

SUSCETIBILIDADE AO ENTUPIMENTO DE GOTEJADORES MEDIANTE A APLICAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO TRATADO

Rafael Oliveira Batista¹; Antônio Alves Soares²; Antonio Teixeira de Matos³; Everardo Chartuni Mantovani⁴; Rosane Maria de Aguiar Euclides⁵

RESUMO

Realizou-se este trabalho com o propósito de analisar a suscetibilidade ao entupimento de gotejadores, aplicando-se esgoto sanitário tratado. Para tanto, testaram-se três modelos de gotejadores (M1, M2 e M3) e, a cada 80 h de funcionamento das subunidades de fertirrigação, avaliou-se a uniformidade de aplicação de água, por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que a formação de biofilme resultante da interação entre colônias de bactérias e algas propiciou entupimento dos gotejadores e redução nos valores de CUC e de CUD, das subunidades de fertirrigação com modelos de gotejadores M1, M2 e M3, de 4 e 8%; de 17 e 32%; e de 13 e 26%, respectivamente.

Palavras-chave: emissores, obstrução, biofilme, água residuária.

ABSTRACT

Clogging Susceptibility in the Drippers Applying Treated Sanitary Sewage

The purpose of this study was to analyze the clogging susceptibility of drippers when applying treated sanitary sewage. So, three dripper models (M1, M2 and M3) were tested. Every 80 hours under functioning of the fertirrigation subunits, the uniformity of water application was evaluated by applying the Christiansen uniformity coefficient (CUC) and uniformity coefficient (UC). In accordance to the obtained results, it is concluded: the formation of biofilm resulting from the interaction between bacteria colonies and algae caused blockage in the drippers and reduction in the values of CUC and UC in the subunits provided with drippers models M1, M2 and M3, from 4 and 8%; 17 and 32%; and 13 and 26%, respectively.

Keywords: emitters, blockage, biofilm, wastewater.

¹ Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. E-mail: ms36384@zipmail.com.br

² Eng. Agrícola, Prof. Titular, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

³ Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Titular, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁵ Bióloga, Prof. Assistente, Depto de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

INTRODUÇÃO

A industrialização e o rápido crescimento demográfico urbano têm contribuído muito para incrementar a poluição ambiental. A utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola. Entretanto, para que esta se torne uma prática viável, é preciso que sejam desenvolvidas técnicas de tratamento, aplicação e manejo de águas residuárias.

O grande problema associado à utilização de águas residuárias em sistemas de irrigação localizada, consiste na redução de vazão devido ao entupimento parcial ou total dos gotejadores, bem como ao modo que este afeta a uniformidade de aplicação de água.

A formação de depósitos gelatinosos, resultantes da interação entre partículas orgânicas e inorgânicas, algas e zooplâncton, tem sido o fator principal no processo de entupimento de gotejadores, quando se aplicam esgotos sanitários tratados (Ravina et al., 1992; Ravina et al., 1997). Estudos realizados por Taylor et al. (1995) evidenciaram que as interações entre fatores físicos, químicos e biológicos foram responsáveis pelo entupimento de 90% dos gotejadores. Adin e Sacks (1991) relataram que as algas presentes em esgotos sanitários tratados obstruíram gotejadores, somente após a ocorrência de deposições minerais ou de material gelatinoso.

Colônias de protozoários do gênero *Ciliatea* e colônias de *Bryozoa plumatella* foram identificadas, em gotejadores entupidos e ao longo das linhas laterais de sistemas de irrigação por gotejamento, abastecidos com águas residuárias (Ravina et al., 1992). Problema idêntico foi relatado por Sagi et al. (1995), os quais constataram, em gotejadores obstruídos, apenas colônias de protozoários (*Epystilus balanarum*). Os protozoários aderiram-se às paredes do equipamento de irrigação, mas, somente onde a velocidade do escoamento do efluente era inferior a 2 m s^{-1} . Adin e Sacks (1991)

constataram ovos de *Dafnia* (efípios) e larvas (com 1 cm de comprimento) dentro de gotejadores autocompensantes, nos quais foi aplicado esgoto sanitário não filtrado.

Rav-Acha et al. (1995) verificaram diminuição de 68% na vazão nominal de gotejadores abastecidos com esgotos sanitários tratados, após 60 h do início do experimento. Fato similar foi descrito por Sagi et al. (1995), que identificaram colônias de protozoários ocupando 57% da área dos gotejadores, o que acarretou queda de 38% na vazão nominal.

Nakayama & Bucks (1981) concluíram que reduções consideráveis podem ocorrer na uniformidade de distribuição de água, mesmo quando existem poucos gotejadores entupidos no sistema de irrigação. Hills e El-Ebaby (1990) constataram que o acúmulo de material orgânico dentro de gotejadores ocasionou redução de 48,3% no coeficiente estatístico de uniformidade de aplicação de água, após 1.000 h de funcionamento do sistema de irrigação.

Nakayama & Bucks (1981), estudando os efeitos do entupimento em gotejadores por meio de modelagem, notaram que a uniformidade de aplicação de água pode ser reduzida em até 10% quando 1 a 5% dos gotejadores estavam obstruídos, operando com dois a oito gotejadores por planta.

Estudos realizados por vários pesquisadores, no mundo, mostram que as águas residuárias aplicadas via sistema de irrigação por gotejamento acarretam sérios problemas de obstrução dos gotejadores. Por esta razão, o presente trabalho objetivou analisar a suscetibilidade ao entupimento de gotejadores, aplicando-se esgoto sanitário tratado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Tratamento de Esgoto do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. A estação experimental é composta das seguintes etapas de tratamento: tratamento preliminar, formado por um desarenador para a remoção dos sólidos de elevada massa específica; tratamento secundário, constituído

por sistema de distribuição do afluyente nas faixas de 1,0 x 25 m de comprimento, sistematizadas, com declividade de 2%, em que a planta extratora e depuradora do esgoto é o capim Tifton 85 gênero *Cynodon spp.*; e tratamento terciário, composto por uma lagoa de maturação com capacidade de 300 m³ (50 x 6 x 1 m), que tem, como objetivo primordial, a remoção de patógenos.

Para realização do ensaio experimental, no período de 26/10 a 13/12 de 2003, construiu-se uma plataforma de testes. Na extremidade final da lagoa de maturação, montou-se uma unidade de controle, composta por um conjunto motobomba de 3 cv e um filtro de disco comum de 120 mesh.

As subunidades de aplicação constavam de três modelos de gotejadores (M1, M2 e M3), cujas características técnicas estão apresentadas no Quadro 1.

Na linha de derivação da unidade de aplicação, em PVC com diâmetro nominal de 32 mm, foram inseridos nove conectores. Para cada modelo de gotejador, foram instaladas três linhas laterais com 25 m de comprimento. Procedeu-se à identificação de 32 gotejadores por linha lateral, para as avaliações da uniformidade de aplicação de água.

As subunidades de aplicação funcionaram com pressão de serviço de 101 kPa, em média 12 h por dia, sete dias por semana, até completar o tempo total de operação, ou seja, 560 h.

A uniformidade de aplicação de água, em sistemas de irrigação localizada, pode ser expressa por meio de vários coeficientes. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), apresentado na Equação 1, foi adaptado a partir da irrigação por aspersão, ou

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right] \quad (1)$$

em que q_i - vazão de cada gotejador, L h⁻¹; \bar{q} - vazão média dos gotejadores, L h⁻¹; e n - número de gotejadores, adimensional.

Mantovani (2002) propôs o seguinte critério geral para interpretação dos valores de CUC, para sistemas de irrigação localizada: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, boa; 70 e 80%, razoável; entre 60 e 70%, ruim; e menor que 60%, inaceitável.

Keller & Karmeli (1975) sugeriram a utilização da Equação 2, que compara a média de 25% dos menores valores de vazões observadas com a média total das vazões, para determinação da uniformidade de aplicação de água de sistemas de irrigação por gotejamento. Merriam & Keller (1978) apresentaram o seguinte critério geral, para interpretação dos valores de CUD para sistemas, que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; 70 e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

Adicionalmente, pode-se estimar o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), dado por

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \quad (2)$$

em que $q_{25\%}$ é o valor médio dos 25% menores valores de vazões observadas, L h⁻¹.

Quadro 1. Caracterização dos modelos de gotejadores (M) utilizados no experimento

M	D	Q (L h ⁻¹)	P (kPa)	E (m)	C (mm)	L (mm)	N
M1	Não	1,7	40-250	0,75	177	1,7	1
M2	Sim	2,1	50-400	0,75	260	2,1	2
M3	Não	2,0	100-400	0,60	396	2,7	2

D - dispositivo de autocompensação; Q - vazão nominal; P - faixa de pressão recomendada; E - espaçamento entre gotejadores; C - comprimento do labirinto; A - abertura do labirinto e N - número de filtros secundários

Durante os testes, foram realizadas oito avaliações dos níveis da uniformidade de aplicação de água, a cada 80 h. Os dados de vazão foram interpretados, por meio dos coeficientes CUC e CUD, calculados utilizando-se as equações 1 e 2.

Após as 560 h de aplicação do esgoto sanitário pelo sistema, retiraram-se três gotejadores entupidos por linha lateral, para cada modelo, com a finalidade de identificar o material de obstrução nos laboratórios específicos dos departamentos de Biologia Vegetal e de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

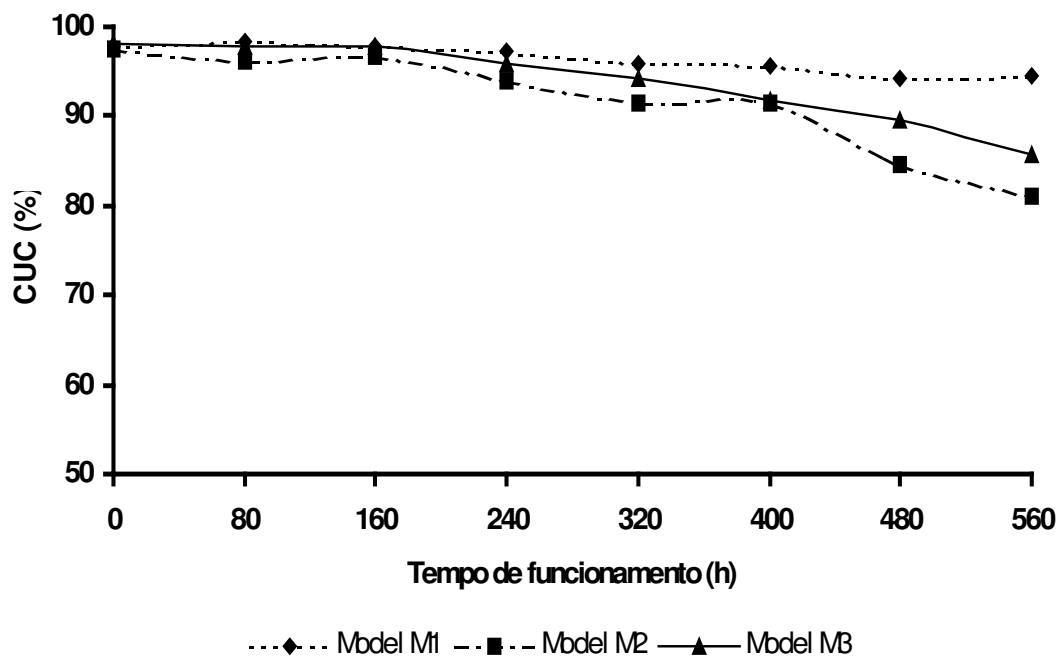
Observou-se redução nos valores médios do CUC das subunidades de fertirrigação, onde se aplicou esgoto sanitário tratado, conforme apresentado na Figura 1A. Entretanto, o decréscimo na uniformidade de aplicação de água foi mais acentuado, nas subunidades de fertirrigação, para os modelos M2 e M3. Tal sensibilidade ao entupimento foi atribuída não somente ao maior comprimento dos labirintos, mas, também, ao maior número de filtros secundários nestes dois modelos, quando comparados ao modelo de gotejador M1 (Quadro 1). O problema de maior sensibilidade ao entupimento de gotejadores com labirintos mais longos também foi constatado por Adin & Sacks (1991). A maior redução na uniformidade de aplicação de água no modelo M2 foi devida, também, à acumulação de material de entupimento na câmara de autocompensação, o que afetou o desempenho da membrana de autocompensação, ocasionando desuniformidade nos valores das vazões. O CUC da subunidade de aplicação com o modelo M1 foi classificado como excelente, nas oito avaliações realizadas, apesar de seu decréscimo, da ordem de 4%, quando se compararam os valores médios do CUC entre a primeira e última avaliações. Os valores médios do CUC

nas subunidades de aplicação com modelos M2 e M3 apresentaram reduções de até 17 e 13%, respectivamente, proporcionando, assim, mudança na classificação da uniformidade de aplicação de água, que passou de excelente a satisfatória.

De acordo com os valores médios do CUD, observados na Figura 1B, a uniformidade de aplicação de água das subunidades de fertirrigação, em todos os modelos de gotejadores, decresceu com o aumento do tempo de funcionamento. Na primeira avaliação, os valores médios do CUD foram classificados como excelentes, nas subunidades de fertirrigação com os três modelos. Entretanto, na última avaliação, os valores médios de CUD foram de 90, 65 e 72%, nas subunidades de fertirrigação, sendo os modelos M1, M2 e M3, classificados como bom, ruim e regular, respectivamente. Estabelecendo-se comparação entre as primeira e última avaliações, foram constatadas reduções de 8, 32 e 26% nos valores do CUD, nas subunidades de fertirrigação dos modelos M1, M2 e M3, respectivamente.

Decorrido o tempo de operação, 560 h, procedeu-se à retirada de amostras dos três modelos de gotejadores, para análise do material causador de entupimento. Na Figura 2, observam-se as amostras dos modelos de gotejadores M1 (A), M2 (B) e M3 (C) sem e com presença do biofilme. O material de obstrução foi resultante da interação entre bactérias e algas presentes na água residuária, que formaram aglomerados na forma de coco e de pequenos bastonetes. Os gêneros de bactérias *Clostridium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Enterobacter*, juntamente com a ferrobactéria da espécie *cremothix* sp., formaram um muco microbiano, no qual se aderiram partículas, principalmente de origem orgânica, representadas por células de algas vivas ou em decomposição. As algas predominantes pertenciam aos filos Cyanophyta (gênero *Chlorococcus*), Euglenophyta (gêneros *Euglena* e *Phacus*) e Chlorophyta (gêneros *Selenastrum*, *Scenedesmus* e *Sphaerocystis*).

A



B

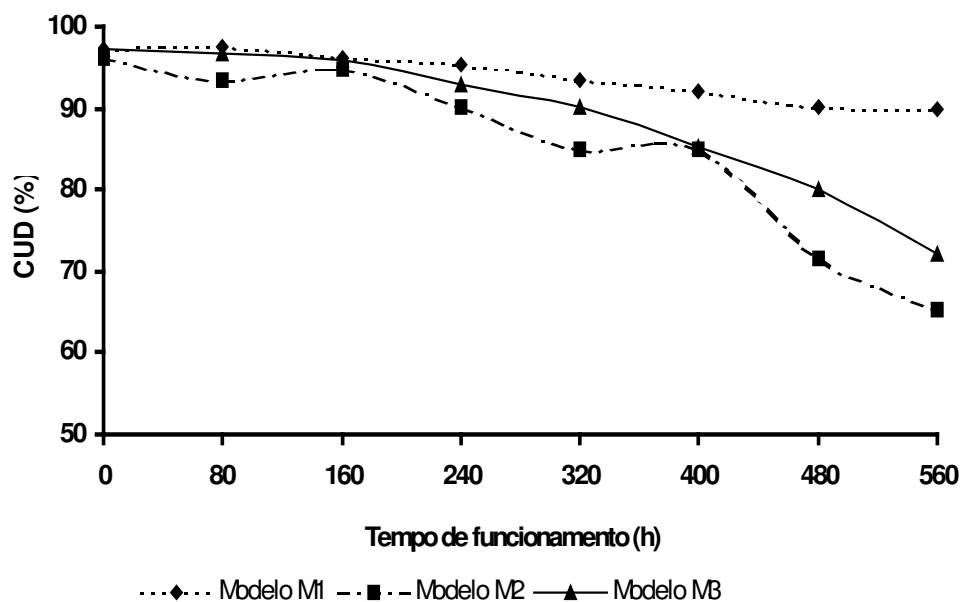


Figura 1. Valores médios de CUC (A) e de CUD (B) ao longo do tempo, com utilização dos modelos de gotejadores M1, M2 e M3

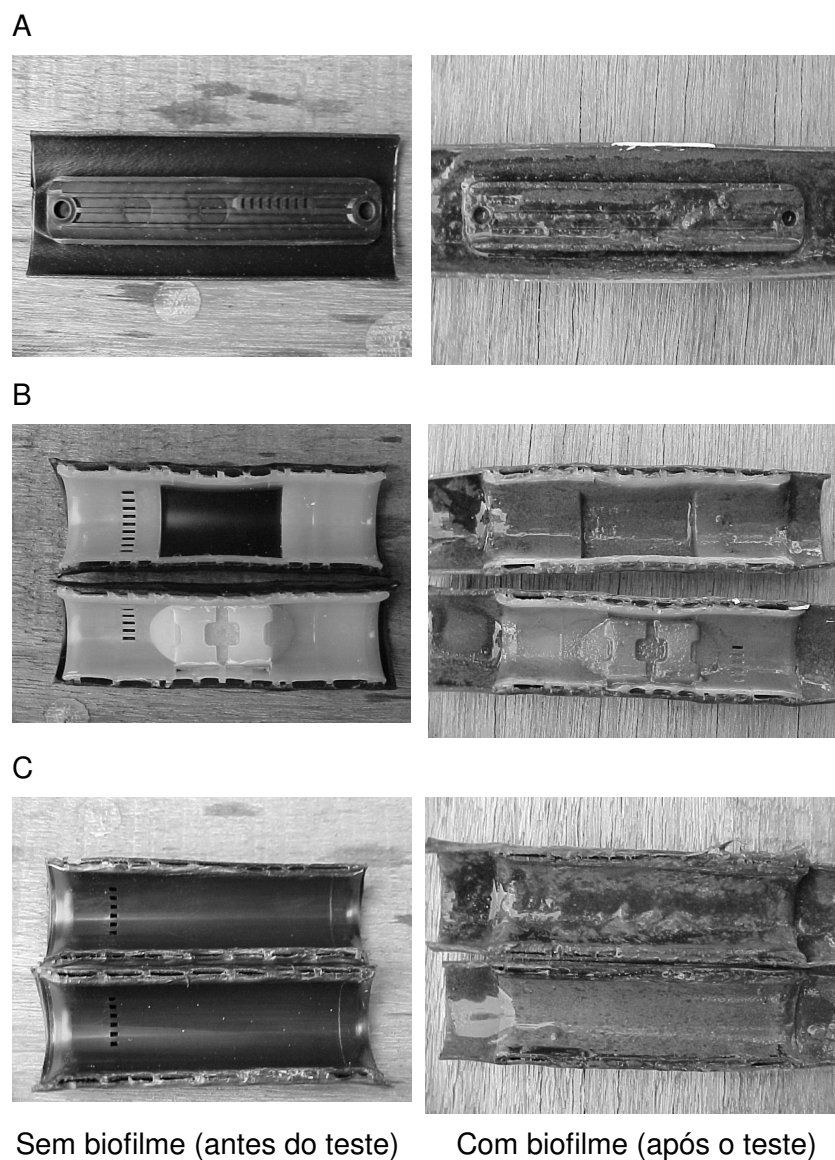


Figura 2. Amostras dos modelos de gotejadores M1 (A), M2 (B) e M3 (C) sem e com a presença do biofilme

CONCLUSÕES

- O esgoto sanitário da lagoa de maturação apresentou grande potencial para obstrução de gotejadores.
- A formação de um biofilme, de coloração verde, resultante da interação entre colônias de bactérias e algas, propiciou entupimento parcial e total dos gotejadores.
- Ocorreu decréscimo de CUC e de CUD nas subunidades de fertirrigação

dotadas dos modelos de gotejadores M1, M2 e M3, devido à aplicação do esgoto sanitário da lagoa de maturação.

- Após 560 h de funcionamento, ocorreram reduções nos valores de CUC e de CUD nas subunidades de fertirrigação dotadas dos modelos de gotejadores M1, M2 e M3 de 4 e 8%; de 17 e 32%; e de 13 e 26%.
- Somente filtragem com filtro de disco de 120 mesh não previne a obstrução de gotejadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adin, A.; Sacks, M. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. *Journal of the Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v.117, n.6, p.813-826, 1991.
- ASAE EP 458. **Field evaluation of microirrigation** systems. ASAE Standards, St. Joseph, p.792-797, 2001.
- Hills, D.J.; El-Ebaby, F.G. Evaluation of microirrigation self-cleaning emitters. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.6, n.4, p.441-445, 1990.
- Keller, J.; Karmeli, D. **Trickle irrigation desing**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.
- Mantovani, E.C. **AVALIA. Manual do usuário**. Viçosa: UFV-PNP&D/café EMBRAPA, 2002. 100p.
- Merriam, J.L.; Keller, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- Nakayama, F.S.; Bucks, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.24, n.4, p.77-80, 1981.
- Rav-Acha, C.; Kummel, M.; Salamon, I.; Adin, A. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. *Water Research*, London, v.29, n.1, p.119-129, 1995.
- Ravina, I.; Paz, E.; Sofer, Z.; Marcu, A.; Schischa, A.; Sagi, G.; Yechialy, Z.; Lev, Y. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.33, n.2-3, p.127-137, 1997.
- Ravina, I.; Paz, E.; Sofer, Z.; Marcu, A.; Schischa, A.; Sagi, G. Control of clogging in drip irrigation with stored reclaimed wastewater. *Irrigation Science*, New York, v.13, p.129-139, 1992.
- Sagi, G.; Paz, E.; Ravina, I.; Schischa, A.; Marcu, A.; Yechiely, Z. Clogging of drip irrigation systems by colonial protozoa and sulfur bacteria. In: International MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, Orlando. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1995. p.250-254.
- Taylor, H.D.; Bastos, R.K.X.; Pearson, H.W.; Mara, D.D. Drip irrigation with waste stabilization pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. *Water Science Technology*, London, v.31, n.12, p.417-424, 1995.