

# BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

---

Vol. 35

Campinas, setembro de 1976

N.º 25

---

## DESGASTE DE BICOS DE PULVERIZAÇÃO PELO USO DE FORMULAÇÕES CÚPRICAS (1,2)

HERMES GERALDO CORRÊA e BERNARDO LORENA NETO, *Seção de Máquinas de Implantação de Culturas e Aplicadoras de Defensivos, Instituto Agrônômico*

### SINOPSE

O desgaste dos bicos de pulverização afeta, entre outras características, principalmente a vazão.

Ensaio realizado com bicos de cone vazio tipo disco mostrou, em certos casos, aumentos superiores a 100% sobre a vazão inicial, já nas primeiras 50 horas de operação. Evidentemente, isto também conduz a um aumento de mais de 100% na quantidade de defensivos aplicados, caso o usuário não se aperceba do problema.

Observou-se menor influência do aumento do orifício do disco sobre a vazão. Por outro lado, os helicóides apresentaram pronunciado desgaste, afetando diretamente a vazão. Esse desgaste ainda alterou a característica do cone de pulverização do bico, preenchendo o seu centro.

Foi notada também redução do ângulo do cone, bem como aumento do tamanho das gotículas.

### 1 — INTRODUÇÃO

Nos pulverizadores a pressão, o bico de pulverização realiza a subdivisão da calda contendo o defensivo.

O tamanho das gotículas formadas e a uniformidade de seus diâmetros é função das características do bico, de suas condições operacionais e de

---

(1) Recebido para publicação em 15 de fevereiro de 1976.

(2) Os autores agradecem a colaboração prestada pelas firmas Comercial Trilho Otero S.A., Máquinas Agrícolas Jacto S.A., FMC Indústria e Comércio Ltda., Máquinas Excelsior — Indústria e Comércio S.A. e Hatsuta do Brasil S.A., que forneceram o material para o ensaio.

algumas propriedades físicas da calda pulverizada. Esse diâmetro é um dos mais importantes fatores que afetam a eficiência dos defensivos, especialmente a dos inseticidas (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8).

Dessa maneira, o resultado do tratamento fitossanitário também depende muito da forma como os bicos de pulverização desempenham o seu trabalho.

A ocorrência da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) nos cafezais brasileiros veio exigir um programa intensivo de pulverizações, com especial utilização de produtos cúpricos.

Normalmente, as recomendações para aplicação de defensivos cúpricos em alto volume alcançam a concentração de 0,5% do produto comercial (4).

No entanto, o desenvolvimento de novas técnicas de pulverização permitiu uma redução expressiva do volume de aplicação, se bem que a quantidade de defensivos por unidade de área não tenha acompanhado a mesma redução. Isso determina um aumento acentuado da concentração da calda nas aplicações a baixo volume e a ultrabaixo volume.

Na execução da pulverização são da maior importância as alterações da vazão devidas ao desgaste dos bicos. O principal problema decorrente é a maior quantidade de defensivos aplicada com a maior vazão. Esse mau uso dos defensivos traduz-se em maior custo da operação, aumentando também os riscos da poluição ambiente e, em alguns casos, produz prejuízos diretos à planta.

Nestas condições, passou-se a exigir mais dos pulverizadores, que deveriam permitir uma regulação mais precisa, ter sistema de agitação mais eficiente, e maior resistência ao desgaste provocado pela corrosão e abrasão.

Este estudo foi realizado tendo em vista esclarecer alguns pontos relacionados com o desgaste de bicos de pulverização, como seja a alteração de algumas de suas características, e a resistência de alguns materiais a esse tipo de desgaste.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

Existem os mais diversos tipos de bicos, inclusive aqueles com utilizações específicas. Na pulverização de suspensões abrasivas contendo "pó molhável" (inseticida ou fungicida), os fabricantes recomendam (3) o uso de bicos cônicos tipo D (disco), pela sua maior resistência ao desgaste.

Ensaio preliminar revelou que o bico cônico tipo ponta (Bico X), confeccionado de latão, pulverizando calda a 2% de oxicloreto de cobre a 50% apresentou desgaste precoce. Foi usado um bico X 4 (figura 1-A),

(3) Catálogo n.º 35, da Spraying Systems Co., e "Boquillas de Aspersión Agrícola", da Delavan Man. Co.

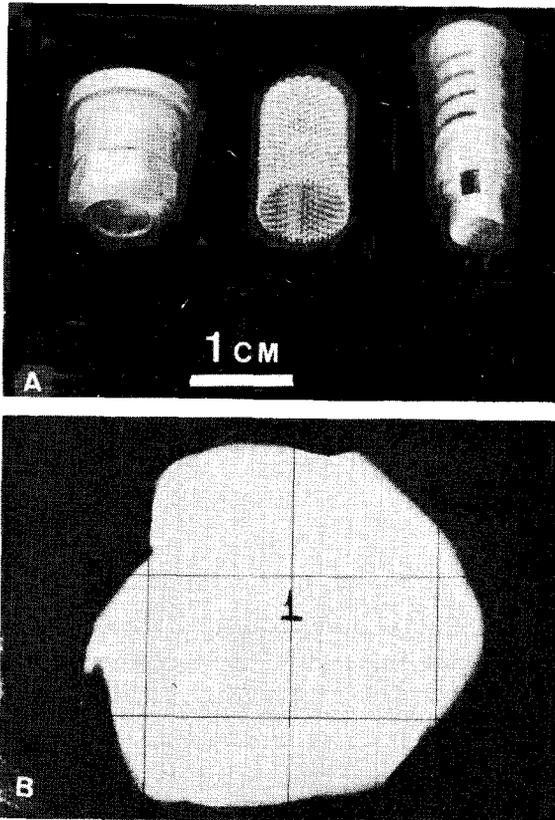


Figura 1. - Bico de pulverização X<sub>4</sub> (cônico, tipo ponta, de latão), utilizado no ensaio preliminar para verificação de desgaste em condições extremas de operação: A - partes componentes; B - configuração do orifício de saída, revelando acentuado desgaste após o ensaio.

que operou durante quatro horas à pressão de 10 kgf/cm<sup>2</sup> (cerca de 140 psi), sendo observado desgaste acentuado do orifício de saída (figura 1-B) ao mesmo tempo que o canal tangencial de entrada na câmara de turbulência e a própria câmara apresentavam desgaste visível.

Reconhecidamente, a pressão desse bico, no ensaio, esteve além da recomendação do fabricante (120 psi), mas foi escolhida propositalmente para acelerar o desgaste e conhecer o comportamento do bico em condições extremas de operação.

Na realização dos ensaios relatados neste trabalho foram usados bicos de utilização corrente nas operações agrícolas de pulverização, mas constituídos de materiais diversos, na expectativa de encontrar uma solução para o problema do desgaste.

Os bicos ensaiados foram os seguintes (figura 2):

- A) D2-25 (\*) — helicóide de latão e disco de aço endurecido.
- B) Jacto n.º 2 — helicóide de latão e disco de aço inoxidável.
- C) Holder 1,2 mm — helicóide de nylon e disco de aço endurecido.
- D) Hatsuta série P — helicóide de latão e disco de aço inoxidável.

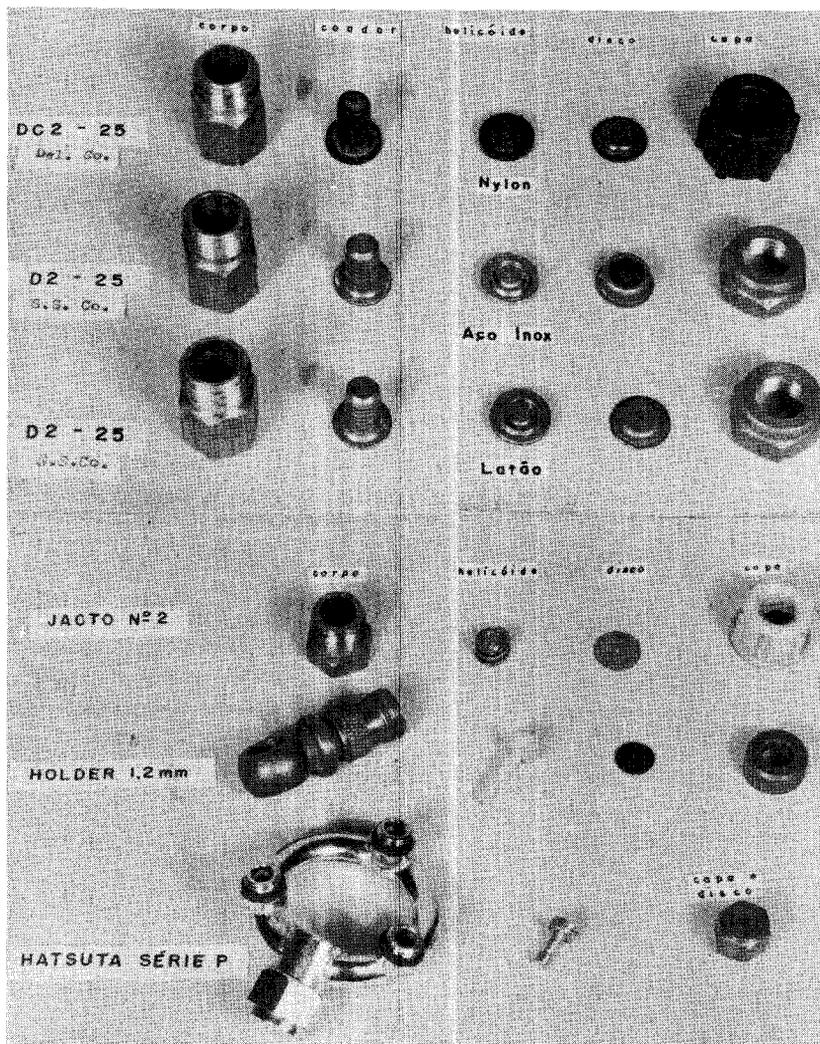


Figura 2. - Bicos de pulverizadores empregados nos ensaios de verificação de desgaste pelo uso de formulação cúprica.

(\*) Bicos de pulverização da Spraying Systems Co., Teejet.

- E) D2-25 <sup>(6)</sup> — helicóide de náilon e disco de aço endurecido.
- F) DC2-25 <sup>(4)</sup> — helicóide de aço inoxidável e disco de carbureto de tungstênio.

Nos ensaios operavam ao mesmo tempo três bicos de cada marca e, dentro do que foi possível, reproduziram-se da melhor forma as condições de campo. Utilizou-se pressão de uso corrente nas pulverizações agrícolas — 20 kgf/cm<sup>2</sup> — e calda com concentração de 2% de oxicloreto de cobre 50% <sup>(6)</sup>.

Por questão de tempo e do trabalho envolvido, o estudo se limitou à utilização de apenas uma pressão. A escolha dessa pressão foi feita de maneira a proporcionar a melhor utilização do volume aplicado, considerando sua apropriada subdivisão.

Deve ser lembrado que os bicos em estudo só proporcionam boa fragmentação da calda nessa faixa de pressão.

Para verificação da pressão utilizou-se um manômetro Haenni, com mostrador de 10 cm de diâmetro e escala graduada de 0 a 40 kgf/cm<sup>2</sup>, com subdivisões a cada kgf/cm<sup>2</sup>, tendo também escala correspondente em psi (figura 3). Com intervalos de 50 horas era feita a aferição do manômetro em aparelhagem especial.

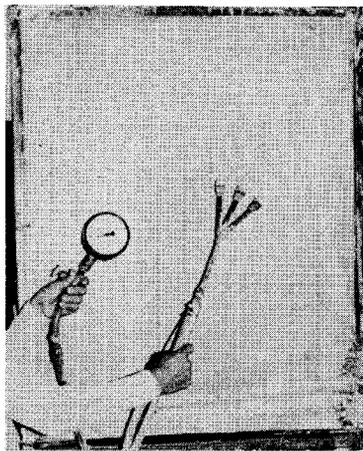


Figura 3. - Detalhe, mostrando anteparo de fórmica, manômetro e lança, utilizados na cabine de pulverização, em ensaios de verificação de desgaste de bicos pelo uso de formulação cúprica.

<sup>(6)</sup> Bicos de pulverização da Delavan Man. Co.

<sup>(6)</sup> Utilizou-se nesse ensaio o oxicloreto de cobre SANDOZ.

Antes do ensaio, cada um dos componentes do bico, helicóide e disco perfurado, foi marcado para identificação do par.

Também procedeu-se à pesagem inicial dos helicóides, para posteriormente acompanhar o seu desgaste por meio de pesagens periódicas.

Ao mesmo tempo, o orifício dos discos foi fotografado com ampliação de 100 X no projetor de perfil Hauser tipo 215 K, para acompanhar o aumento de sua área. A ampliação era planimetrada e em seguida feita a redução segundo escala, para o valor real.

Os três bicos foram instalados em lança de saída tríplice e colocados dentro da cabine de pulverização que medeia 0,80 x 0,80 x 1,00 m de altura (figura 3), com o que era possível recolher novamente a calda pulverizada, canalizando-a para um tanque. Dessa forma foi mantido constante o volume de 100 litros no tanque.

Na pulverização, parte da energia dissipava-se em calor, fazendo com que na recirculação a temperatura da calda aumentasse progressivamente, criando condições anormais. Para manter a temperatura dentro de limites normais (21 — 22°C), intercalou-se no circuito um intercambiador de calor. Sem este dispositivo, em poucas horas de operação a temperatura da calda situava-se entre 50 e 60°C.

O retorno da bomba hidráulica fornecia o líquido necessário à agitação da calda, indispensável quando se opera com suspensões.

A cada 20 horas de funcionamento, a calda recirculante era renovada.

Foi investigado o efeito do desgaste do bico na vazão, no ângulo do cone de pulverização e as deformações desse cone.

Para conhecer a vazão usou-se um vasilhame com volume conhecido (13,2 litros) e um cronômetro Jaquet, com indicação de décimos de segundo.

Com uma vazão considerada elevada para as condições de ensaio (cerca de 9 litros por minuto) preliminarmente foi feita uma série de medidas, para determinar o coeficiente de variação de três repetições da medida. O coeficiente de variação foi  $CV\% = 1,42$ . Em vazões menores, o coeficiente será menor.

O cone de pulverização foi fotografado a intervalos regulares sobre fundo preto e na fotografia, medido o seu ângulo.

Para estudar o formato do cone de pulverização e sua uniformidade de distribuição fez-se uma amostragem, em chapa de fórmica branca, da seção transversal do jato pulverizado.

Para registrar a seção transversal do cone sobre a fórmica e amostragem das gotículas emitidas pelos bicos, usou-se como traçante a Nigrosina B a 0,2% em água.

Os diâmetros das gotículas amostradas em lâminas de fórmica foram medidos ao microscópio, sendo no processamento corrigidos segundo o fator de espalhamento. Os resultados foram reproduzidos em papel log 2 ciclos x probabilidade para obtenção dos parâmetros da população: DMV (diâmetro da gotícula, que perfaz metade do volume) e os diâmetros de 33,3%, 50% e 66,6% do número de gotículas.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 4 são apresentadas as curvas das alterações na vazão dos diversos bicos, durante o ensaio.

De um modo geral, os maiores aumentos da vazão ocorreram nas primeiras 50 horas de ensaio. Isso pode ser observado no gráfico e também no quadro 1, dos aumentos percentuais das vazões.

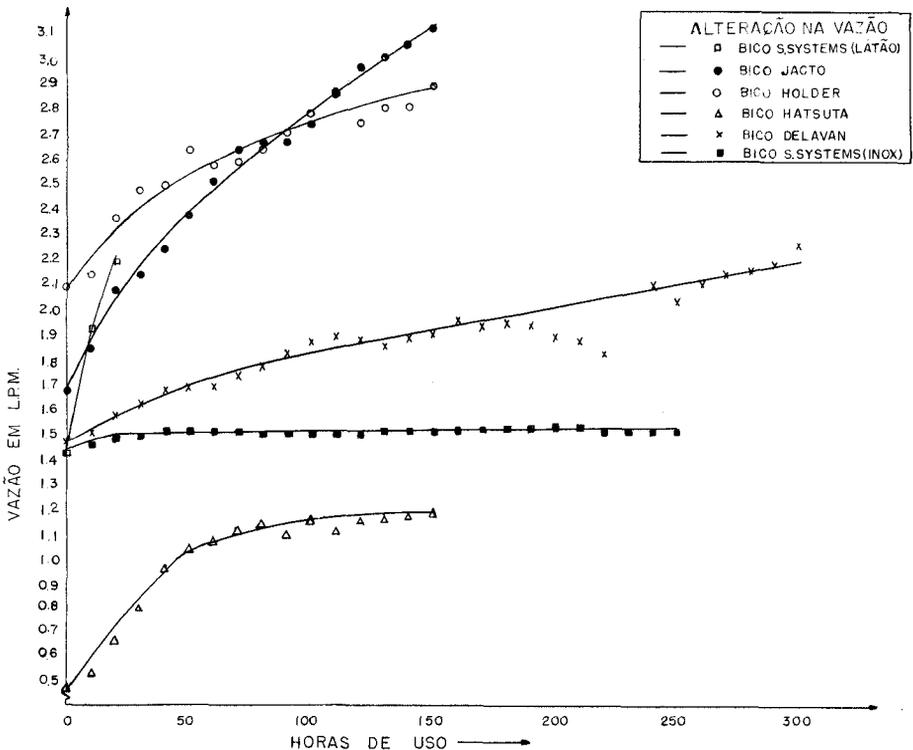


Figura 4. - Curvas representativas da alteração na vazão de diferentes bicos de pulverizadores, em função do desgaste das respectivas aberturas, segundo o tempo de uso com formulação cúprica.

QUADRO 1. — Alterações percentuais, sobre as características iniciais e de acordo com o número de horas de trabalho, dos diferentes bicos de pulverização comparados no ensaio de verificação de desgaste pelo uso de formulação cúprica

HORAS DE USO	BICO					F
	A	B	C	D	E	
	AUMENTO DE VAZÃO					
20 .....	54					
50 .....		43	26	121	16	4
100 .....		65	33	145	28	3
150 .....		88	39	153	30	4
250 .....					44	4
	ACRÉSCIMO NA ÁREA DO ORIFÍCIO					
20 .....	1					
50 .....		8	31	15	4	5
100 .....		9	35	18	4	5
150 .....		13	36	18	5	5
250 .....					6	6
	REDUÇÃO DO PESO DO HELICÓIDE					
20 .....	2					
50 .....		4		6		0
100 .....		8		8		0
150 .....		9	1	9		1
250 .....					3	

Dois fatores concorrem para que os bicos apresentem esse comportamento. Em primeiro lugar, ressalta a influência do material de que é constituído o helicóide; se for de baixa resistência a esse tipo de desgaste, como se mostrou o latão, haverá elevadas perdas do material que o forma já na fase inicial do ensaio, com reflexos sobre a vazão.

Com o auxílio de uma lupa de 40 aumentos observou-se que os bicos, antes do ensaio, apresentavam orifícios com bordas de ângulos retos e rebarbas oriundas do processo de fabricação.

Durante o ensaio foi verificado que, progressivamente, estas características iam desaparecendo, indicando existir um processo de "amacia-

mento" do bico. Após 100 horas de operação o bordo voltado para o interior da câmara de turbulência não apresentava mais ângulo vivo, como também já não havia mais rebarbas.

A eliminação dessas características durante o ensaio explica, se bem que em menor grau, as alterações de vazão, principalmente na fase inicial, como ocorreu notadamente com o bico F (quadro 1).

Outro detalhe interessante a ser observado no gráfico das vazões é a inclinação que a curva toma, especialmente nas primeiras 50 horas de operação. O ideal seria que essa curva se mantivesse paralela ao eixo das abscissas desde o início, o que representaria vazão sem alterações.

Antes desses resultados supunha-se que, em condições semelhantes, o disco perfurado seria a peça de maior desgaste. Desse modo, o disco apresentaria um aumento pronunciado da área do orifício, por abrasão da calda.

No entanto, a observação da figura 5 em confronto com os dados do quadro 1 mostra que tal não aconteceu. Em termos percentuais pode-se verificar que esses acréscimos não foram exagerados.

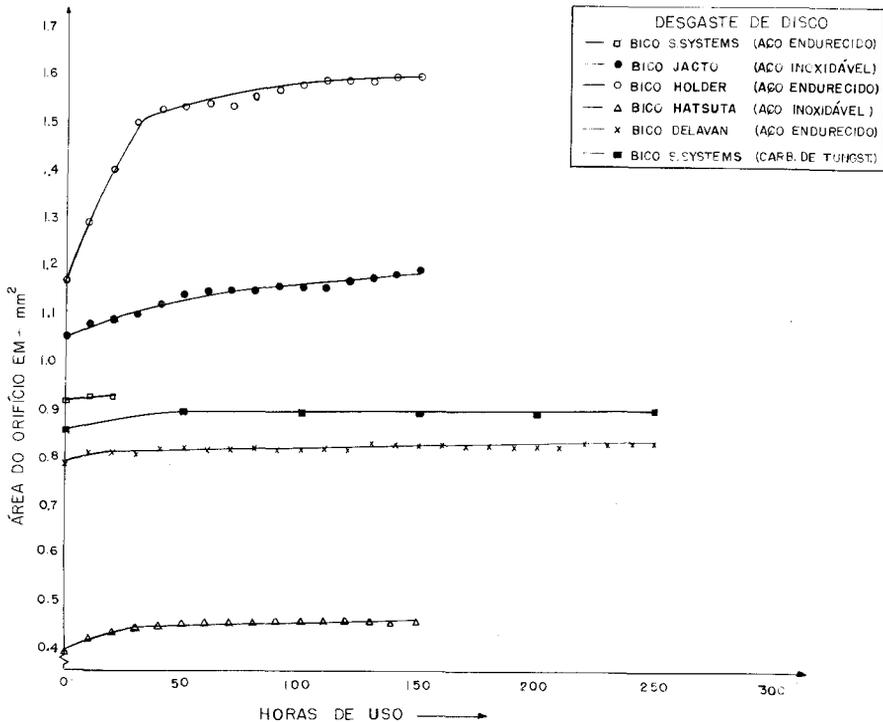


Figura 5. - Curvas representativas do desgaste de discos de diferentes bicos de pulverizadores, em função do tempo de uso com formulação cúpica.

No acréscimo de área o orifício não guarda a forma original, isto é, circular (figura 1-B); assim os diâmetros, na relação seguinte, foram obtidos por intermédio da fórmula da área do círculo.

DETERMINAÇÃO	Diâmetros (mm) dos orifícios dos bicos					
	A	B	C	D	E	F
Inicial .....	1,082	1,162	1,220	0,705	1,003	1,046
Final .....	1,088	1,236	1,427	0,765	1,034	1,076
Acréscimo .....	0,006	0,074	0,207	0,060	0,031	0,030
% de acréscimo .....	1	6	16	9	3	3

Como se verifica, o bico C teve maior acréscimo na área do orifício, no entanto isto não contribuiu para que ele apresentasse maior alteração da vazão (quadro 1). É evidente, portanto, que apenas o desgaste do orifício do disco não justifica as profundas modificações da vazão apresentadas na figura 4.

Por outro lado, o exame dos helicóides revelou notável desgaste. Para caracterizar melhor esse fato, que se traduz por perda de material, os helicóides foram pesados periodicamente. A figura 5 mostra as variações encontradas. Os helicóides dos bicos C e E eram de nylon e de muito menor peso que os metálicos, por isso não foi possível acompanhar a redução de seu peso com o equipamento disponível no ensaio, sendo apresentados apenas os pesos inicial e final, os quais foram: helicóide C: 0,505 g e 0,500g, após 150 h; helicóide E: 0,350 g e 0,338 g, após 250 h de uso.

O desgaste dos helicóides se manifestou sob a forma de uma profunda cavidade no centro da face voltada para a câmara de turbulência, tendo aumentado progressivamente tanto em profundidade como em diâmetro (figura 7 — A, B).

À medida que essas escavações progrediam, foram verificadas modificações de algumas características fundamentais dos bicos, tais como vazão, forma, contorno e ângulo de cone de pulverização. No quadro 1 pode ser verificado que os helicóides que percentualmente perderam mais no peso foram os que apresentaram maiores acréscimos na vazão.

Na análise das seções transversais realizadas no decorrer do ensaio foi observado que a pulverização de alguns bicos se concentrava em pontos do cone, deixando seu contorno irregular. Também verificou-se que, com o aumento da escavação do helicóide, o bico perdia as características de cone vazio, passando a operar como se fosse de cone cheio (figuras 8 e 9).

No quadro 2 são apresentadas as reduções nos ângulos dos cones de pulverização dos bicos. Essas alterações são observadas apenas nos bicos que tiveram modificações apreciáveis da vazão.

Verifica-se, portanto, uma correlação entre porcentagem de acréscimo da vazão e a redução do ângulo de pulverização, numa comparação dos dados depois de 100 horas de ensaio.

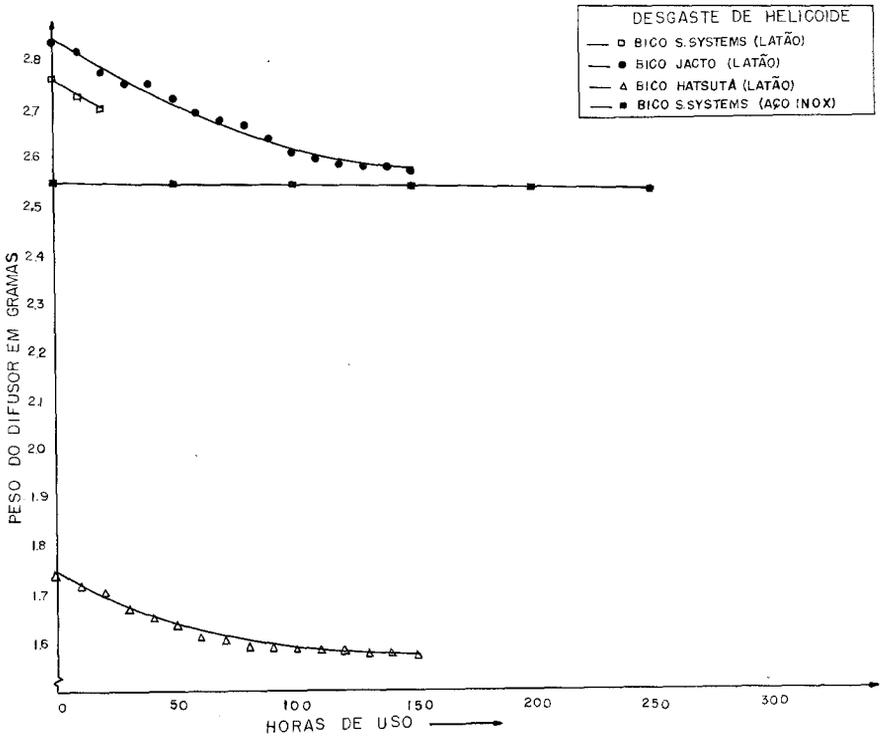


Figura 6. - Curvas representativas do desgaste de helicóides de diferentes bicos de pulverizadores, em função do tempo de uso com formulação cúpica.

O bico F não mostrou redução do ângulo do cone de pulverização, como também nesse mesmo período o aumento de sua vazão foi desprezível. É conveniente lembrar que o menor ângulo de pulverização anotado para esse bico é devido à maior espessura de seu disco, em relação aos demais.

A amostragem da população de gotículas, feita para cada bico no início do ensaio e após decorridas 100 horas, uma vez processada, forneceu parâmetros apresentados no quadro 3. Observa-se que o desgaste dos bicos, ocasionando maior vazão, concorre para a formação de gotículas maiores.

Mesmo no ensaio do bico F, em que os desgastes do disco e helicóide foram desprezíveis, houve um aumento ainda que pequeno dos parâmetros da população, mas acredita-se que isto seja normal no processo de "amaciamento" do bico, porque inclusive o espectro tornou-se mais homogêneo.

O bico A não teve condições de continuar no ensaio por mais de 20 horas, uma vez que seu helicóide, de latão, se desgastou rapidamente, tornando-se imprestável. O ensaio dos bicos B, C e D foi encerrado com 150 horas, em virtude do desgaste dos seus helicóides e também pela

perda da característica de cone vazio, bem como acentuadas deformações desse cone.

Com os bicos E e F foi possível prosseguir até 250 horas, com o que se atingiu um dos objetivos dessa investigação: encontrar bicos com maior resistência ao desgaste. Problemas com a obstrução do manômetro próximo às 250 horas tornaram necessário o prosseguimento do ensaio com o bico E por mais algum tempo, para obter pontos de apoio para o final da curva da vazão.

O helicóide do bico F, apesar de ser de aço inoxidável, logo nos primeiros dias do ensaio apresentou deposição de material estranho em seus canais, à semelhança de óxido; para evitar esse problema passou-se a limpar o bico diariamente, mantendo-o durante a noite imerso em óleo diesel.

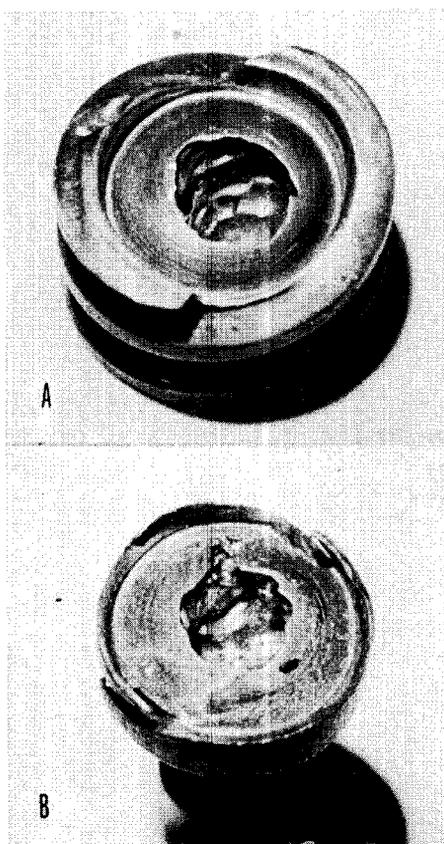


Figura 7. - Helicóides de bicos de pulverização mostrando desgaste no orifício de saída: A - Jacto n.º 2; B - Hatsuta série P.

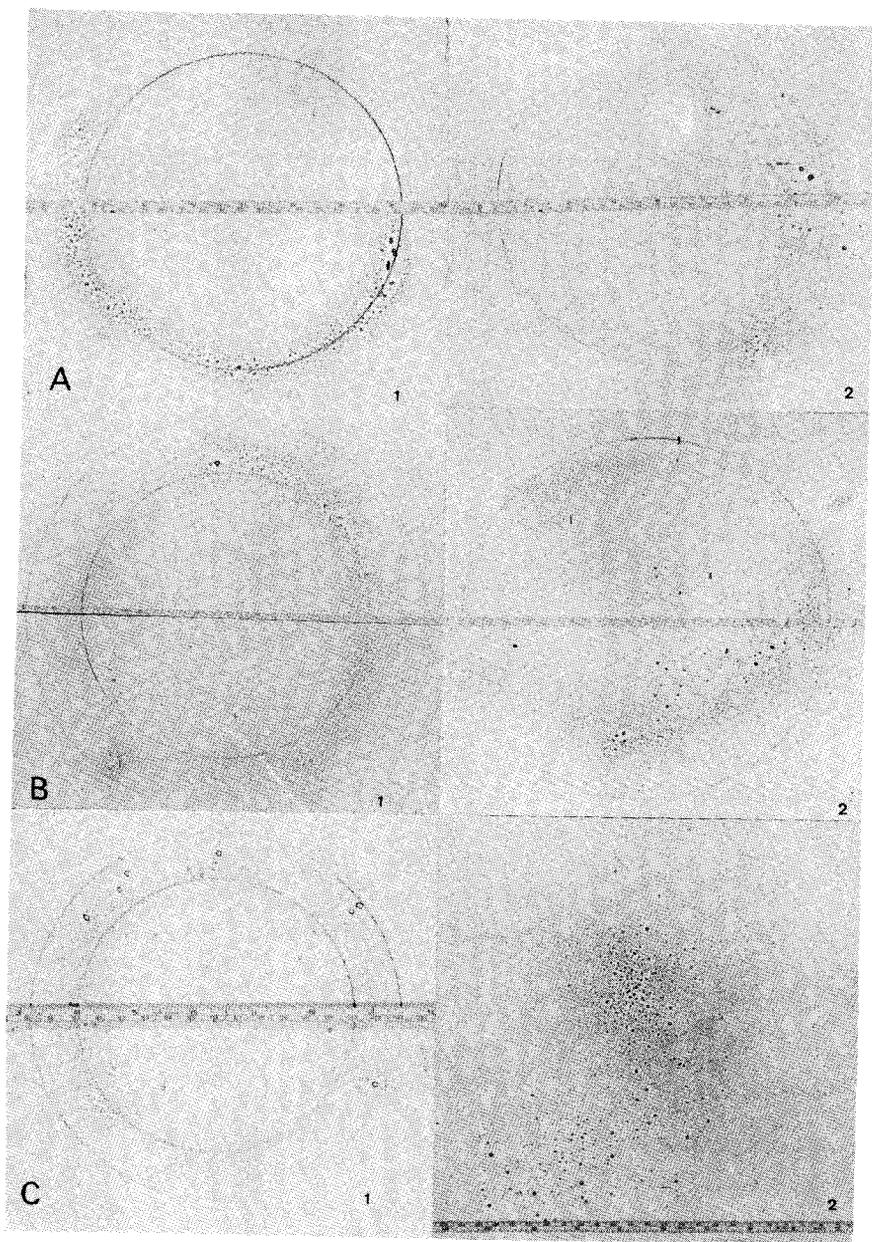


Figura 8. - Seções transversais de cones de jatos de bico de pulverizador, obtidas em cabine de pulverização, respectivamente no início (1) e após 150 horas (2) de trabalho em ensaio de verificação de desgaste pelo uso de formulação cúprica: A - bico Jacto; B - bico Holder; C - bico Hatsuta.

QUADRO 2. — Ângulos de pulverização (\*) de diferentes bicos no início e após 100 horas de trabalho em ensaio de verificação de desgaste pelo uso de formulação cúprica

HORAS DE USO	BICO					
	A	B	C	D	E	F
0 .....	—	77,0	61,0	72,0	60,0	53,0
100 .....	—	64,0	55,0	52,0	57,0	53,0

(\*) Dados expressos em graus

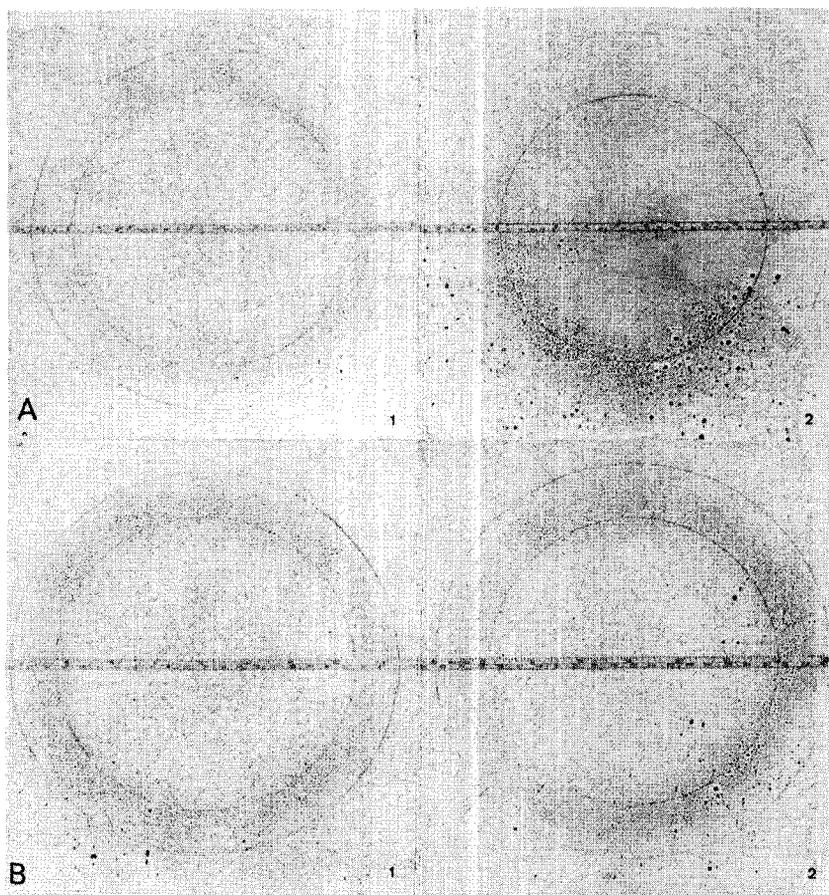


Figura 9. - Seções transversais de cones de jatos de bico de pulverizador, obtidas em cabine de pulverização, respectivamente no início (1) e após 250 horas (2) de trabalho em ensaio de verificação de desgaste pelo uso de formulação cúprica: A - bico Delavan; B - bico Spraying System, c/ difusor de aço inoxidável.

QUADRO 3. — Parâmetros (\*) da população de gotas dos jatos de diferentes bicos de pulverização, no início e após 100 horas de trabalho em ensaio de verificação de desgaste pelo uso de formulação cônica

HORAS DE USO	Diâmetro das gotículas	BICO					
		A	B	C	D	E	F
0	DMV	—	175,0	190,0	56,0	113,0	150,0
	33,3% do n.º	—	74,0	54,0	22,5	41,0	80,0
	50,0% do n.º	—	87,0	74,0	29,0	53,0	100,0
	66,6% do n.º	—	103,0	100,0	36,0	68,0	117,0
100	DMV	—	185,0	200,0	175,0	162,0	178,0
	33,3% do n.º	—	120,0	158,0	62,0	46,0	116,0
	50,0% do n.º	—	140,0	175,0	85,0	66,0	132,0
	66,6% do n.º	—	165,0	194,0	112,0	89,0	154,0

(\*) Medidas expressas em micros

#### 4 — CONCLUSÕES

a) O desgaste do bico de pulverização, além de modificar a vazão, afeta outras características do bico. Há um preenchimento do cone, com redução do seu ângulo bem como uma deformação do seu contorno.

b) Nos bicos cônicos, a peça que apresentou maior desgaste foi o helicóide. Somente o bico F apresentou desgaste insignificante, por ser construído de material mais resistente. As escavações produzidas nessa peça afetam profundamente as características acima citadas, prejudicando sensivelmente a quantidade e a qualidade da pulverização.

c) Os bicos com helicóide de latão apresentaram maior desgaste que os de náilon e de aço inoxidável. Observou-se, também, que o comportamento do náilon foi inferior ao do aço inoxidável.

d) O desgaste dos orifícios dos discos apresentou menor influência nas alterações da vazão.

e) Os bicos cujas curvas de desgaste são muito inclinadas, isto é, próximas ao eixo das ordenadas, requerem calibragem mais freqüente da vazão do pulverizador, para acertar a quantidade de defensivo, evitando desperdícios de produtos, possíveis prejuízos à cultura e ao meio ambiente, quando for o caso.

f) Nas condições do ensaio os discos de carbureto de tungstênio não se mostraram superiores aos similares de aço endurecido, uma vez que os desgastes se equipararam.

#### ABRASIVE ACTION OF THE SPRAY MIXTURE ON SOME SPRAY NOZZLES

##### SUMMARY

In this paper it was studied the abrasive action of a copper oxichloride spray mixture on some disc type hollow cone spray nozzles under usual pressures.

Changes in spray nozzles characteristics were noticed during the work as increasing in the flow-rate, decreasing in the spraying angle, and filling of the hollow cone with high density of spray droplets.

The flow rate change is of main importance because if neglected it may contribute to excessive deposition of pesticides on the plants. Beyond the pesticides wastage it implies in great hazzard to environmental contamination and phytotoxicity.

Among the nozzles components tested the core showed higher wearing. The one made of brass was more sensitive to abrasive action of spray mixture than nylon ones, while that of stainless steel showed to be the strengtest. The influence of the nozzles wearing on the flow-rate, angle cone, and cone spray pattern was analyzed in function of the time of operation.

To determine the droplet parameters, droplet analyses of new spray nozzles and after 100 hours of use were made.

##### LITERATURA CITADA

1. BODE, L. E. & OUTROS. The effects of flow rate on the distribution pattern and drop-size spectrum of a spinning atomizer. Transactions of the ASAE 15:85-90, 1972.
2. ENNIS JUNIOR, W. B. & WILLIAMSON, R. E. Influence of droplet size on effectiveness of low-volume herbicidal sprays. Weeds 11(1):67-72, 1963.
3. HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. J. Econ. Entomology 62:919-925, 1969.
4. MANUAL DE FUNGICIDAS. Enciclopédia Agrícola Brasileira. São Paulo, Associação Brasileira de Estudos Técnicos de Agricultura, 1967. 159p.
5. POLLES, S. C. & VINSON, S. B. Effect of droplet size on persistence of ULV Malathion and comparison of toxicity of ULV and E. C. Malathion to tobacco budworm larvae. J. Econ. Entomology 62:89-94, 1969.
6. SKOOG, F. E. & COWAN, F. T. Flight height, droplet size and moisture influence on grasshopper control achieved with Malathion applied aerielly at ULV. J. Econ. Entomology 61:1.000-1.003, 1968.
7. SMITH, D. B. & BURT, E. C. Effects on the size of ULV droplets on deposits within cotton foliage both inside and immediately downwind from a treated swath. J. Econ. Entomology 63:1.400-1.405, 1970.
8. TATE, R. W. & JANSEN, L. F. Droplet size data for agricultural spray nozzles. Transactions of the ASAE 9:303-306, 1966.