

## COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS PARA DIMENSIONAMENTO DE LINHAS LATERAIS PAREADAS DE GOTEJAMENTO EM DESNÍVEL

ÍCARO MONTEIRO GALVÃO<sup>1</sup>; JOÃO DE JESUS GUIMARÃES<sup>2</sup>; ALBERTO MARIO ARROYO AVILEZ<sup>3</sup> E JOÃO CARLOS CURY SAAD<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, São Judas, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. e-mail: icaro.monteiro@usp.br

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA/UNESP, Av. Universitária 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. e-mail: joao.jesus@unesp.br

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA/UNESP, Av. Universitária 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. e-mail: betomario1494@gmail.com

<sup>4</sup> Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA/UNESP, Av. Universitária 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. e-mail: joao.saad@unesp.br

### 1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar diferentes metodologias para a determinação dos trechos em aclave e em declive de linhas laterais pareadas em terreno com desnível uniforme, para um sistema de irrigação por gotejamento. Para tal utilizou-se as metodologias propostas por Keller e Bliesner (1990), Jiang e Kang (2010) e Monserrat; Barragan e Cots (2018). Calculou-se o comprimento das linhas em aclave e declive, o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e as variações de vazão e de pressão para ambas as condições topográficas. A metodologia de Keller e Bliesner (1990) foi a que melhor dimensionou as linhas pareadas, com menor diferença de desempenho entre os trechos em aclave e declive, em termos de CUD e de variação de vazão e de pressão, além de permanecer dentro do limite máximo de variação de vazão de 10%. O segundo melhor desempenho foi obtido pelo método de Monserrat; Barragan e Cots (2018). O procedimento de Jiang e Kang (2010) foi o menos adequado, tendo gerado no trecho em aclave variação de vazão de 10,9%.

**Palavras-chave:** gotejamento, linha lateral, comprimento, declividade.

**GALVÃO, I. M.; GUIMARÃES, J. J.; AVILEZ, A. M. A.; SAAD, J. C. C.  
METHODOLOGIES COMPARISON FOR DESIGN OF PAIRED DRIP LATERALS  
ON UNIFORMLY SLOPING FIELDS**

### 2 ABSTRACT

This work aimed to compare different methodologies for designing paired laterals of drip irrigation systems on uniformly sloping fields. For this purpose, the methodologies proposed by Keller e Bliesner (1990), Jiang e Kang (2010), and Monserrat; Barragan e Cots (2018) were evaluated. The length of uphill and downhill lateral lines, distribution uniformity (DU), flow, and pressure variations were calculated for both topographic conditions. The Keller e Bliesner (1990) methodology generated the best design for paired laterals, with the lowest DU difference between the uphill and downhill sections; also, the flow variation remained under the 10% limit.

The second-best performance was obtained by the method of Monserrat; Barragan e Cots (2018). Jiang e Kang (2010)'s procedure was the least adequate, generating a 10.9% flow variation in the uphill section.

**Keywords:** drip irrigation, hydraulic, uniformity.

### 3 INTRODUÇÃO

O dimensionamento de linhas laterais pareadas em sistemas de irrigação localizada ou de aspersão convencional em terrenos com declividade uniforme consiste em definir o comprimento dos trechos em aclave e em declive, tendo o mesmo diâmetro e aproximadamente a mesma variação de vazão. Denomina-se de linhas pareadas quando duas tubulações (linhas laterais) se estendem em direção opostas de uma linha de derivação, o que é muito comum quando se utiliza o mesmo diâmetro em ambas.

A definição das dimensões dos trechos em aclave e em declive depende do gradiente do desnível, do comprimento da parcela irrigada e do diâmetro da tubulação. Para determinar a melhor posição da linha de derivação em terreno inclinado foram desenvolvidas diversas metodologias ao longo dos anos (KELLER; BLIESNER, 1990; JIANG; KANG, 2010; BAIAMONTE; PROVENZANO; RALLO, 2014; BAIAMONTE, 2016; MONSERRAT; BARRAGAN; COTS, 2018).

Diante da diversidade de métodos de cálculo disponíveis, o presente estudo teve

como objetivo comparar as diferentes metodologias para a determinação da melhor posição de linhas laterais pareadas em condição de terreno com desnível uniforme, para um sistema de irrigação por gotejamento.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve como base as metodologias propostas por Keller e Bliesner (1990), Jiang e Kang (2010) e Monserrat, Barragan e Cots (2018), representadas pelas as equações 1, 2 e 3, respectivamente. Para avaliar estes procedimentos, utilizou-se um estudo de caso envolvendo um sistema de irrigação por gotejamento em área com declividade de 2%, linhas de polietileno com diâmetro interno de 16,6 mm, gotejador não compensado com vazão de 2 L h<sup>-1</sup> na carga de pressão de 10 mca e espaçamento entre emissores de 0,2 metros. O comprimento total das linhas laterais pareadas adotado neste trabalho foi de 140m, ou seja, trecho em aclave mais trecho em declive.

$$\frac{S_0 * L_T}{hf_L} * \left[ 1 - \left( \frac{F_a * S_0 * L_T}{hf_L} \right)^{0,57} \right] + \left( \frac{F_a * S_0 * L_T}{hf_L} \right)^{1,57} = Y^{2,75} - (1 - Y)^{2,75} \quad (1)$$

Em que:

Y – fração do comprimento total correspondente ao trecho em declive;

S<sub>0</sub> – gradiente de declive (m/m);

L<sub>T</sub> – comprimento total = trecho em aclave + trecho em declive, em m;

hf<sub>L</sub> – perda de carga da tubulação com múltiplas saídas (mca) de comprimento L<sub>T</sub>, com vazão de entrada equivalente à soma dos trechos em aclave e em declive;

F<sub>a</sub> – coeficiente de Scaloppi (adimensional).

$$L_2 = \left[ (L - L_2)^{1,75} - \frac{1}{A} * (F * I * L) \right]^{\frac{1}{2,75}} \quad (2)$$

Em que:

$L_2$  – comprimento correspondente ao trecho em declive (m);

$L$  – comprimento total (m);

$A$  e  $F$  – coeficientes para serem calculados;

$I$  – declividade da área (m/m).

$$L_{\max} = \left[ \frac{2,75 * \Delta h * D^{4,75} * S_e^{1,75}}{C_d^{1,75} * \left(1 + \frac{L_e}{S_e}\right)} \right]^{\frac{1}{2,75}} \quad (3)$$

Em que:

$L_{\max}$  – comprimento máximo da linha lateral em nível (m);

$\Delta h$  – variação da carga de pressão (mca);

$D$  – diâmetro interno da linha lateral (mm);

$S_e$  – espaçamento do emissor (m);

$C_d$  – coeficiente de descarga do emissor;

$L_e$  – comprimento equivalente as perdas na inserção do emissor.

Como indicadores de desempenho, utilizou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) proposto por Keller e Karmeli (1974), bem como as variações de vazão e de pressão ao longo das linhas laterais, calculadas pelas equações 4, 5 e 6, respectivamente.

$$CUD = 100 * \frac{q_{25\%}}{q_m} \quad (4)$$

Em que:

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

$q_{25\%}$  – Média dos 25% menores valores coletados ( $L h^{-1}$ );

$q_m$  – valor médio de todas as vazões coletadas ( $L h^{-1}$ ).

$$\Delta q = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\max}} \quad (5)$$

Em que:

$\Delta q$  – variação de vazão (%);

$q_{\max}$  – vazão máxima do emissor na linha lateral ( $m^3/s$ );

$q_{\min}$  – vazão mínima do emissor na linha lateral ( $m^3/s$ ).

$$\Delta H = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max}} \quad (6)$$

Em que:

$\Delta H$  – variação de vazão (%);

$H_{\max}$  – pressão máxima do emissor na linha lateral (mca);

$H_{\min}$  – pressão mínima do emissor na linha lateral (mca).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Linhas laterais pareadas adequadamente dimensionadas são aquelas que apresentam CUD e variação de vazão (ou de pressão) semelhantes entre os trechos em aclave e em declive. A metodologia de Keller e Bliesner (1990) apresentou o melhor ajuste, com 52m de comprimento do trecho em aclave e 88m no trecho em declive, com variação de vazão de 7,8% e de 8,5%, respectivamente, e CUD de 97,3% e 98% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Comprimento, coeficientes de uniformidade e variações de vazão e pressão ao longo das linhas laterais (LL) emparelhadas em terreno com desnível uniforme.

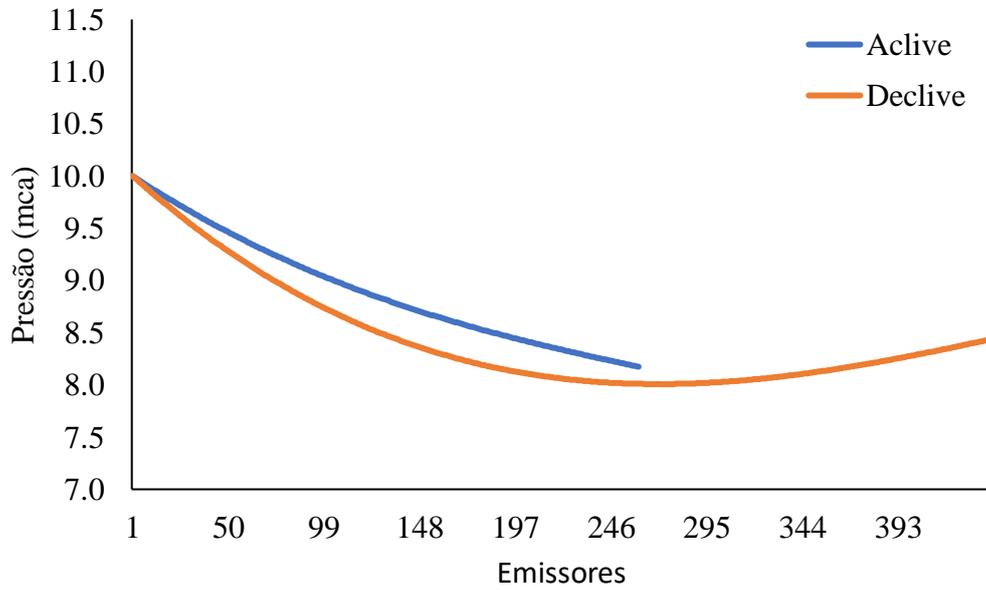
Condição	Parâmetro	Keller e Bliesner (1990)	Jiang e Kang (2010)	Montserrat; Barragan e Cots (2018)
Aclive	Comprimento (m)	52	62	56,5
	CUD (%)	97,3	96,2	96,8
	q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	2,00	2,00	2,00
	q <sub>mín</sub> (m <sup>3</sup> /s)	1,84	1,78	1,82
	$\Delta q$ (%)	<b>7,8</b>	<b>10,9</b>	<b>9,1</b>
	H <sub>máx</sub> (mca)	10	10	10
	H <sub>mín</sub> (mca)	8,17	7,49	7,88
	$\Delta H$ (%)	<b>18,3</b>	<b>25,1</b>	<b>21,2</b>
Declive	Comprimento (m)	88	78	83,5
	CUD (%)	98,0	98,8	98,4
	q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	2,00	2,00	2,00
	q <sub>mín</sub> (m <sup>3</sup> /s)	1,83	1,895	1,86
	$\Delta q$ (%)	<b>8,5</b>	<b>5,3</b>	<b>7,0</b>
	H <sub>máx</sub> (mca)	10	10	10
	H <sub>mín</sub> (mca)	8,01	8,74	8,36
	$\Delta H$ (%)	<b>19,9</b>	<b>12,6</b>	<b>16,4</b>

O segundo melhor desempenho foi obtido com o procedimento indicado por Monserrat, Barragan e Cots (2018), com 56,5m de comprimento do trecho em aclive e 83,5m no trecho em declive, com variação de vazão de 9,1% e de 7%, respectivamente, e CUD de 96,8% e 98,4%.

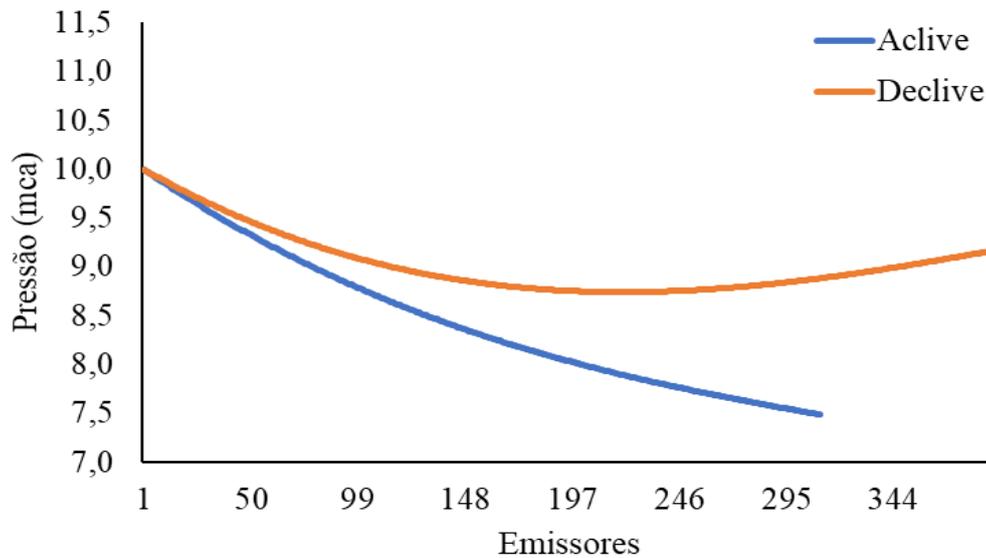
O desempenho menos favorável foi gerado pela metodologia de Jiang e Kang (2010), com 62m de comprimento do trecho em aclive e 78m no trecho em declive, com variação de vazão de 10,9% e de 12,6%, respectivamente, e CUD de 96,2% e 98,4%.

Uma vez que a carga de pressão de entrada é a mesma para os trechos das linhas laterais pareadas (10mca), outro indicador da adequada partição entre os comprimentos dos trechos em aclive e em declive de linhas pareadas é que a carga de pressão mínima seja semelhante nos dois segmentos. Os perfis de pressão ao longo das linhas laterais em aclive e declive para as diferentes metodologias são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3.

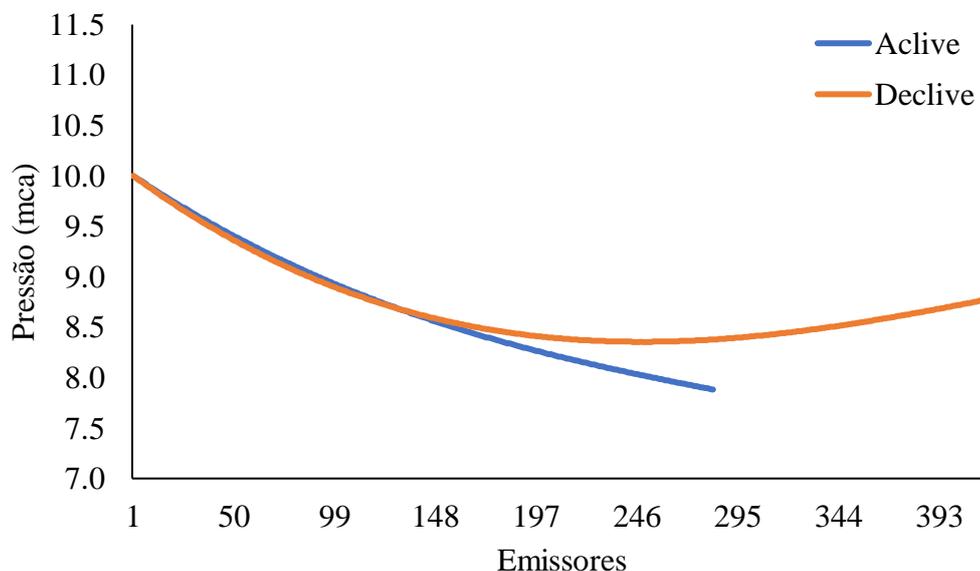
**Figura 1.** Perfil de pressão ao longo das linhas laterais em aclave e declive para o método de Keller e Bliesner (1990).



**Figura 2.** Perfil da pressão ao longo das linhas laterais em aclave e declive para o método de Jiang e Kang (2010).



**Figura 3.** Perfil da pressão ao longo das linhas laterais em aclave e declive para o método de Monserrat, Barragan e Cots (2018).



A metodologia de Keller e Bliesner (1990) gerou  $H_{min}$  de 8,17mca e de 8,01mca nos trechos em aclave e em declive, respectivamente, tendo a menor diferença (0,16mca) dentre os procedimentos avaliados (Figura 1). A diferença entre  $H_{min}$  em aclave e em declive para o método de Monserrat, Barragan e Cots (2018) foi de 0,48mca (Figura 2) e para o de Jiang e Kang (2010) foi de 1,25mca (Figura 3).

As linhas laterais em aclave e em declive deveriam ter uma variação de vazão menor que 10%, pois este é um critério de dimensionamento muito utilizado. O procedimento de Jiang e Kang (2010) ultrapassou este limite de 10% no trecho em aclave, resultando em  $\Delta q$  de 10,9%.

## 6 CONCLUSÕES

A metodologia de Keller e Bliesner (1990) foi a que melhor dimensionou as linhas pareadas, com menor diferença de desempenho entre os trechos em aclave e declive, em termos de CUD e de variação de vazão e de pressão, além de permanecer dentro do limite máximo de variação de vazão de 10%. O segundo melhor desempenho foi obtido pelo método de Monserrat, Barragan e Cots (2018). O procedimento de Jiang e Kang (2010) foi o menos adequado, tendo gerado no trecho em aclave variação de vazão de 10,9%.

## 7 REFERÊNCIAS

BAIAMONTE, G. Simple relationships for the optimal design of paired drip laterals on uniform slopes. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 142, n. 2, p. 04015054, 2016.

BAIAMONTE, G.; PROVENZANO, G.; RALLO, G. Analytical approach determining the optimal length of paired drip laterals in uniformly sloped fields. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 141, n. 1, p. 04014042, 2014.

JIANG, S.; KANG, Y. Simple Method for the Design of Microirrigation Paired Laterals on Sloped Fields. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 136, n. 4, p. 271-275, 2010.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: The Blackburn Press, 1990.

KELLER, J. D.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASDE**, Michigan, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

MONSERRAT, J.; BARRAGAN, J.; COTS, L. Design of Paired Laterals on Uniformly Sloping Fields. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 144, n. 6, p. 04018008, 2018.