

O DESGASTE DE ASPERSORES POR EFLUENTE LÍQUIDO DA INDÚSTRIA CÍTRICA

Dirceu Brasil Vieira

Professor Titular do Departamento de Recursos Hídricos, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Caixa Postal 6021, Campinas, SP CEP 13970-000- e.mail: dbv@fec.unicamp.br

José Gilberto Dalfré Filho

Bolsista de Iniciação Científica da FAPESP- Aluno do Curso de Engenharia Civil, UNICAMP

1 RESUMO

O tratamento de efluentes industriais no solo é uma técnica alternativa e de baixo custo, contribuindo, quando bem manejada, para a solução de locação desses efluentes pela indústria, podendo ainda ser utilizada na agricultura, como é o caso da aplicação da vinhaça na lavoura canavieira. O sistema de irrigação por aspersão é utilizado com frequência para a aplicação de efluentes industriais líquidos no solo, dada sua capacidade de distribuí-lo de forma homogênea sobre a superfície, facilitando o processo de absorção pelo próprio solo. O efluente da indústria de sucos cítricos é líquido provindo tanto do processo industrial propriamente dito, como das operações de lavagem de frutas e de equipamentos. O tratamento desse líquido, feito pelas técnicas convencionais, lagoa aeróbica e tanques de sedimentação, além de custo elevado, exige uma estrutura de instalação e de operação de grande porte. Assim, sua aplicação no solo tem sido econômica e eficiente, levando muitas indústrias a optarem por esta metodologia. O efluente da indústria de sucos cítricos é dividido em dois tipos denominados água amarela e água preta. A chamada água preta é o maior problema tanto para a condução, quanto para a sua aplicação, pois é corrosiva e tem temperatura elevada, o que tem causado sérios problemas a instalações de aspersão convencional empregadas com o fim de aplicação desse resíduo. Neste trabalho estudou-se o desgaste provocado pela água preta em três tipos de aspersores em uma bancada de teste especialmente montada, sendo os mesmos pesados antes do início de cada teste, e após 25, 50, 100 e 200 horas de funcionamento. Mediante a comparação do peso inicial com os obtidos após os tempos citados, concluiu-se pela maior resistência do modelo A232. Paralelamente, verificou-se também o efeito do líquido no rotor da bomba da bancada de teste.

UNITERMOS: Aspersor, irrigação, tratamento de águas residuárias.

VIEIRA, D.B., DALFRÉ FILHO, G. THE SPRINKLER'S WEAR BY WASTEWATER FROM ORANGE JUICE INDUSTRY.

2 ABSTRACT

In the soil, wastewater is an alternative technique of low costs, and if it is appropriately handled, contributes to the solution of leasing this industry effluent; also can helps in the agriculture, as the vinasse application in the farming. The irrigation sprinkler system is often used to the application of wastewater in the soil, because your capacity of allot homogeneous forms in the surface, facilitating the own soil absorbtion process. The industry effluent of "orange juice" is a liquid resulted from both industrial process, strictly speaking of washing operation of fruits and washing operation of equipments. The treatment of this liquid made through conventional methods, aerobic pond and bettling tanks, besides of high costs, requires a big structure of installation and large operation. so the soil application, turns economic and efficient, and many industries have opted to this method. This trade effluent is divided in two kinds nominated yellow water and black water. the black water is the biggest problem, as to the conduction as to the application, because it is corrosive and it has high temperature. it has caused serious problems in the installation of conventional sprinklers used in this

application. In this work we have studied the stress caused by black water in three kinds of sprinklers. In the tests, units were installed and each of them were heavy before the beginning of the tests and after 25, 50, 100 e 200 working hours. At the same time, we checked the effect of the liquid in the impeller of the test unit.

KEYWORDS: Sprinkler, irrigation, wastewater.

3 INTRODUÇÃO

O alto custo dos processos de tratamento de efluentes no solo, aliado a crescente preocupação com a preservação dos recursos naturais com relação à poluição e contaminação por líquidos residuais, vem cada vez mais dinamizando a pesquisa científica e a utilização de técnicas alternativas para o tratamento de efluentes industriais. Entre estas técnicas, o tratamento no solo com o emprego da irrigação para distribuição do efluente, vem sendo cada vez mais adotadas. Almeida (1952) acentua que a vinhaça, efluente da agroindústria do açúcar e álcool a partir da cana de açúcar, é um líquido bastante poluente, todavia com excelentes benefícios para a lavoura da própria cana de açúcar, do milho, trigo, feijão e capineiras, quando aplicado no solo. A aplicação de vinhaça no solo em cultivos de cana de açúcar é técnica rotineira, sendo considerada uma verdadeira fertirrigação. Nos Estados Unidos havia mais de 100 sistemas de irrigação por aspersão ou de camalhões ou de sulcos usando águas efluentes da fabricação de papel (Gellman & Blosser, 1959). A irrigação é uma das técnicas de tratamento de efluentes no solo, juntamente com os processos de infiltração rápida e de escoamento superficial no solo, tendo cada um deles suas características próprias, sendo essa adoção dependente da cada caso (Azad, 1976). Segundo o manual desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o tratamento de efluentes no solo é a aplicação controlada de uma água residuária na superfície do terreno, objetivando –se conseguir uma certa porcentagem de remoção, através de processos biológicos, físicos e químicos, dentro da sistema solo- planta- atmosfera. O processo consiste na aplicação da água residuária na superfície de um solo coberto de vegetação, sendo o tratamento conseguido, a medida que o efluente líquido atravessa a matriz do solo. No solo, os compostos orgânicos são removidos nos primeiros centímetros, pela ação de microrganismos, bem como pela ação filtrante do solo. Nesse tipo de tratamento, a dosagem aplicada depende da capacidade de retenção de água do solo, devendo-se evitar excessos que podem levar o afluente a atingir os lençóis d'água subterrâneos., contaminando-os. Vieira (1982), trabalhando com fertirrigação com vinhaça em cultura de cana de açúcar, concluiu que a aplicação desse efluente de acordo com a capacidade de retenção de água do solo, não causou alterações químicas na água do solo captada a dois metros de profundidade. Vieira (1983) afirma que o sistema de irrigação por aspersão permite a adequada dosagem da quantidade de água aplicada, distribuindo-a com uniformidade e grande eficiência, garantindo uso mais racional da água de irrigação. Figueiredo et al. (1991), conduziram experiência em duas áreas cultivadas com gramínea, onde aplica-se os efluentes da indústria cítrica água amarela e água preta, respectivamente. O método de irrigação utilizado foi aspersão convencional, com aspersores na área de aplicação de água amarela ZE30D bocais 5,5 x 5,0 mm, corpo de alumínio e pressão de serviço de 3,0 Kg/cm² e aspersor A232 bocais 6,4 x 3,2mm, corpo de plástico com pressão de serviço de 4,2 kg/cm², na área de aplicação de água preta; o corpo de plástico era para resistir a corrosão química do efluente. Concluíram, os autores que os índices de remoção de Demanda Química de Oxigênio no solo foram muito altos, acima de 90%, evidenciando a eficiência do método. Ao proceder a uma avaliação no sistema de irrigação do perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, Santos & Soares (1992), observaram que ocorria desgaste de peças, sobretudo nos bocais dos aspersores, o que causa alterações nas características hidráulicas da peça como vazão, pressão de serviço, raio de alcance, trajetória das gotas, etc.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar a resistência de três tipos de aspersores, quando utilizados para a aplicação do efluente líquido da indústria de suco cítrico denominado água preta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Hidrologia e Água do Solo da Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, tendo sido o efluente fornecido pela Indústria de Suco de Limeira, do Grupo Citrusuco Paulista S.A.

4.1 Água Preta

A água preta, assim denominada em razão de sua coloração, é o efluente proveniente da fábrica de “pellets”, obtidos das cascas de laranja, os quais são empregados no fabrico de ração para animais. Este produto normalmente é exportado, pois a indústrias nacionais de ração não o empregam em decorrência do seu elevado preço. Trata-se de um líquido com características ácidas e com elevada taxa de demanda química de oxigênio (DQO) (Tabela 1).

Tabela 1- Características químicas da água preta (Figueiredo et al.,1991).

PARÂMETRO	TEOR
DQO	10572 (mg/l)
pH	3,8
Cond. Elétrica	1453 (µS/cm)
Alcalinidade	608 (mg/l)
Sólidos T.	5175 (mg/l)
Sólidos F.	3080 (mg/l)
Sólidos V.	2095 (mg/l)

4.2 Bancada de Teste

A Figura 1 apresenta o desenho da bancada utilizada para a condução da pesquisa. O líquido era colocado no tanque, onde circula em circuito fechado. Um higrômetro instalado no circuito permitia medir o volume de líquido circulado em dado tempo e assim obter a vazão escoada.

Um manômetro permitia verificar a pressão de operação do aspersor, a qual era regulada com o auxílio do registro de gaveta posicionado logo após a ligação de pressão de uma moto bomba elétrica, responsável pelo fluxo e pela pressão hidráulica do sistema. Um medidor e controlador de tempo (“timer”), permitia regular o tempo de operação contínuo da bancada.

4.3 Aspersores Empregados

Foram utilizados três modelos de aspersores disponíveis no mercado nacional, classificados como de média pressão, utilizados normalmente em instalações de aspersão convencional. Os aspersores utilizados foram: Dan 4455 (mangal); ZED30-D (Asbrasil) e A232 (Fabrimar (Tabela 2.) Foram empregados três aspersores novos de cada fabricante.

Os aspersores Dan 4455 (mangal) têm todos os componentes de plástico, exceção a mola e o contrapeso, existente no balancim. O aspersor ZE30D tem corpo de alumínio, balancim e mola metálicos, com bocais de plástico. Este aspersor não utiliza contrapeso no balancim. O aspersor A232 da Fabrimar tem corpo, balancim e bocais plásticos.

Com base nos dados de catálogo e na equação de Torricelli, citada por Azevedo Netto & Villela (1969), o coeficiente de descarga dos aspersores:

$$q = SxCd\sqrt{2.g.h}$$

Onde: q = vazão do aspersor, m³/s; S = área interna do bocal, em m²; g = aceleração da gravidade = 9,8 m/s² e h = pressão de serviço do aspersor, em m.c.a.

Quando se trata de aspersores com dois bocais, considera-se a soma das áreas de escoamento desses bocais. Segundo Olitta (1977), o coeficiente de descarga de bocais de aspersores está entre 0,95 a 0,96. Com base nos dados de catálogo dos aspersores (Tabela 02), calculou-se os coeficientes de

descarga para cada pressão, tomando-se um valor médio para cada modelo de aspersor ensaiado. Desse modo, os valores do coeficiente de descarga (C_d) são: Aspersor Dan445; $C_d = 0,840$; Aspersor ZE30D; $C_d = 0,960$ e Aspersor A232; $C_d = 0,937$, valores diferentes daqueles citados por esse autor.

Tabela 2- Características de catálogo dos aspersores utilizados

Bocais ϕ (mm)	Pressão Serviço (mca)	Vazão) (m^3/h)	Círculo Molhado (m)	Espaçament o (m x m)	Precipitaçã o (mm/h)
Dan 4455 (corpo de plástico; mola e contra peso metálicos)					
4,5 x 3,0	2,0	1,38	29	12x18	6,38
	2,5	1,53	30	12x18	7,08
	3,0	1,68	31	12x18	7,78
	3,5	1,82	32	12x18	8,43
	4,0	1,95	32	12x18	9,02
ZED30- D (corpo de alumínio, bocais de plástico)					
5,0 x 5,5	2,5	3,32	32,2	18 x 18	10,25
	3,0	3,63	32,6	18 x 24	8,41
	3,5	3,93	33,3	18 x 24	9,10
	4,0	4,20	34,0	18 x 24	9,72
A 232 (corpo de plástico, somente mola metálica)					
5,6 x 3,2	25	2,44	31	18 x 18	7,50
	30	2,66	31	18 x 24	6,20
	35	2,90	32	18 x 24	6,70
	40	3,08	33	18 x 24	7,13

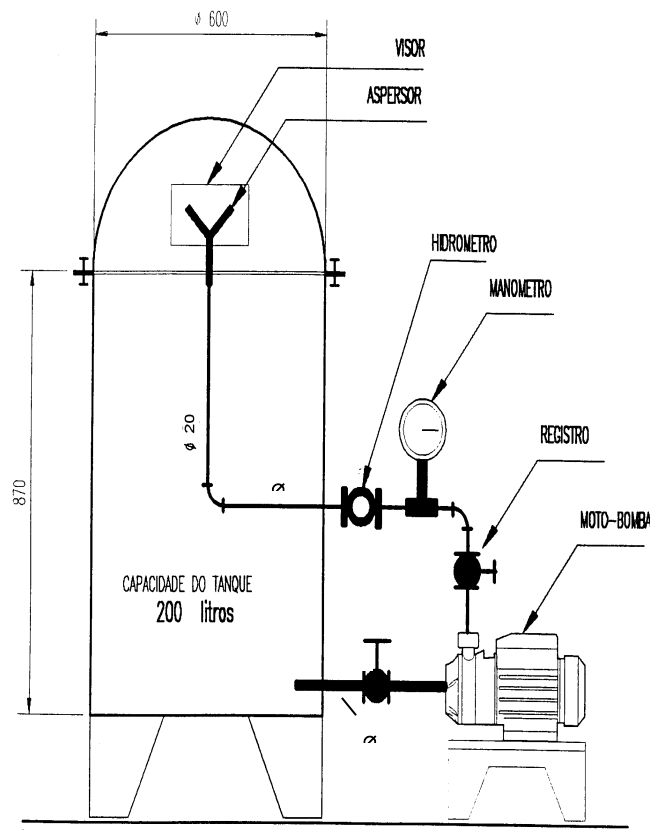


Figura 1- Bancada de teste

4.4 Procedimento Experimental

Foram utilizados três aspersores de cada modelo estudado, sendo os mesmos pesados antes de instalados. Cada aspersor foi posto a operar por tempos de 24; 50; 100 e 200 horas, sendo então desacoplados da bancada, lavados, secos e pesados novamente, em balança de precisão.

Com o auxílio de um paquímetro mediu-se o diâmetro interno dos bocais. Após o término dos testes, os aspersores foram desmontados para verificação do desgaste de seus componentes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados originais

A Tabela 3 apresenta os dados de pesagem e medição dos diâmetros internos, menor (Dm) e maior (DM) de três aspersores novos dos modelos estudados. Por esses dados, observa-se que ocorreram variações tanto no peso como nos diâmetros dos bocais dos três aspersores de cada modelo. Essas variações foram mais pronunciadas no modelo ZE30D, seguido do A232; todos, porém, apresentaram leve distorção na dimensão dos diâmetros dos bocais, em relação aos dados apresentados nos catálogos dos fabricantes (Tabela 2). Os aspersores A232 novos, apresentaram maiores diferenças aos dados de diâmetro de bocais, anotados no catálogo do fabricante.

Tabela 3- Peso e tamanho originais dos bocais dos aspersores ensaiados

Dan445			
Aspersor	Peso (gramas)	Dm (mm)	DM (mm)
Catálogo	n.c.	3,0	4,5
A	142,23	2,94	4,5
B	142,14	2,96	4,48
C	142,42	2,96	4,5
Média	142,26	2,95	4,49
Desvio	0,147	0,012	0,012
ZE30D			
Catálogo	n.c.	5,0	5,5
A	688,9	4,9	5,44
B	688,24	5	5,49
C	684,37	5	5,47
Média	687,17	4,97	5,47
Desvio	2,447	0,058	0,025
A232			
Catálogo	n.c.	3,2	5,6
A	156,34	3,14	5,54
B	158,72	3,14	5,48
C	156,7	3,15	5,48
Média	157,25	3,14	5,50
Desvio	1,283	0,006	0,035

5.2 Análise das pesagens

As tabelas 4, 5 e 6 apresentam dados obtidos por pesagem com os três aspersores de cada modelo, durante a condução dos trabalhos na bancada de testes nos tempos programados. Pela sua análise, pode-se verificar que os aspersores com corpo de plástico são mais resistentes à corrosão que o ZE30D, com corpo de alumínio fundido. Considerando os dados de desgaste acumulado em porcentagem, determinou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para três peças ensaiadas, obtendo-se os valores da tabela 7.

Tabela 4- Valores da pesagem dos aspersores Dan 4455.

ASPER-SOR	TEMPO (horas)	PESO (g)	DESGAS TE (g)	DESGAS TE (%)	DESG. ACM (%)
A	0	142,23	0,00	0,00	0,00
	25	141,99	0,24	0,169	0,169
	50	140,6	1,39	0,979	1,148
	100	139,57	1,03	0,733	1,880
	200	139,04	0,53	0,380	2,260
B	0	142,14	0,00	0,00	0,00
	25 h	129,01*	13,13	9,237	9,237
	50 h	128,73	0,28	0,217	9,454
	100 h	128,54	0,19	0,148	9,602
	200 h	128,28	0,26	0,202	9,804
C	0	142,42	0,00	0,00	0,00
	25 h	142,4	0,02	0,014	0,014
	50 h	142,04	0,36	0,253	0,267
	100 h	141,85	0,19	0,134	0,401
	200 h	128,76*	13,09	9,228	9,629

* Perda do contrapeso

Tabela 5- Valores da pesagem dos aspersores ZE30D.

ASPER-SOR	TEMPO (horas)	PESO (g)	DESGA STE (g)	DESGAS TE (%)	DESG. ACM (%)
A	0	688,9	0,00	0,00	0,00
	25	677,17	11,73	1,703	1,703
	50	663,4	13,77	2,033	3,736
	100	635,63	27,77	4,186	7,922
	200	574,56	61,07	9,608	17,530
B	0	688,24	0,00	0,00	0,00
	25	678,74	9,5	1,380	1,380
	50	668,87	9,87	1,454	2,834
	100h	642,65	26,22	3,920	6,755
	200	554,42	88,23	13,729	20,484
C	0	684,37	0,00	0,00	0,00
	25	672,17	12,2	1,783	1,783
	50	650,83	21,34	3,175	4,957
	100	607,43	43,4	6,668	11,626
	200	554,65	52,78	8,689	20,315

Pela observação desses dados, nota-se que o aspersor ZE30D apresentou maior desgaste em relação ao peso, chegando ao final de 200 horas de operação a 19,44% de desgaste, sendo que o aspersor A232 teve desgaste de apenas 3,15% aproximadamente, praticamente 6 vezes menor. Em ensaios de campo os autores já haviam observado, visualmente, o grande desgaste do aspersor ZE30D, em decorrência do efeito corrosivo da água preta, isto porque este aspersor tem corpo de alumínio fundido, extremamente vulnerável à ação corrosiva do líquido, que chega a causar furo na peça a medida que vai sendo empregada. Já o modelo Dan 445, com a média de 7,23%, foi prejudicado pelo contrapeso ter se soltado do balancim e perdido, em duas das peças ensaiadas. Caso isso não tivesse ocorrido, certamente o desgaste em peso seria bem menor evidenciando a melhor qualidade dos aspersores de plástico para a aplicação de efluentes deste tipo. Todavia, o descolamento do contrapeso é um defeito grave, que afeta o desempenho do aspersor, praticamente comprometendo

toda a sua distribuição em trabalhos de campo, principalmente se for considerado que o aspersor B perdeu seu contrapeso antes das 25 horas iniciais de operação, como pode ser visualizado através da figura 2. Neste caso, o suposto grande desgaste ocorrido, na realidade sugere um defeito e não um desgaste real.. Outro fato que compromete este aspersor é a temperatura do líquido, que no ensaio foi mantido a temperatura ambiente, isto é cerca de 20°C, sendo que nas condições de campo a sua temperatura é de, aproximadamente 50°C, o que sem dúvida é um fator a mais para o desprendimento de peças coladas como é o caso do contrapeso.

Tabela 6- Valores da pesagem dos aspersores A232.

ASPER-SOR	TEMPO (horas)	PESO (g)	DESGAS TE (g)	DESGAS TE (%)	DESG. ACM (%)
A	0	156,34	0,00	0,00	0,00
	25	155,95	0,39	0,249	0,249
	50	154,7	1,25	0,802	1,051
	100 h	154,57	0,13	0,084	1,135
	200	152,36	2,21	1,430	2,565
B	0	158,72	0,00	0,00	0,00
	25	157,63	1,09	0,687	0,687
	50	156,73	0,9	0,571	1,258
	100	155,93	0,8	0,510	1,768
	200	153,8	2,13	1,366	3,134
C	0	156,7	0,00	0,00	0,00
	25	155,9	0,8	0,511	0,511
	50	155,18	0,72	0,462	0,972
	100	153,37	1,81	1,166	2,139
	200	150,9	2,47	1,610	3,749

Tabela 7 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação referente ao desgaste acumulado em porcentagem referente a pesagem dos aspersores ensaiados.

ASPERSOR	Dan 445	ZE30D	A232
A	2,26	17,53	2,565
B	9,804	20,484	3,134
C	9,629	20,315	3,749
Med	7,231	19,443	3,149
DM	3,314	1,275	0,400
DP	4,3059	1,6589	0,5921
CV (%)	59,55	8,53	18,80

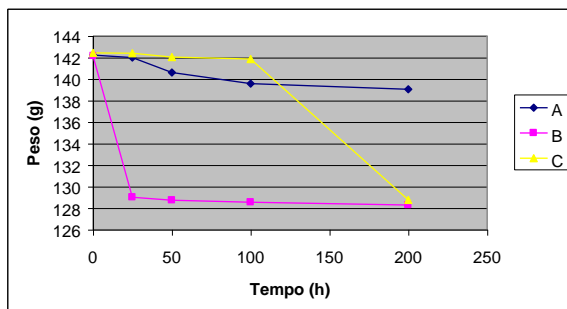


Figura 2- Variação do peso do aspersor Dan 4455 com o tempo

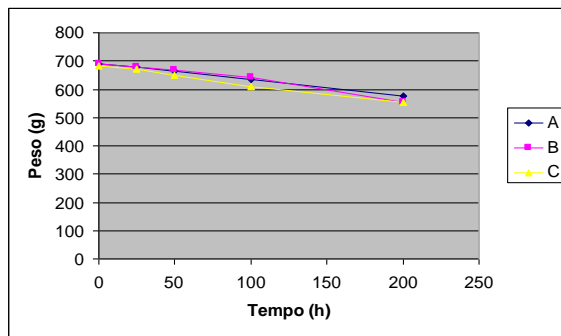


Figura 3- Variação do peso do aspersor ZE30D com o tempo

A figura 03 mostra a variação do peso com o tempo, referente ao aspersor ZE30D. Nota-se que a redução do peso das três peças ensaiadas é contínua e o desgaste é uniforme.

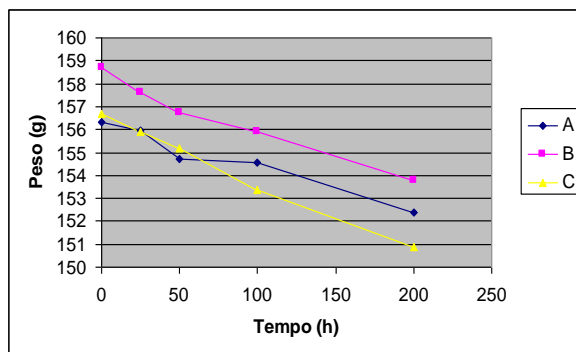


Figura 4 - Variação do peso do aspersor A232 com o tempo.

A figura 4 apresenta os valores de peso em relação ao tempo do aspersor A232, indicando desgaste contínuo, porém de pequena intensidade.

5.3 Análise das medições dos bocais

Os valores com as medições dos diâmetros menor (Dm) e maior (DM) dos bocais dos aspersores utilizados na pesquisa constam das tabelas 7, 8 e 9. Pode-se observar que, embora todos os aspersores estudados tenham bocas de plástico, o desgaste após 200 horas de operação foi superior nos três aspersores ZE30D. Isto, provavelmente, deve-se a qualidade do plástico utilizado. Sabe-se que o aspersor ZE30D é um modelo bastante antigo, enquanto os demais são de tecnologia mais moderna, tendo, certamente, incorporado compostos plásticos mais resistentes. Com os dados da tabela 7, elaborou-se a tabela 10, onde tem-se a vazão calculada com o coeficiente de descarga (Cd) do aspersor Dan 4455, bem como valores de intensidade de chuva aplicada pelo aspersor.

O desgaste médio das três peças após, 200 horas de operação, foi de 1,357% e 0,443%, respectivamente, para bocais de diâmetro menor e maior. Este desgaste menor no bocal de maior diâmetro justifica-se pela menor velocidade de passagem do líquido, portanto com maior atrito.

Com relação a vazão aspergida, verifica-se que todos os aspersores Dan 445 têm vazão calculada menor do que a encontrada no catálogo. Essa redução, embora pequena (0,6 a 1,7%), a medida em que a peça vai sendo utilizada tal vazão vai aumentando, de sorte que, após um certo período, deve-se reavaliar os parâmetros de tempo de irrigação.

Tabela 7- Valores da medição dos diâmetros menor (Dm) e maior (DM) dos bocais dos aspersores DN 4455.

AS PER-SOR	TEMP O (horas)	Dm (mm)	DES G. (mm)	DESG. (%)	DESG. ACM(%)	DM (mm)	DES G. (mm)	DE SG. (%)	DESG. ACM(%)
A	0	2,94	0,00	0,00	0,00	4,5	0,00	0,0	0,00
	25	3	0,06	2,04	2,04	4,5	0,00	0,0	0,00
	50	3	0,00	0,00	2,04	4,5	0,00	0,0	0,00
	100	3	0,00	0,00	2,04	4,5	0,00	0,0	0,00
	200	3	0,00	0,00	2,04	4,52	0,02	0,4	0,44
B	0	2,96	0,00	0,00	0,00	4,48	0,00	0,0	0,00
	25	2,96	0,00	0,00	0,00	4,48	0,00	0,0	0,00
	50	2,96	0,00	0,00	0,00	4,48	0,00	0,0	0,00
	100	2,98	0,02	0,68	0,68	4,5	0,02	0,4	0,45
	200	3	0,02	0,67	1,35	4,5	0,00	0,0	0,45
C	0	2,96	0,00	0,00	0,00	4,5	0,00	0,0	0,00
	25	2,96	0,00	0,00	0,00	4,52	0,02	0,4	0,44
	50	2,96	0,00	0,00	0,00	4,52	0,00	0,0	0,44
	100	2,96	0,00	0,00	0,00	4,52	0,00	0,0	0,44
	200	2,98	0,02	0,68	0,68	4,52	0,00	0,0	0,44
MÉDI A					1,357				0,443

Os aspersores ZE30D tiveram um desgaste bem maior que os demais, em média 2,61%, refletindo-se na intensidade de chuva, pois interfere na vazão (tabela 11). Sempre ocorreu aumento de vazão, indicado pelos sinais negativos da coluna aumento (Aum.) com o tempo, sendo que a diferença de vazão é mais acentuada a medida que se eleva a pressão de serviço do aspersor.

Ao final de 200 horas de operação supera a vazão de catálogo, portanto o dado utilizado em projeto. Isso, sem dúvida vai alterar as condições de lâmina dá água aplicada e de possibilidade da velocidade de aplicação superar a capacidade de infiltração do solo, causando acúmulo superficial do líquido ou mesmo escoamento superficial, o que no caso de efluente industrial não se pode admitir.

Tabela 8- Valores da medição dos diâmetros menor (Dm) e maior (DM) dos bocais dos aspersores ZE30D.

AS PER-SOR	TEM-PO (horas)	Dm (mm)	DES G. (mm)	DES G. (%)	DESG. ACM (%)	DM (mm)	DES G. (mm)	DES G. (%)	DESG. ACM (%)
A	0	4,9	0,00	0,00	0,00	5,44	0,00	0,00	0,00
	25	5	0,10	2,04	2,04	5,48	0,04	0,74	0,74
	50	5	0,00	0,00	2,04	5,5	0,02	0,36	1,10
	100	5	0,00	0,00	2,04	5,5	0,00	0,00	1,10
	200	5,13	0,13	2,60	4,64	5,62	0,12	2,18	3,28
B	0	5	0,00	0,00	0,00	5,49	0,00	0,00	0,00
	25	5	0,00	0,00	0,00	5,5	0,01	0,18	0,18
	50	5	0,00	0,00	0,00	5,5	0,00	0,00	0,18
	100	5	0,00	0,00	0,00	5,5	0,00	0,00	0,18
	200	5,12	0,12	2,40	2,40	5,61	0,11	2,00	2,18
C	0	5	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00	0,00	0,00
	25	5	0,00	0,00	0,00	5,5	0,03	0,55	0,55
	50	5	0,00	0,00	0,00	5,5	0,00	0,00	0,55
	100	5,1	0,10	2,00	2,00	5,5	0,00	0,00	0,55
	200	5,18	0,08	1,57	3,57	5,6	0,10	1,82	2,37
MÉDI A									2,61

Tabela 9- Valores da medição dos diâmetros menor (Dm) e maior (DM) dos bocais dos aspersores A232.

ASPE - SOR	TEMP O (horas)	Dm (mm)	DES G. (mm)	DES G. (%)	DES G. ACM (%)	DM (mm)	DES G. (mm)	DES G. (%)	DES G. ACM (%)
A	0	3,14	0,00	0,00	0,00	5,54	0,000	0,00	0,00
	25	3,14	0,00	0,00	0,00	5,54	0,00	0,00	0,00
	50	3,14	0,00	0,00	0,00	5,54	0,00	0,00	0,00
	100	3,14	0,00	0,00	0,00	5,54	0,00	0,00	0,00
	200	3,18	0,04	1,27	1,27	5,56	0,02	0,36	0,36
B	0	3,14	0,000	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	0,00
	25	3,14	0,00	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	0,00
	50	3,14	0,00	0,00	0,00	5,50	0,02	0,36	0,36
	100	3,14	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	0,36
	200	3,16	0,02	0,64	0,64	5,54	0,04	0,73	1,09
C	0	3,15	0	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	0,00
	25	3,15	0	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	0,00
	50	3,15	0	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	0,00
	100	3,15	0	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	0,00
	200	3,15				5,52	0,04	0,73	0,73

Pela tabela 12 observa-se que o aspersor modelo A232 apresenta vazões menores quando novos, em relação ao citado no catálogo do fabricante, devido as diferenças de diâmetro dos bocais.

Com o tempo de uso, o referido aspersor tende a atingir o valor da vazão estipulado pelo fabricante, o que não é o ideal. Todavia, o desgaste geral dos bocais é pequeno.

Tabela 10- Valores de vazão calculada (Qcalc.), variação da vazão com o tempo (Var.) e intensidade de irrigação (I) para o aspersor Dan 445.

	PS (mca)	Dm (mm)	DM (mm)	Qcalc. (m ³ /h)	Var.. %	I (mm/h)
Cat	20	3	4,5	1,38	0	6,37
A- To = 0 horas	20	2,94	4,5	1,36	1,449	6,29
A- To = 200 horas	20	3	4,52	1,38	0,000	6,41
B To = 0 horas	20	2,96	4,48	1,36	1,449	6,28
B To = 200 horas	20	3	4,5	1,38	0,000	6,37
C- To = 0 horas	20	2,96	4,5	1,36	1,499	6,32
C To = 200 horas	20	2,98	4,52	1,38	0,000	6,38
Cat	25	3	4,5	1,53	0	7,12
A- To = 0 horas	25	2,94	4,5	1,52	1,948	7,03
A- To = 200 horas	25	3	4,52	1,55	-0,649	7,16
B To = 0 horas	25	2,96	4,48	1,52	1,299	7,02
B To = 200 horas	25	3	4,5	1,54	0,000	7,12
C- To = 0 horas	25	2,96	4,5	1,53	0,649	7,06
C To = 200 horas	25	2,98	4,52	1,54	0,000	7,13
Cat	30	3	4,5	1,68	0	7,80
A- To = 0 horas	30	2,94	4,5	1,66	1,190	7,70
A- To = 200 horas	30	3	4,52	1,69	-0,595	7,85
B To = 0 horas	30	2,96	4,48	1,66	1,190	7,69
B To = 200 horas	30	3	4,5	1,68	0,000	7,80
C- To = 0 horas	30	2,96	4,5	1,67	0,595	7,74
C To = 200 horas	30	2,98	4,52	1,69	-0,595	7,82
Cat	35	3	4,5	1,82	0	8,42
A- To = 0 horas	35	2,94	4,5	1,80	1,099	8,32
A- To = 200 horas	35	3	4,52	1,83	-0,549	8,48
B To = 0 horas	35	2,96	4,48	1,79	1,648	8,30
B To = 200 horas	35	3	4,5	1,82	0,000	8,42
C- To = 0 horas	35	2,96	4,5	1,80	1,099	8,36
C To = 200 horas	35	2,98	4,52	1,82	0,000	8,44
Cat	40	3	4,5	1,95	0	9,01
A- To = 0 horas	40	2,94	4,5	1,92	1,538	8,90
A- To = 200 horas	40	3	4,52	1,96	-0,513	9,06
B To = 0 horas	40	2,96	4,48	1,92	1,538	8,88
B To = 200 horas	40	3	4,5	1,95	0,000	9,01
C- To = 0 horas	40	2,96	4,5	1,93	1,026	8,93
C To = 200 horas	40	2,98	4,52	1,95	0,000	9,02

Tabela 11- Valores de vazão e intensidade de chuva do aspersor ZE30D.

	PS (mca)	Dm (mm)	DM (mm)	Qcalc. (m ³ /h)	Aum. %	I (mm/h)
Cat	25	5	5,5	3,32	0	10,25
A- To = 0 horas	25	4,9	5,44	3,22	3,01	9,94
A- To = 200 horas	25	5,13	5,62	3,48	-4,82	10,74
B To = 0 horas	25	5	5,49	3,31	0,30	10,23
B To = 200 horas	25	5,12	5,61	3,47	-4,52	10,70
C- To = 0 horas	25	5	5,47	3,30	0,60	10,18
C To = 200 horas	25	5,18	5,6	3,50	-5,42	10,79
Cat	30	5	5,5	3,63	0	8,42
A- To = 0 horas	30	4,9	5,44	3,53	3,02	8,17
A- To = 200 horas	30	5,13	5,62	3,81	-4,67	8,82
B To = 0 horas	30	5	5,49	3,63	0,28	8,40
B To = 200 horas	30	5,12	5,61	3,80	-4,40	8,79
C- To = 0 horas	30	5	5,47	3,61	0,82	8,37
C To = 200 horas	30	5,18	5,6	3,83	-5,22	8,87
Cat	35	5	5,5	3,93	0	9,09
A- To = 0 horas	35	4,9	5,44	3,81	3,05	8,82
A- To = 200 horas	35	5,13	5,62	4,12	-4,84	9,53
B To = 0 horas	35	5	5,49	3,92	0,25	9,07
B To = 200 horas	35	5,12	5,61	4,10	-4,33	9,49
C- To = 0 horas	35	5	5,47	3,90	0,76	9,04
C To = 200 horas	35	5,18	5,6	4,14	-5,34	9,58
Cat	40	5	5,5	4,20	0	9,72
A- To = 0 horas	40	4,9	5,44	4,07	3,10	9,43
A- To = 200 horas	40	5,13	5,62	4,40	-4,76	10,19
B To = 0 horas	40	5	5,49	4,19	0,24	9,70
B To = 200 horas	40	5,12	5,61	4,38	-4,29	10,15
C- To = 0 horas	40	5	5,47	4,17	0,71	9,66
C To = 200 horas	40	5,18	5,6	4,42	1,05	10,24

Tabela 12- Valores de vazão e intensidade de chuva do aspersor A232.

	PS (mca)	Dm (mm)	DM (mm)	Qi (m ³ /h)	Qcalc. (m ³ /h)	Aum. %	I (mm/h)
Cat	25	3,2	5,6	2,60	2,44	0	7,53
A- To = 0 horas	25	3,14	5,54	2,54	2,38	2,46	7,34
A- To = 200 horas	25	3,18	5,56	2,57	2,41	1,23	7,43
B To = 0 horas	25	3,14	5,48	2,50	2,34	4,10	7,22
B To = 200 horas	25	3,16	5,54	2,55	2,39	2,05	7,36
C- To = 0 horas	25	3,15	5,48	2,50	2,34	4,10	7,23
C To = 200 horas	25	3,15	5,52	2,53	2,37	2,87	7,31
Cat	30	3,2	5,6	2,85	2,66	0	6,19
A- To = 0 horas	30	3,14	5,54	2,78	2,50	6,37	5,78
A- To = 200 horas	30	3,18	5,56	2,81	2,53	5,24	5,85
B To = 0 horas	30	3,14	5,48	2,73	2,46	7,87	5,69

B To = 200 horas	30	3,16	5,54	2,79	2,50	3,67	5,80
C- To = 0 horas	30	3,15	5,48	2,74	2,46	7,87	5,69
C To = 200 horas	30	3,15	5,52	2,77	2,49	6,72	5,76
Cat	35	3,2	5,6	3,08	2,90	0	6,68
A- To = 0 horas	35	3,14	5,54	3,00	2,70	6,57	6,24
A- To = 200 horas	35	3,18	5,56	3,04	2,73	5,54	6,32
B To = 0 horas	35	3,14	5,48	2,95	2,65	8,30	6,14
B To = 200 horas	35	3,16	5,54	3,01	2,71	6,23	6,26
C- To = 0 horas	35	3,15	5,48	2,96	2,66	7,96	6,15
C To = 200 horas	35	3,15	5,52	2,99	2,69	6,92	6,22
Cat	40	3,2	5,6	3,29	3,08	0	5,36
A- To = 0 horas	40	3,14	5,54	3,21	2,88	6,80	5,01
A- To = 200 horas	40	3,18	5,56	3,25	2,92	5,50	5,06
B To = 0 horas	40	3,14	5,48	3,16	2,84	8,09	4,92
B To = 200 horas	40	3,16	5,54	3,22	2,89	6,47	5,02
C- To = 0 horas	40	3,15	5,48	3,16	2,84	8,09	4,93
C To = 200 horas	40	3,15	5,52	3,20	2,87	7,12	4,99

6 CONCLUSÕES

Os aspersores com bocais de plástico apresentam menor desgaste; portanto, são mais indicados para a aplicação de efluentes industriais, como é o caso do efluente da indústria de sucos cítricos denominado água preta. Por outro lado, observa-se que as diferenças entre diâmetro de bocais listados no catálogo do fabricante e aqueles medidos antes do início dos testes, indicam que o controle de qualidade adotado pelas empresas não é rigoroso, o que não é adequado para a tecnologia de irrigação. Tal discrepância é mais acentuada no aspersor A232, de fabricação nacional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.R. O problema da vinhaça no estado de São Paulo. Piracicaba, *Bol. Inst. Zimotécnico*, Piracicaba, n. 3, 1952.
- AZAD, H.S. *Industrial wastewater mangement handbook*. New York, Mc Graw-Hill, 1976.
- AZEVEDO NETTO, J. M. , VILLELA, S. M. *Manual de hidráulica*. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, Vol.I, 1969, 380p.
- FIGUEIREDO, R.F., VIEIRA, D.B., GENOVEZ, A. M. Tratamento de efluente cítrico líquido pelo processo de irrigação por aspersão. In.: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 16, 1991, Goiânia. Anais... Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), 1991. v. 2, T. 4, p.460-75.

- GELLMAN, I., BLOSSER, R.O. *Disposal of pulp and papermill waste by land application on irrigation use*. Proc. 14 Produ. Univ. Indust. Waste Conf., 1959. p 477- 494.
- OLITTA, A.F.O. *Os métodos de irrigação*. São Paulo: Nobel, 1977. 267p.
- SANTOS, C. R., SOARES, J.M. Avaliação do sistema de irrigação por aspersão do perímetro irrigado senador Nilo Coelho. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1992, v. I, Tomo 1. P, 305-34
- VIEIRA, D.B. *Avaliação da interceptação hidrológica e do efeito da vinhaça em cana de açúcar (Saccharum spp)*. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, 1983. 125p.
- VIEIRA, D.B. *Engenharia de irrigação*. Limeira: Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, 1983, 2v.