

## RESISTÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE TUBOGOTEJADORES AO ENTUPIMENTO POR PRECIPITAÇÃO QUÍMICA DE CÁLCIO

**Nildo da Silva Dias<sup>1</sup>; Marcus Vinicius A. M. de Oliveira<sup>2</sup>; Rubens Duarte Coelho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, nisdias@esalq.usp.br*

<sup>2</sup>*Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP*

### 1 RESUMO

Com o objetivo de avaliar a susceptibilidade de tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos à base de sulfato de cálcio, foi desenvolvido um experimento no Laboratório de Irrigação da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Foram utilizados três tipos de tubogotejadores não autocompensáveis (Carbo Drip 2,30 L h<sup>-1</sup> – T<sub>1</sub>; Hydro Gol, 2,00 L h<sup>-1</sup> – T<sub>2</sub> e Typhoon 1,70 L h<sup>-1</sup> – T<sub>3</sub>) instalados em uma bancada, com 6 m de comprimento x 1,3 m de largura e 1,45 de altura, com cinco segmentos de linhas para cada tipo de tubogotejador. Verificou-se a influência causada pela indução forçada de precipitação química no coeficiente de variação de vazão (CVq), no desvio padrão, na vazão média e na taxa de redução de vazão dos emissores. Os resultados mostram que o tempo de funcionamento dos emissores influenciou no CVq devido à ocorrência de obstruções tanto parcial como total. A obstrução do orifício de saída do tubogotejadores, decorrente do tempo de funcionamento, contribuiu para o aumento dos coeficientes de variação, constituindo um problema sério da irrigação localizada, pela desuniformidade de vazão causada.

**UNITERMOS:** Irrigação localizada, obstrução de emissores, sulfato de cálcio.

**DIAS, N. da S.; OLIVEIRA, M. V. A. M. de; COELHO, R. D. CLOGGING RESISTANCE OF DIFFERENT DRIP LINE FOR CALCIUM CHEMICAL PRECIPITATION**

### 2 ABSTRACT

To evaluate the drip line clogging susceptibility to chemical precipitate of calcium sulfate, a study was carried out in the Irrigation Laboratory of the Superior School of Agriculture " Luiz de Queiroz " (USP/ESALQ). Three different drip lines (Carbo Drip 2,30 L h<sup>-1</sup> - T<sub>1</sub>; Hydro Gol, 2,00 L h<sup>-1</sup> - T<sub>2</sub> and Typhoon 1,70 L h<sup>-1</sup> - T<sub>3</sub>) were used and installed in a 6 m long x 1.3 m wide x 1.45 m high dench. The influence caused by the chemical precipitation in the flow variation coefficient (CVq), standard deviation, medium flow and rate flow reduction of the emitters was verified. The results showed that the operation time of the emitters influences on CVq, due to occurrence of partial and

total obstructions of emitters. Dripper exit obstruction due to operation time contributes to the increase of the flow rate variation coefficients, resulting in a serious problem in trickle irrigation.

**KEYWORDS:** Trickle irrigation, emitter clogging, calcium sulfate

### 3 INTRODUÇÃO

O método de irrigação localizada apresenta uma série de vantagens em relação aos demais métodos, devido principalmente ao fato de se aplicar água e nutrientes em pequenas quantidades junto as plantas em regime de alta frequência. Bernardo (1995) acrescenta que a eficiência e a uniformidade de aplicação de água desse método de irrigação oferece benefícios para as culturas, aumentando a produção de frutas de melhor qualidade e redução de custos pela economia de água, fertilizante e mão-de-obra.

Uma característica inerente ao método de irrigação localizada é a pequena área de passagem de água nos emissores. Devido ao pequeno diâmetro de orifício, o entupimento dos emissores configura-se como um dos principais problemas relacionados ao método (KELLER & BLIESNER, 1990; BOMAN & ONTERMA, 1994; PIZARRO, 1996). Tajrishy et al. (1994) ressaltam que o entupimento de uma pequena percentagem dos emissores pode afetar severamente a uniformidade de aplicação da água.

Diversos tipos de gotejadores estão disponível no mercado, apresentando diferentes sensibilidades ao entupimento, fato que pode ser verificado em trabalhos realizados por Ravina et al. (1992), Resende (1999) e Pizarro (1996). Segundo Ravina et al. (1992), todos os gotejadores apresentam vulnerabilidade ao entupimento, por apresentarem estreitas passagens e pequenas aberturas (0,5 a 1,5 mm).

Nakayama (1982) classifica a água quanto ao risco de entupimento em nenhum, ligeiro ou moderado e severo, quando a quantidade de sólidos em suspensão for menor que 50, entre 50 e 100 e maior 100 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

As principais causas do entupimento de emissores são biológica, química e física. Porém, a determinação exata do entupimento de

emissores pode ser complexa, uma vez que vários agentes presentes na água podem interagir entre si, agravando o problema (RAVINA et al., 1992). Para Hill et al. (1989), a precipitação química é uma das principais causas que provocam o entupimento parcial ou total dos emissores, podendo ser causada por sais dissolvidos na água, que dependem de concentração e outros fatores podem precipitar formando cristais sólidos.

Segundo Costa et al (1986), alguns fertilizantes injetados ao sistema podem também provocar precipitados; por exemplo, se a concentração de cálcio é superiores a 6 mmol L<sup>-1</sup>, os fertilizantes fosfatados obstruirão os emissores; ao mesmo tempo, concentração de bicarbonato acima de 5 mmol L<sup>-1</sup> provocará problemas ainda mais graves. Por outro lado, as aplicações de amônia anidra ou líquida nos sistemas de irrigação localizada não são recomendadas, já que podem aumentar o pH da água acima de 11, causando rápida precipitação de carbonato de cálcio.

De acordo com Leite (1995), o entupimento de emissores constitui-se numa das principais razões da não aceitação desse método de irrigação por muitos agricultores.

A precipitação de carbonato é o tipo mais comum de obstrução química na irrigação por gotejamento. De acordo com Pizarro (1996), os precipitados químicos podem ser produzidos quando as condições iniciais da água são modificadas, como pH, temperatura, ocorrência de íons incompatíveis e, sobretudo, a evaporação da água nos emissores após cada irrigação, o que aumenta a concentração dos sais dissolvidos que se precipitam ao superar o limite de solubilidade. Segundo Ayers & Westcot (1991), as obstruções causadas pelas precipitações químicas de produtos como sulfato de cálcio se produzem gradualmente, sendo de difícil localização. A altas temperaturas e os altos valores de pH favorecem a precipitação química, devido ao excesso de sulfato de cálcio de certas águas de irrigação.

O processo de recuperação dos emissores obstruídos baseado na injeção de ácidos adiciona custos de manutenção ao sistema e, em algumas circunstâncias, podem ser ineficientes quando o entupimento for total (GILBERT et al., 1979). Com a ocorrência sucessiva do problema, o produtor torna-se menos confiante quanto ao método de irrigação empregado, procurando dessa forma, outros métodos menos eficientes. Assim, a prevenção ao aparecimento da obstrução, dos emissores, seria melhor em relação à recuperação (Resende 1999).

Muito embora os fabricantes de tubogotejadores recomendem apenas água de boa qualidade, fatos inerentes à irrigação como fertirrigação e variação de temperatura e pH podem proporcionar risco ao entupimento por precipitados químicos. Assim para maior segurança são necessárias pesquisas sobre resistência de gotejadores a obstrução objetivando maior confiabilidade para fornecer assim opções mais confiáveis aos irrigantes.

Deste modo, objetivou-se avaliar a susceptibilidade de três tipos comerciais de tubogotejadores ao entupimento induzido sob condição forçada por precipitados químicos à base de cálcio.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Irrigação e Drenagem, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba-SP.

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizaram-se três tipos de tubogotejadores não autocompensáveis disponíveis no mercado brasileiro: Carbo Drip  $2,30 \text{ L h}^{-1}$  – T<sub>1</sub>; Hydro Gol,  $2,00 \text{ L h}^{-1}$  – T<sub>2</sub> e Typhoon  $1,70 \text{ L h}^{-1}$  – T<sub>3</sub>, instalados em uma bancada com 6 m de comprimento x 1,3 m de largura e 1,45 de altura, com cinco segmentos de 6 metros para cada tipo de tubogotejador estudado, num total de 10

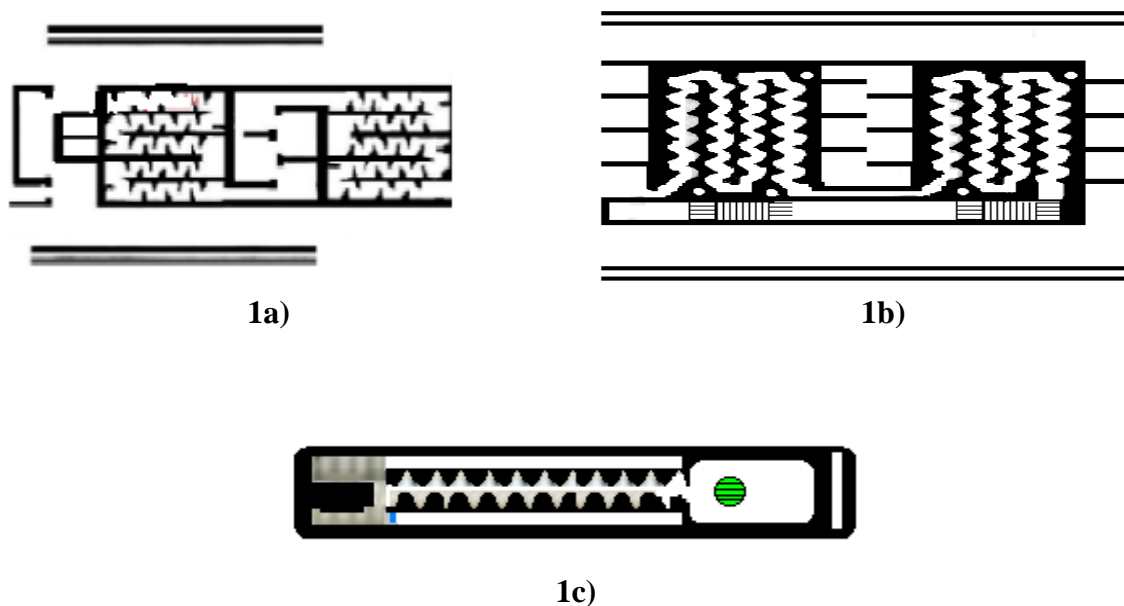
gotejadores por tubogotejador. A Figura 1 ilustra os modelos de tubogotejadores estudados.

As medições individuais de vazões dos gotejadores foram efetuadas a cada 12 horas de funcionamento com intervalos constantes de 6 horas, totalizando 92 horas de funcionamento no período do ensaio, em que se acompanhou o processo de entupimento. Para medição individuais da vazão foram coletados os volumes dos gotejadores com o uso de coletores por um período de tempo de 5 minutos a uma pressão de  $\pm 100 \text{ kPa}$ , regulada por meio de válvula reguladora de pressão, colocada na entrada da linha principal de bombeamento da bancada. Para se obter maior exatidão foi usado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, expressando-se os valores de vazão em  $\text{L h}^{-1}$ .

A água de abastecimento do laboratório utilizada no ensaio foi enriquecida pela adição de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ). Como não existe nenhuma norma técnica para este tipo de ensaio, inicialmente foi adicionado 50 % da solubilidade máxima para a temperatura da água do  $\text{CaSO}_4$ , após 12 horas de funcionamento aumentou-se à concentração para 75 % da solubilidade máxima e após mais 12 horas de funcionamento atingiu os 100 % da solubilidade máxima. Utilizou-se como recipiente para preparo e armazenamento da água uma caixa de cimento de amianto com capacidade de 500 L, a qual a água era bombeada para o sistema de tubogotejadores.

A água, após passar pelos gotejadores, era recolhida em calha que a reconduzia ao tanque de captação, constituindo, assim, um sistema de recirculação de água. O refluxo promovia ainda a agitação da água do reservatório, evitando-se a decantação dos sais dissolvidos à água. Foram instalados hidrômetros na linha principal e à entrada de cada bloco de tubogotejadores para auxiliar no monitoramento das vazões das laterais de gotejadores.

Avaliou-se o estudo a influencia causada pela precipitação química no coeficiente de variação de fabricação (CVf), no desvio padrão, na vazão média e na taxa de redução de vazão dos emissores.



**Figura 1.** Modelos de tubogotejadores estudados: (1a) Carbo Drip 2,30 L h<sup>-1</sup>, (1b) Hydro Gol, 2,00 L h<sup>-1</sup> e (1c) Typhoon 1,70 L h<sup>-1</sup> (Mousinho, 2002).

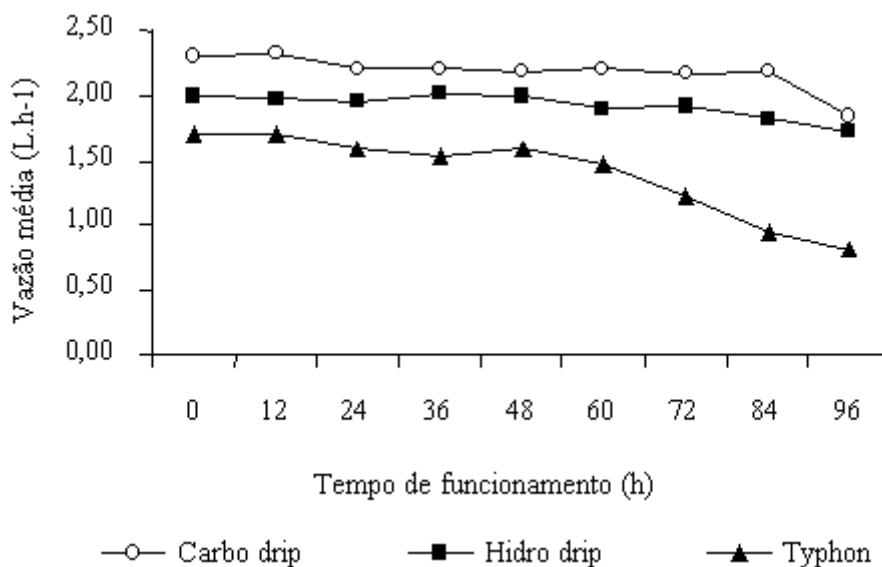
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Variação de vazão dos emissores

A Figura 2 mostra valores da vazão média dos gotejadores em função do tempo de funcionamento para os três tipos de tubogotejadores testados. Nota-se que todos os tubogotejadores foram significativamente afetados pelas obstruções por precipitação química que diminuíram seus valores médios de vazão. Apresentam porém comportamentos diferenciados quanto à redução de vazão ao longo do tempo de funcionamento. O tubogotejador Typhoon foi o mais afetado pela presença de precipitados químicos, tendo sofrido ao final do período de ensaio redução da vazão

nominal da ordem de 51,9 %. Para os demais modelos essa redução foi de 20,9 % e 13 % para os emissores Carbo Drip e Hydro Gol, respectivamente; sendo este último com melhor desempenho quanto à resistência ao entupimento por precipitação química, com menor taxa de redução de vazão no período de ensaio, conforme mostrado na Tabela 1.

Uma característica preponderante dos riscos de obstrução de um emissor é o diâmetro do orifício de passagem de água dos emissores, ou seja, quanto menor for o diâmetro do emissor maior a susceptibilidade ao entupimento por precipitado, fato este relatado por Pizarro (1996) e Boman (1995). De acordo com Pizarro Cabello (1987) os emissores de baixa vazão podem ter diâmetro de saída entre 0,3 a 1,0 mm, apresentando alta sensibilidade à obstrução.



**Figura 2** Variação da vazão média dos gotejadores ao longo do período do ensaio para os diferentes tipos de gotejadores testados.

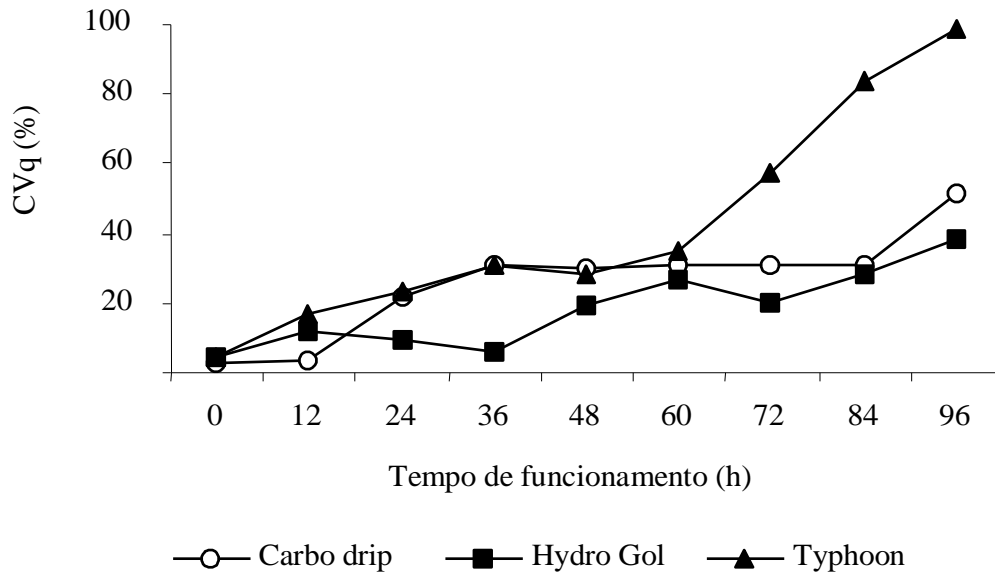
**Tabela 1** Percentual da vazão nominal dos tubogotejadores entre números de horas de funcionamento do sistema.

Tempo de funcionamento (h)	Percentual da vazão nominal (%)		
	Carbo drip	Hydro Gol	Typhoon
12	101	99	100
24	96	98	94
36	96	100	91
48	95	100	94
60	96	95	87
72	95	96	72
84	95	91	56
96	80	86	48

## 5.2 Coeficiente de variação de vazão dos emissores

A Figura 3 mostra os valores do coeficiente de variação de vazão dos tubogotejadores durante o período de ensaio para os diferentes tipos de gotejadores estudados. Verifica-se que, com o aumento do tempo de funcionamento, os gotejadores estudados diminuíram a uniformidade de vazão, pois apresentou coeficientes de variação de vazão cada vez mais altos, fato este provavelmente relacionado com a obstrução tanto parcial como total decorrente ao tempo de uso.

Observa-se que o coeficiente de variação de vazão foi variável entre os tipos de emissores, tendo aumentado com o tempo de funcionamento do sistema. Enquanto no início do ensaio (12 horas e funcionamento) o CVq foi inferior a 16 % para todos os gotejadores avaliados, este atingiu mais de 90 % ao final do ensaio para o modelo Typhoon. O tubogotejador Typhoon, classificado como excelente quando novo ( $CV_f < 10\%$ ), apresentou maior CVq ao longo do ensaio, atingindo 98,6 % ao final do ensaio, sendo considerado o mais susceptível à precipitação química a base de cálcio.



**Figura 3** Coeficiente de variação de vazão dos tubogotejadores durante o período de ensaio para os diferentes tipos de gotejadores estudados.

### 5.3 Obstrução dos emissores por precipitado químico

As Figuras 4, 5 e 6 demonstram a ocorrência do entupimento dos três tipos emissores ao longo do ensaio para diferentes faixas de redução de vazão. Observa-se que o modelo Typhoon mostrou maior sensibilidade à obstrução por precipitação química, uma vez que apresentou um maior número de emissores totalmente obstruídos no final do ensaio, atingindo aproximadamente 46 % dos gotejadores com vazão reduzida em 100 %, contra 20 % para o modelo Carbodrip e 8 % para o modelo Hydro Gol.

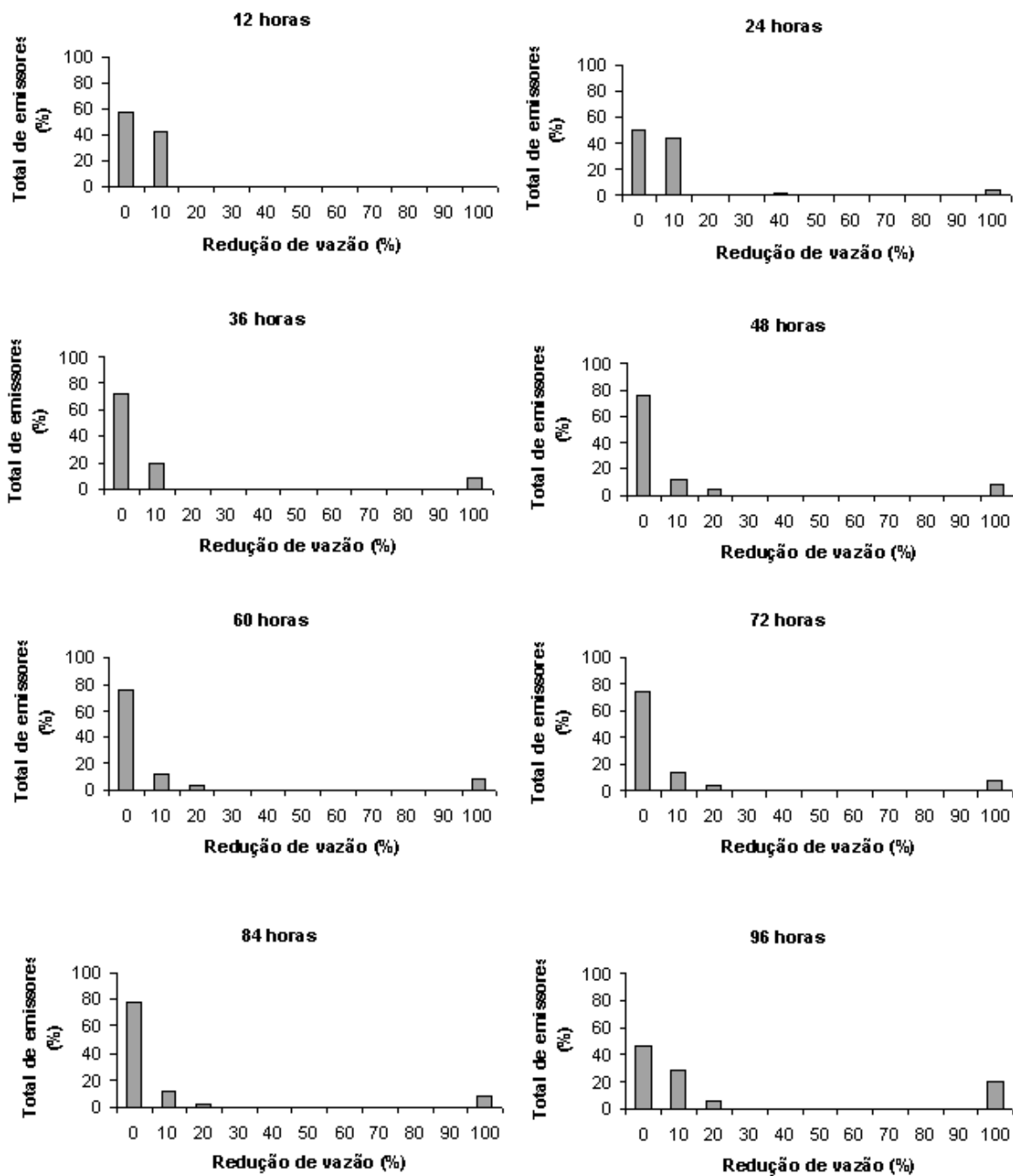
Analisando o padrão de distribuição do nível de entupimento para os modelos estudados observa-se que modelo Hydro Gol, no primeiro intervalo de amostragem (12 horas de funcionamento) apresentou uma redução parcial de 69 % da vazão para 20 % dos emissores analisados (Figura 6), enquanto o emissor Typhoon apresentou 78 % para 30 % dos emissores (Figura 5) e o Carbodrip apresentou o melhor desempenho para esse intervalo de funcionamento, ou seja, 58 % dos

emissores não apresentaram variação de vazão e 42 % apresentou redução de vazão de 10 % (Figura 4).

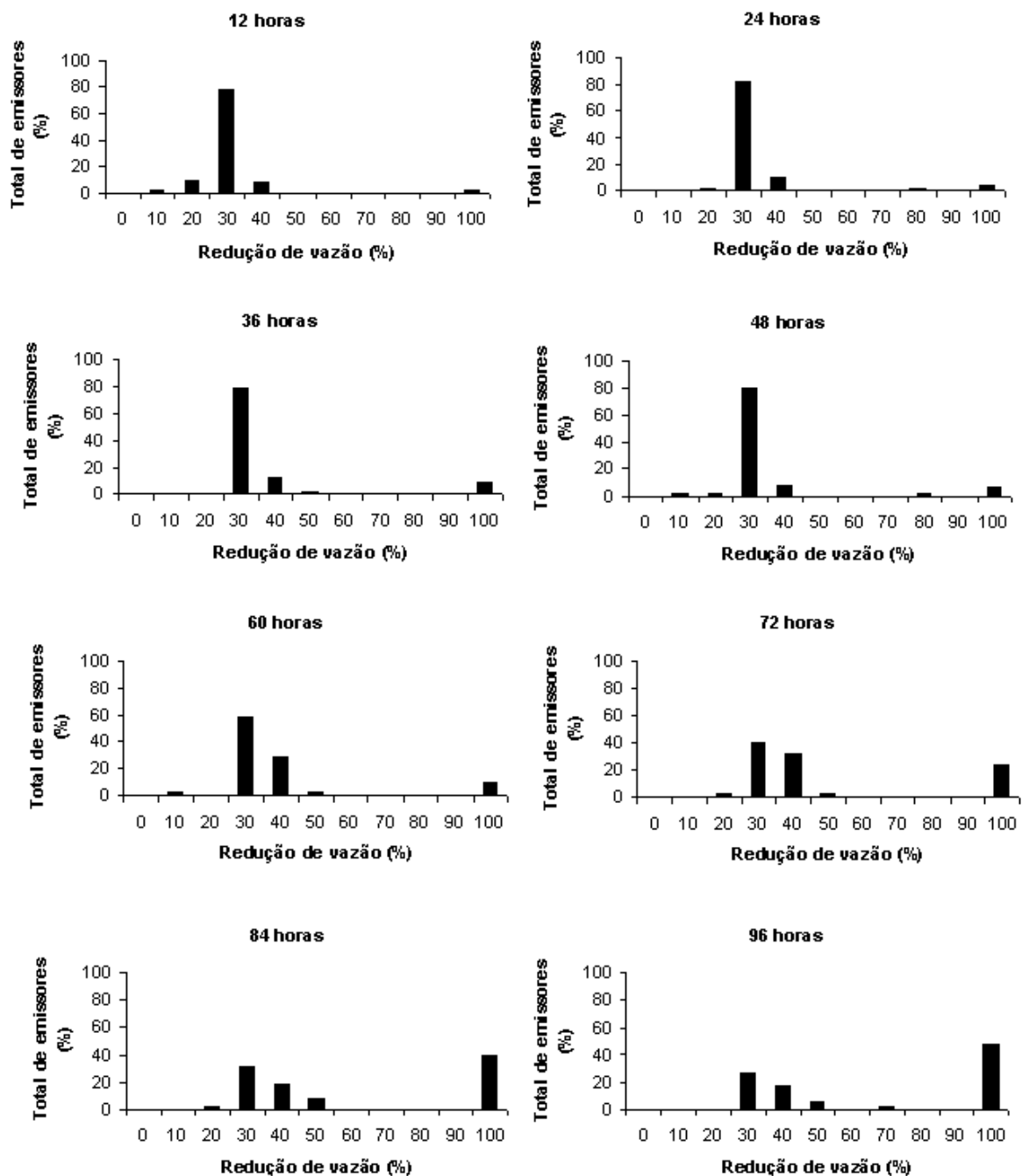
É possível observar que os emissores de alguns modelos de tubogotejadores entupiram mais rapidamente que outros, por exemplo, enquanto o tubogotejador Hydro Gol apresentava vazão em todos os emissores até 48 horas de funcionamento do sistema, o tubogotejador Typhoon em 24 horas de funcionamento já apresentava 4 % dos gotejadores totalmente obstruídos e 82 % com vazão reduzida em 30 %.

Durante o ensaio verificou-se que a obstrução dos emissores por precipitado químico ocorreu gradualmente, afetando diferentemente os emissores de um mesmo tubogotejador, o que está em conformidade com Ayers (1991), que observou variação gradual na redução de vazão dos gotejadores devido obstrução parcial.

Deve-se ressaltar que indiferente aos resultados obtidos de obstrução por precipitados de cálcio, devem ser tomadas medidas preventivas (aplicação de ácidos) para manter a vazão nominal dos gotejadores sem prejuízos a uniformidade e lâmina de irrigação do projeto.



**Figura 4** Distribuição percentual do número total de gotejadores por faixa de redução de vazão, para o modelo Cardodrip ao longo do período de funcionamento do sistema



**Figura 5** Distribuição percentual do número total de gotejadores por faixa de redução de vazão, para o modelo Typhoon ao longo do período de funcionamento do sistema.



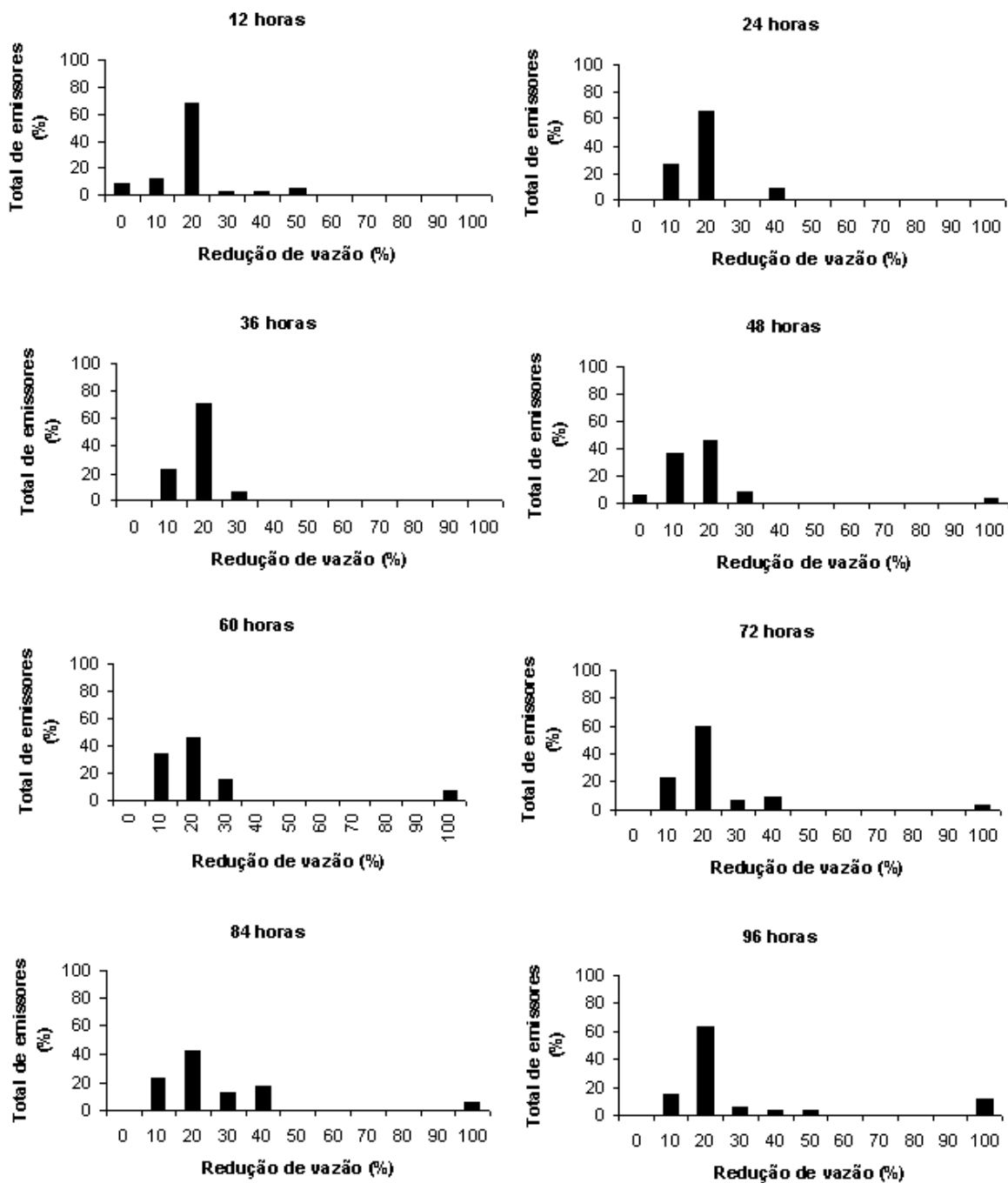


Figura 6 Distribuição percentual do número total de gotejadores por faixa de redução de vazão, para o modelo Hydrogol ao longo do período de funcionamento do sistema.

A ocorrência do entupimento em emissores pode se dar em três situações: no orifício de entrada, no caminho percorrido pela água no emissor e no orifício de saída. Visando verificar e ilustrar o entupimento alguns dos emissores utilizados, na Figura 7 demonstra-se o detalhe de ocorrência de precipitação química do três tipos de gotejadores. Notou-se que em todos os modelos houve uma deposição de precipitados de cálcio, principalmente na região do labirinto e na região “pós-labirinto”, ou seja, na região próxima ao orifício de saída, possivelmente devido a menor velocidade da água nessa porção do gotejador, e também devido a evaporação da água e conseqüente aumento de concentração de cálcio nessa região após cessar a irrigação. Em nenhum dos casos ocorreu obstrução no orifício de saída. Na maioria dos casos foi encontrada obstrução parcial, sendo que quando encontrada obstrução total essa se deu principalmente no labirinto. O único modelo que aparentemente apresentou obstrução total também na região do orifício de

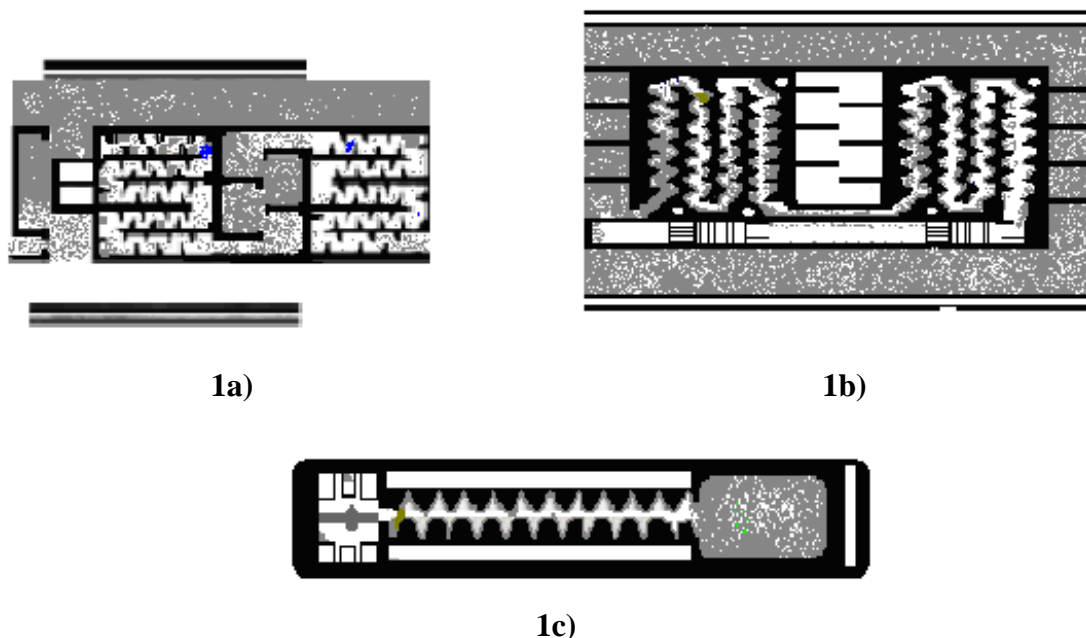
saída foi o Typhoon, possivelmente devido ao menor volume dessa porção do gotejador.

## 6 CONCLUSÕES

A precipitação química por cálcio ocorreu gradualmente, modificando a vazão dos gotejadores, devido a ocorrência de obstruções tanto parcial como total nos emissores.

A obstrução do orifício de saída do tubogotejadores, decorrente do tempo de funcionamento, contribui para o aumento do coeficiente de variação, constituindo um problema sério da irrigação localizada, pois as amostras oferecem oportunidades inferiores de uniformidade de vazão.

O gotejador que mais resistiu a obstrução química foi o “Hydro Gol”, tendo apresentado no final do ensaio uma percentagem de obstrução de 11 %.



**Figura 7** Detalhe da ocorrência de obstrução química nos tubogotejadores estudados: (1a) Carbo Drip 2,30 L h<sup>-1</sup>, (1b) Hydro Gol, 2,00 L h<sup>-1</sup> e (1c) Typhoon 1,70 L h<sup>-1</sup>.

**7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 59. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 596 p.
- COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. **Aplicação de fertilizante via água de irrigação**. III Curso de uso e manejo de irrigação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 1986. v.12, n.129, p. 63-68.
- GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; Bucks, D.A. Trickle irrigation: prevention of clogging. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.22, n.3, p. 133-148, 1979.
- KELLER, J.C.; BLISNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Norstrand Reinhold, 1990. 652 p.
- NAKAYAMA, F. S. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. In: PROC. **Irrigation Association Conference**, 1982, Portland, Oregon, 1982.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3.ed. Madri: Mundi Prensa, 1996. 513 p.
- RAVINA, I. et al. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, Berlin, v.13, n.3, p.129-139, 1992.
- RESENDE, R. S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação**. 1999. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- SOUZA, V.F.; AGUIAR NETO, A. O. Avaliação da uniformidade de funcionamento em sistema de irrigação por gotejamento em área cultivada com citrus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. Resumos... Universidade Federal de santa Maria / Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 77.
- TAJRISHY, M A.; HILLIS, D.J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, n.4, 1994.