada pela Equação 13.

$$AS = \frac{(Ep - Ee)_1 + (Ep - Ee)_2 + (Ep - Ee)_n \times 100}{Np \times Ep} \quad (13)$$

Onde:

AS= área sobreaplicada devido ao erro de espaçamento entre bicos (%);

Ep = espaçamento padrão entre bicos (cm);

Ee = espaçamento errado entre bicos (cm); e

Np = número de pontas do pulverizador.

5.7 Análise econômica da situação de calibração dos pulverizadores avaliados

5.7.1 Custo com agrotóxicos na cultura da soja

O custo anual por hectare com agrotóxicos para produção de soja nos Estados do PR, RS e MS em 2006 e PR e RS em 2007, foi obtido através da informação dos próprios produtores, do sindicato rural e de revendas da região. Para o Estado do MT em 2008 obteve-se esse custo com o Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola-IMEA (informação verbal)², que também obteve essas informações junto aos sindicatos rurais, empresas fabricantes dos produtos e revendas. Os custos anuais de cada produtor com agrotóxicos por Estado encontram-se no Apêndice (Tabela 12).

5.7.2 Prejuízos por ponta de pulverização

De posse do custo anual por hectare com agrotóxicos calculou-se o valor em reais (R\$) aplicado por cada ponta (AP), multiplicando a área total do produtor (ha) pelo valor gasto em reais (R\$) para cada hectare, dividindo pelo número de pontas do pulverizador (Equação 14).

$$AP = \frac{A \times C}{Np} \quad (14)$$

Onde:

AP = valor aplicado por ponta (R\$);

A = área do produtor (ha);

C = custo com agrotóxicos por ano (R\$ ha⁻¹);

Np = número de pontas

² Dados obtidos junto ao Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA), Cuiabá-MT, em fevereiro de 2009.

Em seguida calculou-se o prejuízo causado por cada ponta em reais (R\$), multiplicando o valor aplicado por ponta pelo erro médio no volume de calda das cinco simulações em porcentagem, dividido por 100 (Equação 15).

$$Pp = \frac{AP \times E_m}{100} \quad (15)$$

Onde:

Pp = prejuízo causado por cada ponta de pulverização (R\$);

AP = valor aplicado por ponta (R\$);

E_m = erro médio no volume de calda das cinco simulações, em porcentagem;

O prejuízo total do produtor em reais (R\$) foi obtido multiplicando o prejuízo causado por cada ponta em reais (R\$) pelo número de pontas do pulverizador (Equação 16).

$$Pt = Pp \times Np \quad (16)$$

Onde:

Pt = prejuízo total anual ((R\$);

Pp = prejuízo causado por cada ponta de pulverização (R\$);

Np = número de pontas.

Para calcular o prejuízo total (Equação 16) consideraram-se apenas os valores dos erros negativos obtidos com o copo calibrador, os quais induzem a ocorrência de sobreaplicação (taxa de aplicação real maior que a desejada). Os valores positivos de erro na leitura do copo induzem a ocorrência de subaplicações (taxa de aplicação real menor que a desejada), o que também poderá acarretar prejuízo por falha no controle. Porém, neste trabalho

não foi possível dimensionar esses prejuízos uma vez que essas medições não foram realizadas.

5.7.3 Prejuízos econômicos devido aos erros na taxa de aplicação

Para calcular o prejuízo decorrente dos erros na taxa de aplicação, foram utilizados os valores de erros positivos desta taxa, pois estes caracterizam a sobreaplicação. O prejuízo total foi calculado tomando-se o erro da taxa de aplicação, o qual foi dividido por 100 e multiplicado pelo custo (R\$ ha⁻¹) e multiplicado pela área total do produtor (Equação 17). Para os prejuízos oriundos dos erros com subaplicação não foram avaliados neste trabalho.

$$P = \frac{E}{100} \times A \times C \quad (17)$$

Onde:

P = prejuízo total (R\$ ha⁻¹);

E = erro na taxa de aplicação (%);

A – Área total do produtor (ha);

C – custo anual do produtor com agrotóxicos (R\$ ha⁻¹).

5.7.4 Prejuízo econômico total devido aos erros de espaçamento

O prejuízo total devido ao erro de espaçamento foi obtido multiplicando o valor da área sobreaplicada em porcentagem, pela área total (ha) e pelo custo do produtor (Equação 18).

$$Pt = AS \times A \times C \quad (18)$$

Onde:

Pt = prejuízo total devido a erros de espaçamento (R\$);

AS = área sobreaplicada devido ao erro de espaçamento entre bicos;

A = Área total do produtor (ha);

C = custo anual do produtor com agrotóxicos (R\$ ha⁻¹).

5.7.5 Prejuízos devido à presença de vazamentos

5.7.5.1 Quantificação dos vazamentos

Considerando a grande variabilidade de tipos de vazamentos que podem ocorrer num pulverizador optou-se pela determinação de dois tipos de vazamento padrão, visto que não seria possível quantificar o volume de calda vazado de cada pulverizador inspecionado. Desta forma para que se pudesse padronizar esse valor nas simulações do impacto econômico determinou-se um valor médio de vazamento em antigotejador e em filtro de linha coletados em um pulverizador escolhido ao acaso (Figura 6).



Figura 6. Quantificação do vazamento presente no pulverizador

5.7.5.2 Cálculo da taxa de aplicação total anual

Para calcular o prejuízo referente aos vazamentos, adotou-se uma taxa de aplicação média de 100 L ha^{-1} . Considerou-se para efeito de cálculo 7 aplicações por safra (1 aplicação de dessecante, 2 de inseticidas, 3 fungicidas e 1 herbicida pós-emergente). Determinou-se a seguir o volume de calda total anual (Q_t) utilizado nas 7 aplicações (Equação 19).

$$Q_t = Q \times NA \quad (19)$$

Onde:

Q_t = taxa de aplicação total anual (L.ha^{-1});

Q = taxa de aplicação (L.ha^{-1}); e

NA = número de aplicações anual.

5.7.5.3 Custo unitário do litro de calda

O valor do custo unitário do litro de calda (Cup) foi obtido dividindo o custo anual com agrotóxicos pelo volume de calda utilizado anualmente (V_t) (Equação 20).

$$Cup = \frac{C_t}{Q_t} \quad (20)$$

Onde:

Cup = custo unitário do litro de calda ($\text{R\$ L}^{-1}$);

C_t = Custo total anual ($\text{R\$ ha}^{-1}$); e

Q_t = taxa de aplicação total anual (L ha^{-1})

5.7.5.4 Capacidade operacional dos pulverizadores

Em seguida, calculou-se a capacidade operacional dos pulverizadores, utilizando a Equação 21, adaptada de Mialhe (1974). A eficiência operacional (Efp) utilizada para cada Estado foi determinada por Veiga (2004), sendo de 65% para o Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS), 71% para o Mato Grosso do Sul (MS) e 69% para o Mato Grosso (MT).

$$Cop = \frac{NB \times E \times V \times Cef}{10} \quad (21)$$

Onde:

Cop = capacidade operacional do pulverizador (ha h⁻¹);

NB = Número de bicos na barra;

E = Espaçamento entre bicos (m);

V = velocidade de trabalho do pulverizador (km h⁻¹);

Cef = coeficiente de eficiência operacional do pulverizador;

O coeficiente de eficiência operacional foi obtido pela Equação 22, dividindo-se a eficiência operacional (Efp) de cada Estado por 100.

$$Cef = \frac{Efp}{100} \quad (22)$$

5.7.5.5 Horas trabalhadas por ano

A partir da área do produtor multiplicada pelo número de aplicações por safra, dividida pela capacidade operacional do pulverizador, obteve-se o número de horas que o pulverizador trabalhou durante um ano (Equação 23).

$$Nh = \frac{A \times NA}{Cop} \quad (23)$$

Onde:

Nh = número de horas trabalhadas por ano;

A = área do produtor (ha);

NA = número de aplicações anual; e

Cop = capacidade operacional do pulverizador (ha h⁻¹).

5.7.5.6 Prejuízos por hora de vazamento

Com o custo unitário do litro de calda (Cup) multiplicado pela quantidade de vazamento em litros por hora, obteve-se o prejuízo causado pelo vazamento (Equação 24).

$$P = Cup \times Vh \quad (24)$$

Onde:

P = prejuízo por hora de vazamento (R\$ h⁻¹);

Cup = custo unitário de produção, em R\$ L⁻¹; e

Vh = vazamento por hora (L h⁻¹).

5.7.5.7 Prejuízo total devido ao vazamento

O prejuízo total causado devido à presença de vazamentos foi calculado pela Equação 25.

$$Pt = P \times Nh \quad (25)$$

Onde:

Pt = prejuízo total decorrente da presença de vazamento, em R\$ ano⁻¹;

P = prejuízo causado por cada hora de vazamento (R\$ h⁻¹); e

Nh = número de horas trabalhadas no ano.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Áreas médias e custo anual com agrotóxicos nos Estados

No Sul do país as propriedades na maioria dos casos tinham perfil familiar, com áreas menores. No Mato Grosso (MT), por ser uma fronteira agrícola beneficiada por relevo e oferta de terra, observaram-se propriedades de grandes extensões (Figura 7). O Paraná (PR) foi o que apresentou maior custo médio anual com agrotóxicos, com valores menores e mais próximos entre si para o Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

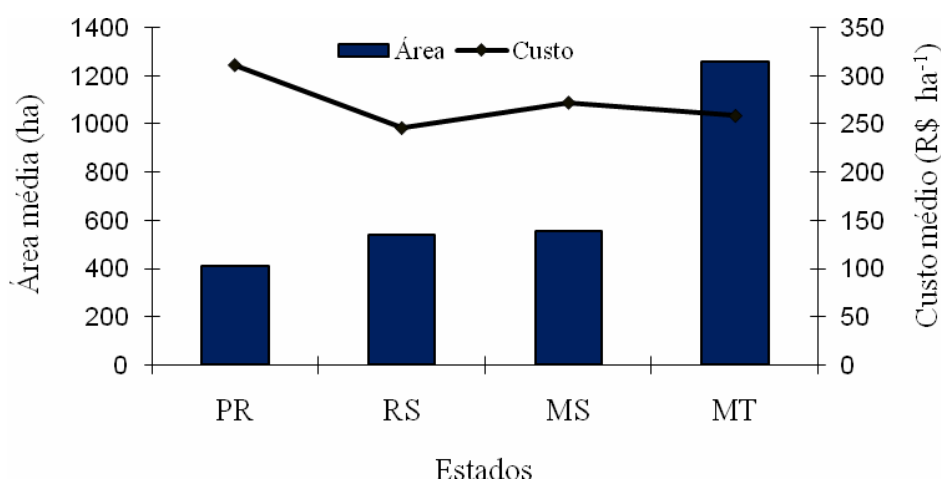


Figura 7. Área média e custo médio anual com agrotóxico em soja nos Estados do PR, RS, MS e MT (período de 2006 a 2008).

6.2 Média da taxa de aplicação real

A análise sobre todos os pulverizadores ensaiados nos Estados mostrou que os produtores do Mato Grosso do Sul (MS) utilizam a maior taxa de aplicação real (151,1 L ha⁻¹), vindo em seguida o Paraná (PR) com 148,9 L ha⁻¹, Mato Grosso (MT) com 113,4 L ha⁻¹ e por último o Rio Grande do Sul (RS) com 99,0 L ha⁻¹ (Figura 8). Estes dados evidenciam que a taxa de aplicação utilizada é uma característica regional e que pode estar também relacionado com as condições climáticas da região. Segundo Veiga (2008) a taxa de aplicação média para o MS é 103,42 L ha⁻¹, para o PR 131,67 L ha⁻¹, MT 121,20 L ha⁻¹ e para o RS 115,38 L ha⁻¹. A diferença observada entre os dados citados pela autora e os obtidos neste trabalho devem ser creditados às diferenças nas épocas de levantamento de dados e no tipo de aplicação que foi alvo da coleta de dados. No caso do trabalho de Veiga (2008) os valores se referem à aplicação de herbicidas e foram coletados entre 1999 e 2003, diferenciando-se de uma análise mais geral e recente como a realizada neste trabalho.

De maneira geral observou-se neste trabalho que a taxa de aplicação utilizada nos Estados ainda é alta acarretando desperdício de tempo com o reabastecimento do

pulverizador. O uso de baixos volumes de pulverização permite o aproveitamento dos melhores horários de aplicação. Para Di Oliveira (2008) a redução no volume de aplicação de forma criteriosa não prejudica o controle de *Pseudoplusia includens*. Segundo o autor a melhor cobertura e deposição foram alcançadas utilizando-se volume de $75,0 \text{ L ha}^{-1}$ com o bico TT 11001, com adição de adjuvante.

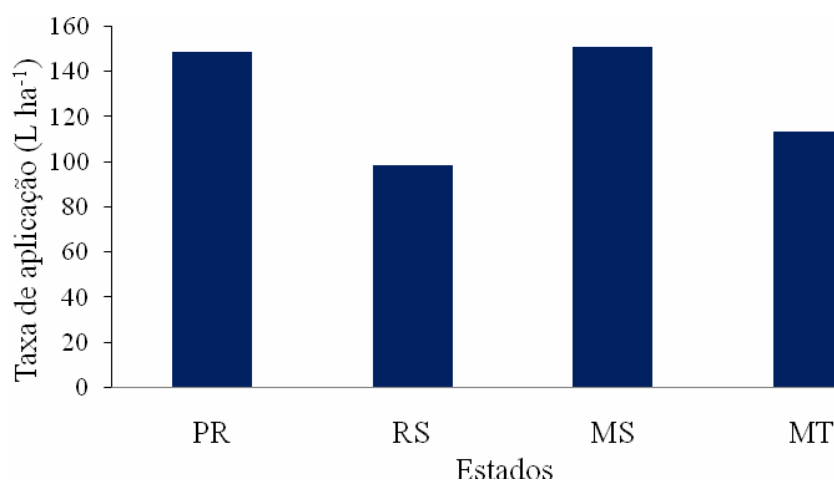


Figura 8. Volume de calda médio real utilizado nos Estados do PR, RS, MS e MT

6.3 Caracterização dos pulverizadores nos Estados

A Tabela 1 mostra o percentual de pulverizadores reprovados, de acordo com os itens avaliados. Notou-se que problemas relacionados ao estado de conservação das pontas de pulverização, uniformidade de distribuição das pontas com coeficiente de variação ($CV > 10\%$) e presença de vazamentos, seriam os mais frequentes como causas de reprovação dos pulverizadores nas avaliações nos Estados do Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT). A elevada ocorrência de pulverizadores com pontas ruins estava diretamente relacionada à ocorrência de erros na taxa de aplicação com conseqüentes prejuízos econômicos aos produtores rurais. O MT apresentou maior número de pulverizadores com pontas danificadas (82,4%) e isto se deve a maior intensidade de uso dos pulverizadores por predominar no Estado o cultivo de grandes áreas. Ainda no que

se refere ao estado dos pulverizadores, Gandolfo (2002) observou que dos 76 pulverizadores avaliados apenas 14 unidades (18,4%) encontravam-se com a vazão das pontas dentro de limite de mais ou menos 10% sobre a vazão média da barra. Dados semelhantes também foram obtidos por Silveira et al. (2006) que constataram desgaste de 34% das pontas. Gandolfo et al. (2007) observaram que dos 20 pulverizadores avaliados somente 2 unidades (10%) encontravam-se em estado adequado de uso, sendo que as demais apresentavam obstruídas ou desgastadas.

Observou-se uma evolução no estado dos pulverizadores do PR e RS do ano de 2006 para 2007 e este fato pode ter sido ocasionado pelo retorno da coleta de dados em propriedades que já haviam sido visitadas no ano anterior, assim como pelo tipo de visita que foi realizada em 2007 (mini dia de campo). É provável (e esperado) que esta evolução tenha ocorrido em parte pela conscientização dos produtores com a necessidade de melhores cuidados com o pulverizador, fruto do trabalho de 2006. Entretanto, com o sistema de mini dia de campo em 2007 o produtor se viu incentivado a cuidar melhor de seu pulverizador também por outros dois motivos: a expectativa de retorno do processo de inspeção à sua propriedade e a própria presença do público no dia de campo. Em ambos os casos, a melhoria pode estar ligada também ao receio de expor seus erros ou deficiências. É importante ressaltar, neste caso, que uma das ferramentas usadas para o avanço da qualidade dos pulverizadores nos sistemas de inspeção periódica em todo o mundo é exatamente este processo de incentivo, notadamente nos países onde as inspeções são compulsórias.

O MS apresentou o maior percentual de pulverizadores com vazamentos (62,5%), seguido do PR em 2006 com 49,0%, MT com 35,3%, RS em 2007 com 25,0%, PR 2007 (22,2%) e por último RS 2006 com 18,5% dos pulverizadores com vazamentos. A maior ocorrência de vazamentos foi em antigotejadores, na carcaça dos filtros de linha e na conexão da capa com o corpo das pontas. Estes dados coincidem com os obtidos por Gandolfo (2002) que observou 58,1% de vazamentos na conexão da capa com o corpo das pontas e 9,3% na carcaça dos filtros de linha. Alvarenga e Cunha (2008) observaram presença de vazamentos em 61,76% dos pulverizadores avaliados. Na Alemanha, Huyghebaert et al.

(1996), após testes realizados em 2952 pulverizadores, observaram a ocorrência de vazamentos somente em 15 unidades (0,51%).

Tabela 1. Porcentagem de pulverizadores reprovados de acordo com as avaliações consideradas por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Itens avaliados	Pulverizadores reprovados (%)					
	PR 2006	PR 2007	RS 2006	RS 2007	MS 2006	MT 2008
1. Estado de conservação das mangueiras	17,6	11,1	3,7	0,0	25,0	8,8
2. Localização e posicionamento das mangueiras	29,4	33,3	14,8	12,5	12,5	17,6
3. Proteção das partes móveis	29,4	22,2	14,8	12,5	62,5	8,8
4. Vazamentos	49,0	22,2	18,5	25,0	62,5	35,3
5. Funcionamento e adequação de manômetros	17,6	22,2	18,5	12,5	25,0	2,9
6. Espaçamento entre bicos	33,3	22,2	44,4	25,0	25,0	44,1
7. Presença e Estado de conservação de filtros de linha	9,8	0,0	3,7	12,5	12,5	5,9
8. Estado de conservação de filtros de sucção	7,8	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0
9. Presença e Estado de conservação de antigotejadores	21,6	11,1	3,7	0,0	12,5	0,0
10. Estado de conservação das pontas de pulverização	72,5	44,4	59,3	50,0	62,5	82,4
11. Uniformidade de distribuição das pontas (CV > 10%)	74,5	66,7	70,4	50,0	37,5	61,8
Total de pulverizadores amostrados	51	9	27	8	8	34

O erro de espaçamento entre bicos, considerando o limite de mais ou menos 10% de variação em relação ao padrão ocorreu em 12 unidades (44,4%) no RS em 2006, 15 unidades (44,1%) no MT em 2008, 17 unidades (33,3%) no PR em 2006, duas unidades (22,2%) no PR 2007 e duas unidades (25%) nos Estados do RS em 2007 e MS 2006. Também Gandolfo (2002) encontrou erros de espaçamentos em 42,1% dos pulverizadores avaliados e Langenakens e Pieters (1999) que ao avaliarem 17.243 pulverizadores na Bélgica, identificaram problemas desta ordem somente em 2,0% (345 unidades).

6.4 Idade dos pulverizadores

A Tabela 2 mostra a distribuição do número de pulverizadores conforme a idade.

Tabela 2. Número de pulverizadores avaliados por desdobramento dos grupos de combinações por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Grupo	PR		RS		MS	MT
	2006	2007	2006	2007	2006	2008
Nova	2	1	-	1	1	2
Usada	49	8	27	7	7	32
Com computador	5	1	3	-	1	20
Sem computador	46	8	24	8	7	14
Total amostrado	51	9	27	9	8	34

A vida dos pulverizadores depende da sua manutenção, portanto um pulverizador com dez anos de uso não quer dizer que está melhor do que um pulverizador com vinte anos de utilização. Dos 137 pulverizadores avaliados nos quatro Estados de realização dos trabalhos, no Paraná (PR) em 2006 somente duas unidades (3,9%) e em 2007 apenas uma unidade (11,1%) tinha até um ano de fabricação, sendo estes pulverizadores com até um ano de uso considerado novos. Para o Rio Grande do Sul (RS) no ano de 2006 não tinha nenhum pulverizador com até um ano de fabricação e no ano de 2007 uma unidade (12,5%) tinha até um ano de fabricação. Já para o Mato Grosso do Sul (MS) 2006 um pulverizador (12,5%) tinha até um ano de fabricação. Na avaliação realizada no Mato Grosso (MT) em 2008 somente dois pulverizadores (5,9%) tinham até um ano de fabricação. Os demais, ou seja, 49 pulverizadores (96,1%) no PR em 2006 e oito 88,9%) em 2007, 27 (100%) no RS em 2006 e sete (87,5%) em 2007, sete (87,5%) no MS em 2006 e 32 (94,1%) no MT em 2008 estavam em operação há mais de um ano.

Quanto à presença ou não de computador (controlador eletrônico de fluxo), dispositivo muito importante principalmente no que diz respeito às avaliações quantitativas, constatou-se que de todos os pulverizadores avaliados, no PR em 2006 somente cinco unidades (9,8%) e em 2007 apenas uma unidade (11,1%) tinha computador. Para o

Estado do RS no ano de 2006 apenas três pulverizadores (11,1%) tinha computador e em 2007 não tinha nenhum pulverizador com computador. Já para o MS em 2006 um pulverizador (12,5%) tinha computador. Observou-se que no MT em 2008 20 pulverizadores (58,8%) tinham computadores e 14 unidades (41,2%) não possuíam o equipamento. Verificou-se no MT presença de computadores em 20 pulverizadores avaliados (58,8%) o que sugere maior nível tecnológico dos produtores nesta região.

Conforme consta na Tabela 3, a idade máxima dos pulverizadores foi de 22 anos no Paraná (PR), 20 anos no Rio Grande do Sul (RS), 10 anos no Mato Grosso do Sul (MS) e de 12 anos no Mato Grosso (MT). Já a idade média foi 5,9 anos no PR, 6,6 anos no RS, 5,3 anos no MS e de 6,2 anos no MT. Observou-se que o MS foi o Estado que apresentou a menor idade máxima e média. O MT apesar de ter apresentado a segunda menor idade máxima, porém sua idade média foi superior à do PR que apresentou a maior idade máxima (22 anos).

Tabela 3. Idade máxima e média dos pulverizadores nos Estados do PR, RS, MS e MT

Idade (anos)	Estados			
	PR	RS	MS	MT
Idade máxima	22	20	10	12
Média	5,9	6,6	5,3	6,2

Estes valores mostram um processo de envelhecimento da frota, indicando a necessidade de renovação ou modernização. Esses dados são semelhantes aos obtidos por vários pesquisadores no Brasil. Gandolfo (2002) constatou que dos 76 pulverizadores avaliados, somente 12 (15,8%) tinham até dois anos de fabricação, 19 pulverizadores (30,2%) tinham mais de 10 anos de idade e 64 pulverizadores (84,2%) estavam em operação há mais de dois anos e a idade média de 51 pulverizadores foi de 9,2 anos. Trabalho realizado por Silveira et al (2006) na região de Cascavel-PR, observaram que os pulverizadores tinham idade máxima de 21 anos e média de 7,7 anos; Já para Braga et al (2008), no MS a idade média foi de 5,7 anos. Na Eslováquia mais de 50% dos pulverizadores encontrava-se com idade média acima de oito anos (JEZIK e LAVCAK, 2007). Martins e Moreira (2007) observaram que em Portugal metade dos pulverizadores tinha mais de 15 anos

de uso. Na Itália, Tugnoli (1995) constatou, também, que 35,0% dos pulverizadores avaliados tinham entre cinco e 10 anos de uso e na Sérvia segundo Sedlar; Dukic e Bugarin (2007) a idade média dos pulverizadores foi de 11 anos. Isto mostra que há um envelhecimento da frota em todos os países.

6.5 Combinação da cidade dos pulverizadores com a presença de computador

Os pulverizadores usados sem computador, com exceção do MT, representaram a maioria das amostras. No Estado do Paraná (PR) em 2006, 88,2% dos pulverizadores amostrados e em 2007 88,9% não tinham computador. No Rio Grande do Sul (RS) em 2006 representaram 88,9% e em 2007 87,5% do total. Já no Mato Grosso do Sul (MS) em 2006 contribuíram com 75% e no Mato Grosso (MT) 41,2%. Para os pulverizadores usados com computador MT predominou sobre os outros Estados com 52,9% dos pulverizadores usados com computador, vindo em seguida MS em 2006 com 12,5%, RS 2006 com 11,1% e PR em 2006 com 7,8%. PR e RS em 2007 não apresentaram pulverizador usado com computador. Pulverizadores novos com computador todos os Estados apresentaram baixa representatividade sendo maior no PR em 2007 (11,1%), seguido de MT (5,9%) e depois PR 2006 (2,0%), sendo que RS em 2006, 2007 e MS em 2006 não apresentaram nenhum pulverizador dentro deste grupo de combinação. Em se tratando de pulverizadores novos sem computador RS em 2007 e MS em 2006 contribuíram com 12,5%, seguido de PR 2006 (2,0%) e PR 2007, RS 2006 e MT 2008 não tinham nenhum pulverizador dentro desta categoria. A Tabela 4 identifica todos os grupos e combinações exploradas e seus respectivos números de pulverizadores avaliados.

Tabela 4. Número de pulverizadores avaliados por grupo de combinação da idade e presença ou não de computador por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Grupo / Combinação	PR		RS		MS	MT
	2006	2007	2006	2007	2006	2008
Usado-com computador	4	-	3	-	1	18
Usado-sem computador	45	8	24	7	6	14
Novo-com computador	1	1	-	-	-	2
Novo-sem computador	1	-	-	1	1	-
Total amostrado	51	9	27	8	8	34

6.6 Caracterização dos erros de calibração

6.6.1 Estado de conservação das pontas de pulverização

A análise percentual de problemas com o estado de conservação das pontas de pulverização mostrou que o Mato Grosso (MT) em 2008 foi o que apresentou o pior resultado, pois dos 34 pulverizadores avaliados 82,4% encontravam-se com as pontas com variação de vazão maior ou menor que o limite de 10,0%, conforme Gandolfo (2002), e somente seis pulverizadores (17,6%) apresentavam todas as pontas em estado aceitável. Em seguida Paraná (PR) em 2006 foi o que apresentou o segundo pior resultado com 72,5% das pontas danificadas, seguido por Mato Grosso do Sul (MS) em 2006 (62,5%), Rio Grande do Sul (RS) 2006 (59,3%) e em 2007 (50,0%) e por último Paraná (PR) 2007 (44,45). Gandolfo (2002) observou-se que dos 76 pulverizadores avaliados apenas 14 unidades (18,4%) encontravam-se com a vazão das pontas dentro de limite de mais ou menos 10,0% sobre a vazão média da barra. Dados semelhantes também foram obtidos por Silveira et al. (2006) que constataram desgaste de 34,0% das pontas. Gandolfo et al. (2007) observaram que dos 20 pulverizadores avaliados somente duas unidades (10,0%) encontravam-se em estado adequado de uso, sendo que as demais apresentavam obstruídas ou desgastadas.

Ao comparar os pulverizadores novos e usados (Tabela 5), observou-se um alto percentual de pontas danificadas tanto para os pulverizadores novos (exceto PR 2007) como para os usados.

Tabela 5. Porcentagem de pulverizadores e número médio de pontas de pulverização danificadas em função da idade dos pulverizadores por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Grupo	Pulverizadores com pontas danificadas (%)					
	PR - 2006	PR - 2007	RS - 2006	RS - 2007	MS - 2006	MT - 2008
Nova	50,0	0,0	-	100,0	100,0	50,0
Usada	73,5	50,0	59,3	42,9	57,1	84,4
Número médio de pontas ruins por pulverizador						
Nova	14,0	0,0	-	3,0	2,0	34,0
Usada	4,1	4,8	3,1	1,0	2,0	5,7
Tempo médio de uso das pontas (h)						
Nova	112,5	15,0	-	300,0	300,0	630,0
Usada	266,2	698,6	307,1	325,0	304,2	546,8

Ressalta-se que o alto percentual nos pulverizadores novos com defeitos pode ser atribuído ao elevado tempo de uso das pontas, ao tipo de produto utilizado, por ser final de safra e devido à baixa representatividade dos mesmos nas amostras. Os pulverizadores usados apresentaram o mesmo comportamento obtido com todos os pulverizadores avaliados em cada Estado. No MT 84,4% dos pulverizadores usados estavam com as pontas danificadas, PR no ano de 2006 73,5% e nos outros Estados em aproximadamente 50,0% dos pulverizadores as pontas estavam ruins. Os pulverizadores novos do MT em comparação com os outros Estados apresentaram o maior número e os usados a maior média de pontas danificadas por pulverizador. Tais resultados comprovam a proposta de que o uso aumenta progressivamente o desgaste das pontas, o que está relacionado também à intensidade de uso do pulverizador, pois no MT a área média (ha) foi de aproximadamente 127,8% superior à área dos outros Estados de realização dos trabalhos.

6.6.2 Erros na taxa de aplicação

A Tabela 6 mostra a análise sobre todos os pulverizadores avaliados nos Estados. Observou-se alto percentual de erros na taxa de aplicação.

Tabela 6. Porcentagem de pulverizadores com erros na taxa de aplicação nos Estados do PR, RS, MS e MT

Itens avaliados	PR	RS	MS	MT
Pulverizadores com erro na taxa de aplicação (%)	70,6	60,2	37,5	61,8
Pulverizadores com sobreaplicação (%)	22,9	14,8	12,5	20,6
Pulverizadores com subaplicação (%)	47,7	42,4	25,0	41,2
Erro médio em sobreaplicação (%)	11,4	11,3	30,2	13,4
Erro médio em subaplicação (%)	15,7	11,1	23,9	13,1
Maior erro em sobreaplicação (%)	26,6	15,6	30,2	29,1
Maior erro em subaplicação (%)	43,9	31,4	29,5	44,9
Total de pulverizadores amostrados	60	35	8	34

O Paraná (PR) foi o que apresentou o pior resultado com 42 unidades (70,6%) com erro na taxa de aplicação, sendo que 14 unidades (22,9%) estavam sobreaplicando (aplicações com volume de calda superior a 5,0% do esperado) e 28 unidades (47,7%) subaplicando (aplicações com volume de calda inferior a 5% do desejado). O maior erro em sobreaplicação foi de 26,6% e o médio 11,4%, já para subaplicação o maior erro foi de 43,9% e o médio 15,7%. Em seguida Mato Grosso (MT), com 21 unidades (61,8%) com erro na taxa de aplicação, sendo que sete unidades (20,6%) estavam sobreaplicando (aplicações com volume de calda superior a 5,0% do esperado) e 14 unidades (41,2%) subaplicando (aplicações com volume de calda inferior a 5,0% do desejado). No MT o maior erro em sobreaplicação foi de 29,1% e o médio 13,4%, já para subaplicação o maior erro foi de 44,9% e o médio 13,1%. Os resultados do Rio Grande do Sul (RS) foram semelhantes ao do MT, com 60,2% dos pulverizadores com erros na taxa de aplicação e por último o Mato Grosso do Sul (MS) com 37,5% dos pulverizadores com erros. Gandolfo (2002) observou erros na taxa de aplicação em 61 unidades (80,2%) dos pulverizadores avaliados. Verificou-se que 32 pulverizadores (42,1%) sobreaplicavam e 29 pulverizadores (38,1%) subaplicavam. Gandolfo et al. (2007) observaram que no MT 85% dos pulverizadores avaliados encontravam-se com erro na taxa de aplicação e destes 50,0% sobreaplicavam e 35,0% subaplicavam. Alvarenga e Cunha (2008) ao avaliarem 34 pulverizadores na região do Triângulo Mineiro observaram erro na taxa de aplicação em 64,52%, sendo que 41,94% subaplicavam e 22,58% sobreaplicavam.

Com relação às combinações entre pulverizadores novos e usados com ou sem computador a análise mostrou um comportamento semelhante nos erros da taxa de aplicação quando comparado com a análise feita em todos os Estados para todos os pulverizadores avaliados (Tabela 7). Verificou-se alto percentual de erros na taxa de aplicação. Também Gandolfo (2002) constatou erros na taxa de aplicação em 84,4% dos pulverizadores usados avaliados e em 58,3% dos pulverizadores novos. O PR, de forma geral, apresentou o maior percentual de erros na taxa de aplicação. O maior erro médio ocorreu no MT em 2008 na combinação pulverizador novo com computador (- 32,7%), vindo em seguida PR no ano de 2006 na combinação pulverizador novo sem computador com 26,6%. No MS em 2006 na combinação pulverizador usado sem computador foi observado o maior erro médio em sobreaplicação (30,2%), seguido por PR 2006 na combinação pulverizador novo sem computador com 26,6% e MT com 18,6% no pulverizador usado sem computador. Observou-se o maior erro em subaplicação (- 32,7%) no MT na combinação pulverizador novo com computador, vindo em seguida pulverizador usado sem computador com um erro de 23,9% no MS em 2006 e 17,2% no PR em 2006.

Tabela 7. Porcentagem de pulverizadores com erros na taxa de aplicação em função do grupo e combinação por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Grupo / Combinação	PR 2006	RS 2006	MS 2006	PR 2007	RS 2007	MT 2008
Pulverizadores com erros na taxa de aplicação (%)						
Usado - com computador	75,0	33,3	0,0	-	-	66,7
Usado - sem computador	73,3	75,0	50,0	75,0	42,9	50,0
Novo - com computador	100,0	-	-	0,0	-	100,0
Novo - sem computador	100,0	-	0,0	-	100	-
Erro médio na taxa de aplicação (%)						
Usado - com computador	4,6	-7,0	0,0	-	-	-1,2
Usado - sem computador	-9,1	-8,6	-5,8	-6,6	-3,5	-1,6
Novo - com computador	-16,0	-	-	0,0	-	-32,7
Novo - sem computador	26,6	-	0,0	-	-5,3	-
Erro médio em sobreaplicação (%)						
Usado - com computador	11,0	4,8	0,0	-	-	11,1
Usado - sem computador	12,3	11,3	30,2	9,5	0,0	18,6
Novo - com computador	0,0	-	-	0,0	-	0,0
Novo - sem computador	26,6	-	0,0	-	0,0	-
Erro médio em subaplicação (%)						
Usado - com computador	-8,2	-7,0	0,0	-	-	-10,0
Usado - sem computador	-17,2	-14,2	-23,9	-14,6	-9,4	-9,6
Novo - com computador	-16,0	-	-	0,0	-	-32,7
Novo - sem computador	0,0	-	0,0	-	-5,3	-

Um fator de diferenciação claro foi observado quanto aos erros para mais ou para menos, sendo as subaplicações mais frequentes, ocorrendo com maior intensidade nos pulverizadores usados sem computador e isto se justifica pelo erro de leitura do copo calibrador que é utilizado para calibrar os pulverizadores. Observou-se que os erros positivos de leitura do copo calibrador ocorrem com mais frequência.

O alto percentual de erros na taxa de aplicação nos pulverizadores usados pode ser atribuído ao maior percentual de pontas desgastadas, possivelmente pelo maior tempo de uso, enquanto no caso dos pulverizadores novos a baixa representatividade da amostra impossibilita maior aprofundamento da discussão.

6.6.3 Uniformidade de distribuição da vazão das pontas

A distribuição de calda na barra do pulverizador obtida através da coleta com os baldes, para todos os pulverizadores avaliados nos Estados apresentou baixa variabilidade. Na Tabela 8, estão apresentados os coeficientes de variação (CV) da uniformidade de distribuição da barra.

Tabela 8. Porcentagem de pulverizadores com coeficientes de variação (CV) aceitável e CV médio da taxa de aplicação da barra por Estados

Estados	PR	RS	MS	MT
	Pulverizadores com CV aceitável (CV < 10%)			
	80,7	84,5	87,5	76,5
	CV médio (%)			
	6,5	5,0	6,0	8,0

Observou-se que no Paraná (PR) em 80,7% dos pulverizadores (48 unidades) o CV da uniformidade de distribuição da barra foi aceitável, com limite máximo de 10% conforme proposto por Gandolfo (2002). No Rio Grande do Sul (RS) 84,5% dos pulverizadores (30 unidades) encontravam com o CV aceitável, MS 87,5% e por último Mato Grosso (MT) com 26 unidades (76,5%). Na Alemanha, Osteroth (2004) verificou desuniformidade de distribuição das pontas em apenas 15,5% dos pulverizadores avaliados. Alvarenga e Cunha (2008) ao avaliarem 34 pulverizadores observaram desuniformidade de distribuição na barra em 93,3% dos pulverizadores e Gandolfo (2002) em 39 máquinas apenas 2,6% encontrava-se com CV abaixo de 10%. O CV médio de todos os pulverizadores estava abaixo do limite máximo aceitável.

A Tabela 9 mostra o coeficiente de variação (CV) da combinação pulverizadores novos e usados com ou sem computador.

Tabela 9. Coeficientes de variação (CV) da taxa de aplicação da barra em função do grupo e combinação por Estados nos anos de 2006, 2007 e 2008

Grupo / Combinação	PR	PR	RS	RS	MS	MT 2008
	2006	2007	2006	2007	2006	
Pulverizadores (%) com CV aceitável (CV≤ 10%)						
Usado - com computador	100,0	-	66,7	-	100,0	83,3
Usado - sem computador	71,1	87,5	79,2	100,0	83,3	71,4
Novo - com computador	100,0	100,0	-	-	-	50
Novo - sem computador	100,0	-	-	0	100,0	-
CV médio aceitável (%)						
Usado - com computador	2,22	-	3,76	-	3,09	5,32
Usado - sem computador	4,78	3,79	4,15	3,08	4,49	5,48
Novo - com computador	2,09	1,05	-	-	-	2,37
Novo - sem computador	9,78	-	-	0,00	6,10	-
Pulverizadores (%) com CV inaceitável (CV > 10%)						
Usado - com computador	0,00	-	33,3	-	0,0	16,7
Usado - sem computador	28,9	12,5	20,8	0,0	16,7	28,6
Novo - com computador	0,00	0,0	-	-	-	50,0
Novo - sem computador	0,00	-	-	100,0	0,0	-
CV médio inaceitável (%)						
Usado - com computador	0,00	-	17,71	-	0,00	21,78
Usado - sem computador	15,94	0,00	13,65	0,00	17,61	13,56
Novo - com computador	0,00	17,06	-	-	-	26,54
Novo - sem computador	0,00	-	-	11,23	0,00	-

Verificou-se uma diferença entre os pulverizadores novos e usados independente de terem ou não computador uma vez que os usados apresentaram maior percentual de pulverizadores com CV inaceitável e também maiores médias de CV inaceitável. Isto evidencia o efeito do tempo de uso sobre o desgaste das pontas de pulverização prejudicando sua uniformidade de distribuição.

6.6.4 Amplitude e frequência de erros na taxa de aplicação

6.6.4.1 Paraná

A Figura 9 mostra a amplitude e a frequência dos erros na taxa de aplicação no PR nos anos de 2006 e 2007. Observou-se que dos 60 pulverizadores avaliados, 65,0% (39 unidades) estavam subaplicando e 21 unidades (35,0%) estavam sobreaplicando produtos. As sobreaplicações caracterizam prejuízos econômicos diretos ao produtor, uma vez que aplicará produto além do recomendado. Os valores de erros em subaplicações ocorridos com maior frequência estiveram entre 10,0 e 20,0% e para as sobreaplicações a maior frequência de erros ocorreram entre zero e 5,0%. Estes dados diferem dos obtidos por Gandolfo (2002) que observou sobreaplicações em 32 unidades (42,1%) dos 61 pulverizadores que se encontravam com erros na taxa de aplicação e subaplicações em 29 unidades (38,1%). Gandolfo (2007) comparou as diferenças entre a calibração convencional obtida pelos participantes (copo calibrador) e a real (através dos baldes), verificou que em 85,0% dos equipamentos os participantes cometeram erros de calibração com diferenças superiores ao limite de 5,0% entre elas. Destas diferenças o autor verificou que 50,0% dos pulverizadores apresentaram erros para mais, ou seja, aplicaram volumes superiores àqueles de referência. Nestes casos o erro médio em sobreaplicação foi de 14,1% e o erro médio em subaplicação (volumes aplicados a menos que o real) foi de 11,8%, tendo ocorrido em 35% dos pulverizadores. Isto mostra a desvantagem da calibração dos pulverizadores utilizando o copo calibrador em relação ao método de calibração através dos baldes, coletando a vazão em todas as pontas da barra possibilitando a obtenção da taxa real de aplicação.

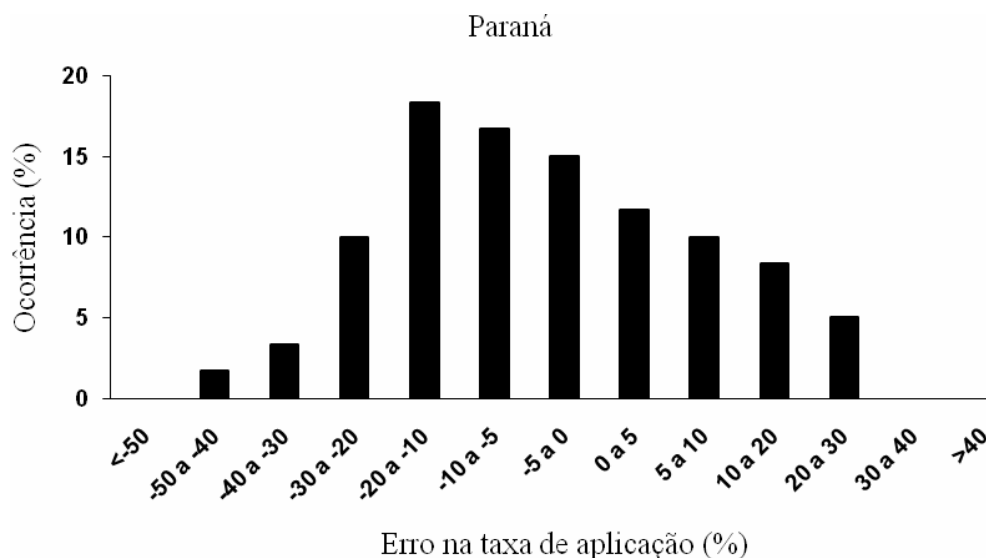


Figura 9. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007

6.6.4.2 Rio Grande do Sul

No RS os resultados dos 35 pulverizadores avaliados mostraram que 23 unidades (65,7%) estavam subaplicando e 12 unidades (34,3%) sobreaplicavam produtos. Com relação à frequência dos erros, constatou-se maior ocorrência de subaplicações com valores entre 10,0 e 20,0%. Já as sobreaplicações ocorreram em menor intensidade com maior frequência entre zero e 5,0%. Os resultados de subaplicações coincidem com os obtidos por Gandolfo et al. (2007) que também observaram maior frequência de subaplicações entre 10,0 e 20,0%. A Figura 10 mostra a amplitude e a frequência dos erros.

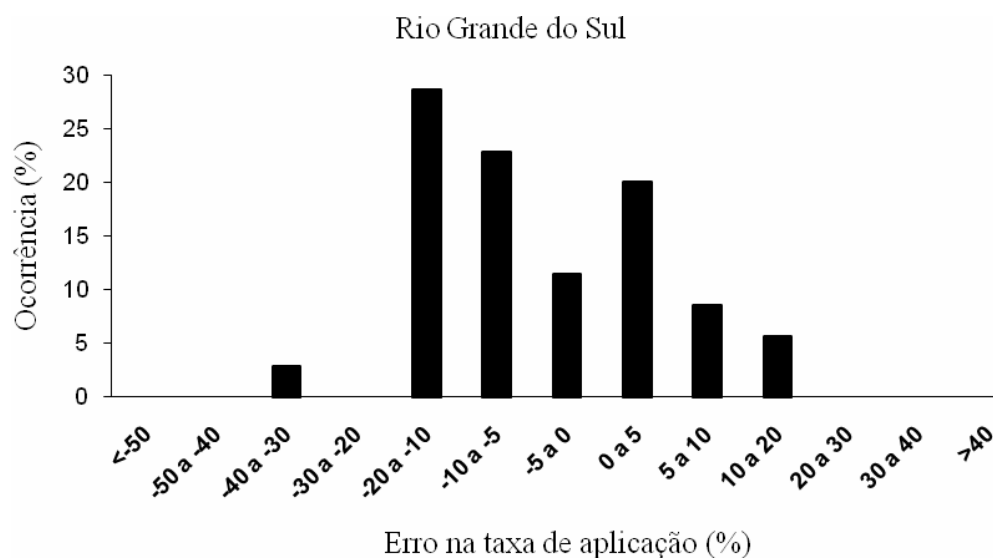


Figura 10. Amplitude e freqüência dos erros na taxa de aplicação no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007

6.6.4.3 Mato Grosso do Sul

A análise dos dados sobre todos os pulverizadores no MS mostrou-se que 37,5% (três unidades) aplicavam volume de calda com uma diferença maior ou menor que 5,0% em relação à taxa de aplicação real, tendo um erro médio de menos 3,4%. As subaplicações contribuíram com 50,0% dos erros com maior freqüência entre zero e 5,0% e as sobreaplicações representaram os outros 50,0% dos erros restantes com maior freqüência também entre zero e 5,0% (Figura 11).

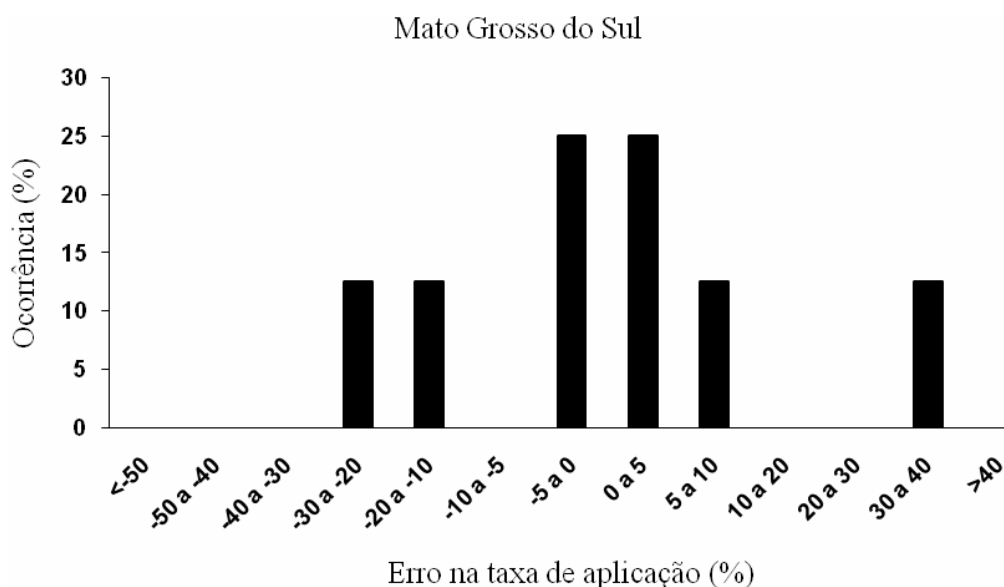


Figura 11. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do MS no ano de 2006

6.6.4.4 Mato Grosso

No MT o erro superior ou inferior a 5,0% na taxa de aplicação ocorreu em 61,3% dos pulverizadores avaliados (21 unidades), apresentando um erro médio de menos 2,4%. A Figura 12 mostra a frequência desses erros, verificou-se que dos 34 pulverizadores avaliados 22 unidades (64,7%) estavam subaplicando e a maior frequência dos erros ocorreram entre zero e 5,0%. Os outros 12 pulverizadores restantes (35,3%) estavam sobreaplicando e com maior frequência de erros também entre zero e 5,0%.

Mesmo no MT onde a maioria dos pulverizadores tinha computador, a frequência de erros na taxa de aplicação foi semelhante aos dos outros Estados onde a maioria dos pulverizadores não possuía este dispositivo e isto provavelmente pode ser atribuído ao erro de leitura do copo calibrador pelo operador ao ajustar a constante da vazão do computador.

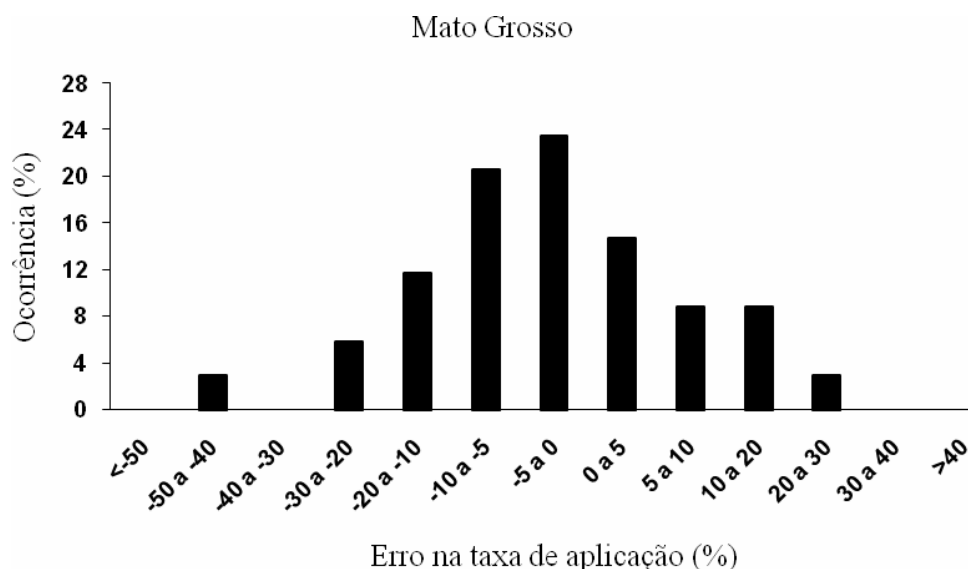


Figura 12. Amplitude e frequência dos erros na taxa de aplicação no Estado do MT no ano de 2008

6.6.5 Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador

Pelas avaliações realizadas verificou-se que a maioria dos responsáveis pelos pulverizadores cometeu erros de leitura do copo calibrador sempre para um volume maior do que o real. Como exemplo, na leitura do copo o volume real (obtido através da pesagem) era 100 mL e o responsável pelo pulverizador leu 115 mL, resultando num erro de calibração negativo, caracterizando subaplicação de produtos. No PR das 60 propriedades avaliadas esse tipo de erro ocorreu em 33 delas (55,0%); no RS das 35 propriedades a frequência dos erros positivos ocorreram em 51,4% (18 unidades), vindo em seguida MS com 50,0% das propriedades e por último MT com 44,1% (15 unidades) das 34 avaliadas.

6.6.5.1 Paraná

A Figura 13 mostra a amplitude e frequência do erro de leitura do copo calibrador pelo responsável pela máquina ensaiada. Verificou-se que 55,0% (33 propriedades) cometeram erros de leitura com frequência entre zero e 4,0%, caracterizando subaplicação. Esta situação que teoricamente poderia ser considerado economia, mas poderá também acarretar prejuízos econômicos devido a falhas no controle das pragas ou doenças da cultura, só que neste trabalho não foi possível avaliar se houve prejuízo ou não nesta situação porque não se avaliou as possíveis falhas de controle por falta de produto. Já para a frequência de zero a -4,0% que corresponde a 30,0% do total, o erro foi de sobreaplicação, o produtor estaria aplicando um volume de calda maior do que o esperado acarretando prejuízos econômicos direto ao produtor e consequentemente podendo causar poluição ambiental.

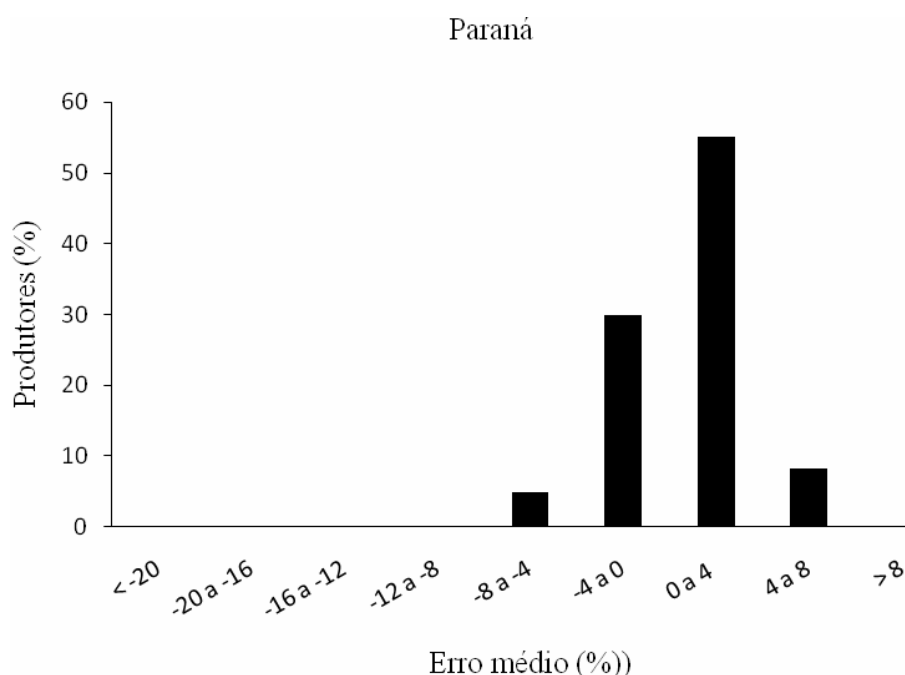


Figura 13. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007

6.6.5.2 Rio Grande do Sul

No RS das 35 propriedades de realização das inspeções, a frequência de erros apresentou uma distribuição melhor com maior ocorrência (25,7%) entre zero e -1,0%. Notou-se maior frequência de subaplicações (valores positivos), aproximadamente 51,4%, do que de sobreaplicações (valores negativos). A Figura 14 mostra a frequência de erros de leitura do copo calibrador no RS.

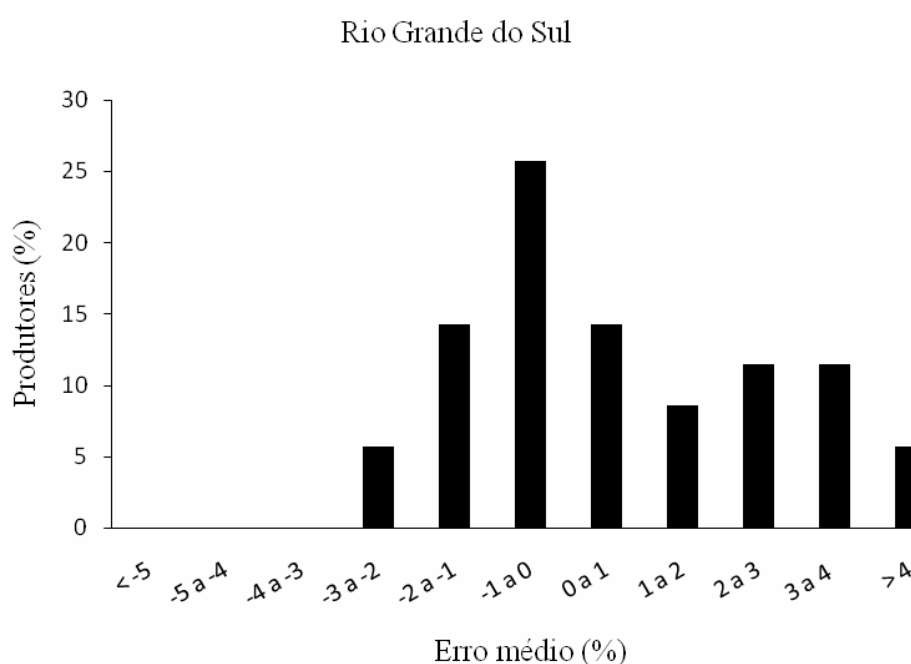


Figura 14. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007

6.6.5.3 Mato Grosso do Sul

A Figura 15 mostra a frequência dos erros de leitura do copo calibrador no MS, verificou-se que 50,0% das propriedades ficaram com frequência de erros entre menos zero e -6,0% e as 50,0% restantes com erros entre dois e 8,0%, ou seja, 50% dos pulverizadores avaliados estavam subaplicando e os outros 50% sobreaplicando. Estes valores

devem ser considerados com cautela, entretanto, devido ao número baixo de propriedades avaliadas, apenas oito no total.

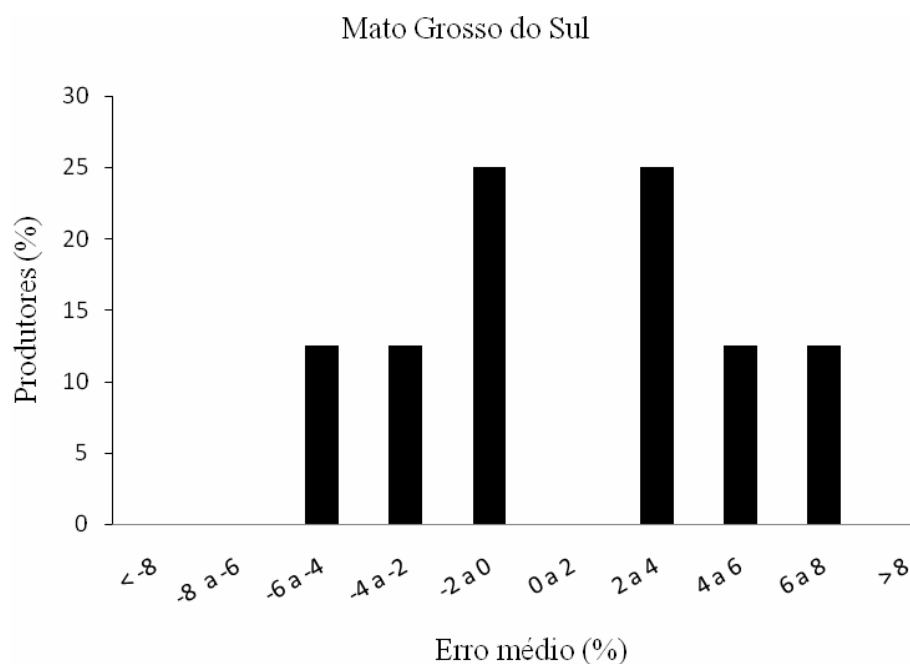


Figura 15. Amplitude e freqüência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MS em 2006

6.6.5.4 Mato Grosso

No MT (Figura 16), os erros de leitura do copo calibrador ocorreram com maior freqüência entre zero e -2,0% (38,2%) e zero e 2,0% (26,5%). Observou-se que os responsáveis pelos pulverizadores no Estado do Mato Grosso cometeram menos erros de leitura do copo calibrador.

Percebeu-se que nos quatro Estados de realização das avaliações, houve uma tendência da amplitude e freqüência dos erros de calibração de pulverizadores pelo método do copo calibrador ser positivos, caracterizando subaplicações, aplicando volume de calda menor do que o esperado.

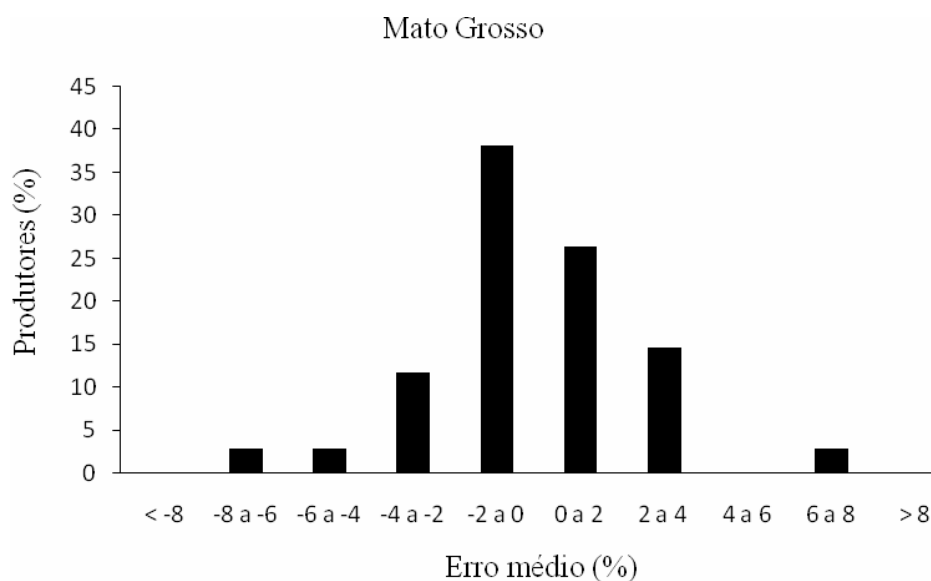


Figura 16. Amplitude e frequência de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MT em 2008

6.6.6 Cálculo do erro de calibração obtido com a simulação do uso do copo calibrador

Para as avaliações dos possíveis erros de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores, verificou-se que na maioria dos casos nas simulações dos pulverizadores do RS (57,2%) e MS (62,5%) os erros induziriam um volume de calda maior do que o real. No PR ocorreria o contrário, pois 56,7% aplicariam volume de calda menor. No MT a distribuição dos erros foi proporcional, pois 50,0 % para mais e 50,0% para menos. Portanto, no RS e MS a maioria estaria subaplicando. No PR a maioria estaria aplicando volume maior do que o real (sobreaplicando) e no MT metade estaria subaplicando e a outra metade sobreaplicando.

6.6.6.1 Paraná

Na Figura 17 obteve-se a frequência e a amplitude do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores para o PR. Observou-se que das 60 propriedades avaliadas no Estado 48,0% apresentaram frequência de erros entre zero e menos 2,0%, o que caracterizaria subaplicações de produtos e consequentemente potencial de prejuízos devido a menor dose aplicada. As sobreaplicações representaram 35,0% do total das avaliações, esta situação também poderia causar prejuízos devido ao produto aplicado desnecessariamente.

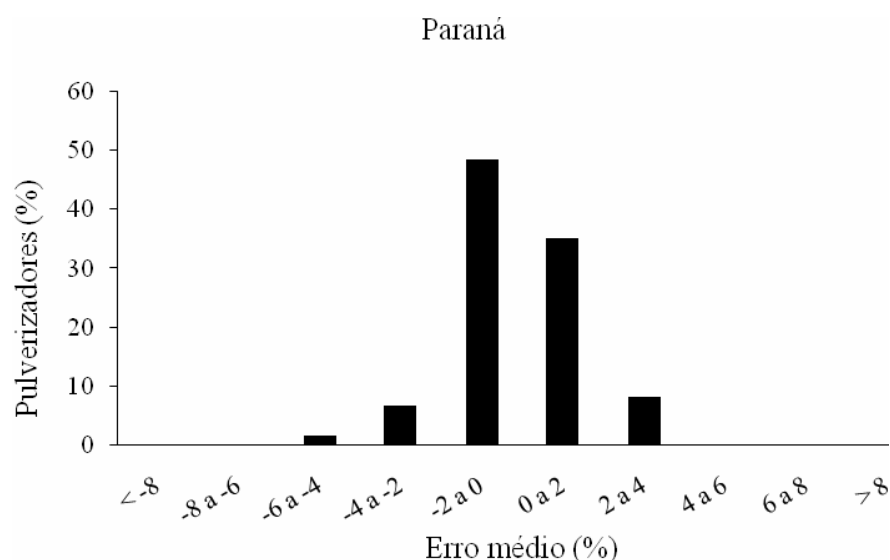


Figura 17. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007

6.6.6.2 Rio Grande do Sul

Para o RS a maior frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores (55,0%) foi de sobreaplicações, situando-se entre zero e 2,0%. As

subaplicações nas pulverizações de, com frequência de erros entre zero e $-2,0\%$ representaram 43,0% do total (Figura 18).

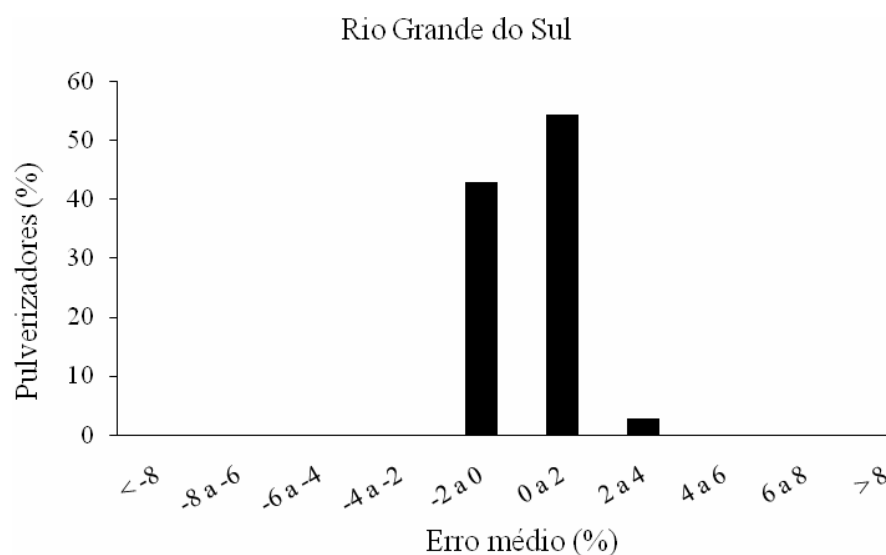


Figura 18. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007

6.6.6.3 Mato Grosso do Sul

A Figura 19 mostra que o MS apresentou resultados semelhantes ao RS com 50,0% dos pulverizadores sobreaplicando com frequência de erros entre zero e $2,0\%$ e 38,0% subaplicando também com frequência entre zero e $-2,0\%$.

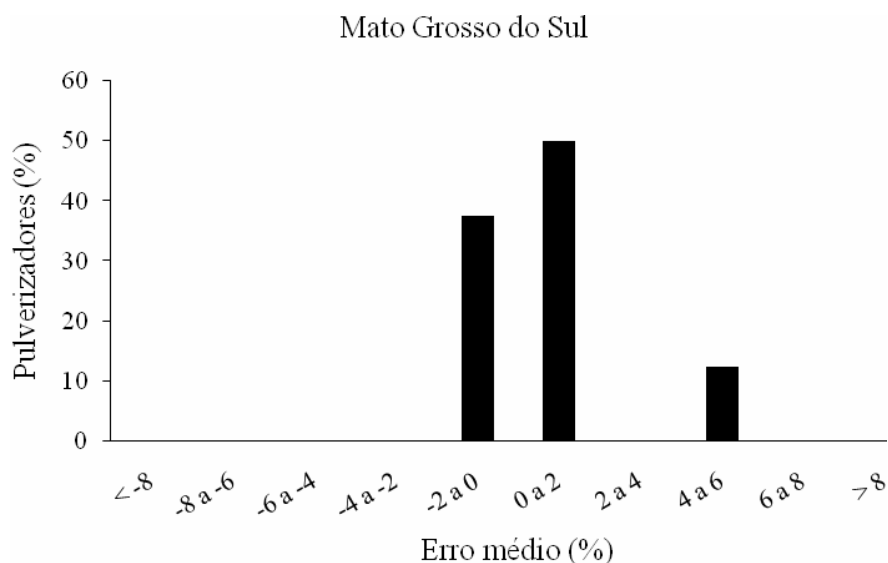


Figura 19. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do MS em 2006

6.6.6.4 Mato Grosso

Os resultados do erro calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra para o MT foram idênticos aos do PR (Figura 20). Verificou-se que das 34 propriedades avaliadas no Estado 38,0% apresentaram frequência de erros positivos, o que caracterizaria sobreaplicações de produtos e consequentemente prejuízos econômicos aos produtores. As subaplicações representaram 48,0% do total das avaliações, esta situação também poderia causar prejuízos aos produtores devido a falhas no controle, porém neste trabalho não foi possível calcular esses valores por falta dessas avaliações.

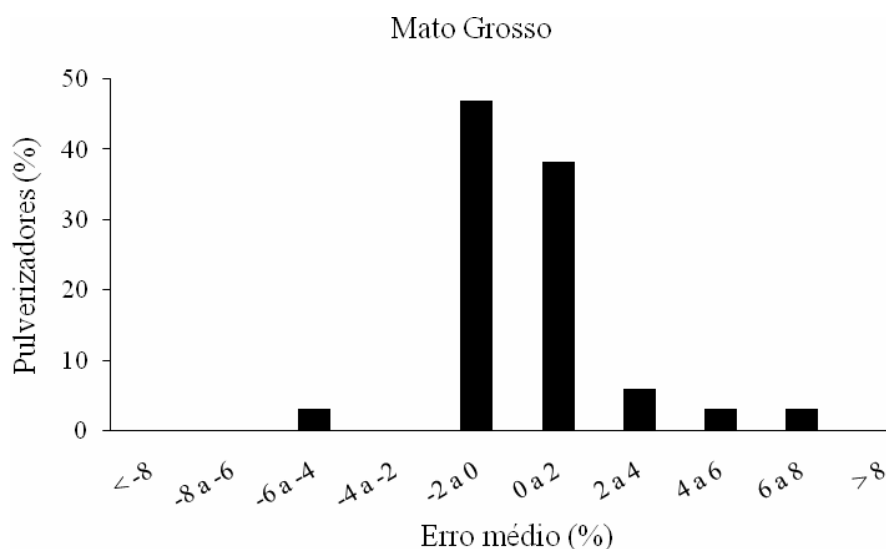


Figura 20. Amplitude e frequência do erro de calibração do pulverizador obtido através da simulação da leitura com o copo em quatro pontas da barra dos pulverizadores no Estado do MT em 2008

6.6.7 Comparação dos erros na taxa de aplicação obtidos na simulação do uso do copo, na leitura do copo calibrador e na calibração de pulverizadores com computador

No geral observou-se que os erros de calibração do sensor de fluxo dos computadores são numericamente maiores do que os demais, em todos os locais em que essa avaliação foi possível. Não houve correlação aparente entre os três tipos de erros considerados. Desta forma os erros de calibração dos pulverizadores com computador se mostraram sujeitos a influência de outros fatores que não só o erro de leitura do copo calibrador e a variabilidade entre pontas da barra, que deveria ser expressa pelos valores simulados na amostragem das pontas. Esta característica permanece como objetivo para futuros trabalhos envolvendo o processo de calibração de pulverizadores. No caso do Mato Grosso do Sul (MS) essa avaliação não foi realizada porque tinha apenas um pulverizador com computador.

6.6.7.1 Paraná

Na Tabela 10 está apresentada a comparação dos erros na taxa de aplicação obtidos por simulação do uso do copo calibrador, leitura do copo calibrador e do erro de calibração do sensor de fluxo. Observou-se que os erros de calibração do sensor de fluxo não apresentaram correlação aparente com os erros de leitura do copo calibrador (os valores são bastante distintos e muitas vezes com sinais trocados). Isso indica que a calibração do sensor depende de muitos outros fatores e não apenas do processo de leitura da vazão pelo copo. Como exemplo, é possível que os erros de calibração do sensor estejam mais relacionados com a amostragem das pontas da medição da vazão. Entretanto, os dados da simulação não indicaram este efeito aparente. Por sua parte a simulação pode não ter captado esta influência nos moldes em que foi realizada neste trabalho.

Tabela 10. Porcentagem de erros na taxa de aplicação obtidos por simulação, leitura do copo calibrador e dos pulverizadores com computador no PR nos anos de 2006 e 2007

Pulverizadores	Erro de calibração obtido na simulação do uso do copo calibrador (%)	Erro de leitura do copo calibrador (%)	Erro de calibração do sensor de fluxo (%)
1	-0,14	-3,77	-15,86
2	0,49	1,54	-8,18
3	0,00	-3,29	-2,52
4	0,22	5,62	7,51
5	-0,08	-1,12	14,37
6	0,22	0,86	-0,38
Módulo média	0,54	2,70	8,15

6.6.7.2 Rio Grande do Sul

No RS (Tabela 11) os erros na taxa de aplicação nos pulverizadores com computador foram menores do que no PR com módulo da média igual a 5,30%. Da mesma forma não se observou correlação aparente entre as diferentes fontes de erro.

Tabela 11. Porcentagem de erros na taxa de aplicação obtidos por simulação, leitura do copo calibrador e dos pulverizadores com computador no RS nos anos de 2006 e 2007

Pulverizadores	Módulo do erro de calibração obtido na simulação do uso do copo calibrador (%)	Erro de leitura do copo calibrador (%)	Erro de calibração do sensor de fluxo (%)
1	0,77	-0,24	-4,10
2	0,44	-3,53	7,00
3	1,29	-3,45	4,80
Módulo média	0,83	2,41	5,30

6.6.7.3 Mato Grosso

No MT (Tabela 12) dos 34 pulverizadores ensaiados 58,8% (20 unidades) tinham computadores. Verificou-se que vários pulverizadores encontravam-se com erros na taxa de aplicação muito superiores aos 5,0% aceitáveis, quando se observa a questão da calibração do sensor de fluxo. Novamente uma possível correlação com os erros de leitura e com a simulação de coleta não foi observada. Observou-se que os maiores erros foram em subaplicações. Entretanto, é importante ressaltar que as diferenças entre os erros de simulação do uso do copo calibrador e de leitura do copo calibrador não são muito grandes, porém há uma diferença grande entre estes e os erros de calibração do sensor de fluxo.

Tabela 12. Porcentagem de erros na taxa de aplicação obtidos por simulação, leitura do copo calibrador e dos pulverizadores com computador no MT em 2008

Pulverizadores	Módulo do erro de calibração obtido na simulação do uso do copo calibrador (%)	Erro de leitura do copo calibrador (%)	Erro de calibração do sensor de fluxo (%)
1	1,26	-3,52	-19,00
2	0,44	-0,57	-8,50
3	0,01	-0,86	19,30
4	-1,03	-0,63	-5,30
5	-0,57	0,91	6,90
6	-1,29	2,66	0,60
7	-4,05	0,90	-21,30
8	-1,39	-1,12	11,00
9	2,11	0,85	5,80
10	-1,43	0,00	-5,70
11	-0,51	1,59	-14,20
12	-1,38	-0,42	-1,90
13	0,04	-1,12	-6,90
14	-0,18	0,83	12,50
15	-0,25	-2,09	-20,80
16	1,11	-2,24	0,20
17	0,15	-0,92	3,70
18	-0,75	6,58	-7,90
19	0,54	-6,45	-3,50
20	0,37	0,00	-1,10
Módulo média	0,94	1,80	8,81

6.7 Caracterização dos prejuízos econômicos devido aos erros

6.7.1 Prejuízos econômicos devido aos erros na taxa de aplicação

Foram feitos cálculos dos prejuízos nos Estados devido aos erros na taxa de aplicação, consideraram-se os valores de erros positivos, os quais caracterizaram sobreaplicações de agrotóxicos.

6.7.1.1 Paraná

Na Figura 21 obtiveram-se os prejuízos econômicos devido a erros na taxa de aplicação no PR, considerando-se as sobreaplicações. Observou-se maior ocorrência de prejuízos anuais entre zero e R\$ 2.000,00 (34,0% dos pulverizadores), vindo em segundo lugar os valores de prejuízos entre R\$ 2.000,00 e R\$ 4.000,00. Para propriedades maiores, verificaram-se prejuízos com valores superiores a R\$ 8.000,00. Esses dados mostram a importância de se fazer uma correta calibração dos pulverizadores, utilizando métodos de calibração que acarretem menores erros, como o método gravimétrico através da coleta da vazão em todas as pontas com os baldes, conforme descrito por Gandolfo (2002).

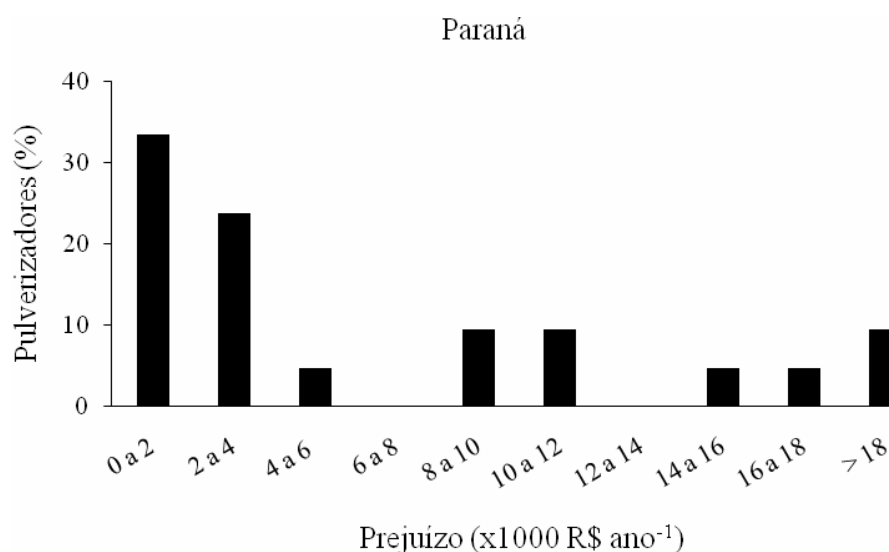


Figura 21. Amplitude e frequência do prejuízo devido aos erros na taxa de aplicação no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007

6.7.1.2 Rio Grande do Sul

No RS (Figura 22) os prejuízos anuais obtidos foram semelhantes aos do Estado do PR com maior ocorrência entre 0 (zero) e R\$ 2.000,00 com 34,0% dos

pulverizadores e com 25,0% de frequência entre R\$ 4.000,00 a R\$ 6.000,00. Observou-se alto percentual de pulverizadores que estavam sobreaplicando (25,0%) com prejuízos superiores a R\$ 18.000,00. Isto evidencia altos índices de erros do processo de calibração dos pulverizadores.

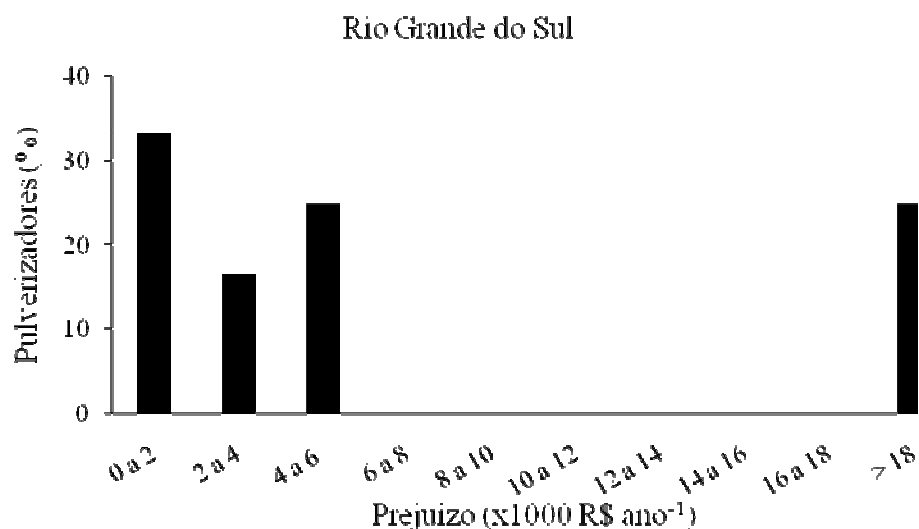


Figura 22. Amplitude e frequência do prejuízo devido aos erros na taxa de aplicação no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007

6.7.1.3 Mato Grosso do Sul

Para o MS as maiores frequências de prejuízos anuais situaram-se entre zero e R\$ 2.000,00 com 40,0% das ocorrências e entre R\$ 2.000,00 a R\$ 6.000,00 também com 40,0%. A Figura 23 mostra esses resultados.

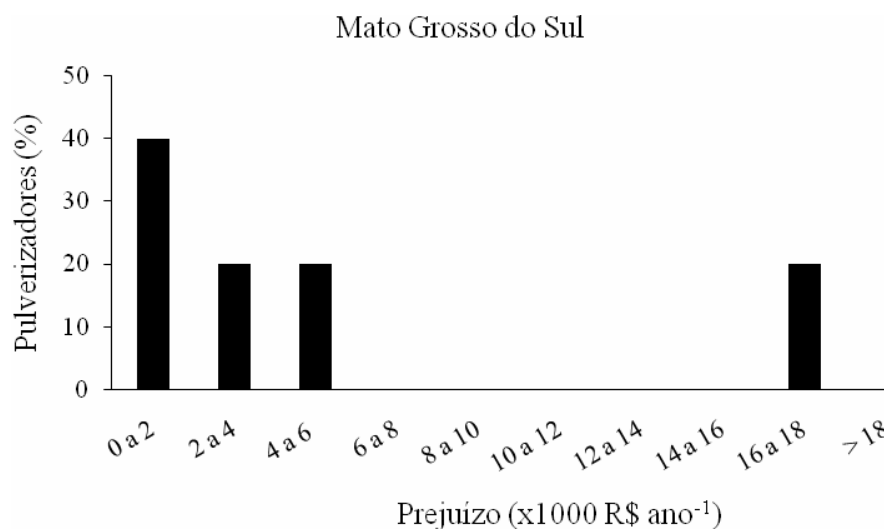


Figura 23. Amplitude e frequência do prejuízo devido ao erro na taxa de aplicação no Estado do MS em 2006

6.7.1.4 Mato Grosso

No MT (Figura 24) os valores dos prejuízos anuais são bem maiores e isto se justifica devido ao tamanho das propriedades serem em média 127,0% superior às dos Estados do PR, RS e MS. Observou-se que 34,0% dos pulverizadores apresentaram prejuízos entre zero e R\$ 4.000,00. Verificou-se também alto percentual de ocorrência na faixa de R\$ 32.000,00 a R\$ 40.000,00 e algumas ultrapassaram R\$ 40.000,00 de prejuízos. Esses dados mostram que quanto maior a área cultivada maior deverá ser a preocupação na eficiência da calibração dos pulverizadores para que não haja desperdício de agrotóxicos, minimizando os prejuízos econômicos aos empresários rurais e contaminação desnecessária ao ambiente.

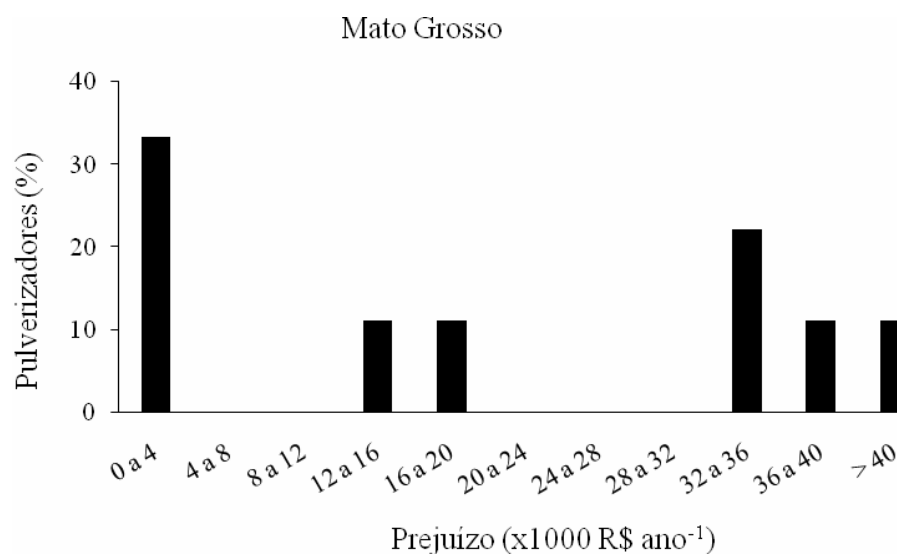


Figura 24. Amplitude e frequência do prejuízo devido aos erros na taxa de aplicação no Estado do MT em 2008

6.7.2 Amplitude e frequência dos prejuízos em função dos erros de leitura do copo calibrador

A amplitude e a frequência do potencial de prejuízos anuais em função dos erros de leitura do copo calibrador pelos responsáveis pelos pulverizadores foram calculadas considerando os erros negativos, os quais caracterizaram sobreaplicação.

6.7.2.1 Paraná

Do total de pulverizadores que estavam sobreaplicando (erros negativos de leitura do copo), observou-se que a maior frequência dos prejuízos econômicos ao produtor encontrava-se entre 0 (zero) e R\$ 2.000,00 e em aproximadamente 30% os prejuízos variavam de R\$ 2.000,00 a R\$ 4.000,00 (Figura 25). Apenas um produtor ficou com prejuízo superior a R\$ 18.000,00, este fato ocorreu numa propriedade de 484 ha com um custo

anual com agrotóxicos de R\$ 496,00 por hectare, onde o responsável pelo pulverizador ao ler o volume de água no copo calibrador cometeu um erro de menos 18,34%, ou seja, o volume real era 507,0 mL (507,0 g obtido através da pesagem) e o responsável pelo pulverizador leu 600,0 mL. Isto evidencia a importância de se utilizar o método da pesagem (gravimétrico) ao invés do método do copo calibrador para calibrar os pulverizadores para não incorrer em erros de metodologia ou erros humanos que podem ser evitados e em contrapartida acarretar menos prejuízos aos produtores rurais.

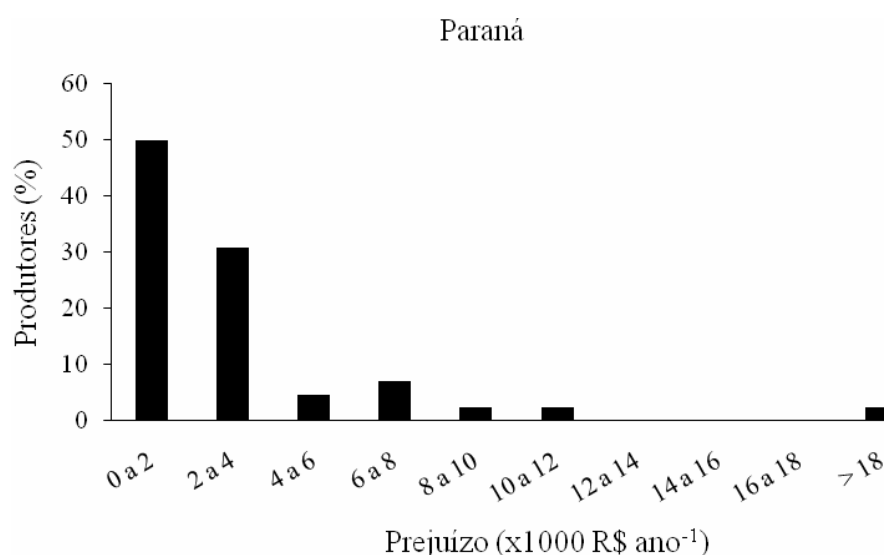


Figura 25. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007

6.7.2.2 Rio Grande do Sul

No RS (Figura 26), do total de erros que caracterizaram sobreaplicações, em aproximadamente 78% das avaliações a amplitude e frequência dos prejuízos econômicos anual aos produtores ficaram entre 0 (zero) e R\$ 2.000,00, vindo em segundo lugar entre R\$ 4.000,00 a R\$ 6.000,00. Verificou-se também uma propriedade com

prejuízos anuais entre R\$ 16.000,00 e R\$ 18.000,00 e isto se justifica por ser uma grande propriedade (1700,0 ha).

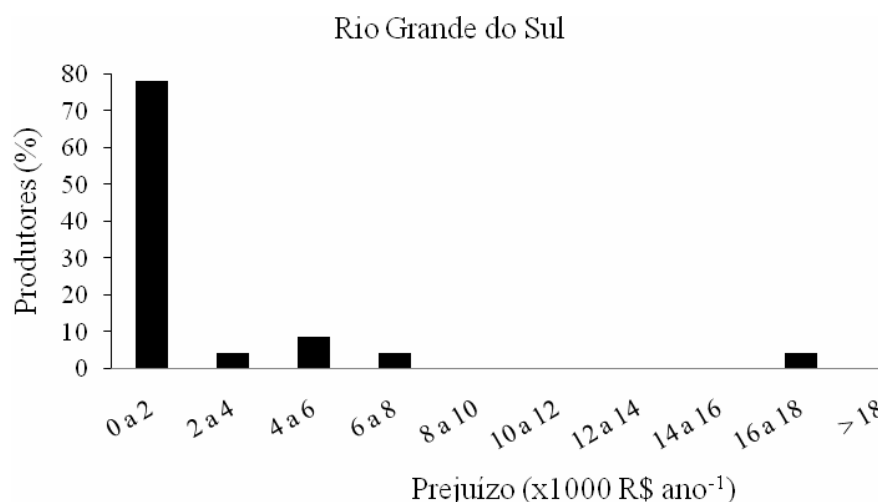


Figura 26. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007

6.7.2.3 Mato Grosso do Sul

Conforme mostra a Figura 27, no MS a maior frequência de prejuízos (50,0% das propriedades) situou-se entre R\$ 2.000,00 e R\$ 4.000,00. Os 50,0% restantes das sobreaplicações, 25,0% os prejuízos concentraram-se entre R\$ 4.000,00 e R\$ 6.000,00 e os outros 25,0% com prejuízos entre R\$10.000,00 a R\$ 12.000,00. Apesar de serem avaliadas apenas oito propriedades no total, mesmo assim constatou prejuízos altos aos proprietários decorrente do erro de leitura do copo calibrador pelo responsável do pulverizador avaliado.

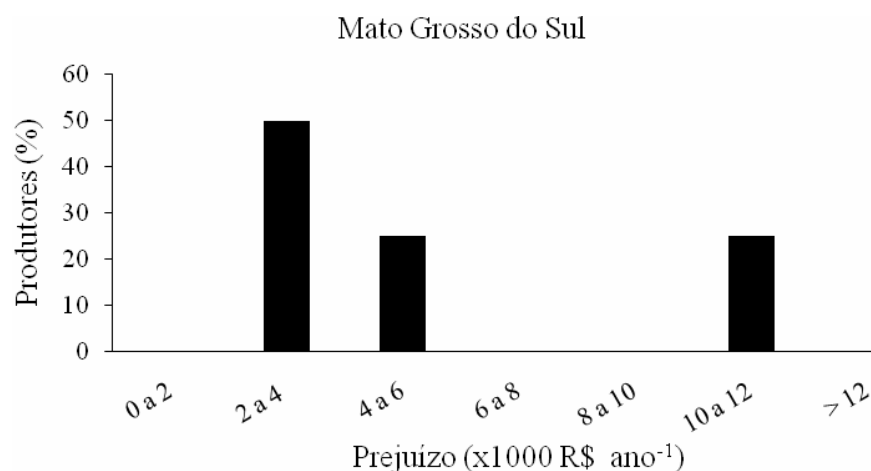


Figura 27. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha⁻¹) em função de erros de leitura do copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MS em 2006

6.7.2.4 Mato Grosso

No MT dos 15 responsáveis pelos pulverizadores (44,0%) que cometeram erros de leitura do copo calibrador caracterizando sobreaplicações, em 50,0% delas (7,5 unidades) a amplitude e a frequência dos prejuízos ficou entre 0 (zero) e R\$ 2.000,00. Observou-se também uma alta frequência de prejuízos (aproximadamente 15,0% para cada uma) entre R\$ 4.000,00 a R\$ 6.000,00 e entre R\$ 12.000,00 a R\$ 14.000,00. Esta maior ocorrência de prejuízos mais altos neste Estado se justifica devido ao tamanho das áreas de cultivo que são bem superiores principalmente aos Estados do PR e RS. A Figura 28 mostra a amplitude e a frequência dos prejuízos.

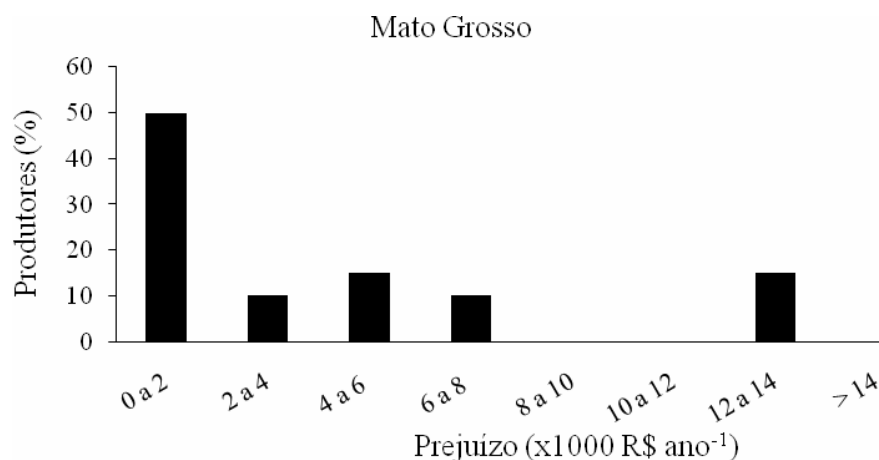


Figura 28. Amplitude e frequência do prejuízo (R\$ ha⁻¹) em função de erros de leitura copo calibrador do responsável pelo pulverizador no Estado do MT em 2008

6.7.3 Prejuízos econômicos dos erros de simulação do uso do copo calibrador

Para este cálculo consideraram-se apenas os valores de erros negativos que caracterizaram sobreaplicações de produtos na simulação do uso do copo calibrador na calibração dos pulverizadores.

6.7.3.1 Paraná

A Figura 29 apresenta a amplitude e a frequência dos prejuízos anuais devido aos erros na taxa de aplicação pela simulação da calibração pelo copo calibrador no PR. Verificou-se maior frequência de prejuízos no intervalo de zero a R\$ 1.000,00 em aproximadamente 82,0% dos pulverizadores. Estes resultados evidenciam o potencial de prejuízos que produtor poderá ter devido ao erro na taxa de aplicação no caso da calibração do pulverizador através do copo calibrador.

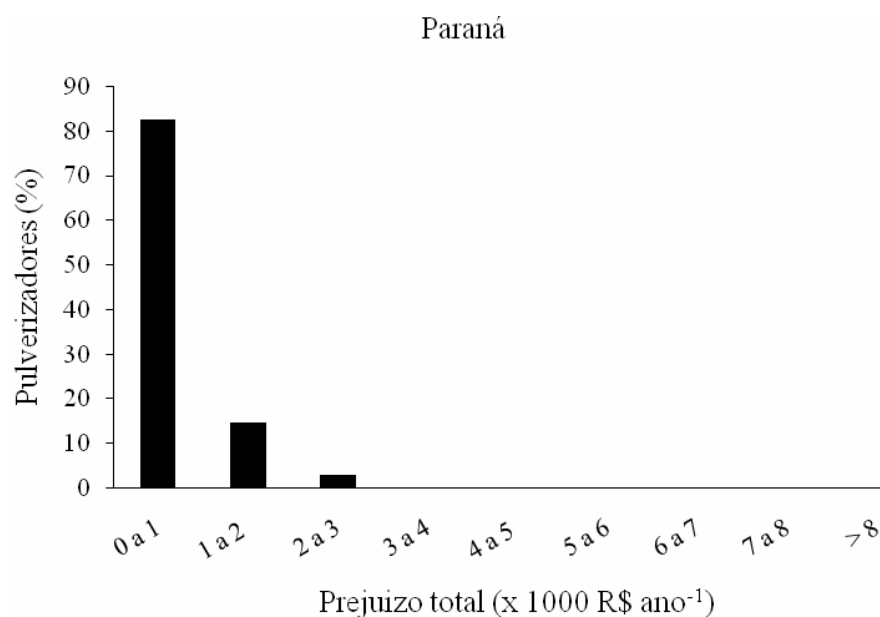


Figura 29. Amplitude e frequência do prejuízo da simulação de calibração do pulverizador pelo copo calibrador no Estado do PR nos anos de 2006 e 2007

6.7.3.2 Rio Grande do Sul

Para o RS (Figura 30) 67,0% dos pulverizadores que estavam sobreaplicando, a frequência de prejuízos anuais foi de zero a R\$ 2.000,00 e o restante (33,0%) situaram entre R\$ 1.000,00 e R\$ 2.000,00. Isto se justifica devido à ocorrência de áreas de cultivos maiores neste Estado com relação ao PR.

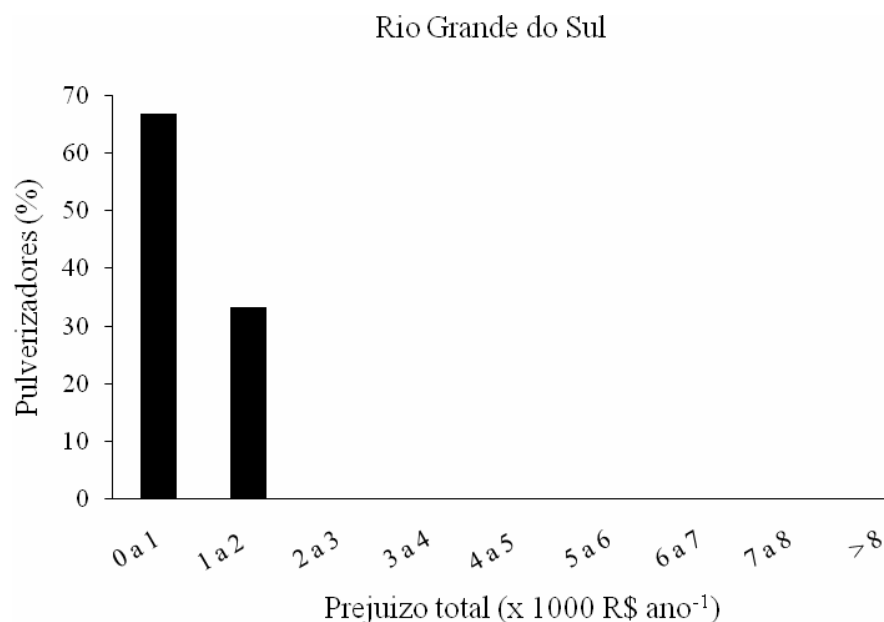


Figura 30. Amplitude e frequência do prejuízo da simulação de calibração do pulverizador pelo copo calibrador no Estado do RS nos anos de 2006 e 2007

6.7.3.3 Mato Grosso

Neste Estado a frequência dos prejuízos anuais difere totalmente do PR e RS, sendo bem maiores e isso ocorre em função do maior tamanho das propriedades, que foi em média 127,0% superior às dos dois Estados. Observou-se que 25,0% dos pulverizadores apresentaram prejuízos entre zero e R\$ 1.000,00 e outros 25,0% entre R\$ 2.000,00 e R\$ 3.000,00 de prejuízos. Para algumas propriedades os prejuízos estimados nas simulações foram superiores a R\$ 8.000,00 (Figura 31).

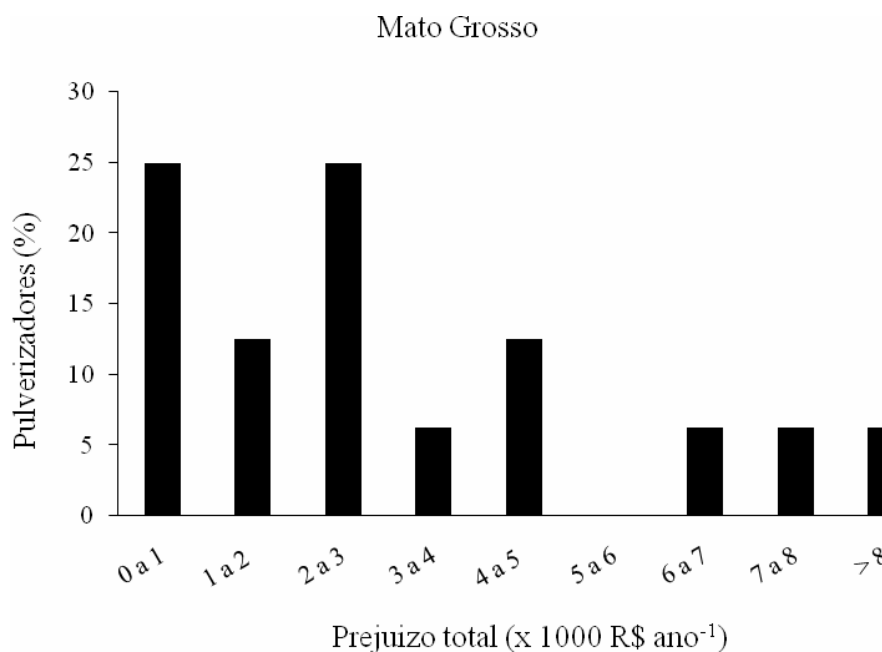


Figura 31. Amplitude e frequência do prejuízo da simulação de calibração do pulverizador pelo copo calibrador no Estado do MT em 2008

6.7.4 Prejuízos econômicos devido aos erros de espaçamento entre bicos

Através dos dados dos espaçamentos entre bicos estimaram-se os prejuízos anuais dos produtores. Consideraram-se apenas os erros onde o espaçamento era menor do que o padrão da máquina e com valor superior a 10% de erro. Pulverizadores com erros superiores a 10,0% do limite máximo permitido os prejuízos econômicos podem ser devido à falha de controle nas faixas onde não foram aplicados produtos, porém neste trabalho não foi possível fazer estas avaliações.

6.7.4.1 Paraná

O potencial de prejuízo anual no PR devido aos erros de espaçamentos entre bicos está mostrado na Tabela 13. O percentual de área com sobreaplicação foi estimado em mais de 1,0% em várias situações, sendo que em um caso o valor foi próximo a 1,5%. Desta forma, apesar de variáveis os prejuízos potenciais são significativos e diretamente proporcionais ao tamanho da área e ao custo dos agrotóxicos aplicados.

Tabela 13. Prejuízos econômicos em função do erro de espaçamento entre bicos no Paraná nos anos de 2006 e 2007

Pulverizadores	Nº espaçamentos errados	Área sobreaplicada (%)	Área total da propriedade (ha)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Prejuízos (R\$ ano ⁻¹)
1	1	0,2358	726,0	400,00	684,91
2	1	0,4324	80,0	500,00	172,97
3	1	0,3556	484,0	350,00	602,31
4	2	1,0000	300,0	250,00	750,00
5	2	1,4857	500,0	240,00	1782,86
6	2	1,3684	120,0	416,00	683,12
7	3	1,0811	121,0	250,00	327,03
Média					714,74

6.7.4.2 Rio Grande do Sul

No RS dos 35 pulverizadores avaliados sete unidades (20,6%) estavam sobreaplicando devido aos erros de espaçamentos. Na Tabela 14 observa-se que o potencial de prejuízo econômico poderia chegar a R\$ 5375,00.

Tabela 14. Prejuízos econômicos em função do erro de espaçamento entre bicos no Rio Grande do Sul nos anos de 2006 e 2007

Pulverizadores	Nº espaçamentos errados	Área sobreaplicada (%)	Área total da propriedade (ha)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Prejuízos (R\$ ano ⁻¹)
1	1	0,6500	950,0	240,00	1482,00
2	3	3,0714	700,0	250,00	5375,00
3	2	0,3308	400,0	300,00	396,97
4	1	0,3158	35,0	130,00	14,37
5	1	0,6667	170,0	180,00	204,00
6	2	1,5152	250,0	160,00	606,06
7	1	0,3256	150,0	180,00	87,91
Média					1166,62

6.7.4.3 Mato Grosso

O MT (Tabela 15) em comparação com os Estados do PR e RS apresenta menores áreas estimadas com erros de espaçamento dos bicos. Isto se justifica pela menor quantidade de erro de espaçamento, o que por sua vez pode estar ligado à idade dos pulverizadores. No MT a idade máxima dos pulverizadores foi de 12 anos, sendo que no PR foi de 22 anos e no RS 20 anos.

Tabela 15. Prejuízos econômicos em função do erro de espaçamento entre bicos no Mato Grosso no ano de 2008

Pulverizadores	Nº espaçamentos errados	Área sobreaplicada (%)	Área total da propriedade (ha)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Prejuízos (R\$ ano ⁻¹)
1	1	0,3784	350,0	311,80	412,92
2	1	0,3243	500,0	311,80	505,62
3	1	0,3243	1000,0	275,20	892,54
4	1	0,3784	925,0	177,80	622,30
5	1	0,4324	550,0	177,80	422,88
Média					571,25

6.7.5 Prejuízos econômicos devido à presença de vazamentos

De acordo com a coleta de dados realizada a campo, considerou-se um vazamento de antigotejador de 1,2 L de calda desperdiçada por hora e outro vazamento de filtros de linha com valor de 2,05 L de calda desperdiçada por hora. De posse desses dados determinou o custo anual da calda desperdiçada para esses tipos de vazamentos em todos os pulverizadores inspecionados. Observa-se na Figura 32 que os valores para Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT) foram semelhantes entre si para as duas categorias de vazamentos. Independentemente do tipo de vazamento os valores para o RS foram maiores que nos outros Estados. Como exemplos, para vazamentos pequenos a média para PR, MS e MT ficou próxima a 150,00 R\$ ano⁻¹ enquanto no RS esse valor ultrapassou 200,00 R\$ ano⁻¹. No caso dos grandes vazamentos o comportamento foi o mesmo, com valores próximos a 260 R\$ ano⁻¹ para o PR, MS e MT enquanto no RS esse valor ultrapassou 350,00 R\$ ano⁻¹. Estes resultados devem ser interpretados em função da forma com que foram simulados os prejuízos anuais. A variação de valores entre regiões se deve à interação entre fatores como a capacidade operacional, a área da propriedade e o custo anual com agrotóxicos, e não a quantidade de vazamentos visto que tal fator foi simulado com um valor constante para todos os pulverizadores.

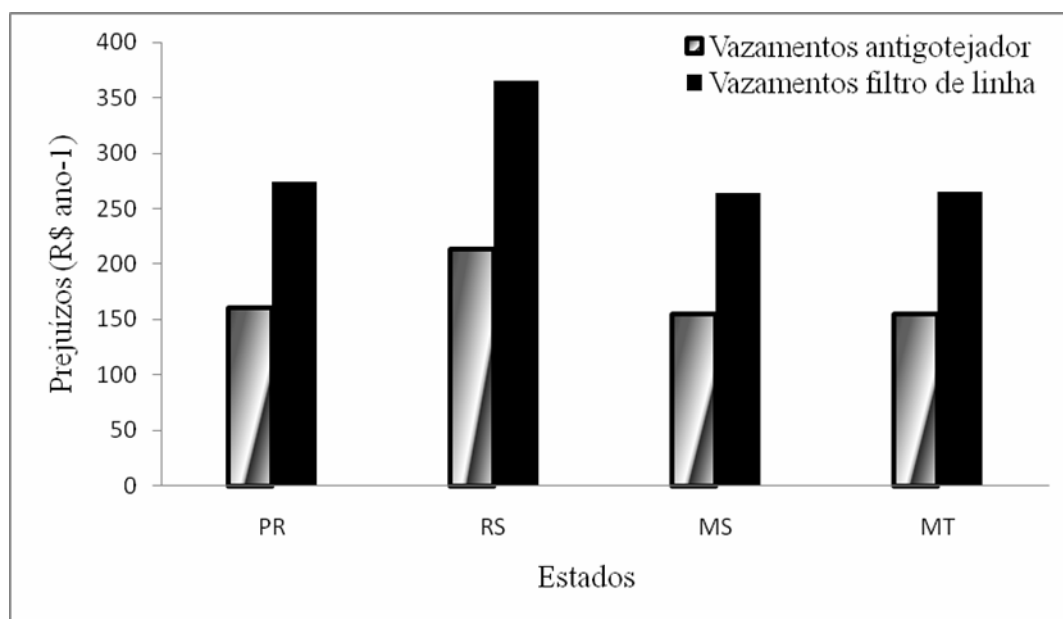


Figura 32. Prejuízos anuais médios simulados em função da ocorrência de vazamentos

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando-se como base o objetivo do trabalho observou-se que a utilização do copo calibrador apresentou erros significativos os quais podem ser minimizados pelo uso da metodologia de calibração pelo método com baldes e balança (método gravimétrico). Esta observação foi válida para todas as regiões em que o trabalho foi realizado independentemente do tipo de pulverizador e grau de desenvolvimento tecnológico da propriedade. Foi importante constatar que os erros de calibração dos computadores dos pulverizadores não tiveram correlação aparente direta com estes erros de leitura dos copos. Assim, entende-se a calibração do sensor de fluxo como um fator importante e isolado da prática cotidiana de calibração pela tomada de vazões das pontas independentemente da forma que esta é realizada. Outro fato importante se refere à observação de que a simulação do erro de determinação do volume de calda pela coleta de diferentes pontas da barra não indicou níveis de variabilidade que justificasse a discrepância de valores obtidos na calibração dos computadores (sensor de fluxo). É possível entender, entretanto, que os erros dessa calibração devem ser creditados a uma cadeia de eventos que incluem os erros avaliados neste trabalho, mas não exclusivamente. Assim, outros erros ou seqüência de erros são determinantes e devem ser explorados em trabalhos futuros.

A análise da evolução do estado dos pulverizadores através da metodologia do Projeto IPP mostrou que os incentivos às práticas de inspeção resultaram em melhorias quantificáveis. Foi possível observar reduções nos índices de erros em vários dos fatores avaliados de um ano para outro. Considerando-se que no PR e RS as propriedades em 2007 já haviam sido visitadas em 2006, ratifica-se a influência positiva do Projeto IPP no incentivo às boas práticas de pulverização.

No que se refere aos prejuízos econômicos, apesar das simulações serem oriundos de cálculos teóricos, os dados podem ser entendidos como representativos da realidade de cada Estado, visto que partes significativas dos dados das simulações foram extraídas dos dados dos pulverizadores inspecionados.

Apesar da Inspeção Periódica de Pulverizadores (Projeto IPP) ter iniciado no Brasil em 1998, observou-se que de forma geral pelos vários trabalhos que já foram realizados no período de 1998 até 2009, que não houve melhoria na manutenção e também na calibração dos pulverizadores. Observou-se que os erros cometidos são praticamente os mesmos, isto justifica maior necessidade de treinamentos e conscientização das pessoas envolvidas com a aplicação de agroquímicos.

8 CONCLUSÕES

O método de calibração pelo copo calibrador apresentou erros, tanto pela determinação direta no volume no copo como pela variabilidade das pontas coletadas na barra. Tal processo se mostrou falho e com índices de erro que justificam amplamente a adoção do método gravimétrico (coleta nos baldes e pesagem);

Os erros de leitura do copo calibrador cometidos pelos responsáveis pelos pulverizadores ocorreram em maior frequência para um valor maior do que o real, caracterizando subaplicação de produtos;

A calibração dos pulverizadores com computador apresentou percentual de erros superior aos observados no processo de leitura do copo calibrador, indicando haver uma cadeia de erros que se somam para determinação deste erro;

Os pulverizadores inspecionados neste trabalho apresentaram índices de falha compatíveis com aqueles citados na bibliografia. No Paraná e Rio Grande do Sul foi observada melhoria nas condições dos pulverizadores nas propriedades visitadas pelo segundo ano consecutivo;

Em geral os índices de falhas na inspeção de pulverizadores continuam elevados quando comparados com os valores publicados nos últimos 10 anos, apesar de se observar evolução em alguns itens. Isto mostra que ainda é necessário o investimento no incentivo ao melhor uso e manutenção dos pulverizadores;

A análise dos prejuízos devido aos erros de calibração e de manutenção dos pulverizadores apresentou maior frequência na faixa de valores de zero a R\$ 4.000,00 por ano, o que justificaria plenamente a adoção de melhores práticas de calibração e manutenção. Observou-se que em alguns casos os prejuízos ultrapassaram o valor de R\$ 40.000,00 ao ano. A magnitude dos valores observados representa, sobremaneira, motivo de grande preocupação quanto à sustentabilidade do processo produtivo, visto que não se podem admitir prejuízos tão significativos numa agricultura competitiva.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R. Avaliação de pulverizadores de barra na região do triângulo mineiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., 2008, Ribeirão Preto. **Artigos...** Ribeirão Preto: IAC, 2008. 1 CD-ROM.

ANTUNIASSI, U. R. Pulverizadores inspeção: de olho na máquina. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, RS, v. 1, n. 5, p. 16-18, set./out. 2001.

ANTUNIASSI, U. R.; GADANHA JÚNIOR, C. D. Aplicação localizada de produtos fitossanitários. **Agricultura de Precisão**. Viçosa, 2000. p.181-202.

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

BIOCCA, M.; VANNUCCI, D. Organization and criteria of inspection of sprayers in Italy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 2000 Coventry: **Proceedings...** Coventry: EurAgEng, 2000.v.2, p. 217-218.

BJUGSTAD, N. et al. **Mandatory testing of sprayers and orchard sprayers in Norway**. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STANDARDIZED PROCEDURE FOR THE INSPECTION OF SPRAYERS IN EUROPE, 2, 2007, Straelen, **Proceedings...**Straelen: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), 2007. p. 50-53.

Disponível em: <<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt412.pdf#page=52>>.

Acesso: 15 jan. 2009

BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de defensivos: passado, presente e futuro. In: BORGES, L. D. (Org.). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. p.23-35.

DIAS, R. S. Domine a técnica do jato. *Cultivar*, v.2, n.2, p.22-24, março 1999.

DI OLIVEIRA, J. R. G. **Cobertura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda**. Jaboticabal. 2008. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia Agrícola)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2008.

BRAGA, L. et al. Diagnóstico das condições de manutenção de pulverizadores no Estado de MS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., 2008, Ribeirão Preto. **Artigos...** Ribeirão Preto: IAC, 2008. 1 CD-ROM.

ENDRIZZI, T. Indispensabili per le irroratrici manutenzioni e controlli più accurati. **L' Informatore Agrario**, Bolzano, v. 24, p. 37-8, 1990.

FRIEDRICH, T. La actualización de la FAO com respecto a la tecnologia de aplicación para Agroquímicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1, 1996, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: IAC, 1996. 15p.

GANDOLFO, M. A. et al. Avaliação de erros na taxa de aplicação e na vazão das pontas em pulverizadores agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA RURAL, 1, 2007, Bandeirantes. **Anais...** Bandeirantes: UENP, FALM, 2007. p. 1-5.

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

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. Botucatu. 2002. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2002.

GANZELMEIER, H. Rules of approval, rules of inspection, quality management of inspection in Germany. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STANDARDIZED PROCEDURE FOR THE INSPECTION OF SPRAYERS IN EUROPE, 2, Straelen: **Proceedings...** Straelen: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), 2007. p. 29-33. Disponível em: <<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt412.pdf#page=52>>. Acesso: 15 jan. 2009

GOMES, A. **Análise econômica da produção de feijão, milho e soja com e sem irrigação no município de Itai - SP**. Botucatu. 2008. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura)–Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2008.

GONÇALVES, P. C. T. **Manual Zeneca de manuseio e aplicação para agrotóxicos**. São Paulo: Zeneca Agrícola, 1999. 17p.

HAGENVAL, H. Environmental safety aspects on field crop sprayers. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 372, p. 17 – 24, 1994.

HUYGHEBAERT, B. et al. Eu management of plant protection pesticides. Gembloux, 2009. 7p. Disponível em: < <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot4/Huyghebaert.pdf>>. Acesso: 3 mar. 2009.

HUYGHEBAERT, B. et al. Compulsory inspection of crop sprayers already in use in Belgium. Selection of control method. AgEng, paper 96-121, 1996, 11p.

JACTO MÁQUINAS AGRÍCOLAS S.A. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**. Pompéia, 2001. 24p.

Disponível em: <http://www.jacto.com.br/adm/arquivos/Manual%20de%20Treinamento.pdf>>. Acesso: 15 jan. 2009.

JEZIK, M.; LAVCAK, F. Performance of regular inspections of sprayers. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STANDARDIZED PROCEDURE FOR THE INSPECTION OF SPRAYERS IN EUROPE, 2, 2007, Straelen. **Proceedings...** Straelen: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), 2007. p. 137-138.

Disponível em: <<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt412.pdf#page=52>>.

Acesso: 15 jan. 2009

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

KOCH, H., WEIBER, P. Aspects of laboratory spray track use in pesticide testing procedures. **Nachrichtenbl Deutschland Pflanzenschutz**, Braunschweig, v. 48, n. 8/9, p. 176 - 180. 1996.

LANÇAS, K. P. et al. Manutenção dá vida longa ao trator. **A Granja**, Porto Alegre, n.54, p. 40-50, ago. 1998.

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 eletrônicos...** Jundiaí: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20%20automação/sintag/ALangenakens.PDF>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

MACHADO, A. L. T. Prevenção custa menos. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.4, p.12-14, 2001.

MARTINS, M. C.; MOREIRA, J. F. The first year of the sprayer inspection in Portugal. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STANDARDIZED PROCEDURE FOR THE INSPECTION OF SPRAYERS IN EUROPE, 2, 2007, Straelen, 2007. **Proceedings...** Straelen: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), 2007. p.139.
Disponível em: <<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt412.pdf#page=52>>.
Acesso: 15 jan. 2009.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária, Sociedade de Agronomia. p.1-15. 1998.

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

MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo: v.23, p.123-139, 1976.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MILLER, P.C.H. et al. Methods of controlling sprayer output for spatially variable herbicide application. In: Brighton Crop Protection Conference, 1997. **Proceedings...** Brighton, 1997. p.641-644.

OSTEROTH, H. J. Inspection of sprayers in Germany - results and experience over the past decades. Braunschweig, 2004, 7p.

Disponível em:
<http://www.jki.bund.de/nn_1237452/DE/Home/pflanzenschutzgeraete/spise/i_package/dt/link2,templateId=raw.../link2.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2009.

OZKAN, H. E. Sprayer performance evaluation with microcomputers. **Applied Engineering Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 36 - 41. 1987.

PANNEL, D. J. Economic justifications for government involvement in weed management: A Catalogue of market failures. **Plant Protection Quarterly**, Victoria, v. 9, n. 4, p. 131-137, 1994.

PEREIRA et al. Avaliação da acurácia de fluxômetros submetidos a diferentes condições operacionais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa, 2005, 1 CD-ROM.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z. SANTIAGO, T. (eds). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. p. 133-201

REICHARD, D.L. et al. Nozzle wear rates and test procedure. **Transactions of the ASAE**, v. 34, p. 2309-16, 1991.

RICHETTI, A. Custo de produção de mandioca industrial, safra 2007. **Comunicado Técnico**, Dourados, n.133, 2007. 5p.

RIKOON, J. S. et al. Factors affecting farmer's use and rejection of banded pesticide applications. **J. Soil Water Conservation**, Ankeny, v. 51, p. 322-329, 1996.

ROSS, A. M.; LEMBI, C. A. **Applied weed science**. Minneapolis: Burgess, 1985. 340p.

SANTOS, J. M. F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Instituto Biológico, 2002. 62p.

SEDLAR, A. et al. Establishing sprayer inspection in Serbia. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STANDARDIZED PROCEDURE FOR THE INSPECTION OF SPRAYERS IN EUROPE, 2, Straelen: **Proceedings...** Straelen: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), 2007. p. 150-156.
Disponível em: <<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt412.pdf#page=52>>.
Acesso: 15 jan. 2009.

SILVEIRA, J. C. M. et al. Avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel, Estado do PR. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 28, n. 4, p. 569-573, out./dez. 2006.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG). **Mercado de Defensivos**. São Paulo, 2008.

Disponível em: <<http://http://www.sindag.com.br/upload/MercadodeAgroquimicos2007-Dadosgerais.ppt>>. Acesso em: 24 jan. 2009.

TUGNOLI, V. Il controllo e la taratura delle barre per trattamenti diserbanti. **L' Informatore Agrario**, n. 21, p. 35-38, 1995.

VEIGA, C. M.; ANTUNIASSI, U. R. Determinação da eficiência operacional para aplicação de herbicidas na cultura da soja. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.23, n.2, 2008. p.1-5.

VEIGA, C. M. **Modelo computacional para análise operacional e econômica da aplicação de herbicidas na cultura da soja**. Botucatu. 2004. 71p. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura)– Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2004.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1996. 249 p.

WEHMANN, H. J. Actual survey about inspection of sprayers in the European countries. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STANDARDIZED PROCEDURE FOR THE INSPECTION OF SPRAYERS IN EUROPE, 2, Straelen: **Proceedings...** Straelen: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), 2007, p.22-28.
Disponível em: <<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt412.pdf#page=52>>.
Acesso: 15 jan. 2009

APÊNDICE

Tabela 1. Marca, modelos, ano de fabricação, idade e forma de acoplamento dos 60 pulverizadores utilizados no Paraná nos anos de 2006 e 2007

Item	Marca	Modelos	Ano de fabricação	Idade (anos)	Forma de acoplamento
1	Jacto	Columbia A18	2000	6	Arrasto
2	Jacto	Uniport 2000	2005	2	Autopropelido
3	Jacto	Columbia A17	2000	6	Arrasto
4	Jacto	Columbia Cross	1996	10	Arrasto
5	Jacto	Columbia Cross	1996	10	Arrasto
6	Jacto	Columbia Cross	2003	3	Arrasto
7	Jacto	Columbia Vortex	2004	2	Arrasto
8	Jacto	Columbia Cross	2004	2	Arrasto
9	Jacto	Columbia Cross	2004	2	Arrasto
10	Jacto	Columbia Advance	2004	2	Arrasto
11	Jacto	Columbia A17	1988	8	Arrasto
12	Jacto	Columbia AD 18	2001	5	Arrasto
13	Jacto	Uniport 2000	2001	5	Autopropelido
14	Jacto	Columbia Cross	1998	8	Arrasto
15	Jacto	Columbia Cross	1993	13	Arrasto
16	Jacto	Columbia Vortex	2003	3	Arrasto
17	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
18	Metalfor	TVA Novo 200G Max	2005	1	Arrasto
19	Jacto	Columbia Advance	2004	2	Arrasto
20	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
21	Jacto	Columbia Cross	2003	3	Arrasto
22	Jacto	Columbia Cross	2002	4	Arrasto
23	Jacto	Columbia A17	2004	3	Arrasto
24	Montana	Ranger 2000	2004	2	Autopropelido
25	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
26	Jacto	Uniport	2002	4	Autopropelido
27	Jacto	Columbia Advance			
28	Jacto	Vortex	2001	5	Arrasto
29	Jacto	Columbia Cross	1996	10	Arrasto
30	Jacto	Columbia A 18	2002	4	Arrasto
31	Jacto	Columbia AD 18	2002	4	Arrasto
32	Jacto	Columbia A 18	1994	2	Arrasto
33	Jacto	Columbia Cross	2003	3	Arrasto
34	Jacto	Columbia A 18	1999	7	Arrasto
35	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
		Columbia Cross	2003	3	Arrasto

36	Jacto	Columbia A 17	1987	9	Arrasto
37	Jacto	Condor 600	2003	3	Montado
38	Jacto	Condor 600	1988	18	Montado
39	Jacto	Condor 600	2001	5	Montado
40	Jacto	Condor 600	1999	7	Montado
41	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
42	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
43	Jacto	Columbia Cross	1998	8	Arrasto
44	Jacto	Columbia A 17	1989	17	Arrasto
45	Jacto	Columbia Cross	2002	4	Arrasto
46	Jacto	Columbia Cross	2003	3	Arrasto
47	Jacto	Columbia Cross	2004	2	Arrasto
48	Jacto	Columbia Cross	2001	5	Arrasto
49	Jacto	Columbia Cross	2004	2	Arrasto
50	Jacto	Columbia AD 18	2002	4	Arrasto
51	Jacto	Columbia Cross	2002	4	Arrasto
52	Jacto	Columbia AD - 18	1997	10	Arrasto
53	Jacto	Columbia Cross	2002	5	Arrasto
54	Jacto	Columbia Cross	1997	10	Arrasto
55	Jacto	Columbia Cross	1998	9	Arrasto
56	Jacto	Columbia A - 17	1985	22	Arrasto
57	Jacto	Columbia Cross	1997	10	Arrasto
58	Jacto	UNIPORT 2000	2006	1	Autopropelido
59	Jacto	COLUMBIA AD - 18	2002	5	Arrasto
60	Jacto	Condor 600	1998	9	Arrasto

Tabela 2. Marca, modelos, ano de fabricação, idade e forma de acoplamento dos 35 pulverizadores utilizados no Rio Grande do Sul nos anos de 2006 e 2007

Item	Marca	Modelo	Ano de fabricação	Idade (anos)	Forma de acoplamento
1	Jacto	Uniport 2000	2001	5	Autopropelido
2	Jacto	Uniport 2000	2003	3	Autopropelido
3	Jacto	Uniport 2000	2004	2	Autopropelido
4	Jacto	Uniport 2000	2002	4	Autopropelido
5	Jacto	Uniport 2000	2001	5	Autopropelido
6	Jacto	Uniport 2000	2002	4	Autopropelido
7	Jacto	Uniport 2000	2003	3	Autopropelido
8	Jacto	Columbia Cross(Adaptado)	1986	20	Autopropelido
9	Jacto	Coral AM-14	2000	6	Montado

10	Jacto	Condor 600	1993	13	Montado
11	Jacto	Columbia Vortex(adaptado)	1996	10	Autopropelido
12	Montana	Montana 800	2000	6	Autopropelido
13	MacSpary	MacSpray (adaptado)	2000	6	Autopropelido
14	Velleninho	Velleninho 1200 L	2003	3	Arrasto
15	Montana	Montana Alba 2000(adaptado)	2000	6	Autopropelido
16	Jacto	Columbia AD-18	2002	4	Arrasto
17	Jacto	Columbia Vortex (adaptado)	1999	7	Autopropelido
18	Jacto	Condor 400	2000	6	Montado
19	Jacto	Condor 600	2001	5	Montado
20	Jacto	Condor 600	2001	5	Montado
21	Jacto	Condor 600	2000	6	Montado
22	Tecnomarck	Tecnomarck Attack	2002	4	Arrasto
23	K.O	K.O(IH-10X - 600 L	2004	2	Arrasto
24	Jacto	Condor 600 (adaptado)	1998	8	Autopropelido
25	Montana	Montana 800 L	2004	2	Autopropelido
26	Jacto	Columbia Cross (adaptado)	2004	2	Autopropelido
27	Montana	Montana ECO Ranger (adaptado)	2004	2	Autopropelido
28	Jacto	Columbia Cross	1997	10	Arrasto
29	Jacto	Condor 600	1997	10	Arrasto
30	Jacto	Columbia Vortex (Adaptado)	1997	10	Autopropelido
31	Jacto	Condor JP 75 (800 Litros)	2002	5	Arrasto
32	Velleninho	1200 L	2006	1	Arrasto
33	Jacto	Cruzador 3.000	1997	10	Arrasto
34	Jacto	Columbia Cross (Adaptado)	1987	20	Autopropelido
35	Jacto	Condor 600	1990	17	Montado

Tabela 3. Marca, modelos, ano de fabricação, idade e forma de acoplamento dos 8 pulverizadores utilizados no Mato Grosso do Sul em 2006

Item	Marca	Modelo	Ano de fabricação	Idade (anos)	Forma de acoplamento
1	Jacto	Columbia Cross	2000	6	Arrasto
2	Jacto	Columbia Cross	1996	10	Arrasto
3	Montana	Eco Ranger 3000	2001	5	Autopropelido
4	Montana	Eco Ranger 3100	2000	6	Autopropelido
5	Jacto	Uniport 2000	2002	4	Autopropelido
6	Jacto	Columbia Cross	2004	2	Arrasto
7	Jacto	Columbia Cross	1998	8	Arrasto
8	Jacto	Columbia Cross	2005	1	Arrasto

Tabela 4. Marca, modelos, ano de fabricação, idade e forma de acoplamento dos 34 pulverizadores utilizados no Mato Grosso em 2008

Ite m	Marca	Modelo	Ano de fabricação	Idade (anos)	Forma de acoplamento
1	John Deere	JD 4720(John Deere)	2007	1	Autopropelido
2	Jacto	Advance 3000	2002	6	Arrasto
3	Jacto	Uniport 2000	2006	2	Autopropelido
4	Jacto	Columbia AD-18	2001	7	Arrasto
5	Jacto	Advance AM-18 Vortex	2003	5	Arrasto
6	Jacto	Columbia Cross AM-18	1998	10	Arrasto
7	Jacto	Advance Vortex 3000 AM-21	2002	6	Arrasto
8	Montana	Parruda 3000	2003	5	Autopropelido
9	Jacto	Uniport 2000 ST - 135	2000	8	Autopropelido
10	Gafanhoto	Gafanhoto	2000	8	Autopropelido
11	Jacto	Uniport 2000	2000	8	Autopropelido
12	Metalfor	MM 3000	2003	5	Arrasto
13	Jacto	Uniport 2000	2000	8	Autopropelido
14	Jacto	Uniport 2000	2000	8	Autopropelido
15	Jacto	Uniport 2000	2000	8	Autopropelido
16	Jacto	Uniport 2000	2000	8	Autopropelido
17	Jacto	Advance 3000	2002	6	Autopropelido
18	Jacto	Uniport 2000	2000	6	Autopropelido
19	Jacto	Uniport 2000	2003	5	Autopropelido
20	Jacto	Uniport 2500 Star	2008	0	Autopropelido
21	Jacto	Advance 2000	2003	5	Arrasto
22	Montana	Ranger 3000	1996	12	Autopropelido
23	Montana	Parruda	1998	10	Autopropelido
24	Jacto	Uniport 2000	2005	3	Autopropelido
25	Jacto	Uniport 2000	2004	4	Autopropelido
26	Jacto	Columbia Vortex 2000	2000	8	Arrasto
27	Jacto	Advance adaptado	2002	6	Autopropelido
28	Jacto	Columbia Cross	2001	7	Arrasto
29	Jacto	Advance AD-18	2002	6	Arrasto
30	Jacto	Advance AD-18	2002	6	Arrasto
31	Jacto	Advance 3000	2007	1	Arrasto
32	Jacto	Uniport 2000	2003	5	Autopropelido
33	Jacto	Advance 3000	2002	6	Arrasto
34	Jacto	Columbia Cross	1997	11	Arrasto

Tabela 5. Local e número de máquinas inspecionadas com a Unidade Móvel de Avaliação (U. M. A) nos Municípios dos Estados do PR, RS, MS e MT nos anos de 2006, 2007 e 2008

Local das avaliações	Número de máquinas inspecionadas/ano		
	2006	2007	2008
Tamarana-PR	02		
Londrina-PR	02		
Cruzmaltina-PR	01		
Faxinal-PR	01		
Ponta Grossa-PR		01	
Ouro Verde D`oeste-PR	01		
Catanduvas-PR	01		
Cascavel-PR	08		
Espigão Azul-PR	01		
Toledo-PR	01		
Palmitolândia-PR	01		
Santa Tereza-PR	01		
Rio do Salto-PR	01		
Palotina-PR	06	03	
Mangueirinha-PR	02		
Candói-PR	04		
Foz do Jordão-PR	02		
Goioxim-PR	01		
Mafra-SC	03		
Tijuca do Sul-PR	02		

Sertaneja-PR	01	
Sertanópolis-PR	01	
Cornélio Procopio-PR	01	
Clevelândia-PR		01
Palmas-PR		01
Guapirama-PR	01	
Andirá-PR	01	
Maringá-PR	02	03
Campo Mourão-PR	03	
Ivaiporã-PR	01	
Subtotal	51	09
Ijuí-RS	03	
Frederico Westphalen-RS	01	
Carazinho-RS	06	01
Passo Fundo-RS	04	06
Sananduva-RS	03	
Marau-RS	04	
Lajeado-RS	04	
Pântano Grande-RS	01	
Candelária-RS	01	
Ibirubá-RS		01
Subtotal	27	08
Sidrolândia-MS	01	
Maracaju-MS	03	

Rio Brilhante-MS	01
Dourados-MS	02
Ponta Porã-MS	01
Subtotal	08
Região Norte	
Ipiranga do Norte-MT	01
Vera-MT	02
Tapurah-MT	01
Lucas do Rio Verde-MT	02
Nova Mutum-MT	02
Subtotal	08
Região Noroeste	
Campo Novo dos Parecis-MT	04
Sapezal-MT	02
Campos de Júlio-MT	02
Diamantino-MT	02
Subtotal	08
Região Sul	
Campo Verde-MT	01
Santo Antonio do Leverger-MT	01
Jaciara-MT	02
Rondonópolis-MT	01
Itiquira-MT	01
Dom Aquino-MT	01

Subtotal			07
Região Leste			
Nova Xavantina-MT			02
Canarana-MT			03
Querência-MT			03
Gaúcha do Norte-MT			01
Subtotal			08
Total	86	17	34

Tabela 6. Local e número de máquinas inspecionadas com a Unidade Móvel de Avaliação (U. M. A) nos Estados do PR, RS, MS e MT nos anos de 2006, 2007 e 2008

Estados	Número de máquinas inspecionadas/ano		
	2006	2007	2008
Paraná	51	09	
Rio Grande do Sul	27	08	
Mato Grosso do Sul	08		
Mato Grosso			34
Total	86	17	34

Tabela 7. Planilha de inspeção sobre informações e características dos pulverizadores

Código da inspeção:
Nome do proprietário:
Responsável pelo pulverizador:
Nome da propriedade:
Pulverizador
Marca:
Modelo:
Ano de fabricação:
Endereço:
Telefone para contato:

Tabela 8. Modelo de planilha para anotação dos dados das avaliações qualitativas do Estado geral dos pulverizadores

Inspeção	Conformidade	
Estado das mangueiras	Sim ()	Não ()
Comentários		
Localização das mangueiras	Sim ()	Não ()
Comentários		
Proteção das partes móveis	Sim ()	Não ()
Comentários		
Vazamentos	Sim ()	Não ()
Comentários		
Presença e funcionamento do manômetro	Sim ()	Não ()
Comentários		
Adequação do manômetro	Sim ()	Não ()
Comentários		
Espaçamento entre bicos	Sim ()	Não ()
Comentários		
Filtro de linha	Sim ()	Não ()
Comentários		
Filtro de sucção	Sim ()	Não ()
Comentários		
Antigotejadores	Sim ()	Não ()
Comentários		
Pontas	Sim ()	Não ()
Comentários		
Calibração	Sim ()	Não ()

Tabela 11. Modelo de planilha para anotação das informações adicionais sobre o pulverizador.

Faixa do manômetro:
Manômetro funciona?
Manômetro adequado?
Pressão de trabalho (psi):
Rotação de trabalho do motor (rpm):
Marca e modelo das pontas:
Tempo de uso das pontas (h):

Tabela 12. Área e custo anual de produção com defensivos agrícolas para soja nos Estados do PR, RS, MS e MT³

Produtor	PR		RS		MS		MT	
	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Área (ha)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Área (ha)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Área (ha)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Área (ha)
1	400,0	400,0	195,0	280,0	252,0	340,0	311,8	2500,0
2	400,0	726,0	100,0	400,0	250,0	325,0	311,8	850,0
3	344,0	726,0	160,0	950,0	250,0	833,0	311,8	2000,0
4	400,0	218,0	250,0	160,0	270,0	435,0	311,8	770,0
5	413,0	290,0	200,0	600,0	300,0	1700,0	311,8	350,0
6	500,0	80,0	300,0	1700,0	286,0	350,0	311,8	500,0
7	198,0	605,0	170,0	2220,0	287,0	150,0	311,8	385,0
8	275,0	73,0	235,0	850,0	280,0	275,0	311,8	2300,0
9	413,0	220,0	180,0	900,0			275,2	2000,0
10	180,0	500,0	200,0	200,0			275,2	2400,0
11	300,0	303,0	240,0	950,0			275,2	1235,0
12	250,0	339,0	230,0	280,0			275,2	2100,0
13	250,0	1570,0	250,0	700,0			275,2	1000,0
14	250,0	182,0	280,0	700,0			275,2	2000,0
15	170,0	117,0	200,0	600,0			275,2	1700,0
16	300,0	411,0	300,0	400,0			275,2	1500,0
17	300,0	100,0	300,0	1180,0			275,2	1000,0
18	200,0	77,0	130,0	35,0			275,2	2000,0
19	250,0	121,0	180,0	170,0			276,3	930,0
20	496,0	484,0	190,0	97,0			276,3	2200,0
21	331,0	96,7	280,0	100,0			276,3	600,0
22	330,0	266,0	180,0	80,0			276,3	740,0
23	350,0	484,0	180,0	100,0			276,3	1000,0
24	413,0	193,6	160,0	250,0			276,3	1250,0
25	250,0	36,3	170,0	400,0			276,3	1400,0
26	450,0	500,0	200,0	1200,0			177,8	1500,0
27	113,0	266,0	180,0	150,0			177,8	925,0
28	250,0	116,2	300,0	180,0			177,8	340,0
29	250,0	300,0	300,0	150,0			177,8	550,0
30	400,0	500,0	300,0	1000,0			177,8	440,0
31	250,0	750,0	150,0	180,0			177,8	1100,0
32	350,0	180,0	280,0	700,0			177,8	1450,0
33	250,0	720,0	280,0	700,0			177,8	1160,0

³ Custos de produção obtidos junto aos produtores rurais, sindicatos rurais, revendas, multinacionais e Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA).

34	300,0	450,0	368,0	950,0			177,8	460,0
35	300,0	250,0	280,0	110,0				
36	240,0	500,0						
37	200,0	62,0						
38	416,0	120,0						
39	300,0	400,0						
40	300,0	400,0						
41	250,0	436,0						
42	310,0	283,0						
43	250,0	121,0						
44	496,0	22,0						
45	300,0	169,4						
46	400,0	435,6						
47	413,0	556,6						
48	124,0	320,7						
49	213,8	140,3						
50	165,3	217,8						
51	300,0	360,0						
52	164,0	1210,0						
53	165,0	266,0						
54	413,0	383,0						
55	413,0	169,4						
56	413,0	128,0						
57	250,0	131,0						
58	400,0	1500,0						
59	350,0	500,0						
60	280,0	25,0						
Média	306,7	358,5	225,7	560,6	271,9	551,0	258,3	1254,0