



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO E FERTIGAÇÃO EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO FAMILIAR POR GOTEJAMENTO SOB DIFERENTES CARGAS HIDRÁULICAS

Marcio Klein<sup>1</sup>; Flavio Szekut; Floriano Suszek; Claudia Reis; Clovis Aymoré;  
João Guerra; Marcio Vilas Boas

### RESUMO

A irrigação por gotejamento é intensamente difundida no Brasil e vem sendo utilizada em boa parte da produção agrícola, inclusive na agricultura familiar. Os sistemas de irrigação familiar por gotejamento têm como característica principal o uso da gravidade para pressurização do sistema e apresentam facilidade na montagem e operação. Todavia, nem sempre estes sistemas têm sua qualidade de funcionamento testada. A uniformidade de distribuição de água é tão importante quanto às características anteriormente citadas. Deste modo este trabalho teve por objetivo avaliar um sistema de irrigação por gotejamento para agricultura familiar com três diferentes cargas hidráulicas, 15, 18 e 20 kPa, tanto para irrigação quanto para fertigação. Para o cálculo da uniformidade foram utilizados os seguintes coeficientes, CUC, CUD, Us, e CVt, utilizando a metodologia de coleta proposta por Keller & Karmeli (1975). Foram confeccionados mapas e perspectivas tridimensionais da distribuição de vazão de todos os tratamentos. A melhor classificação em todos os coeficientes ocorreu no tratamento de irrigação com carga de 20 kPa e na fertigação a classificação para 18 e 20 kPa foram iguais, sendo que a pior classificação se deu para as cargas de 15 kPa tanto na irrigação como na fertigação. Os mapas e perspectivas facilitaram a visualização da distribuição da vazão e apontaram as áreas susceptíveis a problemas no sistema.

**Palavras-chave:** mapas, distribuição de vazão, irrigação localizada, agricultura familiar.

### IRRIGATION AND FERTIGATION UNIFORMITY IN AN FAMILY DRIP IRRIGATION SYSTEM UNDER DIFFERENT HYDRAULIC HEAD

#### ABSTRACT

The drip irrigation is highly widespread in Brazil and has been used in much of agricultural production, including the family farm. The irrigation drip family has as main characteristic the use of gravity to pressurize the system, and feature easy assembly and operation. However, often these systems have proven their quality of functioning. The uniformity of water distribution is as important as the characteristics previously mentioned. Thus this work aimed to evaluate a drip irrigation system for farming family with three different hydraulic loads, 15, 18 and 20 kPa, both for irrigation and for fertigation. To calculate the uniformity we used the following coefficients, CUC, CUD, Us, and with the CVt collection methodology proposed by Keller & Karmeli (1975), were also prepared maps and three-dimensional perspective of the distribution of flow of all treatments. The best classification in all coefficients was treatment with irrigation load of 20 kPa, fertigation and the classification of 18 and 20 kPa were similar, and the worst classification is given for loads of 15 kPa in both the irrigation and fertigation. Maps and perspectives facilitated the visualization of the distribution of flow and showed areas where there were problems in the system.

**Keywords:** maps, distribution of flow, micro irrigation, family farming

Trabalho recebido em 24/01/2012 e aceito para publicação em 10/04/2013.

---

<sup>1</sup> e-mail: marcio\_kleinn@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Com implantações de leis ambientais cada vez mais frequentes e rígidas, o desenvolvimento tecnológico para sistemas que fazem uso da água, está sendo cada vez mais necessário, tendo em vista o racionamento. Deste modo, cita-se o gotejamento, que é uma alternativa para o uso racional da água para irrigação, sistema no qual a água é disposta somente na zona radicular das plantas de acordo com a necessidade hídrica das mesmas, além de que, no gotejamento a implantação requer pouca mão-de-obra, um manejo adequado com o passar do tempo e sua montagem são considerados simples, comparando com outros sistemas (MANTOVANI et al., 2006).

Em países pobres da Ásia e África utilizam-se pequenos conjuntos de irrigação por gravidade, com recipientes instalados a cerca de um metro de altura que ocasionam desenvolvimento auto-sustentável para um grande número de agricultores com escassos recursos hídricos (SOUZA et al., 2005).

Do mesmo modo, Beli et al. (2010) cita que a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas apontam para uma tendência de aproveitamento racional. Sobre esse assunto, sabe-se que na região Sudoeste do Paraná, a

concentração de pequenos produtores é elevada, sendo que destes, boa parte trabalha com agricultura familiar, ou seja, a mão-de-obra para os serviços na propriedade são dos próprios familiares, conceito aplicado e através da Lei 11.326 de 24 de Julho de 2006.

Os sistemas de irrigação familiar por gotejamento são focados para essa finalidade, uma vez que, necessitam de cuidados e manejo corretos, as avaliações são importantes e devem ser realizadas de maneira periódica com o objetivo de realizar um acompanhamento e promover a mitigação de possíveis problemas. Os testes de uniformidade são uma das formas de se verificar a distribuição da vazão no sistema. Se a uniformidade de distribuição for baixa indica que áreas isoladas da irrigação recebem mais água e adubo, resultando em desenvolvimento desuniformidade das plantas (GIL et al., 2008).

A aplicação de adubo no sistema de irrigação é chamada de fertigação, aplicada nas proximidades da raiz das plantas, aumenta o poder de absorção dos nutrientes e promove condições favoráveis de produtividade e qualidade (MANTOVANI et al., 2006).

Deste modo, visando amenizar possíveis impactos ambientais e econômicos, se faz necessário a investigação que leve em consideração a

relação custo/benefício e que atendam as legislações aplicáveis (HUSSAR & BASTOS, 2008).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a distribuição espacial da vazão, bem como a uniformidade do sistema de irrigação familiar, para irrigação e fertigação submetidas a diferentes cargas hidráulicas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

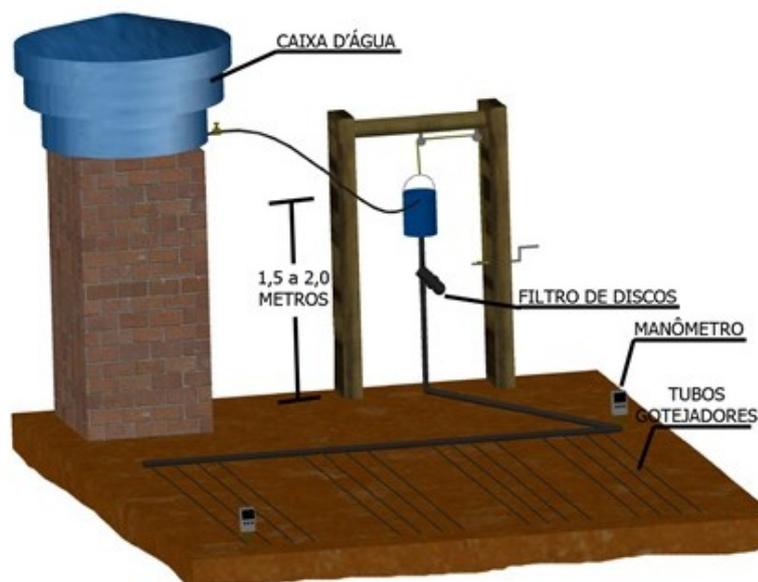
A pesquisa foi desenvolvida em uma propriedade rural participante do projeto de irrigação familiar, no município de Salto do Lontra, no estado do Paraná, com as coordenadas 25°47'41,61" Sul, 53°18'32,86" Oeste e altitude 465 m, a montagem foi realizada sobre canteiros destinados para produção de hortaliças, obedecendo o layout do terreno.

O tubo gotejador utilizado foi da marca Netafim<sup>TM</sup> STREAMLINE 16060 vazão nominal 1,10 L.h<sup>-1</sup>. Pressão de serviço de 0,15 a 3,0 bar, recomendado para uso em horticultura.

O sistema de irrigação foi composto por 16 tubos gotejadores, sendo quatro

tubos distribuídos em 4 canteiros, as linhas laterais variaram de 26 a 28,6 metros, o espaçamento entre os gotejadores é de 0,4 metros, as linhas foram espaçadas em 0,3 metros. O reservatório de água utilizado tanto para a irrigação como para a fertigação foi de 3000 L. A pressurização do sistema foi realizada por gravidade. Para manter constante a pressão no início do sistema, foi utilizado um balde dosador com torneira bóia, dessa maneira pode-se controlar a carga hidráulica mantendo constante a altura da lâmina no dosador. Na parte inferior do balde foi instalado um filtro de disco, também foram instalados, no início e no final do sistema, manômetros digitais para monitoramento da pressão na entrada e a variação de pressão total. A Figura 1 mostra o esquema de instalação do experimento.

Após a montagem do sistema foram realizadas avaliações para 3 diferentes pressões, tanto para a irrigação como para a fertigação. A fertigação foi realizada com uréia, com aplicação de 40 kg de nitrogênio (N) por hectare de acordo com a recomendação média de Trani (2007) para hortaliças. Na Tabela 1 estão descritos os tratamentos realizados.



**Figura 1.** Croqui do experimento.

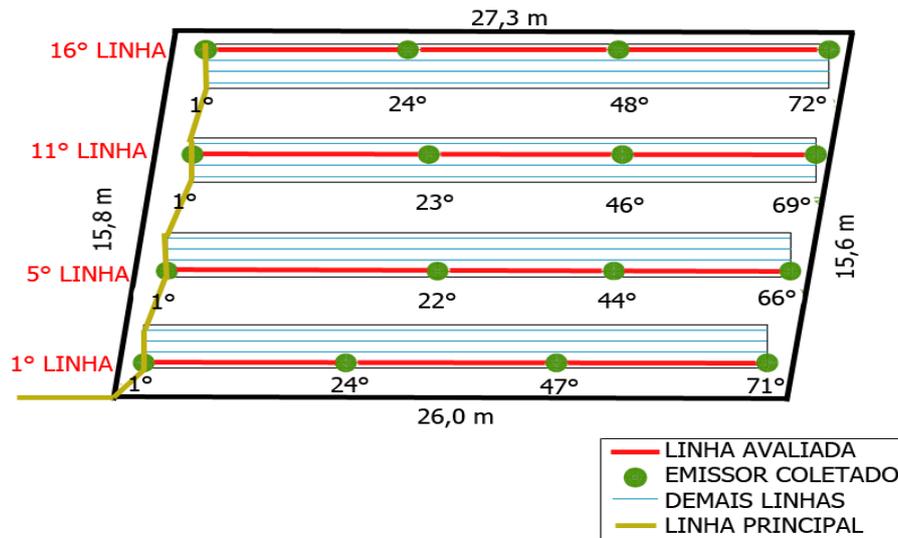
**Tabela 1.** Tratamentos aplicados no experimento

| Tratamentos |    | Carga hidráulica (Kpa) |
|-------------|----|------------------------|
| Irrigação   | T1 | 15                     |
|             | T2 | 18                     |
|             | T3 | 20                     |
| Fertigação  | T4 | 15                     |
|             | T5 | 18                     |
|             | T6 | 20                     |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Na coleta das vazões foi utilizada a metodologia de Keller e Karmeli (1975), na qual se determinam as vazões em 16 gotejadores dentro do sistema de irrigação, selecionando-se quatro linhas laterais ao longo da linha de derivação, que são: a

primeira, a 1/3, a 2/3 e a última. Em cada uma delas seleciona-se quatro gotejadores que são: o primeiro, os gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e o último gotejador. A Figura 2 apresenta a disposição dos gotejadores selecionados.



**Figura 2.** Gotejadores selecionado pela metodologia de Keller e Karmeli (1975)

A coleta das vazões foi de maneira direta, coleta-se o volume de água em cada ponto selecionado por 4 minutos, com auxílio de cronômetro, após o tempo de coleta mediu-se o volume com uma proveta graduada, a coleta se deu em triplicata, resultando em 288 dados de vazão. Os coeficientes utilizados para a avaliação de uniformidade foram determinados conforme Equações de 1 até 4.

#### Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, CUD

$$CUD = \frac{qn}{qm} * 100 \quad \text{Eq.1}$$

Em que:

qn: é a média das 25% menores vazões dos emissores, em  $Lh^{-1}$ ;  
qm: é a média das vazões de todos os emissores em  $Lh^{-1}$ ;

#### Coeficiente de Uniformidade de Christiansen - CUC , proposto em (1942)

$$CUC = 100 \left( \frac{1 - \sum_{i=1}^n [q_i - q_m]}{n * q_m} \right) \quad \text{Eq.2}$$

Em que:

qi: é a vazão de cada gotejador, em  $Lh^{-1}$ ;  
qm: a média das vazões de todos os emissores em  $Lh^{-1}$ ;  
n: é o número de emissores selecionados.

#### Coeficiente de variação Total (CVt)

$$CVt = \frac{SD}{qm} \quad \text{Eq.3}$$

Em que,

SD: desvio padrão das vazões em  $Lh^{-1}$ ;  
qm: média das vazões em  $Lh^{-1}$ ;

#### Uniformidade Estatística, Us

$$Us = 100 * (1 - CV) \quad \text{Eq.4}$$

Em que,

CV: é o coeficiente de variação

Depois de calculados os coeficientes, os mesmos foram

interpretados de acordo com a classificação proposta por alguns autores.

Apresentado originalmente por Keller & Karmelli (1974), o CUD (coeficiente de uniformidade de distribuição) é baseado na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores. Segundo Pizarro Cabelo (1996), quanto maior o valor de “CUD” mais cara fica a instalação de irrigação, já que para haver

menor variação de vazão na subunidade de irrigação a distribuição da pressão na rede hidráulica tem que ficar mais uniforme, exigindo maiores diâmetros de tubulações, menores comprimentos de tubulações laterais e maior investimento de reguladores de pressão. Como parâmetros para a avaliação da uniformidade pode-se utilizar valores da Tabela 2.

**Tabela 2.** Critérios pra a avaliação do CUD, segundo ASAE (1996)

| Classificação | Excelente | Bom   | Regular | Ruim  | Inaceitável |
|---------------|-----------|-------|---------|-------|-------------|
| CUD           | >90       | 75-90 | 62-75   | 50-62 | <50         |

**Fonte:** ASAE EP 458 (1996)

Para Merriam e Keller, (1978), os fatores que contribuem para a não uniformidade do sistema estão relacionados ao controle de qualidade nos processos de fabricação, falha no manejo, mudanças físicas dos componentes, envelhecimento e entupimento dos

emissores, para isso utiliza-se o coeficiente de variação dos emissores.

Keller et al. (2001) recomendam a utilização do US (Uniformidade Estatística) na representação da uniformidade de pequenos sistemas de irrigação cuja classificação pode ser observada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação de Us de acordo com Faveta & Brotel (2001)

| Us            | CLASSIFICAÇÃO |
|---------------|---------------|
| 90% ou maior  | Excelente     |
| 80 a 90%      | Muito Bom     |
| 70 a 80%      | Regular       |
| 60 a 70%      | Péssimo       |
| Menor que 60% | Inaceitável   |

**Fonte:** Faveta & Brotel (2001).

Bernardo et al. (2006) consideram excelente a uniformidade quando o CUC se apresenta acima de 90%, bom de 80-

90%, regular de 70-80%, ruim 70-60% e inaceitável abaixo de 60%.

Com relação à classificação do CVt, a norma ABNT - NBR ISSO 9261 (2004) relativa a emissores, os classifica

em: A para  $CVt < 0,05$  e B para  $0,05 \leq CVt \leq 0,1$

Para emissores novos, Solomon (1979) sugere outra classificação que está demonstrada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Classificação do coeficiente de variação de fabricação (CVt)

| Uniformidade | CVt         |
|--------------|-------------|
| Excelente    | $\leq 0,03$ |
| Médio        | 0,05 a 0,07 |
| Marginal     | 0,08 a 0,10 |
| Pobre        | 0,11 a 0,14 |
| Péssimo      | $> 0,15$    |

**Fonte:** Solomon (1979).

O uso do CVt é recomendado na elaboração de projetos, instalação e avaliação de sistemas de irrigação localizada. Como os dados tanto de vazão como da amostra de água tinham coordenadas conhecidas na área irrigada, devido a metodologia proposta por Keller, estas coordenadas de cada ponto foram avaliadas estatisticamente com a utilização do programa Surfer versão 8.0, disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. As coordenadas foram armazenadas em banco de dados específico para a associação dos resultados de vazão, permitindo assim, a elaboração dos eixos X, Y, e Z. Sendo que X e Y representaram as coordenadas em cm e o eixo Z, representou o resultado das vazões em  $Lh^{-1}$ .

A partir da elaboração do banco de dados foram confeccionados os mapas temáticos das vazões para todos os tratamentos, também foi realizada a

inferência estatística dos resultados através dos programas Surfer 8.0 e Minitab 15, pertencentes a Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Os resultados foram interpolados utilizando o interpolador do Inverso Quadrado da Distância – IQD, que determina os valores inferidos para locais não amostrados, no qual um ponto a ser predito é o somatório dos produtos dos valores de cada variável conhecida, com seus respectivos pesos, conforme Equação 5.

$$Xp = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{di^2}\right) Xi}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{di^2}\right)} \quad \text{Eq. 5}$$

em que,

Xp: variável interpolada;

Xi: valor da variável da i-ésima localidade vizinha;

di: distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

coeficientes avaliados, além das vazões médias.

A Tabela 5 mostra os valores dos respectivos tratamentos para os diferentes

**Tabela 5.** Valores de CUC (coeficiente de uniformidade de Christiansen), CUD (coeficiente de uniformidade de distribuição), Us (uniformidade estatística), CVt (coeficiente de variação total), Vazão Média

| <b>Tratamento</b> |                     |                |                |               |                |                                       |
|-------------------|---------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------------------------------|
| <b>Tipo</b>       | <b>Cargas (kPa)</b> | <b>CUC (%)</b> | <b>CUD (%)</b> | <b>Us (%)</b> | <b>Cvt (%)</b> | <b>Vazão Média (L.h<sup>-1</sup>)</b> |
| Irrigação         | 15                  | 81,07          | 69,51          | 77,77         | 22             | 0,61                                  |
|                   | 18                  | 88,5           | 79,55          | 85,36         | 14,63          | 0,66                                  |
|                   | 20                  | 91,8           | 87,19          | 89,38         | 10,61          | 0,67                                  |
| Fertigação        | 15                  | 79,81          | 71,39          | 76,3          | 23,69          | 0,59                                  |
|                   | 18                  | 87,28          | 81,16          | 85,08         | 14,91          | 0,66                                  |
|                   | 20                  | 87,58          | 81,24          | 85,17         | 14,82          | 0,68                                  |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Nota-se que os valores do CUD sempre foram inferiores aos do CUC, em todos os tratamentos para as respectivas cargas, segundo SOUZA et al. (2005) o CUD é um coeficiente sensível a pequenas variações na distribuição de água de um sistema de irrigação.

SOUZA et al. (2008) obtiveram média de 93,7% para o CUC avaliando o desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento em vila rural, valor superior ao encontrado neste trabalho. Todavia ELLA et al. (2009) obtiveram um CUC com valor de 69,8%, avaliando sistemas de baixo custo com carga hidráulica de 1,5 m (aproximadamente 15 Kpa).

Observando-se os tratamentos submetidos às cargas de 18 e 20 kPa, na fertigação é possível notar que os coeficientes de distribuição possuem valores bem

próximos, situação semelhante á encontrada por BORSSOI (2009) que encontrou semelhança estatística na fertirrigação para as cargas de 14, 16 e 18kPa, para o CUD e Cvt.

A média das vazões foi semelhante para os tratamentos de mesma carga hidráulica. Lima Neto (2006), utilizando fertilizantes concentrados, concluiu que sempre quanto maior a densidade da solução de água de irrigação mais fertilizantes, menores serão as vazões, o que não ocorreu com a vazão do experimento, porém é possível notar que os valores dos coeficientes foram inferiores para a fertigação com a carga hidráulica de 20 Kpa.

O tratamento com irrigação e carga de 20 kPa apresentou os maiores valores para todos os coeficientes dentre os demais tratamentos, e o menor valor de Cvt.

A Tabela 6 apresenta a classificação das avaliações para as

respectivas cargas hidráulicas e coeficientes.

**Tabela 6.** Classificação dos coeficientes de uniformidade, para irrigação e fertigação e cargas hidráulicas de 15, 18 e 20 kPa

| Tratamento |              | CUC       | CUD     | Us        | CVt      |
|------------|--------------|-----------|---------|-----------|----------|
| Tipo       | Cargas (kPa) |           |         |           |          |
| Irrigação  | 15           | Bom       | Regular | Regular   | Péssimo  |
|            | 18           | Bom       | Bom     | Muito Bom | Pobre    |
|            | 20           | Excelente | Bom     | Muito Bom | Marginal |
| Fertigação | 15           | Regular   | Regular | Regular   | Péssimo  |
|            | 18           | Bom       | Bom     | Muito Bom | Pobre    |
|            | 20           | Bom       | Bom     | Muito Bom | Pobre    |

Fonte: Dados da pesquisa.

A classificação dos para o CUD e a Us foram iguais quando comparando-se irrigação e fertigação para as cargas de 18 e 20 Kpa, sendo consideradas classificações satisfatórias, assim é possível recomendar o tratamento de 18 kPa, o que reduz a quantidade de material para elevação do reservatório, promovendo também uma economia de água ao compensar as áreas com déficit de irrigação.

Em relação aos coeficientes calculados, foi avaliada a correlação

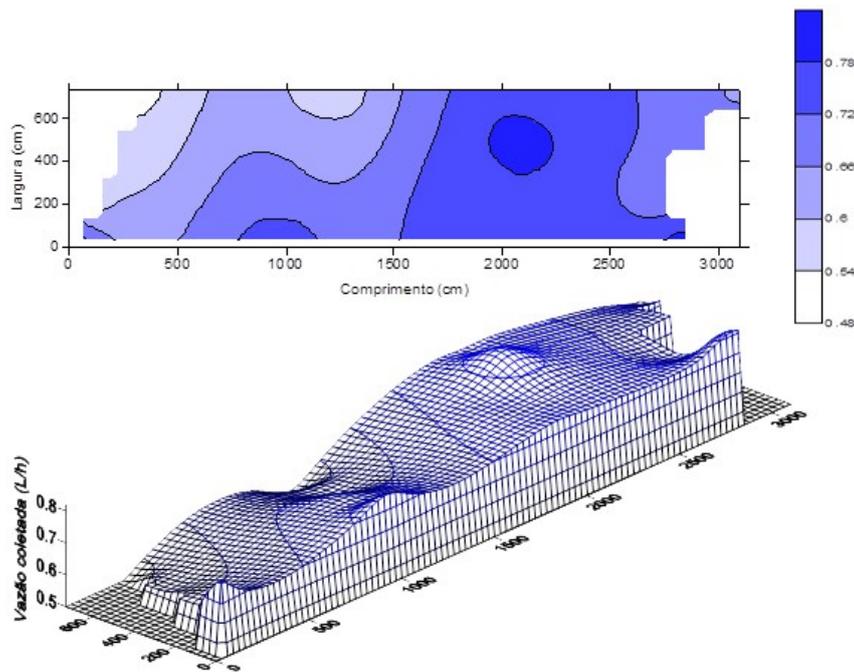
existente entre eles sendo que: entre CUC, CUD e Us o coeficiente de correlação de Pearson foi positivo com valor de 0,9 e entre estes e o CVt o valor do coeficiente se manteve em 0,9, porém negativo, por se tratar de parâmetros inversamente proporcionais. Existindo correlação entre os parâmetros foi possível calcular as equações de regressão conforme realizado, sendo os resultados apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Equações de regressão linear entre os coeficientes utilizados na irrigação e fertigação.

| Fertigação  | Irrigação   |
|---|---|
| $CUC = 24.35 + 0.7769 CUD - R_{sq} 99\%$<br>$CUC = 13.91 + 0.8636 Us - 99\%$<br>$CUC = 100.3 - 0.8636 - CVt 99\%$ | $CUC = 38.79 + 0.6137 CUD - R_{sq} 96\%$<br>$CUC = 8.735 + 0.9313 Us - R_{sq} 99\%$<br>$CUC = 102.1 - 0.9502 CVt - R_{sq} 99\%$ |

As figuras 3, 4 e 5, são os mapas e as perspectivas tridimensionais, das distribuições

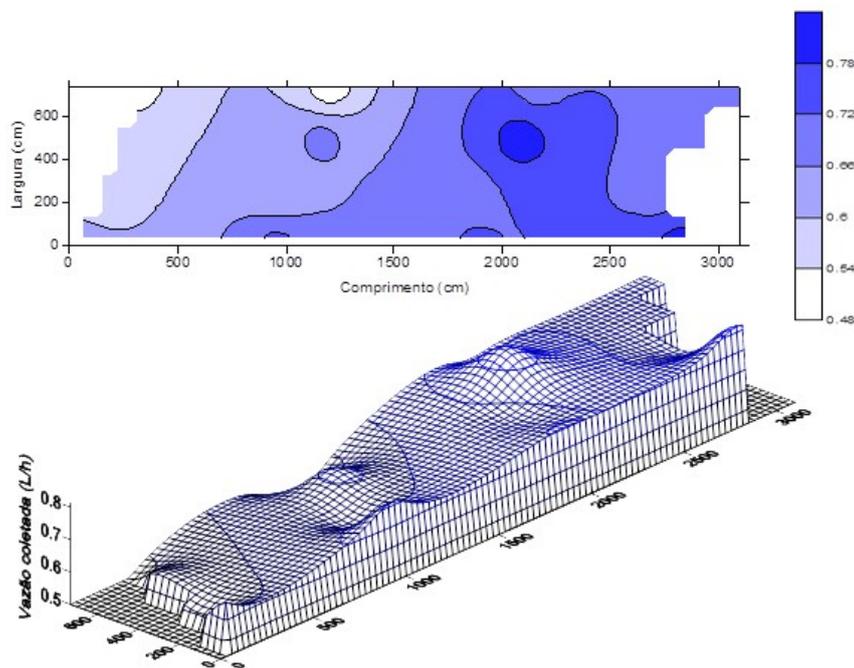
de vazão para o tratamento de irrigação nas três diferentes cargas hidráulicas.



**Figura 3.** Distribuição das vazões para T1 (irrigação com carga hidráulica de 15 kPa)

Neste tratamento a uniformidade foi menos elevada, e a distribuição da vazão se

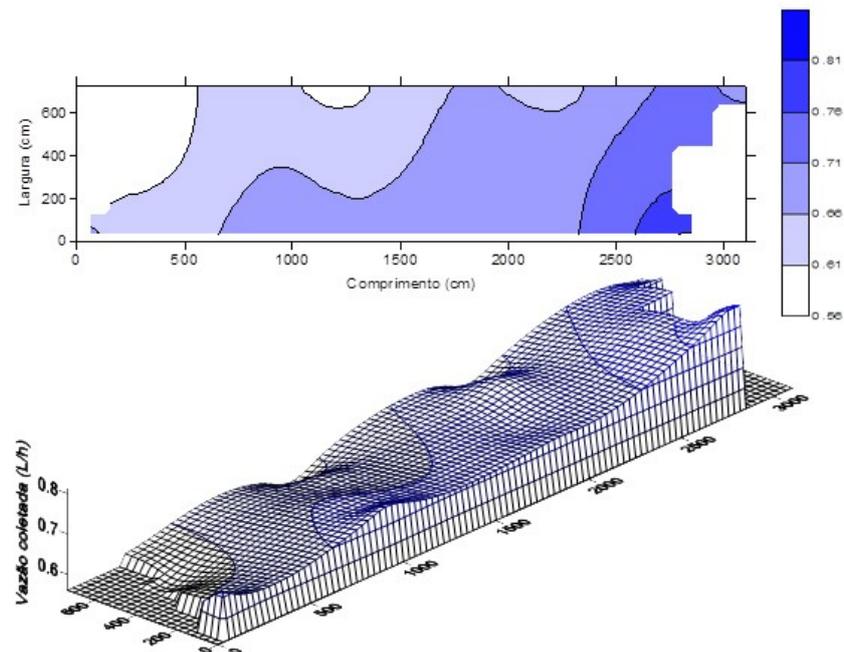
deu no sentido do declive, ou seja, quanto maior o declive no decorrer da linha lateral mais elevada vazão.



**Figura 4.** Distribuição das vazões para T2 (irrigação com carga hidráulica de 18 kPa)

Neste tratamento é possível, através da figura 4, observar que a partir dos 1500 centímetros as vazões passam a ficar mais

uniformes, porém a amplitude das faixas do mapa foi maior que para a irrigação de carga de 15 kPa ( $0,28 \text{ Lh}^{-1}$ ) variando entre  $0,48$  a  $0,76 \text{ Lh}^{-1}$ .

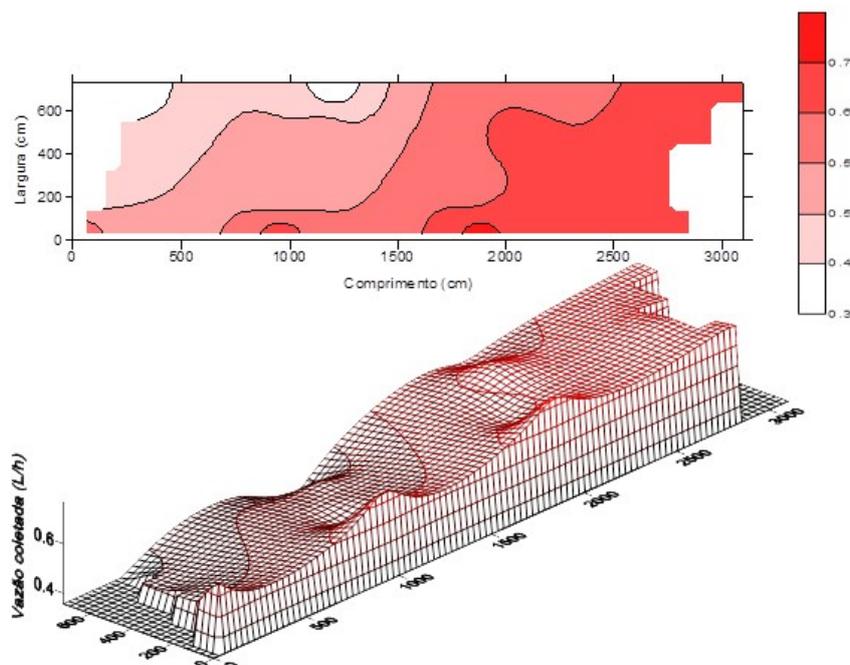


**Figura 5.** Distribuição das vazões para T3 (irrigação com carga hidráulica de 20 kPa)

O mapa e a perspectiva ilustrados na figura 5 mostram a uma maior uniformidade da distribuição da vazão, a qual se distribui em faixas mais uniformes em relação aos demais

tratamentos, mantendo a tendência de aumento no sentido do declive do terreno.

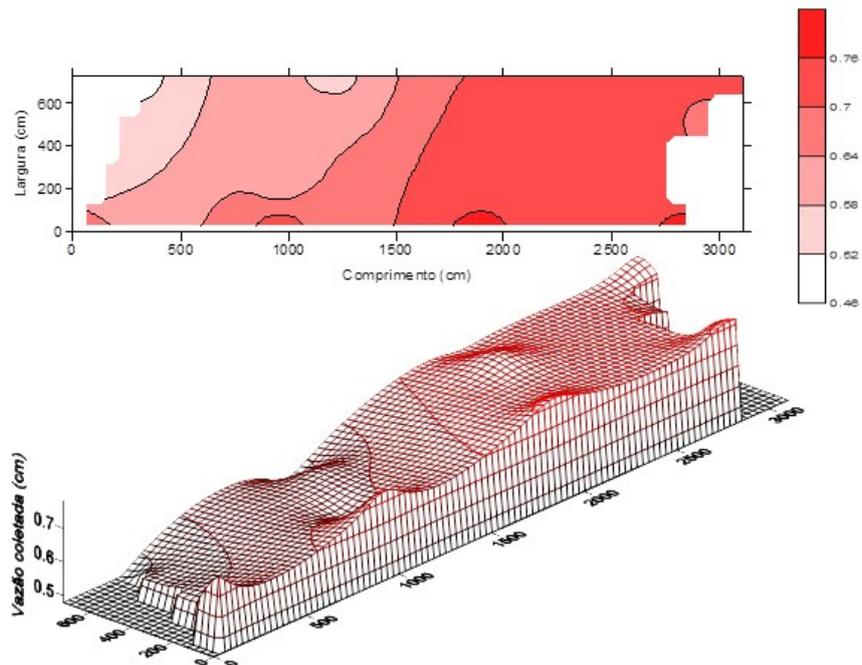
As figuras 6, 7 e 8 são os mapas e as perspectivas tridimensionais das distribuições de vazão para o tratamento de fertiçação nas três diferentes cargas hidráulicas.



**Figura 6.** Distribuição das vazões para T4 (fertiçação com carga hidráulica de 15 kPa).

Na figura 6 apesar da heterogeneidade das vazões é possível observar um padrão de distribuição das vazões que vão aumentando

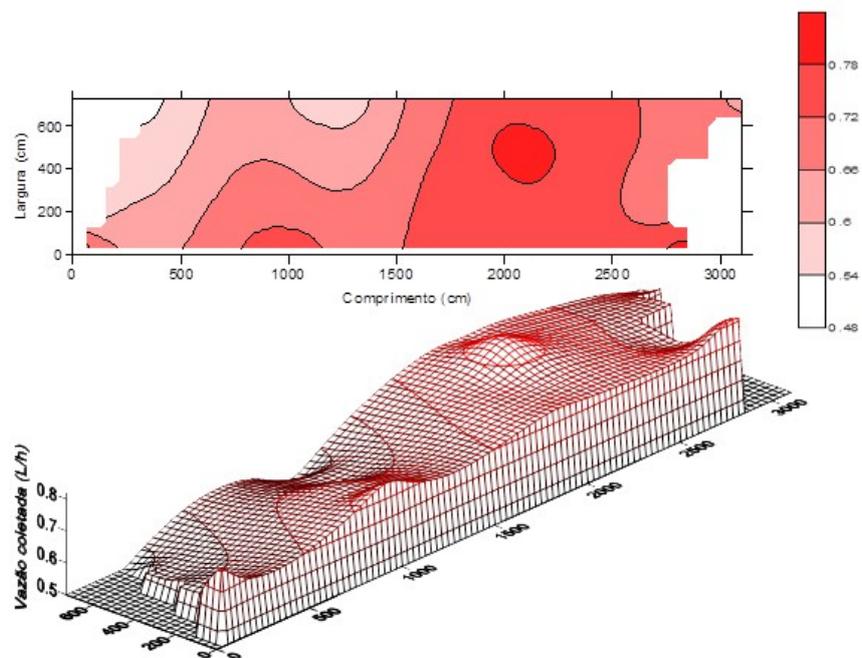
em ordem crescente, do início das linhas para o final, acompanhado o desnível do terreno.



**Figura 7.** Distribuição das vazões para T5 (fertigação com carga hidráulica de 18 kPa)

Observando a figura 7 é possível notar que depois dos 15 metros do comprimento da área a vazão tornou-se bastante homogênea,

em comparação com a figura 6, a amplitude demonstrada no mapa foi de  $0,24 \text{ Lh}^{-1}$  variando entre  $0,52$  a  $0,76 \text{ Lh}^{-1}$ .



**Figura 8.** Distribuição das vazões para T6 (fertigação com carga hidráulica de 20 kPa)

Neste tratamento, entre 15 e 25 metros do comprimento da área ficaram distribuídas as maiores vazões, a amplitude do mapa foi 0,24 Lh<sup>-1</sup>. Assim como no tratamento de irrigação as vazões aumentaram com o decorrer das linhas laterais devido ao desnível no mesmo sentido das linhas.

Em todos os mapas e perspectivas, seja para a irrigação ou para a fertigação é possível notar que na primeira linha do sistema, localizada no sentido do comprimento X e fixa em zero no eixo Y, os valores de vazão são mais elevados que nas demais, o que pode ser explicado, que pelo fato de ser a linha que menos sofre perda de carga, sendo então mais pressurizada que as demais linhas. Outra coisa em comum em todos os mapas é uma mancha com vazão elevada próxima ao ponto de coordenadas a 2100 cm no eixo X e 500 cm no eixo Y, o que pode significar um defeito no sistema, já que não há nenhuma irregularidade no terreno que possa acrescentar a pressão neste ponto.

## 5. CONCLUSÕES

1. A melhor classificação em todos os coeficientes foi para o tratamento de irrigação com carga de 20 kPa, e na fertigação a classificação de 18 e 20 kPa foram semelhantes, indicando a utilização da carga de 18 kPa, visando a economia de material para elevar o reservatório.
2. A pior classificação se deu para as cargas de 15 kPa tanto na irrigação como

na fertigação. Os mapas e perspectivas facilitaram a visualização da distribuição da vazão e apontaram áreas onde havia problemas no sistema.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, pelo apoio de seu corpo docente e de infraestrutura. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsas de estudos ao longo do período experimental e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo fomento da pesquisa vinculada ao CT-Hidro- processo nº: 574153/2008-0.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio. **ABNT NBR ISO 9261**, 2006. 9p.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. **Field evaluation of micro irrigation Systems**. St. Joseph, 4 p. 1994.
- BELI, E; HUSSAR, G. J; HUSSAR, D. H. Redução de DQO e turbidez de efluente de uma unidade suinícola empregando reator anaeróbio

- compartimentado (rac) seguido de filtro biológico e filtro de areia. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p.5-19, 2010.
- BORSSOI, Adilson Luiz. uniformidade de aplicação de água e fertirrigação em um sistema modular de irrigação por gotejamento. 2009. 49 f. **Dissertação** (Mestrado) - UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.
- BRASIL. Lei 11.326 de 24 de Julho de 2006. Que determina o conceito de Agricultura Familiar no Brasil e dá outras providências. **Diário oficial da União**, 24 de Julho de 2006
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa, UFV, 2006. 625 p.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: University of California. 124 p. 1942.
- HUSSAR, G. J; BASTOS, M. C. Tratamento de efluentes de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p.274-285, 2008.
- KELLER, J. KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133 p. 1975.
- LIMA NETO, I. E. Formulação adimensional do fluxo em injetores de fertilizantes. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande, 2006.
- MANTOVANI, E.C. BERNARDO, S. PALARETTI, L.F. **Irrigação - Princípios e Métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.
- SOLOMON, K.H. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038, 1043, 1979.
- SOUZA, E.A.M., SOUZA, P.C. VILAS BOAS. A. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural. **Irriga**. Botucatu, 2008.
- SOUZA, L.O.C; MANTOVANI, E.C; SOARES, A.A; RAMOS, M.M; FREITAS, P.S.L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFVCG v.10, n.3, p.541-548, 2006.
- TRANI, P.E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/culturas/hortaliças/index.php>. Acesso em: 30/11/2011.
- VIEIRA, D. B. Engenharia de Irrigação. 433 p. **Apostila** - Faculdade de Engenharia de Limeira, 1983.