

## RELAÇÃO ENTRE O ENTUPIMENTO DE GOTEJADORES E OS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS DILUÍDO

Ayslann Todayochy Siqueira de Andrade<sup>1</sup>, Maria Elidayane da Cunha<sup>1</sup>, Rutilene Rodrigues da Cunha<sup>1</sup>, Blake Charles Diniz Marques<sup>1</sup>, Rafael Oliveira Batista<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Câmpus Mossoró-RN

### RESUMO

O reuso da água se destaca em função do atual cenário de escassez hídrica e degradação ambiental, no entanto as características físico-químicas e microbiológicas das águas residuárias acarretam o entupimento dos emissores de sistemas de irrigação localizado. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho analisar as alterações do coeficiente de uniformidade de distribuição e do coeficiente de uniformidade estatístico de unidades gotejadoras dotadas de cinco tipos de emissores, que aplicaram efluente de laticínios diluído em água de abastecimento público na proporção 1:3 (uma parte de efluentes de laticínios diluída em três partes de água de abastecimento público). Os ensaios experimentais foram realizados no Laboratório de Poluição e Degradação do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, onde, por meio da montagem de uma bancada experimental contendo cinco unidades gotejadoras, foi avaliado o seu desempenho a cada 40 h, até o tempo total de 200 h. Foram determinadas, neste experimento, as características pH, condutividade elétrica, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, cálcio, magnésio, ferro total, manganês total e coliformes totais. Os resultados indicaram que o gotejador Netafim Tiran foi o mais suscetível ao entupimento ocasionado pelos agentes físico-químicos e microbiológicos do efluente de laticínios diluído.

**Palavras-chave:** Emissores, Indústria de laticínios, Indicadores hidráulicos.

\* E-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br

## **RELATIONSHIP BETWEEN THE DRIPPERS CLOGGING AND PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ATTRIBUTES OF DILUTED EFFLUENT DAIRY**

### **ABSTRACT**

The reuse of water stands out due to the current scenario of water scarcity and environmental degradation, however the physical-chemical and microbiological characteristics of the wastewater cause the emitters clogging of the localized irrigation systems. In this context, the objective of this work was to analyze the changes in the uniform distribution coefficient and statistical uniform coefficient of drip units equipped with five types of emitters, which applied diluted dairy effluent in public supply water in a ratio of 1: 3 (one part of diluted dairy effluent in three parts of public supply water). The experimental tests were carried out in the Laboratory of Pollution and Soil Degradation of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido, where, by means of the mounting of an experimental platform containing five drip units, its performance was evaluated every 40 h until the time total of 200 h. The pH, electrical conductivity, suspended solids, dissolved solids, calcium, magnesium, total iron, total manganese and total coliforms were determined in this experiment. The results indicated that the Netafim Tiran dripper was the most susceptible to the clogging caused by the physico-chemical and microbiological agents of the diluted dairy effluent.

**Keywords:** Emitters, Dairy industry, Hydraulic indicators.

### **INTRODUÇÃO**

Desde o início da revolução industrial, por volta do século XVIII e XIX, o homem tem degradado intensivamente o ambiente, gerando grandes transformações e impactos, que por muitas vezes a natureza por si mesma não consegue se regenerar, ou seja, a mesma perde a capacidade de resiliência. Estes impactos foram intensificados nas últimas décadas, pois a população mundial tem seguido um ritmo crescente de desenvolvimento, e isto implica em maior demanda por alimento e água [1].

A crescente preocupação com a questão da água foi muito discutida nos últimos anos, devido aos frequentes conflitos relacionados à mesma, o que tem levado o homem a pensar em uma forma de melhor utilização desse recurso. Diante disso, o reuso da água se torna uma alternativa para as atividades de irrigação e industriais [2].

A indústria de alimentos, principalmente, a indústria de laticínios, se caracteriza pelo consumo elevado de água, bem como pela grande geração de efluentes líquidos. Estes efluentes possuem elevados teores de matéria orgânica, nutrientes, sólidos suspensos e gorduras, sendo decorrentes das operações de processamento do leite e da limpeza das instalações nos laticínios [1, 2].

Por ser um efluente altamente poluente ao ambiente, devido às características que apresenta não se pode fazer o lançamento do mesmo sem que antes seja dado o tratamento adequado. Em algumas das vezes, esse tratamento é composto por gradeamento, desarenadores, caixa de gordura e lagoa aerada facultativa [1, 2]. Após tratado, este efluente pode ser utilizado na agricultura via irrigação localizada ou por superfície [3].

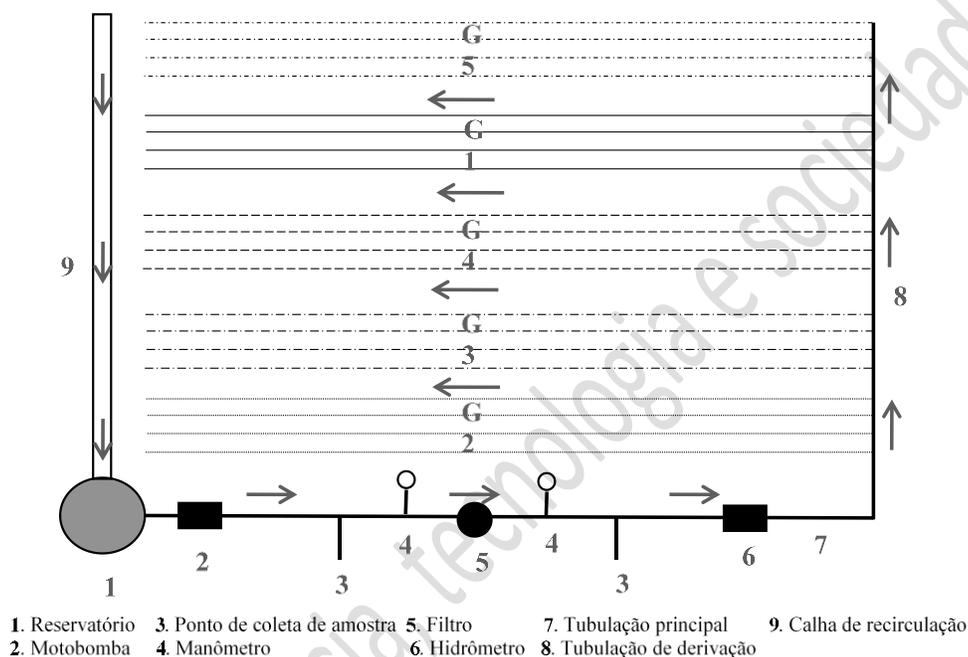
A irrigação por gotejamento é bastante recomendada para a aplicação de água residuária de laticínios, por possuir alta eficiência e baixa contaminação dos produtos agrícolas, porém, devido às características que a água residuária apresenta, os gotejadores são susceptíveis ao entupimento [3].

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar as alterações de indicadores hidráulicos como o coeficiente de uniformidade de distribuição e o coeficiente de uniformidade estatístico de unidades gotejadoras operando com efluente de laticínios diluído, identificando os principais agentes ocasionadores de obstrução, bem como o tipo de gotejador mais propício a este processo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no laboratório de Poluição e Degradação do Solo - LPDS. O mesmo está localizado dentro do campus leste, no Setor de Solos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró-RN. Sob coordenadas geográficas 5° 12'12,12" S e 37° 19'27,35" O, a uma altitude de, aproximadamente, 18m.

Para a realização dos ensaios, foi montada uma bancada experimental com dimensões de 1,4 m de largura por 2,5 m de comprimento, totalizando 3,5 m<sup>2</sup> de área útil, onde, aleatoriamente, foram selecionadas as cinco unidades gotejadoras. Cada unidade de irrigação foi composta por quatro linhas laterais de 16 mm com um tipo de gotejador, conforme pode ser visualizado na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema da bancada experimental montada no Laboratório de Poluição e Degradação do Solo da UFERSA.

Para que a água residuária pudesse recircular dentro do sistema, foi necessário adotar uma declividade de 2% no sentido longitudinal da bancada. A bancada experimental foi composta pelos seguintes componentes: um reservatório de polietileno de 0,062 m<sup>3</sup>; dois manômetros analógicos; um hidrômetro de 1,5 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>; um conjunto motobomba de 0,5 cv; um filtro de tela com aberturas de 130 µm; uma tubulação principal em PVC com diâmetro nominal de 32 mm; dois pontos para coleta de amostras do efluente; uma tubulação de derivação em PVC com diâmetro nominal de 50 mm e cinco unidades gotejadoras, escolhidas ao acaso.

A água residuária de laticínio utilizada no experimento foi proveniente de um empreendimento localizado no município de Mossoró-RN; sob coordenadas geográficas 5°11'44,65" S e 37° 18' 36,04" O. Este empreendimento gera cerca de 36 m<sup>3</sup> de efluente por dia. No experimento também foi utilizada, para fins de diluição do efluente de laticínios, água de abastecimento público, proveniente da rede de abastecimento da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Esta diluição ocorreu na proporção de 1:3, ou seja, uma parte de efluente de laticínios em três partes de água de abastecimento público, com a finalidade de reduzir a viscosidade do resíduo bruto e para que o bombeamento por equipamentos convencionais fosse possível, permitindo que o mesmo trabalhasse com mais eficiência. As linhas emissoras, por onde circulou o efluente, foram compostas por gotejadores, e suas características, obtidas a partir dos catálogos dos fabricantes, podem ser visualizados na Tabela 1 e na Figura 2.

**Tabela 1.** Gotejadores (G) utilizados nos ensaios experimentais, destacando o fabricante (F), o dispositivo de autocompensação (DA), a vazão nominal (Q), o coeficiente de vazão (k), expoente da vazão que caracteriza o regime de escoamento (x), a área de filtragem (A), o comprimento do labirinto (L), o coeficiente de variação de fabricação (CVf), a faixa de pressão recomendada (P) e o espaçamento entre emissores (EE).

G	F	DA*	Q <sup>1</sup> * (L h <sup>-1</sup> )	k*	x*	A* (mm <sup>2</sup> )	L* (mm)	CVf*	P* (kPa)	EE* (m)
G1	Netafim Streamline	Não	1,60	0,57	0,45	17,0	13	± 7	65 – 100	0,30
G2	Netafim Tiran	Não	2,00	0,69	0,46	70,0	75	± 7	100 – 300	0,40
G3	Netafim PCJ CNJ	Sim	2,00	2,00	0,00	2,0	35	± 7	50 – 400	0,20
G4	NaanDanJain TalDrip	Não	1,70	0,56	0,46	6,0**	44**	± 5	50 – 300	0,20
G5	Netafim Typhoon	Super	1,60	0,53	0,48	34,0	23	± 7	60 – 100	0,30

**Nota:** <sup>1</sup> Q - Vazão nominal dos gotejadores na pressão de serviço de 100 kPa; \* informações obtidas nos catálogos dos fabricantes. CNJ - sistema anti-drenante; e \*\* informações medidas com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

A.



B.



C.



D.



E.



**Figura 2.** Imagem dos gotejadores G1 (A), G2 (B), G3 (C), G4 (D) e G5 (E), utilizados na aplicação do efluente de laticínios diluído.

A temperatura do efluente de laticínios diluído foi mantida dentro da faixa de  $23 \pm 3^\circ\text{C}$ , conforme a recomendação da NBR ISO 9261, durante todo o período experimental [4].

As unidades gotejadoras funcionaram quatro horas por dia, durante sete dias da semana, com o efluente de laticínios diluído, até completar o tempo de funcionamento total de 200 h. Com o uso de dois registros de gaveta, a pressão de serviço foi mantida em  $100 \pm 10$  kPa e medida, diariamente, com manômetro graduado de 0 a 700 kPa.

A vazão foi medida a cada 40 h em 24 gotejadores identificados por unidade gotejadora, fazendo-se a coleta do volume aplicado em cada emissor durante três minutos, atendendo as

recomendações da NBR ISO 9261 [4]. A vazão, o coeficiente de uniformidade de distribuição e o coeficiente de uniformidade estatístico foram calculados empregando-se as Equações 1, 2 e 3.

$$Q = \frac{V}{1000 \cdot t} \cdot 60 \quad (1)$$

Em que:

Q - Vazão do gotejador ( $L h^{-1}$ );

V - Volume de efluente coletado (mL); e

t - Tempo de coleta do efluente (minutos).

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

Em que:

CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$q_{25\%}$  - Valor médio dos 25% menores valores de vazões dos gotejadores ( $L h^{-1}$ ); e

$\bar{q}$  - Vazão média dos gotejadores ( $L h^{-1}$ ).

$$U_s = 100 \cdot (1 - CVQ) \quad (3)$$

Em que:

$U_s$  - Coeficiente de uniformidade estatístico de aplicação de efluente (%); e

CVQ - Coeficiente de variação da vazão (adimensional).

Os valores de CUD foram classificados utilizando-se os critérios estabelecidos por [5]: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; entre 70 e 80%, razoável; e menor que 70%, ruim. Já os valores de  $U_s$ , obtidos nas unidades gotejadoras, foram classificados utilizando-se os critérios de [6]: entre 90 e 100% excelente, entre 80 e 90% bom, entre 70 e 80% razoável, entre 60 e 70% ruim e, menor que 60% inaceitável.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores das análises físico-químicas e microbiológicas do efluente de laticínios diluído, determinados conforme as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [7].

**Tabela 2.** Características físico-químicas e microbiológicas do efluente de laticínios diluído, com respectiva média e desvio padrão.

Características	pH	CE	SS	SD	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Mn	CT
Unidade		dS m <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>		mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>		NMP100 mL <sup>-1</sup> *
<b>Média</b>	7,79	1,12	267	802	0,83	1,00	12,53	0,06	2,65x10 <sup>4</sup>
<b>Desvio-padrão</b>	0,29	0,11	137,21	137,19	0,40	0,42	2,71	0,02	2,18

**Nota:** potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos suspensos (SS), sólidos dissolvidos (SD), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), ferro total (Fe), manganês total (Mn) e coliformes totais (CT). \* Média e desvio padrão geométricos.

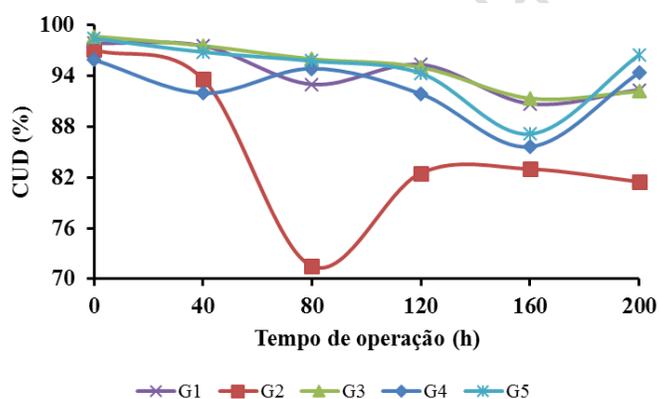
As análises físicas, realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP) do Centro de Ciências Agrárias da UFRSA, compreenderam a determinação de sólidos dissolvidos (SD) - obtidos pela diferença entre as concentrações dos sólidos totais (ST) (pelo método gravimétrico) e dos sólidos suspensos (SS); dos sólidos suspensos (SS) - pelo método gravimétrico com a utilização de membranas de fibra de vidro (0,45 µm de diâmetro de poro); do potencial hidrogeniônico (pH) - com peagâmetro de bancada; e da condutividade elétrica (CE) - com condutivímetro de bancada.

Nas análises químicas, realizadas nos Laboratórios de Matéria Orgânica e Resíduos e de Espectrofotometria Atômica, do Departamento de Solos da UFV, foram obtidas as concentrações de ferro total (Fe) e manganês total (Mn) por espectrofotometria de absorção atômica. Obtiveram-se, também, análises de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) pelo método titulométrico, no LASAP da UFRSA.

Nas análises microbiológicas, realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da UFRSA, foram quantificados os níveis populacionais de coliformes totais (CT), seguindo as recomendações do Standart methods for examination of water and wastewater [7].

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 constam os valores médios de CUD, ao longo do período de operação, nas unidades gotejadoras dotadas dos cinco tipos de emissores. No qual pode-se observar que houve redução nos valores de CUD, se comparados os tempos de operação inicial (0 h) e final (200 h). Os gotejadores G1, G3, G4 e G5, apresentaram seus menores valores de CUD no tempo de 160 h de operação, iguais a 90,72; 91,35; 85,63 e 87,14%, respectivamente. A única exceção foi o gotejador G2, que apresentou o seu menor valor de CUD às 80 h (71,51%). O gotejador G2, ainda, se comparado os valores de tempo inicial (0 h) e final (200 h), obteve o menor CUD dentre os demais gotejadores. O percentual de redução do CUD, para os gotejadores G1, G2, G3, G4 e G5, entre o tempo inicial (0 h) e os tempos de operação correspondentes aos menores valores de CUD foram de 7, 26, 7, 11 e 11%, respectivamente.



**Figura 3.** Valores médios do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) obtidos em unidades gotejadoras, operando com efluente de laticínios diluído, durante 200 h.

Segundo classificação [5], o gotejador G1 foi classificado como excelente ( $CUD > 90\%$ ), pois o referido emissor não apresentou, em nenhum tempo decorrido do experimento, reduções abaixo dos 90%. O gotejador G2, no tempo de 80 h, foi classificado como razoável, porém no tempo de 120 h até o tempo final (200 h), o mesmo foi classificado como bom ( $80 < CUD < 90\%$ ). O gotejador G3 foi classificado como excelente ( $CUD > 90\%$ ), durante todo o período de operação. Nos gotejadores G4 e G5, os valores de CUD foram classificados como

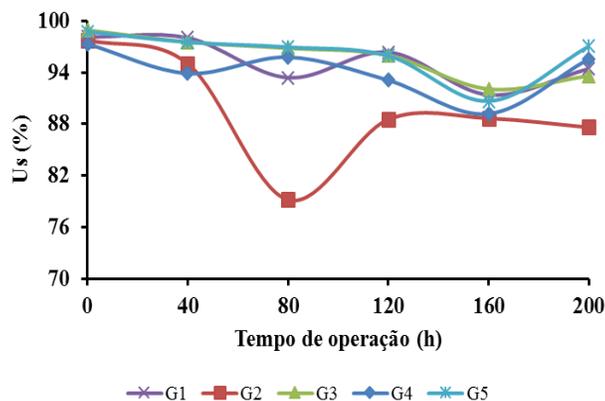
excelente (CUD > 90%), exceto, no tempo de 160 h, onde houve redução no valor de CUD, em função do entupimento, alterando a classificação para bom ( $80 < \text{CUD} < 90\%$ ).

Em estudo realizado por [8], com unidades gotejadoras aplicando efluente da castanha de caju sob diferentes pressões (70, 140, 210 e 280 kPa), durante 160 h foram constatados valores de CUD acima dos 90%, para os gotejadores autocompensantes que operaram nas pressões de 140 a 210 kPa, sendo classificados como excelentes. Porém, na pressão de serviço de 70 kPa o valor de CUD foi classificado como ruim no gotejador não autocompensante.

Diante disso, pode-se afirmar que as características físico-químicas e microbiológica da água residuária, bem como a alta suscetibilidade ao entupimento dos emissores foram fatores determinantes que culminaram diretamente na alteração do CUD, contribuindo para que houvessem variações no desempenho hidráulico das unidades gotejadoras. Este fato pode resultar em perdas na produtividade de cultivos agrícolas, se a aplicação do efluente for realizada em campo com sistemas de irrigação por gotejamento [9, 10].

Neste trabalho utilizou-se o efluente de laticínio diluído em água de abastecimento público na proporção 1:3, com o intuito de minimizar os efeitos do entupimento na redução de desempenho hidráulico dos gotejadores. Os resultados da Figura 3 mostram que durante os ensaios de 200 h, os valores de CUD das unidades gotejadoras dotadas dos emissores G1, G3, G4 e G5 oscilaram de excelente a bom, indicando que a diluição é uma alternativa na minimização do entupimento, prolongando a vida útil do sistema de irrigação por gotejamento quando da aplicação de efluentes.

Estão apresentados na Figura 4, os valores médios de Us, ao longo do período de operação, nas unidades gotejadoras dotadas de cinco tipos de emissores.



**Figura 4.** Valores médios do coeficiente de uniformidade estatístico (Us) obtidos em unidades gotejadoras, aplicando efluente de laticínios diluído, durante 200 h.

Estabelecendo comparação entre os tempos de operação inicial (0 h) e final (200 h) evidenciou-se, na Figura 4, que os valores médios de Us decresceram, devido a perda de desempenho hidráulico proporcionada pelo entupimento dos emissores. No entanto, a diluição do efluente de laticínios em água de abastecimento atenuou o entupimento nas unidades gotejadoras dotadas dos emissores G1, G3, G4 e G5.

Os gotejadores G1, G3, G4 e G5 apresentaram seus menores valores de Us no tempo de 160 h, sendo iguais a 91,40; 92,07; 89,20 e 90,68%, respectivamente. A única exceção foi o gotejador G2, que apresentou menor valor de Us, também, às 80 h (79,20%). A partir de 80 h, o CUD da unidade gotejadora G2 foi inferior os CUD das demais unidades gotejadoras, em função da maior suscetibilidade ao entupimento deste emissor com este tipo de efluente. Este fato é atribuído ao comprimento do labirinto do emissor G2 (75 mm) entre os emissores estudados (Tabela 1). Quando comparados os valores de Us obtidos no tempo inicial (0 h) e no tempo de operação correspondente ao menor de valor de Us, obtém-se reduções percentuais da ordem de 7, 19, 7, 8 e 8%, para as unidades gotejadoras dotadas dos emissores G1, G2, G3, G4 e G5.

Aplicando a classificação proposta por [6] para os valores de Us, verificou-se as unidades gotejadoras com: gotejador G1 apresentou classificação excelente, ao longo de todo o experimento; o gotejador G2, ocorreu a classificação razoável apenas no tempo de 80h, entretanto, nos tempos de 120, 160 e 200 h, o Us foi classificado como bom; o gotejador G3 a

classificação foi excelente, ao longo de todo o experimento; o gotejador G4, apresentou classificação excelente no decorrer de quase todo o experimento, contudo, no tempo de 160 h, o mesmo foi classificado como bom; e o gotejador G5, apresentou igual classificação (excelente) aos gotejadores G1 e G4.

No trabalho de [11] com percolado de aterro sanitário diluído foram encontrados valores médios de  $U_s$  classificados como excelentes ( $U_s > 90\%$ ), nos tempos de operação inicial (0 h) e final (160 h), a diferentes pressões de 70, 140, 210 e 280 kPa. Esses resultados corroboram com os dados obtidos neste trabalho no tempo de 200 h, com exceção do gotejador G2, que apresentou maior suscetibilidade ao entupimento, sendo classificado como bom.

## **CONCLUSÕES**

A classificação obtida para os emissores avaliados foram de bom a excelente em relação ao coeficiente de uniformidade de distribuição e de razoável a excelente para o coeficiente de uniformidade estatística.

O gotejador G2, operando na pressão de serviço de 100 kPa, foi o mais susceptível ao entupimento com efluente de laticínios diluído em água de abastecimento público na proporção 1:3.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Saraiva, C. B.; Mendonça, R. C. S.; Santos, A. L.; Pereira, D. A. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. *Rev. Inst. Latic.* “Cândido Tostes” 2009, 64, 10.
- [2] Rodrigues, R. S.; Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2005.
- [3] Batista, R. O.; Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2007.
- [4] Abnt – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Equipamentos de irrigação agrícola: Emissores e tubos emissores - Especificações e métodos de ensaio. ABNT NBR ISO 9261. São Paulo: ABNT, 2006.

[5] Merriam, J. L.; Keller, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978.

[6] Mantovani, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa: UFV, 2001.

[7] Rice, E. W.; Baird, R. B.; Clesceri, A. D. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22. ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2012.

[8] Silva, K. B.; Batista, R. O. Silva, S. K. C.; Dias, N. S.; Costa, M. S. Efeito de distintas pressões de serviço na determinação da vazão em sistemas de irrigação por gotejamento operando com efluente do processamento da castanha de caju. Agr. Cien. Sem. 2012, 8, 89.

[9] Batista, R. O.; Silva, K. B.; Oliveira, R. A. de; B. Filho, S.; Dias, N. da S. Desempenho hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento aplicando água residuária de suinocultura. Agr. Cien. Sem. 2012, 8, 105.

[10] López, J. R.; Abreu, J. M. H.; Regalado, A. P.; Hernández, J. F. G. Riego localizado. Madrid: Mundi-Prensa, 1992.

[11] Vale, H. S. M.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil, 2014.