

## COEFICIENTE DE CARGA CINÉTICA E COMPRIMENTO EQUIVALENTE DE EMISSOR DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

ROBERTA BEZERRA DA SILVA<sup>1</sup>; GUSTAVO BORGES LIMA<sup>2</sup>; JOSÉ HENRIQUE NUNES FLORES<sup>3</sup>; BERNARDO GOMES NÖRENBERG<sup>4</sup>; OSVALDO RETTORE NETO<sup>5</sup>; LESSANDRO COLL FARIA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Graduanda, Engenharia Hídrica - CDTec/UFPEL - roberta.ufpel@outlook.com

<sup>2</sup>Graduando, Engenharia Hídrica - CDTec/UFPEL – gu\_poa@hotmail.com

<sup>3</sup>Doutorando, PPG Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas - DEG/UFLA - josenunesflores@hotmail.com

<sup>4</sup>Doutorando PPG Recursos Hídricos - CDTec/UFPEL - bernardo.norenberg@hotmail.com

<sup>5</sup>Professor Dr. Instituto de Ciências Agrárias - UFU - Monte Carmelo – osvaldo.rettore@gmail.com

<sup>6</sup>Orientador, Professor Dr. - CDTec/UFPEL - lessandro.faria@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O método de irrigação localizada, ou microirrigação, consiste na aplicação de água em uma área bastante limitada, utilizando pequenos volumes de água, sob pressão, com alta frequência (ANA, 2017). O aumento do uso da irrigação localizada por gotejamento no Brasil, segundo ANTONIO; CARDOSO (2014), é decorrente da alta eficiência desse sistema, pois utiliza baixo volume de água aplicados diretamente no solo próximo ao sistema radicular das plantas, através de uma linha de gotejadores, que irriga um determinado volume de solo explorado efetivamente pela planta.

A vazão dos gotejadores ao longo da lateral é afetada pela perda de carga total na tubulação e pelo desnível do terreno. A perda de carga total é um dos fatores que afeta a pressão disponível nos gotejadores e, em consequência, a distribuição da vazão é afetada quando são utilizados gotejadores não autocompensantes (RETTORE NETO et al., 2009).

O cálculo da perda de carga total do sistema é composto por duas parcelas, a perda de carga contínua e a perda de carga localizada. De acordo com PORTO (2006), a presença de singularidades em tubulações acarreta mudanças no módulo e/ou direção da velocidade média do escoamento, além da mudança de pressão nessas localidades, aumentando assim, a turbulência e o atrito entre as partículas de água, resultando no acréscimo da perda de carga do sistema.

A perda de carga localizada, em linhas de microirrigação, pode corresponder a 33% da perda de carga total da linha lateral (AL-AMOUD, 1995). Segundo PORTO (2006), a estimativa da perda de carga localizada pode ser realizada através da equação geral de perda de carga localizada (Equação 1), que relaciona uma parcela  $k$  da carga cinética de Bernoulli, sendo este um coeficiente adimensional que varia em função da geometria de conexão, rugosidade de parede, do número de Reynolds e das condições do escoamento. A perda de carga, ainda, pode ser determinada através do método do comprimento equivalente ( $L_e$ ), Equação 2, que consiste na substituição, para fins de cálculo, de cada gotejador instalado por comprimentos de tubos retilíneos, desde que a tubulação seja de mesmo diâmetro.

$$hf_e = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

$$hf_e = f \cdot \frac{L_e}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

Sendo:

$hf_e$ : perda de carga localizada no emissor (m);  $f$ : fator de atrito de Darcy (adimensional);

$k$ : coeficiente de carga cinética (adimensional);  $L_e$ : comprimento equivalente (m);

$V$ : velocidade média do escoamento ( $m \cdot s^{-1}$ );  $D$ : diâmetro da tubulação (m);

$g$ : aceleração da gravidade ( $9,80665 \text{ m} \cdot s^{-2}$ ).

Considerando que a literatura especializada carece de informações acerca de perda de carga localizada de peças específicas, como caso de gotejadores utilizados em sistemas de irrigação localizada, o objetivo deste estudo foi determinar o coeficiente de carga cinética (k) e o comprimento equivalente ( $L_e$ ) do gotejador Rivulis D5000 PC.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas. Para a realização do trabalho, foi utilizada a bancada experimental de ensaio de perda de carga em emissores de irrigação localizada, desenvolvida por FLORES et al. (2017). O emissor estudado foi o Rivulis D5000 PC, com diâmetro interno de 15,3 mm, faixa de pressão de serviço de 5,1 a 35,7 mca e tem capacidade para conduzir uma vazão de 0,65 a 3,5 l h<sup>-1</sup>. A linha ensaiada possuía 11 m, com 22 emissores espaçados regularmente entre si em 0,5 m.

A construção das tomadas de pressão se deu através da metodologia realizada em estudos de FLORES et al. (2017). A pressão no início da linha ensaiada foi mantida em 20 mca, pois, segundo estudos de RETTORE NETO et al. (2013), esse procedimento evita da dilatação o tubo gotejador, e conseqüentemente, a diminuição dos erros na mensuração dos dados. Para não haver diferença de velocidades, todos os emissores foram vedados. Para cada velocidade, foi anotada a diferença de pressão entre o início e o final da linha, e a vazão correspondente. Todos os ensaios foram realizados a partir dados decrescentes de vazão, a fim de observar o comportamento da perda de carga conforme a mudança da velocidade do escoamento.

A perda de carga contínua na linha lateral foi calculada através da equação universal de Darcy-Weisbach utilizando a equação de Blasius (Equação 3) para determinação do fator de atrito (RETTORE NETO et al., 2009). Já a perda de carga localizada foi calculada através a Equação 4.

$$f = \frac{c}{Re^m} \quad (3)$$

$$hf_e = \frac{hf_t - hf_d}{n_e} \quad (4)$$

Sendo:

$hf_d$ : perda de carga distribuída na tubulação(m);

f: fator de atrito de Darcy (adimensional);

$hf_t$ : perda de carga total no tubo emissor (m);

D: diâmetro da tubulação (m);

$hf_e$ : perda de carga localizada no emissor (m);

Re: número de Reynolds (adimensional);

c e m: coeficientes de ajuste, (c=0,296 e m=0,25).

Para a determinação do comprimento equivalente ( $L_e$ ), foi utilizado como base, o modelo de equação de regressão descrito na Equação 6. Sendo assim, a Equação 2 foi rearranjada de forma que a perda de carga localizada, o diâmetro da tubulação e o fator de atrito, representados pela Equação 5, ficassem em função da carga cinética.

Desta forma, a partir da equação geral de perda de carga localizada (Equação 1), da equação rearranjada (Equação 5) e com regressões lineares, foi possível determinar os coeficientes angulares das retas, e, conseqüentemente, o coeficiente de carga cinética (k) e o comprimento equivalente ( $L_e$ ) do emissor estudado.

$$\frac{hf_e \cdot D}{f} = L_e \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (5)$$

$$y = a \cdot x + b \quad (6)$$

Sendo:

$hf_e$ : perda de carga localizada no emissor (m);	$y$ : variável dependente	$\left( y = \frac{hf_e \cdot D}{f} \right)$ ;
$D$ : diâmetro da tubulação (m);	$a$ : coeficiente angular	$(a = L_e)$ ;
$f$ : fator de atrito de Darcy (adimensional);	$x$ : variável independente	$\left( x = \frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$ ;
$L_e$ : comprimento equivalente (m);	$b$ : intercepto da reta	$(b = 0)$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores da relação entre o coeficiente de carga cinética ( $k$ ) e o comprimento equivalente ( $L_e$ ) com a carga cinética ( $V^2/2g$ ) para os ensaios do gotejador Rivulis D5000 PC.

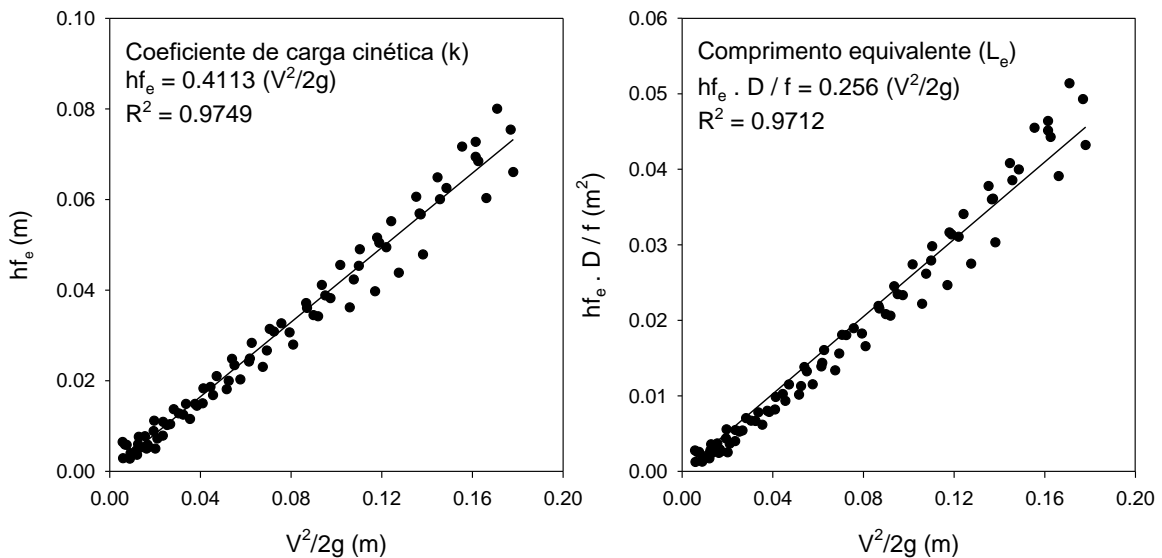


Figura 1. Estimativa do coeficiente de carga cinética ( $k$ ) e do comprimento equivalente ( $L_e$ ) do gotejador Rivulis D5000 PC.

O valor encontrado para o coeficiente de carga cinética ( $k$ ) foi de 0,4113 com coeficiente de determinação de 0,9749. Em estudos realizados por RETTORE NETO et al. (2009), FLORES et al. (2017) e BOEIRA et al. (2017), os valores encontrados para o coeficiente  $k$  variaram em uma faixa de 0,3378 a 1,2719, sendo que os estudos de RETTORE NETO et al. (2009) apresentaram os piores coeficientes de determinação (0,7197 ~ 0,9513), ao passo que os demais observaram coeficientes de determinação acima de 0,99. Os emissores já ensaiados, presentes na literatura, apresentam semelhança aos emissores estudados no presente trabalho.

O valor encontrado referente ao comprimento equivalente ( $L_e$ ) foi 0,256 m para cada gotejador instalado na linha, apresentando um coeficiente de determinação de 0,9712. BOEIRA et al. (2017) encontraram um comprimento equivalente de 0,4882 m e um coeficiente de determinação de 0,9980 em estudos similares. Cabe salientar ainda que existe a necessidade mais ensaios para determinação do comprimento equivalente e do coeficiente de carga cinética de diferentes tubos emissores, pois este é um vasto campo experimental ainda pouco explorado, visto a quantidade de emissores comercializados atualmente e a garantia de sua alta eficiência.

A estimativa do  $k$  e do  $L_e$  para diferentes emissores, resulta na melhor performance de sistemas de irrigação por gotejamento, uma vez que as possibilidades de subestimar ou superestimar a potência requerida para a unidade de bombeamento são reduzidas, garantindo um projeto mais eficiente e econômico dentro de suas possibilidades.

#### 4. CONCLUSÕES

O coeficiente de carga cinética ( $k$ ) do gotejador Rivulis D5000 PC foi de 0,4113 e o comprimento equivalente ( $L_e$ ) foi de 0,256 m, com coeficientes de determinação de, respectivamente, 0,9749 e 0,9712.

Os valores de  $k$  e  $L_e$  obtidos podem ser utilizados no dimensionamento da perda de carga localizada, auxiliando projetistas e irrigantes quanto a tomada de decisão na utilização de sistemas de irrigação por gotejamento que operem com o modelo de emissor avaliado.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AMOUD, A. I. Significance of Energy Losses Due to Emitter Connections in Trickle Irrigation Lines. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v.60, n.1, p.1-5, 1995.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas irrigação, uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017
- ANTONIO, I. C.; CARDOSO, M. O. Embrapa Amazônia Ocidental. **Sistema de irrigação por gotejamento adaptado para a aplicação de biofertilizante na água de irrigação**. Embrapa: Manaus, 2014.
- BOEIRA, S. V.; FLORES, J. N.; SOARES, E. M.; NÖRENBERG, B. G.; RETTORE NETO, O.; FARIA, L. C. Perda de carga localizada em emissores de irrigação por gotejamento. In: **XXVI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. Pelotas, 2017. Anais. Pelotas: Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, 2017.
- FLORES, J. H. N.; RETTORE NETO, O.; FARIA, L. C.; TIMM, L. C. Estimation of the kinetic head coefficient ( $k$ ) based on the geometric characteristics of emitter pipes. **Engenharia Agrícola**. v.37, n.6, p.1091-1102, 2017.
- PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos: EESC-USP, 2006.
- RETTORE NETO, O.; FRIZZONE, J. A.; MIRANDA, J. H.; BOTREL, T. A. Perda de carga localizada em emissores não coaxiais integrados a tubos de polietileno. **Engenharia Agrícola**. v.29, n.1, p.28–39, 2009.
- RETTORE NETO, O.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A.; PINTO, M. F.; CAMARGO, A. P. Quantificação do erro na determinação da perda contínua de carga em tubos elásticos. **Engenharia Agrícola**. v.33, n.6, p.1312–1321, 2013.