

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO OBSTRUIDOR DE GOTEJADORES POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA - MEV

MAYCON DIEGO RIBEIRO⁽¹⁾, CARLOS ALBERTO DE AZEVEDO⁽²⁾, DELFRAN BATISTA DOS SANTOS⁽³⁾, FLAVIO DANIEL SZEKUT⁽⁴⁾ E MARCIO ROBERTO KLEIN⁽⁵⁾

⁽¹⁾Dr. em Irrigação e Drenagem, Prof. UFPR campus Jandaia do Sul – PR, ribeiro.md@gmail.com

⁽²⁾Dr. em Agricultural And Irrigation Engineering, Prof. UFCG Campina Grande - PB, cvieiradeazevedo@gmail.com

⁽³⁾Dr. em Ciência do Solo, Prof. IFbaiano Senhor do Bonfim - BA, delfran.batista@gmail.com

⁽⁴⁾Msc. Em Irrigação e Drenagem, doutorando em irrigação e drenagem UFCG Campina Grande - PB, flaviodanielszekut@gmail.com

⁽⁵⁾Msc. Em Irrigação e Drenagem, doutorando em irrigação e drenagem UFCG Campina Grande - PB, engmarcioklein@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O objetivo do trabalho foi caracterizar a estrutura do material obstruidor aderido nos gotejadores de irrigação localizada através de imagens de microscopia eletrônica de varredura - MEV. Três modelos de gotejadores foram submetidos ao processo de obstrução durante 1200 horas de irrigação com três tipos de água: água de abastecimento da rede pública, água residuária de esgoto doméstico tratado e água com elevado teor de cálcio. Amostras do material aderida no interior dos gotejadores foram retiradas de cada emissor, secas de forma natural e analisadas pela técnica do MEV. As imagens apresentaram formação de biofilme aderido às paredes do material dos tubos operados com água residuária e formação de precipitados químicos de cálcio na forma de grânulos aderido as paredes dos tubos gotejadores.

PALAVRAS-CHAVE: Obstrução, água residuária, entupimento de gotejadores.

CHARACTERIZATION OF CLOGGER RESIDUE OF DRIPPERS BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY - SEM

SUMMARY: The objective of this study was to characterize the structure of obstruidor material attached in the irrigation drippers located by scanning electron microscopy images - SEM. Three models of drippers were submitted to the process of obstruction during 1200 hours of irrigation with three types of water: supply public water supply, wastewater treated domestic sewage and water with high calcium content. Samples of the adhered material inside the drippers were taken from each emitter, dry naturally and analyzed by SEM technique. The images showed biofilm formation material adhered to the walls of the tubes operated with wastewater and chemical formation of calcium precipitates in the form of granules adhered to the walls of the drippers.

KEYWORDS: Obstruction, wastewater, drippers clogging.

INTRODUÇÃO

A água utilizada em sistemas de irrigação tem qualidade físico-química e biológica variadas, por serem provenientes de diferentes fontes que possuem características diversas (Almeida, 2010). Quanto se utiliza água de qualidade inferior para a irrigação localizada, pode proporcionar problemas como à obstrução das tubulações e gotejadores, afetando não somente o sistema, mas também a produção agrícola, trazendo prejuízos econômicos ao produtor (Ghunmi et al., 2009). Uma fonte de água que vem sendo utilizada para irrigação, principalmente em regiões áridas e semiáridas, são águas residuárias provenientes de esgoto doméstico (Almeida, 2010). E outro tipo de água encontrado naturalmente encontrada nas fontes hídricas utilizadas na irrigação são as águas com elevado teor de

sais como sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos, como também potássio e o carbonato presentes em proporções relativamente baixas (Silva et al., 2011).

No entanto tanto a utilização de água residuária quanto água com elevado teor de sais (cálcio) pode levar a obstrução dos gotejadores, sendo por formação de biofilme e precipitação química respectivamente. Assim técnicas devem ser utilizadas para caracterizar os materiais de obstrução dos gotejadores.

Para uma melhor avaliação e caracterização de material, seja ele de qualquer procedência, obstruidor ou não, é possível fazer uso de técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com eficiência nas avaliações de materiais biológicos, conforme citam Schonherr (1995) e Hermann (1997). Deste modo, é necessário conhecer o material que impede o fluxo de água pelo gotejador, a nível microscópico, a fim de realizar tratamentos adequados de desobstrução. Neste contexto objetivou-se nesta pesquisa caracterizar o material obstruidor dos tubos gotejadores através da microscopia eletrônica de varredura (MEV).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTi) na cidade de Campina Grande - PB, Brasil. Foram montados três sistemas por gotejamento submetidos a irrigação com água de abastecimento, água residuária e água com elevado teor de cálcio. Cada sistema foi constituído de um modelo de tubo gotejador: Tal drip da Naadanjain; Strenline16080 da Netafim; e Tiran16010 da Netafin. Os gotejadores funcionaram por 1200 horas, tempo para a provável obstrução do sistema com biofilme na irrigação com água residuária e precipitados químicos na irrigação com elevado teor de cálcio na água.

Análises do material obstruidor por imagens do MEV

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um equipamento capaz de produzir imagens de alta resolução, e fornece rapidamente informações sobre a morfologia da amostra sólida, identificando os seus elementos químicos.

Para as análises das amostras com o equipamento MEV, foi retirada uma canaleta do labirinto de fluxo do emissor de cada modelo de tubo gotejador, após o processo de obstrução dos experimentos, verificando dessa maneira os elementos químicos existente no material obstruidor.

Para melhorar o nível de emissão de elétrons as amostras são submetidas a um processo de metalização com íons metálicos de ouro e colocadas em uma câmara com pressão em torno de 0,1 a 0,05 mbar. O alvo metálico é bombardeado com átomos de gás inerte; com isto, os átomos do alvo são depositados sobre a amostra, posteriormente realizando as imagens com alta precisão de detalhes. As imagens foram analisadas conforme a água utilizada em cada gotejador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-químico das águas utilizadas

Na Tabela 1 estão as análises de caracterização química das águas utilizadas no experimento. É possível observar alguns valores que estão fora dos padrões estabelecidos para qualidade de água para irrigação. De acordo com Ayers and Westcot (1976 e 1991), o pH da água com cálcio (pH= 9) é considerado de alto risco de obstrução devido a precipitação química de carbonatos e bicarbonatos. Segundo Nakayama (1982) quando os valores de pH, da água de irrigação por gotejamento estão acima de 8, este é considerado como risco severo de entupimento dos gotejadores. Ainda de acordo com esse mesmo autor, o risco de entupimento é considerado moderado em relação aos Sólidos Totais Dissolvidos para os três tipos de água, o qual possui uma faixa para essa classificação entre 500 e 2000 mg L⁻¹.

Segundo Pizzaro (1996) os sais que possuem as menores solubilidades com maior capacidade de precipitar, e conseqüentemente, os que oferecem maiores riscos de obstrução aos gotejadores de irrigação localiza são carbonatos de cálcio e magnésio. De acordo com a Tabela 1, os valores de dureza em cálcio é de 26, 48 e 79 mg L⁻¹ respectivamente para água de abastecimento, água residuária e água com cálcio. O maior risco de obstrução química é oferecido pela água com cálcio em relação a valores de dureza e precipitados de carbonato de cálcio, o risco se agrava quando a este é associando um pH elevado.

O índice de saturação de Langelier – ISL (Nakayama e Bucks, 1986), quando tem valores positivos indicam o risco de precipitação de carbonato de cálcio na água de irrigação. Dessa maneira é

possível verificar que o risco por precipitados de carbonato de cálcio existe apenas para a água com cálcio, o qual possui o valor de *ISL* de 1,81, e para água de abastecimento e água residuária esse valor é negativo, não apresentando risco de entupimento.

De acordo com as análises de caracterização das águas, os sistemas de irrigação tendem a obstruir seja por processos biológicos ou químicos. O sistema operando com água residuária e com água e cálcio possuem valores elevados de UFC, o qual leva a formação do biofilme e consequentemente a obstrução dos gotejadores. Além do excesso de colônias bacterianas, o sistema operado com excesso de cálcio, possui também o pH e *índice de saturação de langelier* alto, o que leva a precipitação química com alto potencial de obstrução.

Tabela 1. Caracterização química das águas utilizada no experimento.

Parâmetros	Água Abastecimento	Água Residuária	Água com cálcio
Condutividade Elétrica (mmho/cm a 25°C)	1092,00	2139,00	2860,00
pH	6,60	7,60	9,00
Turbidez (uT)	0,70	3,30	5,20
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)	0,00	110,00	100,00
Dureza em Cálcio (mg/L)	26,60	48,00	79,50
Dureza em Magnésio (mg/L)	35,00	37,20	30,00
Dureza Total (mg/L)	212,50	275,70	323,80
Sódio (mg/L)	148,90	234,70	521,80
Potássio (mg/L)	5,30	60,60	8,20
alumínio (mg/L)	0,13	0,09	0,00
Ferro Total (mg/L)	0,01	0,08	0,08
Alcalinidade em Hidróxidos (mg/L)	0,00	0,00	0,00
Alcalinidade em Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	210,00
Alcalinidade em Bicarbonatos (mg/L)	84,00	203,20	85,00
Alcalinidade Total (mg/L)	84,00	203,20	295,00
Sulfato (mg/L)	34,40	114,30	67,10
Fósforo Total (mg/L)	0,00	10,70	0,00
Cloreto (mg/L)	305,30	388,70	777,50
Nitrato (mg/L)	0,04	0,66	0,75
Nitrito (mg/L)	0,00	0,03	0,19
Amônia (mg/L)	0,45	21,40	6,46
Sílica (mg/L)	3,70	6,20	5,00
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-1,57	-0,02	1,81
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C) (mg/L)	662,40	1160,00	1726,20

Análise do material obstruidor aderido nos gotejadores por MEV

Com as imagens de alta resolução e aproximação fornecidas pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi possível identificar as configurações e formatos do material aderido aos gotejadores, assim como sua estrutura no processo de obstrução. É possível verificar uma camada de biofilme formado nas paredes dos tubos gotejadores operados com água de abastecimento (Figura 1A, 1D, 1G), e água residuária (Figura 1B, 1E, 1H), porém essas camadas são mais perceptíveis nos tubos operados com água residuária, formada provavelmente por colônias de bactérias e cianobactérias o qual obstrui, parcial ou totalmente, os gotejadores (Menezes e Bicudo, 2010).

Também é possível observar a diminuição da seção interna dos gotejadores operados com água residuária, afetada pelo crescimento do biofilme e consequentemente diminuindo a passagem de água, tal biofilme tem forma laminar. Apesar da água de abastecimento formar biofilme, a quantidade é menor quando em comparação com água residuária. Segundo Batista et al. (2010) a obstrução de gotejadores operados com esgoto doméstico tratado, é ocasionada pelo biofilme, um resultante da interação entre colônias de bactérias e algas, ocorrendo entupimento parcial ou total dos gotejadores.

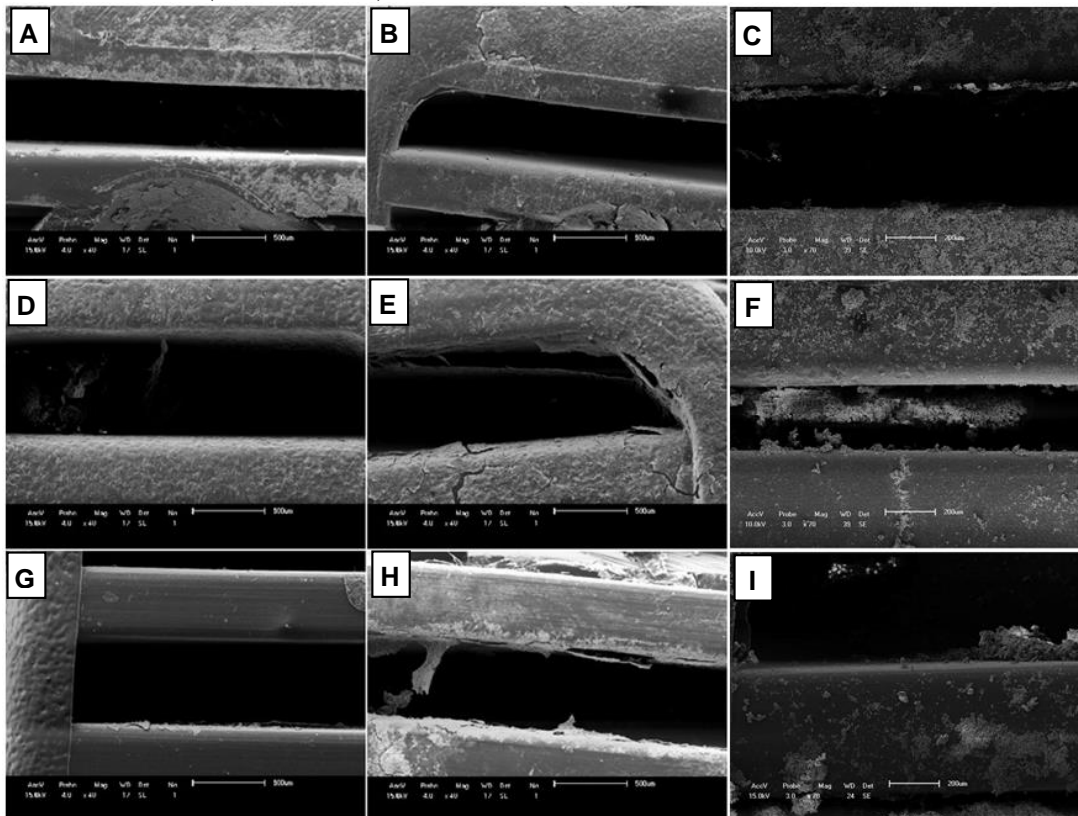
Segundo Li et al. (2012) muitas bactérias como coccus começaram a formar colônias que se aderiram nas parede dos tubos gotejadores como agregados de vários tamanhos, alterando o tamanho das entranhas, orifícios e canais dos gotejadores. Outro problema relatado por Li et al. (2012) foi o biofilme depositado de forma contínua na entrada e na saída do caminho labirinto, resultando no principal motivo para o entupimento do emissor. Esses mesmos autores observaram que esses agregados podem se desprender das paredes ficando em suspensão e consequentemente obstruir os orifícios dos gotejadores

Observa-se ainda na Figura 1 (C, F e I) a maneira como foi formado as estruturas do material depositado pela água com cálcio diferentemente da água de abastecimento e água residuária, não

houve a formação de biofilme na água com cálcio, houve uma formação de estruturas com a precipitação do cálcio.

Segundo Haman (2014) os carbonatos de cálcio se precipitam facilmente em irrigação por gotejamento por estarem em abundancia em muitas fontes de água do planeta. E segundo esse autor, reações químicas que ocorrem fazem com que o cálcio se precipite causando incrustações na parede dos tubos e nos gotejadores. Em um experimento realizado por Tarchitzky et al. (2013) foram analisadas incrustações em sistemas de irrigação por gotejamento, foi encontrado em grande quantidade do material da incrustação o cálcio. Isso mostra o poder de reação química destes tipos de elementos contidos água, sendo os principais causadores de incrustações com precipitados nos tubos de irrigação causando o entupimento.

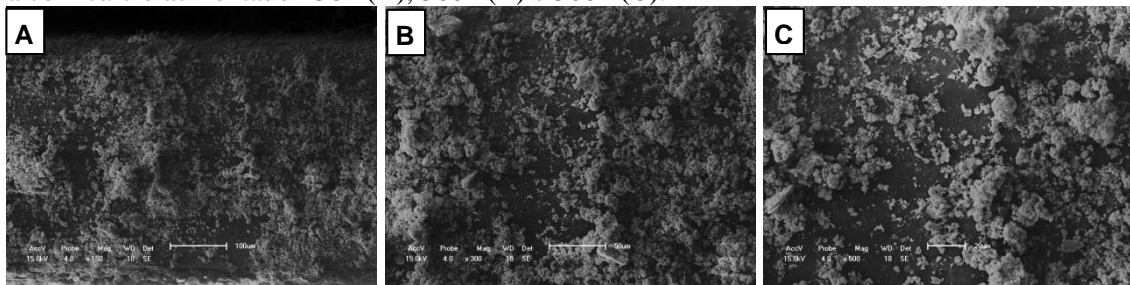
Figura 1. Imagens realizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) do material aderido às paredes do labirinto dos tubos gotejadores Streamline (A, B e C), Taldrip (D, E e F) e Tiran; (G, H e I) operados com água de abastecimento (A, D e G – 40x), água residuária (B, E e H – 40x) e água com elevado teor de cálcio (C, F e I – 70x).



Houve maior quantidade de material da água com cálcio depositado no gotejador Streamline (Figura 1C) do que nos gotejadores Taldrip e Tiran (Figura 1F e Figura 1I, respectivamente). Este depósito dos precipitados e as incrustações de cálcio tem formato de nódulos aderidos às paredes dos tubos, os quais também podem desprender-se, ficar em suspensão e chegar direto ao orifício do gotejador obstruindo totalmente ou parcialmente. Segundo Liu and McAvoy (2012) isso é recorrente em sistemas de irrigação que usa a fertirrigação, pois os fertilizantes podem reagir quimicamente e tornar-se insolúveis e precipitar.

Na Figura 2A as precipitações químicas de cálcio cobriram toda a superfície do gotejador, diminuindo a área de fluxo da água afetando diretamente no desempenho hidráulico do sistema. A estrutura em forma de nódulos de diferentes tamanhos e arranjos podem ser visualizadas na Figura 2C. Está alteração da rugosidade interna de fluxo altera a perda de carga na parede da tubulação e dos labirintos dos gotejadores, diminuindo a vazão. Outro problema é o desprendimento dessas partículas da parede dos gotejadores proporcionando ainda mais problemas de entupimento. Os precipitados de carbonatos de cálcio são dependentes do pH e da temperatura, assim qualquer alteração nesses fatores podem reduzir a solubilidade de cálcio em água, e resultar em precipitação do mineral (Haman 2014).

Figura 2. Detalhes do material obstruidor na parede do tubo gotejador Streamline operado com água com cálcio aumentado 150x (A), 300x (B) e 500x (C).



CONCLUSÃO

1 - A formação de biofilme e precipitação dos elementos químicos de cálcio ocorre independentemente e diferente entre modelos de gotejadores, porém ambas causando a obstrução dos gotejadores. 2 – A grande quantidade de material depositado pelos precipitados de cálcio tem formato de nódulos, e pelo biofilme tem forma de laminas. Os materiais depositados nos tubos gotejadores podem desprender-se, ficar em suspensão e chegar direto ao orifício do gotejador obstruindo totalmente ou parcialmente. 3 – As técnicas de microscopia eletrônica de varredura permitem realizar uma análise de forma detalhada do material obstruidor do biofilme e do precipitado químico de cálcio, sendo fonte de informações para se utilizar nos processos de desobstrução.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Almeida, O. A. Qualidade de água para irrigação. Cruz das almas, EMBRAPA mandioca e fruticultura, 2010.
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. A qualidade de água na agricultura. Tradução de H. R. Gheyi; J. F. de Medeiros; F. V. A. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 208p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. A. Calidad del agua para la agricultura. Roma: FAO, 1976, 174p. (Estudios FAO: Riegos y Drenajes, 29).
- Batista R. O.; Souza J. A. R.; Ferreira D. C.; Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação. Rev. Ceres, Viçosa, v.57, n.1, p. 018-022, jan/fev, 2010.
- Ghunmi, L. A., Zeeman, G., Fayyad, M., Lier, V.J.B. Grey water treatment in a series anaerobic - aerobic system for irrigation. Bioresource Technology, Amann, n.101, p.41-50, 20 ago. 2009.
- Haman, Darota Z. Causes and Prevention of Emitter Plugging In Microirrigation Systems. Séries: BUL258, Agricultural and Biological Engineering Department, UF/IFAS Extension. October 2014.
- Herrmann, P.S.P.; Colnago, L.A.; Mattoso, L.H.C.; Cruvinel, P.E.; Frommer, J.E. Analysis of spatial variability of lysozyme thin film by AFM. In: -P gengembre-1, Meeting of the Brazilian Society for Electron Microscopy, 16., 1997, Caxambu, MG. Acta Microscopica, v.6, suppl. A, p. 290-291, (1997).
- Li, Y. K.; Liu, Y. Z.; Li, G. B.; Xu, T. W.; Liu, H. S.; Ren, S. M.; Yan, D. Z.; Yang, P. L. Surface topographic characteristics of suspended particulates in reclaimed wastewater and effects on clogging in labyrinth drip irrigation emitters. Irrigation Science, v 30 p. 43-56, 2012.
- Liu, G e McAvoy, G. How to Reduce Clogging Problems in Fertigation. Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension, University of Florida, doc, HS1202, 2012. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS120200.pdf>.
- Menezes, M. and Bicudo, C. E. M. coords. Lista de espécies: algas. In: Forzza, rc., org., et al. instituto de pesquisas jardim botânico do Rio de Janeiro. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v.1, 2010. p. 262-451.
- Nakayama, F. S., Bucks, D. A. Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management. Amsterdam: Elsevier Science, 1986. 383p.
- Nakayama, F.S. Water analysis and treatment techniques for control emitter plugging. In: Proceedings Irrigation Association Conference, Portland, Oregon, 1982.
- Pizzaro, F. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Goteo, microaspersión y exudación. 3 ed. Ver. Y amp. Madrid: Mundi-Prensa. 1996. 513p.
- Schonherr, H.; Vancso, G.B.; Argon, A.S.; The Structure of Highly Textured Quasi-Single Crystalline High-Density Polyethylene Probed by Atomic-Force Microscopy and Small-Angle X-Ray-Scattering, Polymer, vol 36, iss i i, pp 2115-2121, (1995).
- Silva, I. N., Fontes, L. O., Tavella, L. B., Oliveira, J. B., Oliveira, A. C. Qualidade de água na irrigação. Revista: Agropecuária científica no semi-árido- ACSA. v.07, n 03, p. 01 – 15. 2011.
- Tarchitzky, J.; Rimon, A.; Kenig, E.; Dosoretz, C. G.; Chen, Y. Biological and chemical fouling in drip irrigation systems utilizing treated wastewater. Irrigation Science, v.31, p. 1277 - 1288, 2013.