

João B. R. da S. Reis<sup>1</sup>Tiago C. Garzella<sup>2</sup>Rubens D. Coelho<sup>3</sup>

# Tempo de operação para limpeza de linhas laterais em função da velocidade da água e de duas condições topográficas

## RESUMO

A limpeza das tubulações com água corrente é uma atividade essencial ao sucesso na irrigação localizada, pois contribui para o não entupimento de emissores, problema sério encontrado nesses sistemas de irrigação, visto que o entupimento, completo ou parcial, pode reduzir a uniformidade de aplicação; assim sendo, o objetivo do trabalho foi estabelecer o tempo de operação com vista à limpeza de linhas laterais, para diferentes granulometrias e pesos de amostras sob condições plana e de aclividade de 2%, considerando-se variadas velocidades da água. Amostras de um solo argiloso foram inseridas no início da linha lateral de uma tubulação de polietileno de 20 m, mensurando-se à jusante, a porcentagem de recuperação de partículas em um tecido filtrante. Observou-se que a quantidade inicial de material argiloso não apresentou efeito significativo no tempo de deslocamento, considerando-se a velocidade da água de 0,3 m s<sup>-1</sup>. A condição de 2% de aclividade para a velocidade de 0,7 m s<sup>-1</sup>, não indicou risco para obstrução do fluxo da água, visto que as partículas maiores demoraram um tempo maior para serem recolhidas e as partículas menores percorreram o tubo com menor resistência. Para todas as situações estudadas, um tempo de 15 min foi suficiente para limpar a tubulação. A velocidade de 2 m s<sup>-1</sup>, em condição plana e de comprimento máximo, ressaltando um tempo de operação de 1 min, pode ser adotada com segurança para limpeza de sistemas de irrigação por gotejamento em condições de campo.

**Palavras-chave:** velocidade da água, entupimento, vazão contínua

## Operation time for cleaning of lateral lines in function of velocity of water and two topographical conditions

## ABSTRACT

The cleaning of the pipes with water is an essential activity for success in trickle irrigation, because it contributes to the clogging of emitters, that is a serious problem found in these irrigations systems, because clogging complete or partially can reduce application uniformity. Therefore, the purpose of this paper was to establish operation time for cleaning of lateral lines, for different particle size and sample weights under flat and -2% slope condition, considering different velocities of water. Samples of a clay soil were inserted at the beginning of the lateral line of a 20 m polyethylene pipe. At the end of pipe, particle recovery was realized using a cloth filter. It was observed that the initial amount of clay material did not present significant effect in displacement time, considering the water speed of 0.3 m s<sup>-1</sup>. The condition of -2% of slope, for speed of 0.7 m s<sup>-1</sup> did not present risk for obstruction of the water flow, considering that the particles of larger diameter took a greater time to be collected than the smaller ones. In all condition studied, a period of 15 min is enough for cleaning the pipe. The water speed of 2 m s<sup>-1</sup>, in a plane condition and of maximum length, considering an operation time of 1 min, can be adopted in field conditions, for cleaning the drip irrigation system.

**Key words:** water velocity, clogging, continuous flow

<sup>1</sup> Doutorando em Irrigação e Drenagem, ESALQ, USP, 13418-900, Piracicaba, SP, jbrsreis@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Doutorando em Irrigação e Drenagem, ESALQ, USP, garzella@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Prof. Dr. Departamento de Engenharia Rural, ESALQ, USP, rdcoelho@esalq.usp.br

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos métodos de irrigação e a busca por maior eficiência e, conseqüentemente, redução de custos e consumo dos recursos hídricos e energéticos, têm levado ao desenvolvimento de materiais e equipamentos para melhorar o desempenho dos sistemas de irrigação. O gotejamento é um sistema de irrigação localizada caracterizado pela alta eficiência de aplicação de água. Neste sentido, pode-se utilizar este sistema, considerando-se outras vantagens, como: possibilidade de quimigação; menor dependência de mão-de-obra; adaptação a solos pesados e declivosos; boa compatibilidade com as demais práticas agrícolas etc; por outro lado, como importante limitação na irrigação localizada, é a sua susceptibilidade ao entupimento, ressaltando-se que um dos fatores que elevam os custos de operação e manutenção do sistema é a obstrução de emissores por sólidos presentes na água (Paterniani & Scatolini, 2001).

O entupimento de emissores é um sério problema encontrado nos sistemas de irrigação localizada, visto que o entupimento completo ou parcial pode reduzir a uniformidade de aplicação, tornando necessário checar, trocar ou recuperar emissores defeituosos; portanto, deve-se destacar a relação muito próxima do entupimento e a qualidade da água utilizada.

Diversos trabalhos de pesquisa e observações de campo indicam que as causas de obstrução em emissores e sistemas de filtragem podem ser divididas em três principais categorias: material em suspensão, precipitados químicos e crescimento bacteriano (Nakayama et al., 1977).

Normalmente, as obstruções são causadas pela combinação da presença de argila e produtos de corrosão envolvidos em massa biológica e cimentados com precipitados de  $\text{CaCO}_3$ ; no entanto, tem-se observado que os maiores problemas de obstrução são causados pela presença de material em suspensão, como silte, algas etc. (Adin & Alon, 1986).

De acordo com Shannon et al. (1982), os vários tratamentos que são efetivos para o controle das obstruções químicas e biológicas podem não ter efeito direto sobre os sedimentos inorgânicos em suspensão, podendo-se deixar de evitar a obstrução por partículas menores que 75 micras.

A ação mecânica de eliminação dos sólidos em suspensão (SS) por filtração se baseia no princípio de que um meio poroso pode reter impurezas de dimensões menores que as dos poros da camada filtrante (Povinelli & Martins, 1973).

A limpeza das tubulações com água corrente não é somente uma prática de manejo complementar ao controle químico mas, sim, uma atividade essencial e mantenedora do sucesso na irrigação localizada.

As pequenas partículas são leves o suficiente para serem suspensas e transportadas pelo fluxo de água quando a velocidade é alta; entretanto, a velocidade da água em um sistema de irrigação localizada diminui, assim que a água é descarregada ao longo do comprimento da tubulação, principalmente nas linhas laterais. No final da linha lateral, o fluxo da água é reduzido para a taxa de vazão dos últimos emissores. Muitos fragmentos são acumulados neste ponto porque a velocidade não é suficiente para carregá-los e, como

resultado, as pequenas partículas se assentam no fundo das tubulações, sendo esta a causa pela qual a obstrução dos emissores normalmente ocorre no fim das linhas laterais (Smajstrla & Boman, 1999).

A velocidade mínima encontrada na literatura para limpeza de linhas laterais varia de 0,3 a 0,6  $\text{m s}^{-1}$ . Smajstrla & Boman (1999) recomendam, como velocidade mínima, 0,3  $\text{m s}^{-1}$ ; já Wallis (1976) e Shanon (1982) apresentaram, uma velocidade mínima de 0,6  $\text{m s}^{-1}$ , sendo recomendada quando se necessita descarregar partículas maiores; por outro lado, existem relatos divergentes para essa velocidade mínima, considerando que Morris & Black (1975), encontraram, no final da lateral, um limite ótimo de velocidade de 2,5 a 5  $\text{m s}^{-1}$ , ou seja, valores que não são encontrados usualmente no campo para comprimentos maiores de linha lateral.

Tendo em vista a ampla aceitação dos valores de velocidade mínima para limpeza das tubulações, principalmente para a faixa de 0,3 a 0,6  $\text{m s}^{-1}$ , e a ocorrência de valores maiores de velocidade e se considerando comprimentos maiores de tubulação, com ou sem emissores, objetivou-se, neste trabalho:

- estabelecer o tempo de operação para limpeza de linhas laterais, para diferentes granulometrias de um solo argiloso e pesos de amostras sob condições plana e de aclividade de 2%, ressaltando-se diferentes velocidades da água;
- comparar uma faixa de velocidade de limpeza considerada em laboratório em relação a uma situação de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, no município de Piracicaba, SP, localizado nas coordenadas geográficas 22° 42' latitude sul, 47° 38' longitude oeste e altitude de 540 m.

Para determinação do deslocamento das partículas, utilizou-se uma linha lateral com tubulação de polietileno de 20 m de comprimento, além de um diâmetro interno de 19,6 mm, operando com vazão contínua (sem emissores). Amostras de um solo argiloso vermelho Alfisol "Série Luiz de Queiroz" foram utilizadas, com as seguintes granulometrias: 1-2 mm, 0,5-1 mm, 0,25-0,5 mm e 0,149-0,25 mm, as quais estão relacionadas, respectivamente, com as peneiras de 18, 35, 60 e 100 mesh. As classes granulométricas foram submetidas ao processo de tamisação em aparelho elétrico, durante 10 min sendo posteriormente, cada classe retamizada individualmente. Utilizaram-se dois pesos de amostras (20 e 30 g) para cada granulometria; essas amostras de partículas sólidas foram colocadas no início da linha lateral em uma conexão, a qual tinha, acoplado, um filtro de disco no ponto de derivação da água, para garantir o fornecimento de água isenta de partículas.

Os ensaios foram realizados em condição plana e com aclividade de 2% ficando, neste caso, o ponto inicial 40 cm abaixo do ponto final do sistema. A vazão foi determinada e ajustada pelo método da pesagem, com o qual se obteve uma velocidade inicial. A partir desta velocidade foram estudadas as velocidades de 0,3, 0,7 e 2,0  $\text{m s}^{-1}$ , sendo esta última pro-

posta com base em valores médios de velocidade, encontrados em tabelas de fabricantes de sistemas de irrigação localizada. No final da linha, instalou-se uma bateria de oito peneiras (Figura 1), constituídas de tecido filtrante (tergal), suportado em reservatório de PVC, possibilitando a recuperação das partículas. Considerando os fatores topográficos, velocidade da água, granulometria e pesos de amostras, três repetições foram acondicionadas nas avaliações realizadas. As peneiras eram substituídas em intervalos constantes de 2 min, em que a primeira peneira foi retirada a 1 min e a última a 15 min de tempo de operação; em seguida, os tecidos filtrantes foram retirados e enumerados pela seqüência de uso, com base na condição plana e sob aclividade, diferentes quantidades de amostras iniciais e diferentes granulometrias; por se tratar de material resistente a altas temperaturas, o tecido filtrante utilizado foi condicionado diretamente à estufa (105 °C) durante 24 horas para secagem. A quantidade de solo argiloso recuperada em cada intervalo foi definida em balança de precisão (0,001 g) podendo-se, para tanto, calcular a porcentagem de recuperação de partículas ao longo do tempo.



Figura 1. Bateria de oito peneiras com material filtrante

Figure 1. Eight sieving set and filtering element

Entre um ensaio e outro assegurou-se a condição de limpeza da tubulação, condicionando-a a uma alta vazão de saída. Este procedimento foi realizado abrindo-se totalmente o registro no início da linha, e se eliminando toda a água e materiais particulados após o final da linha lateral.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ressalta-se que, inicialmente, o somatório da porcentagem de recuperação de partículas no final da linha, para as oito peneiras utilizadas, correspondeu ao peso de amostra inicial total considerada no início da linha.

Para a velocidade de  $0,3 \text{ m s}^{-1}$ , em condição plana e se levando em conta um peso de amostra inicial de 20 g, o pico de limpeza das partículas com granulometria de 0,25–0,5 mm se deu no intervalo de tempo entre 1 e 3 minutos, apresentando

uma porcentagem de recuperação de 30,25% (Figura 2). Os baixos valores apresentados se devem principalmente às perdas ao longo da linha lateral à retenção do material particulado em determinados pontos da tubulação; já as amostras de maior granulometria, apresentaram porcentagens bem inferiores para as mesmas condições, sendo: 13,8% para 0,5–1 mm e 13,9% para 1–2 mm. Esses últimos resultados compreendem o máximo de porcentagem de recuperação obtido por intervalo.

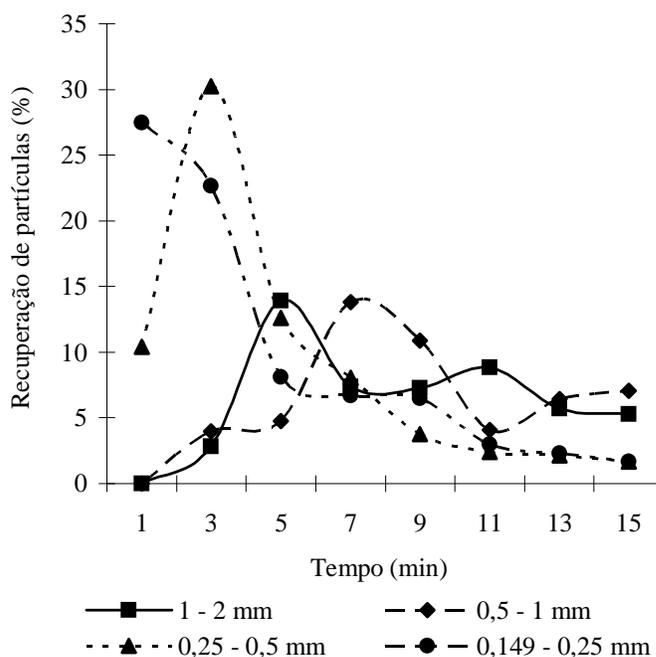


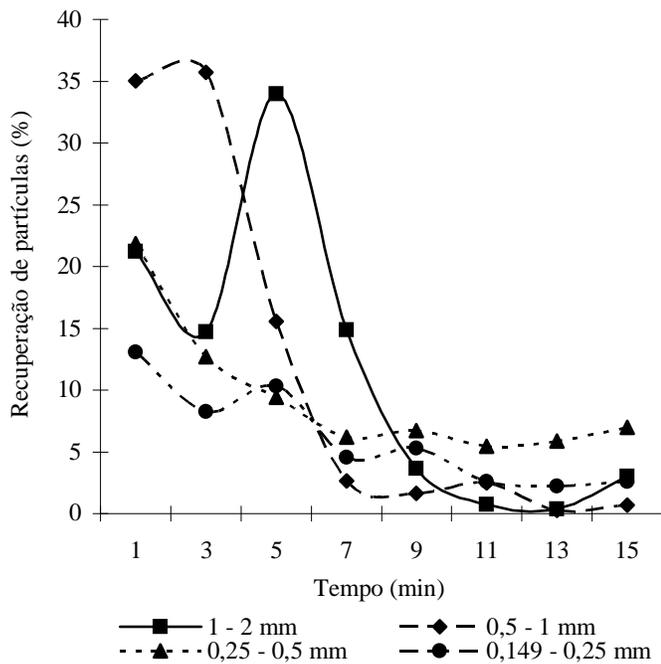
Figura 2. Porcentagem de recuperação de partículas para amostras com 20 g e submetidas à velocidade de  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  em condição plana

Figure 2. Recovery percentage of particles with 20 g samples, under velocity of  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  and flat condition

Tendo em vista o peso de amostra inicial de 30 g, para a mesma velocidade de  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  e também sob condição plana, notou-se a ocorrência de situação contraditória, ou seja, as duas maiores granulometrias apresentaram uma porcentagem maior quanto à recuperação de partículas: 33,97% para 1–2 mm e 35,73 % para 0,5–1 mm, sendo que as duas menores granulometrias, 0,25–0,5 mm e 0,149–0,25 mm, obtiveram as maiores porcentagens de recuperação como sendo: 21,83% e 13,07%, respectivamente, não justificando, desta forma, esta variação entre os pesos de amostras utilizadas, para uma velocidade menor (Figura 3). Salienta-se, que, apesar de apresentarem as menores porcentagens de recuperação, as menores granulometrias obtiveram um comportamento uniforme ao longo do intervalo total de 15 min.

Conclui-se que, para os dois pesos de amostras analisados, ocorreu efeito apenas no intervalo de tempo de 1 a 5 min, considerando-se a baixa velocidade de  $0,3 \text{ m s}^{-1}$ .

Seqüencialmente, realizaram-se testes para a velocidade de  $0,7 \text{ m s}^{-1}$ , embora em condição de aclividade de 2% utilizando-se também os mesmos pesos de amostras e as mesmas



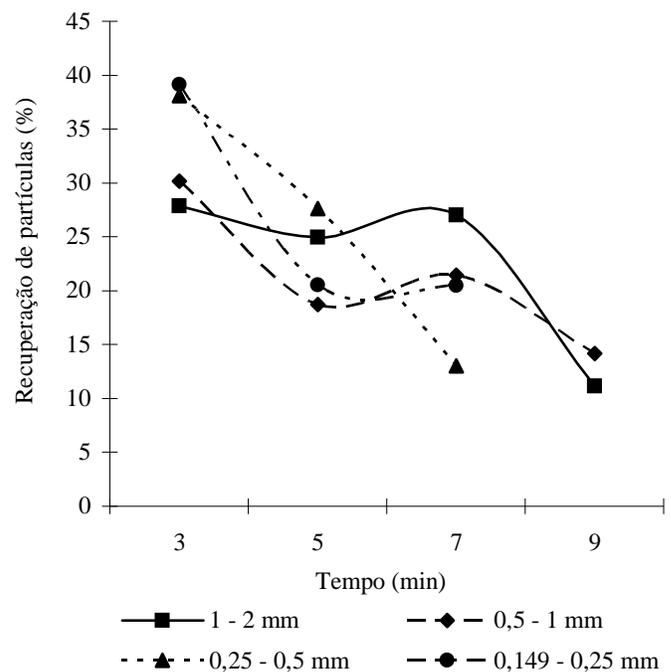
**Figura 3.** Porcentagem de recuperação de partículas para amostras com 30 g e submetidas à velocidade de  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  em condição plana

**Figure 3.** Recovery percentage of particles with 30 g samples, under velocity of  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  and flat condition

granulometrias. Observou-se, em relação ao peso de amostra inicial de 20 g, que as maiores partículas demoraram maior tempo para serem recolhidas, até 9 min, e as menores partículas foram recolhidas até 7 min, visto que estas últimas obtiveram uma recuperação maior das partículas, principalmente no que se refere ao menor tempo de coleta avaliado, isto é, 3 min (Figura 4); concluiu-se, portanto, que as partículas do solo utilizado sob uma velocidade maior de escoamento, são recuperadas em menor tempo de operação, ressalvando a condição de 2% de acclividade, o que não representou risco de obstrução para o escoamento da água.

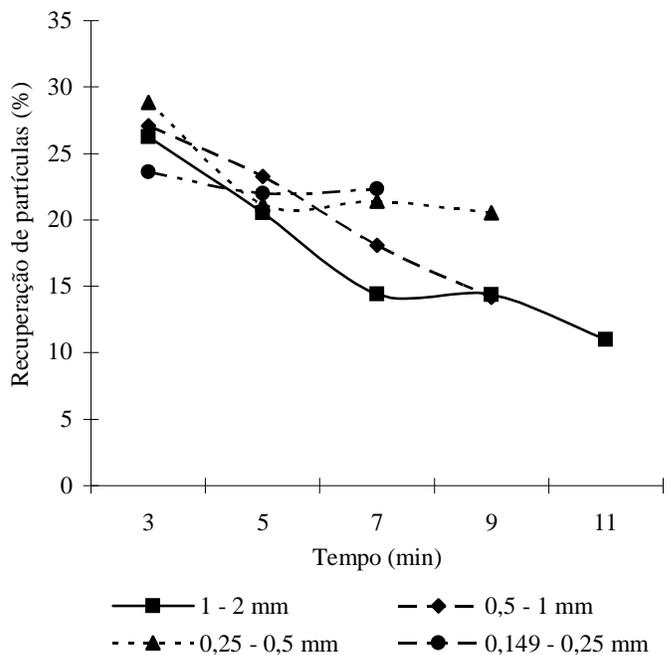
Em referência à situação citada anteriormente, embora com o único diferencial da variação do peso da amostra, com 30 g colocados no início da linha, observou-se efeito significativo devido ao acréscimo do peso da amostra, no que, individualmente, as maiores partículas, demoraram maior tempo para serem recolhidas, até 11 min, considerando-se que as menores partículas foram recolhidas até o tempo de operação de 7 min (Figura 5), constatando-se que as partículas menores, por sua vez, percorreram o tubo sem maior resistência quando comparado com a inserção de partículas maiores; comparativamente com a Figura 4, observaram-se também maiores valores de porcentagem de recuperação de partículas no tempo de operação de 3 min, embora todos os valores encontrados sejam menores que os obtidos com o peso de amostra de 20 g, corroborando, mais uma vez com a importância que o acréscimo do peso da amostra apresenta.

Como finalização deste trabalho decidiu-se observar o comportamento de uma velocidade geralmente recomendada



**Figura 4.** Porcentagem de recuperação de partículas para amostras com 20 g submetidas à velocidade de  $0,7 \text{ m s}^{-1}$  em condição de aclive

**Figure 4.** Recovery percentage of particles with 20 g samples, under velocity of  $0,7 \text{ m s}^{-1}$  and up slope condition



**Figura 5.** Porcentagem de recuperação de partículas para amostras com 30 g e submetidas à velocidade de  $0,7 \text{ m s}^{-1}$  em condição de aclive

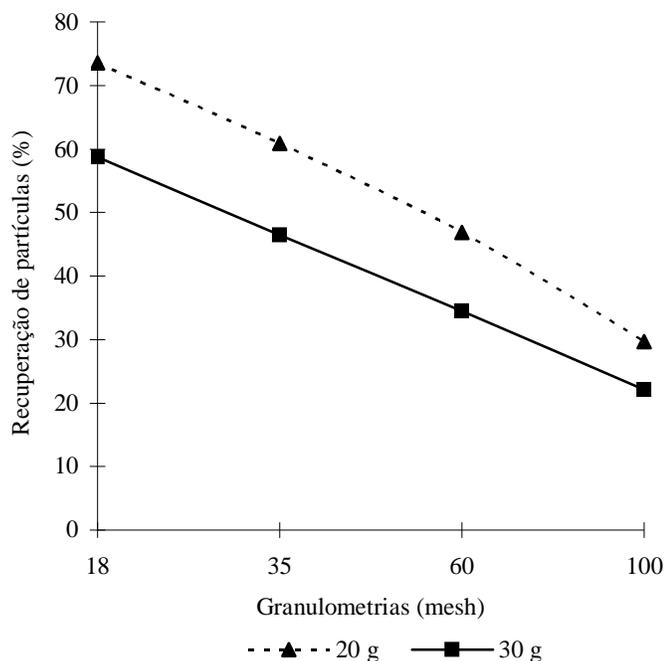
**Figure 5.** Recovery percentage of particles with 30 g samples, in a velocity of  $0,7 \text{ m s}^{-1}$  and up slope condition

no campo, qual seja,  $2 \text{ m s}^{-1}$ , considerando-se um comprimento máximo para as tubulações, em condição plana. Do mesmo modo em que foram realizados os testes anteriores, atribuíram-se dois diferentes pesos de amostras, 20 e 30 g; primeiro,

observou-se que todo o material foi recolhido na primeira peneira, ou seja, no tempo de 1 min, confirmando tendência para a velocidade mínima, segundo Morris & Black (1975), que encontraram, no final da lateral, um limite ótimo de velocidade de 2,5 a 5 m s<sup>-1</sup>, isto é, valores diretamente relacionados à vazão contínua da linha lateral (sem emissores), ou a emissores inseridos sobre a linha ou dentro da linha.

Observou-se que em todas as granulometrias a porcentagem de recuperação foi superior para as amostras de 20 g (Figura 6), confirmando o efeito representado pelo acréscimo do peso da amostra e indicando a possibilidade de obstrução na linha lateral, na inserção de maiores quantidades de um material argiloso em um mesmo diâmetro da tubulação; percebeu-se, também, tendência linear considerando-se as granulometrias, sendo que a maior granulometria apresentou maior porcentagem de recuperação; seguindo uma ordem gradual decrescente, a menor porcentagem de recuperação foi apresentada pela menor granulometria; constatou-se, entretanto, que as menores partículas podem até se dissolver ao longo da tubulação devido principalmente a uma velocidade maior de escoamento.

Consideraram-se, também, valores de velocidade encontrados em catálogos de fabricante, para emissores convencionais



**Figura 6.** Porcentagem de recuperação de partículas para amostras de 20 e 30 g, na velocidade de 2 m s<sup>-1</sup> e sob condição plana, para comprimento de 20 m

**Figure 6.** Recovery percentage of particles for samples of 20 and 30 g, under velocity of 2 m.s<sup>-1</sup> and flat condition, for 20 m of length

**Tabela 1.** Velocidade de fluxo encontrada em catálogo de fabricante, para emissores convencionais e autocompensantes

**Table 1.** Flow velocity suggested by factors of conventional and compensating emitters

	Convencional	Autocompensante
Vazão (l s <sup>-1</sup> )	0,0005	0,00044
Diâmetro interno (m)	0,0176	0,018
Comprimento máximo (m)	218	325
Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	2,05	1,74

nais e autocompensantes; referidos valores variaram de 1,74 a 2,05 m s<sup>-1</sup>, para comprimentos máximos de 325 e 218 m, sendo um emissor autocompensante e o outro convencional (Tabela 1), respectivamente, tendo em vista diâmetros internos bem próximos ao utilizado neste experimento; determinou-se, então, que a velocidade simulada em laboratório para um comprimento de 20 m, embora sem emissores, serve como referencial na determinação do tempo de operação para limpeza de linhas laterais, utilizando-se um solo argiloso para comprimentos maiores encontrados no campo.

## CONCLUSÕES

Considerando-se as avaliações conduzidas em condições de laboratório e se utilizando uma tubulação de 20 m, obtiveram-se as seguintes conclusões:

Observa-se, para os pesos de amostras 20 e 30 g analisados, efeito somente no intervalo de tempo de 1 a 5 min, considerando a velocidade de 0,3 m s<sup>-1</sup>.

Observa-se que há efeito significativo devido ao acréscimo do peso da amostra, para as velocidades de 0,7 e 2 m s<sup>-1</sup>.

A condição de 2% de aclividade na velocidade de 0,7 m s<sup>-1</sup>, não apresenta risco para obstrução do fluxo da água pelo acúmulo de partículas, quando comparada com a velocidade de 0,3 m s<sup>-1</sup>.

A velocidade de 2 m s<sup>-1</sup> em condição plana e de comprimento máximo, no tempo de 1 min, pode ser adotada com segurança para limpeza de sistemas de irrigação por gotejamento, em condições de campo.

O tempo de 15 min é suficiente para limpar 20 m de tubulação, para todas as situações estudadas.

## LITERATURA CITADA

- Adin, A.; Alon, G. Mechanisms and process parameters of filter screens. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.112, n.4, p.293-304, 1986.
- Morris, I. R.; Black, J. D. F. Trickle irrigation blockages can be removed and prevented. *Victorian Horticultural*. v.66, n.5-7, 1975.
- Nakayama, F. S.; Bucks, D. A.; French, O. F. Reclaiming partially clogged trickle emitters. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. v.20, n.4, p.278-280, 1977.
- Patemiani, J. E. S.; Scatolini, M. E. Eficiência de manta sintética não tecida na remoção de algas presentes na água de irrigação. *Ecossistema, Espírito Santo do Pinhal*, v.26, n.1 p.31-34, 2001.
- Povinelli, J.; Martins, F. Pesquisa sobre a eficiência de filtros lentos em unidades piloto. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, 7, 1973, Salvador. Resumos ... São Carlos: EESC/USP, 1973. 20p.
- Shanon, W. M.; James, L. G.; Bassett, D. L.; Mih, W. C. Sediment transport and deposition in trickle irrigation laterals. *Transactions of the ASAE*, p.160-164, 1982.
- Smajstrla, A. G.; Boman, B. J. Flushing procedures for microirrigation systems. Gainesville: University of Florida, 1999. 7p., Bulletin 333.
- Wallis, T. Pluggage: good-bye to an old problem. *Drip/Trickle Irrigation*, v.1 n.3, p.12-19, 1976.