

# AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO PRESSURIZADOS EM FRUTICULTURA

## *Performance Evaluation of Pressurized Irrigation Systems in Fruit Crops*

*Edilberto Nunes de Moura<sup>1</sup>*

### **Resumo**

Avaliações de desempenho de sete sistemas de irrigação são apresentadas neste trabalho. Dos sistemas avaliados, dois eram aspersão convencional fixa, quatro de microaspersão e um de gotejamento, em um total de 111 hectares de frutas irrigadas. Todas as áreas estão situadas no município de Paranapanema, sudoeste do Estado de São Paulo, sendo uma das principais regiões de cultivo do pessegueiro (*Prunus persica*, Sieb e Zucc.) no Brasil. Os sistemas de irrigação localizada apresentaram bons índices de uniformidade, acima de 80%, exceto o sistema de gotejamento, que mostrou baixo valor de uniformidade devido a problemas causados pela falta de um programa de manutenção do equipamento. Os coeficientes de uniformidade encontrados nas áreas dos sistemas de irrigação por aspersão, representados pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), mostraram-se abaixo de 50%. O CUC foi obtido pela instalação de uma rede de coletores colocados a 70 cm da superfície do solo, abaixo, portanto, das copas das árvores, sendo os aspersores situados sobre as plantas. As copas das árvores podem causar distorções na distribuição de água pelos aspersores, o que não foi quantificado neste trabalho e o CUC pode não representar o coeficiente de uniformidade efetivo, pois se trata de uma situação em que as plantas apresentam um sistema radicular com grande extensão horizontal.

**Palavras-chave:** Microirrigação; Irrigador de aspersão; Uniformidade.

### **Abstract**

This study was conducted to evaluate the performance of seven irrigation systems. Two solid-set sprinkler systems and one drip irrigation system were evaluated in 111 hectares of irrigated fruit crops. All the areas are located in Paranapanema, southwest of São Paulo State, which is considered to be one of the most important areas of peach crops in Brazil. The microirrigation systems showed good uniformity rates, above 80%, except the drip irrigation system that showed a low uniformity rate, caused by the lack of a maintenance program. Coefficients of uniformity measured in the solid-set sprinkler systems, expressed as Christiansen's Coefficient of Uniformity (CUC), were below 50%. The water distribution was measured using a set of catch-cans at 70 cm of the soil surface, below the canopy, while the sprinklers were above the canopy. The peach canopy can influence the water distribution, however it had not been evaluated in the present study. Moreover, the CUC can not be considered as representative of the effective uniformity, because the individual plant root-zone has a large horizontal extent.

**Keywords:** Microirrigation; Sprinkler; Uniformity.

---

<sup>1</sup> Doutor em Irrigação e Drenagem, UNESP, Botucatu – Professor Adjunto, PUCPR, S. J. Pinhais, PR

## Introdução

### Considerações Gerais

O principal objetivo da irrigação consiste em fornecer água às culturas, de forma eficiente, evitando-se ao máximo criar grandes impactos ao meio ambiente. A irrigação é principalmente utilizada em regiões áridas e semi-áridas, com níveis de chuva inferiores a 500 mm/ano e a quantidade de água fornecida pelas irrigações, em geral, ultrapassa 1000 mm/ano. Estes dados conduzem à conclusão de que esta técnica, quando mal utilizada, pode causar grandes modificações no meio ambiente.

Heermann et al. (1990) apontam que se desperdiça água em 50% dos sistemas de irrigação do ocidente. O aumento da eficiência pode promover de imediato o aumento da superfície irrigada e, conseqüentemente, da produção de alimentos.

### Distribuição de Água

Um sistema de irrigação criterioso deve aplicar água de maneira eficiente, com grande uniformidade de distribuição na superfície irrigada.

Scaloppi (1998)<sup>2</sup> enfatiza que, atualmente, um sistema de irrigação não deve ser utilizado apenas para aplicação de água, mas também fertilizantes e pesticidas. Um sistema com adequada distribuição de água tem grandes possibilidades de incorporar, com sucesso, a técnica da quimigação.

Uma série de fatores pode impedir que um sistema de irrigação apresente um desempenho satisfatório. Em sistemas de irrigação localizada, a ASAE (1997) enumera como principais os seguintes fatores: a) dimensionamento hidráulico; b) topografia; c) pressão de operação; d) comprimento das linhas laterais; e) espaçamento entre emissores; f) variabilidade de vazão dos emissores, causada por irregularidade própria dos emissores, envelhecimento e obstrução dos emissores e pela temperatura da água.

O critério para dimensionamento de um sistema de irrigação localizada, que utiliza emissores não autocompensantes, baseia-se no grau de uniformidade desejada para distribuição de água às plantas. Assim, o projetista estabelece um limite para a diferença entre as vazões aportadas pelos

emissores. A tolerância de vazão permitirá estabelecer, por meio de uma equação característica do emissor, a máxima diferença de pressões em uma unidade operacional. Esta diferença deverá ser distribuída entre os diferentes tipos de tubulações que compõem a unidade operacional, em geral, linhas de derivação e laterais.

A expressão utilizada para cálculo da tolerância de vazões na unidade operacional, em função do coeficiente de uniformidade, é calculada pela seguinte expressão:

$$EU = 100 \cdot \left( 1,0 - \frac{1,27 \cdot CVF}{\sqrt{n}} \right) \cdot \frac{q_{\min}}{q_{\text{méd.}}}$$

Onde:

$EU$  = uniformidade de emissão do projeto, em porcentagem;

$CVF$  = coeficiente de variação de fabricação do emissor;

$n$  = para emissores pontuais e microaspersão, o número de emissores que fornecem água a uma planta; para emissores lineares, o espaçamento entre plantas dividido pela mesma unidade de comprimento da linha lateral utilizada no cálculo de  $CVF$ , ou 1, dependendo de qual critério fornecer o maior número;

$q_{\min}$  = vazão do emissor operando à menor pressão do sistema;

$q_m$  = vazão do emissor operando à pressão média do sistema, sendo que para instalações novas toma-se a vazão nominal dos emissores.

O projetista de uma instalação fixará, segundo critérios restritivos, o coeficiente de uniformidade desejado para o seu funcionamento, e em função deste, obterá o valor da vazão mínima dos emissores por meio da expressão:

$$q_{\min} = \frac{q_{\text{méd.}} \cdot EU}{1 - \frac{1,27 \cdot CVF}{\sqrt{n}}}$$

As principais razões de entupimento de emissores, segundo Bucks; Nakayama (1984), são divididas em três categorias: físicas, químicas e biológicas.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Titular em Irrigação e Drenagem, UNESP, Botucatu, SP.

Partículas inorgânicas ou orgânicas suspensas na água são consideradas como causas físicas. A precipitação química consiste na deposição de sais e/ou íons nos emissores (HILLS et al., 1990).

Em relação aos sistemas de irrigação por aspersão, há inúmeras evidências que pressões de operação muito elevadas, acima das especificações do fabricante, causam pulverização excessiva do jato de água, diminuindo o raio de alcance e proporcionando uma razão de precipitação excessiva nas áreas próximas aos aspersores. Por outro lado, pressões de operação muito baixas causarão perfis de distribuição muito irregulares (KELLER; BLESNER, 2000).

Dentro de certos limites, as maiores alturas dos tubos de elevação dos aspersores parecem proporcionar melhores distribuições de água. Entretanto, a ocorrência de ventos pode afetar significativamente os perfis de distribuição (PAIR, 1968). Este fato deve-se ao aumento da velocidade do vento com a altura, seguindo uma função logarítmica. Por esta razão, Tarjuelo (1998) recomenda que os aspersores devam ser instalados o mais próximos possível do dossel das culturas irrigadas.

Uma característica que deve ser considerada para amenizar os efeitos indesejáveis do vento é proceder, quando possível, as irrigações nos períodos caracterizados por sensível redução da velocidade do vento.

Maiores tempos de operação também podem amenizar os efeitos de distorção causados pelo vento. Aumentando o tempo, poderá haver pequena compensação, pela variação da velocidade e direção dos ventos, resultando em aumento da uniformidade.

A uniformidade de distribuição de água caracteriza a variabilidade da quantidade de água recebida nos diferentes pontos da parcela. Um sistema de irrigação ideal deveria fornecer a mesma quantidade de água a todas as plantas da superfície irrigada. Na prática, é fácil constatar a impossibilidade em se obter uma uniformidade absoluta. Assim, deve-se procurar níveis aceitáveis de uniformidade de distribuição de água.

Essa mesma uniformidade descreve a distribuição espacial da água aplicada. Em geral, o grau de uniformidade depende do dimensionamento, operação e manejo do sistema de irrigação considerado.

Quando se trabalha com cultivos de alto valor econômico, como é o caso da maioria das fruteiras, em condições de irrigação obrigatória, deve-se restringir ao máximo a área que recebe quantidade de água inferior à quantidade requerida. Isso proporciona acréscimos de quantidade de água a ser aplicada e, conseqüentemente, decréscimo nos valores de eficiência de aplicação.

A uniformidade física é um critério para se avaliar o desempenho de um sistema de irrigação. A resposta biológica de uma cultura irrigada é importante e será geralmente considerada em conjunto com os retornos econômicos *versus* os custos para se ter um sistema de irrigação com elevada uniformidade. Portanto, a uniformidade desejada é mais subjetiva do que objetiva (HEERMANN et al., 1990).

### ***Avaliação de Sistemas de Irrigação***

A avaliação tem por objetivo verificar a qualidade da aplicação de água de um sistema de irrigação, identificar e solucionar possíveis problemas de manejo e funcionamento das instalações.

A avaliação permite conhecer os parâmetros implicados na aplicação de água, baseado em ensaios de campo. Em condições normais de trabalho, procura-se identificar e solucionar os problemas que possam ocorrer na aplicação de água. Com isso, pode-se economizar água, mão-de-obra, energia e gerar um aumento no rendimento dos cultivos.

Muitas vezes, as modificações sugeridas podem ser simples. Assim, por exemplo, o funcionamento de um sistema pode ser melhorado variando-se a pressão de trabalho, a duração da irrigação, ou então, substituindo-se as dimensões e o número de bocais de aspersores ou substituindo-se material desgastado.

Pitts et al. (1996) utilizaram os "Laboratórios Móveis" para avaliar 385 sistemas de irrigação no oeste dos Estados Unidos, resultando em recomendações de melhoria em mais de 80% dos sistemas avaliados. A média de uniformidade de distribuição, em todos os sistemas avaliados, foi de 64%. Nos sistemas por aspersão convencional, a uniformidade de distribuição foi de 65% e em sistemas de microirrigação (gotejamento e microaspersão) o valor foi de 70%.

Os autores constataram que os principais fatores do baixo rendimento foram: variação excessiva de pressão, manutenção inadequada e altera-

ção do esquema operacional original. Para sistemas por aspersão, as duas observações mais comuns foram bocais gastos e mistura de diâmetro de bocais. Estes problemas puderam ser resolvidos de maneira simples e com baixo custo.

Em microirrigação, os problemas mais comuns foram emissores entupidos, excessiva variação de pressão e a falta de um programa de manutenção. Problemas de entupimento foram associados, principalmente, com filtragem insuficiente. Excessiva variação de pressão foi, muitas vezes, causada por operação imprópria ou por remoção de componentes do sistema.

Valiente et al. (1998) recomendam que a primeira avaliação seja feita na entrega técnica do sistema de irrigação, o que permitirá contrastar a uniformidade obtida com a uniformidade definida no projeto, fazendo as correções e ajustes necessários para se por a ponto a instalação.

Os mesmos autores consideram que se deve realizar ao menos duas avaliações de campo, em sistemas de irrigação localizada, durante o ano agrícola, uma no início da campanha e a segunda coincidindo com o período de máximas necessidades de irrigação. Sendo que antes de se levar a cabo essa recomendação, é importante considerar a intensidade de uso do equipamento, a existência e qualidade dos trabalhos de manutenção do sistema, a frequência e técnicas de utilização de fertirrigação, as condições dos equipamentos de filtragem e a qualidade da água utilizada.

Em razão de um grupo de fruticultores do sudoeste do Estado de São Paulo estar empenhado em iniciar um programa de manejo de água nos seus cultivos, julgou-se que o primeiro passo deveria ser a verificação das condições atuais dos equipamentos e proceder possíveis correções.

O presente trabalho procurou proceder uma avaliação simplificada dos referidos sistemas de irrigação, quantificar a distribuição de água, por meio da utilização de coeficientes que indicam o grau de dispersão das pluviometrias e identificar falhas na operação e manutenção. E, ainda, sugerir correções que possam resultar em melhoria da eficiência de aplicação e de armazenamento de água.

## Material e métodos

### Caracterização da Área

Os ensaios foram realizados em pomares de pessegueiro (*Prunus persica*, Sieb e Zucc.),

ameixeira (*Prunus domestica*, L) e goiabeira (*Prunus domestica*, L), sendo o primeiro a principal frutífera cultivada, com uma área total estimada em 1000 hectares, segundo dados na Holantec, empresa de assistência técnica filiada à Cooperativa Holambra II.

As avaliações foram feitas sob condições normais de trabalho, sem modificações nas pressões de operação ou na duração das irrigações, para não alterar o programa operacional adotado nas propriedades.

### Terminologia

Os principais parâmetros utilizados em todos os procedimentos de avaliações em campo foram definidos segundo a seguinte terminologia:

#### a) Uniformidade de distribuição (UD)

Obtido a partir dos dados de campo e indica a uniformidade de lâmina de água infiltrada em uma parcela. Criddle et al. (1956) a definiram como sendo a razão da média das 25% menores quantidades fornecidas e a média fornecida, também conhecida como Eficiência Padrão de Criddle, ou ainda, Eficiência Padrão do USDA, sendo expressa por:

$$UD = \frac{\text{lâmina média das 25\% menores observações}}{\text{lâmina média}}$$

Em sistemas de irrigação localizada, a uniformidade de distribuição (UD) do setor de irrigação, também conhecido como coeficiente de uniformidade (CU), pode ser definida pela mesma relação anteriormente apresentada.

A uniformidade de distribuição requerida em sistemas de irrigação localizada, em geral, deve ser superior aos limites estabelecidos para outros sistemas, por estar o volume radicular mais concentrado nos bulbos úmidos.

Como se pode observar, a uniformidade de distribuição é um índice rigoroso que, em sistemas de irrigação localizada, deve ser utilizado tanto para avaliação do desempenho quanto no cálculo da quantidade de água a ser fornecida em culturas de elevado valor econômico (KELLER, 2000).

#### b) Coeficiente de uniformidade

O coeficiente de uniformidade desenvolvido por Christiansen (1942) é uma representação

estatística da uniformidade, utilizado principalmente em sistemas de irrigação por aspersão e expressa a média de 50% da área menos irrigada. Apresenta-se segundo a seguinte equação:

$$CUC = \frac{(1 - \sum |d|)}{M \cdot n} \cdot 100$$

onde:

M = valor médio de água recolhida nos pluviômetros;

n = número total de pluviômetros;

$\sum |d|$  = soma dos valores absolutos dos desvios de cada pluviômetro.

### Sistemas avaliados

Foram avaliados 7 sistemas, instalados em uma área total de 111 hectares, de pomares irrigados por sistemas de microirrigação e aspersão convencional fixa.

As áreas dos sistemas de irrigação por aspersão avaliadas apresentavam as plantas cultivadas como obstáculo entre os aspersores e os coletores, o que não é recomendado pelos textos normativos pertinentes. Nesse caso, os valores de uniformidade de distribuição encontrados, repre-

sentados pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), estarão influenciados pelas copas das plantas.

Cogels (1982) afirma que, quando se estuda a distribuição de água por um sistema de irrigação por aspersão sobre plantas que possuem um sistema radicular com uma extensão horizontal grande, como ocorre em fruteiras, o CUC não pode representar a uniformidade de aplicação efetiva, já que esse utiliza apenas uma pequena escala de observação, representado pelo coletor.

### Resultados e discussão

O Quadro 1 mostra um resumo de alguns dos principais resultados obtidos nas avaliações.

Segundo Keller; Karmeli (1978), os valores de uniformidade de emissão (EU) acima de 80% são considerados bons, enquanto que valores entre 70 e 80% são apenas “aceitáveis”, em termos de uniformidade. Observou-se, nesse estudo, que todas as áreas, exceto a área 7, apresentam um conceito “bom”. Por outro lado, a ABNT (1986) considera para microaspersão valores entre 75 e 80% como recomendados para uma condição de topografia uniforme com declive de até 2%, sendo que em condições do terreno mais desfavoráveis, uniformidades de emissão entre 65 e 75% poderiam ser aceitáveis.

### QUADRO 1 - Resumo dos principais resultados

Chart 1 - Summary of the main results

	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7
UD%			86,55	92,49	87,06	89,52	< 50
CUC %	49	< 40	-	-	-	-	-
"x"	-	-	0,87	0,37	0,38	0,26	-

UD = uniformidade de distribuição; CUP = coeficiente de uniformidade de pressão; CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen; CVQ = coeficiente de variação de vazão; CVP = coeficiente de variação de pressão; "x" = expoente de descarga.

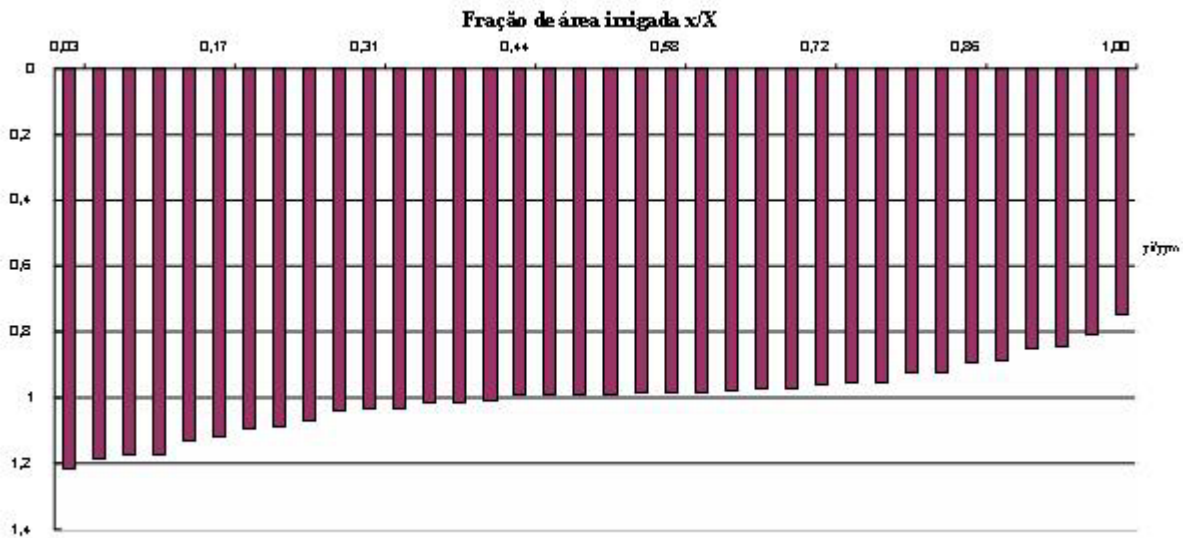
A área 7 apresentava uma grande quantidade de pontos de vazamento em suas linhas laterais, muitos emissores obstruídos, vários tipos de emissores, com distintas vazões. Estes fatores indicam que o sistema se encontrava em mau estado de conservação e manutenção, e, por isso, apresentou índices de uniformidade bastante baixos.

A área 3 apresenta uma boa distribuição de pressão ao longo do sistema, o que confere sua boa uniformidade de distribuição (UD), já que possui um expoente de descarga em condições de campo com valor elevado, não garantindo nenhuma característica auto-compensante.

Neste caso, a avaliação apenas determinou os valores de uniformidade, mas não pôde comparar a uniformidade definida pelo projetista, já que tal informação é desconhecida. Com isso, não se pode fazer nenhuma afirmação de queda de desempenho dos sistemas de irrigação avaliados, desde a implantação.

O modelo de distribuição de água da área 5 é mostrado na Figura 1, onde os valores de lâminas ( $y_i$ ) são expressos em relação à lâmina média coletada ( $y_m$ ), e as áreas correspondentes ( $x$ ), expressos em relação à área total ( $X$ ).

**FIGURA 1 - Representação do modelo de distribuição de água da área 5.**  
 Figure 1 - Representation of the water distribution model in area 5.



No presente caso, assumindo-se uma quantidade de água requerida ( $y_i/y_m$ ) igual a 1,0, verifica-se que 44% da área receberá, no mínimo, essa quantidade de água, com pouco mais de 30% da área apresentando excesso. Observa-se também que cerca de 60% revela alguma deficiência.

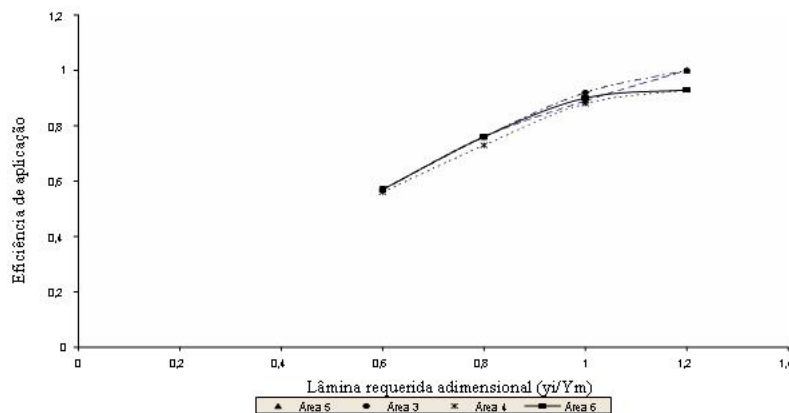
Pode-se afirmar ainda que, desejando que toda área receba a lâmina requerida ( $y_i < y_m$ ), ainda assim tem-se um elevado valor de eficiência de

aplicação. Este resultado indica uma boa distribuição pluviométrica na área irrigada.

O valor da lâmina requerida adimensional irá determinar o da eficiência de aplicação do sistema.

A Figura 2 relaciona as lâminas requeridas adimensionais ( $y_i/y_m$ ) e as respectivas eficiências de aplicação para as áreas dos sistemas de irrigação localizada desse estudo.

**FIGURA 2 - Relação entre lâmina requerida e eficiência de aplicação.**  
 Figure 2 - Relation between required blade and application efficiency.



Como se pode verificar, quando se deseja que a lâmina requerida seja aplicada numa maior quantidade de área (caso comum em sistemas de irrigação localizada), a lâmina requerida será menor que a lâmina média e, conseqüentemente, o valor da eficiência de aplicação não será elevado. Isso faz com que a quantidade de água a ser aplicada seja maior que a necessidade em uma grande parte da área.

Nos sistemas de irrigação por aspersão, os valores dos coeficientes de variação de vazão e pressão encontrados para as áreas 1 e 2, representados no Quadro 2, são considerados baixos. O que indicam que os sistemas possuem níveis de dispersão adequados para essas variáveis. Ou seja, a distribuição da pressão e da vazão e ao longo das áreas é satisfatória.

O trabalho não permite concluir se o modelo de distribuição encontrado representa a situação real e, nas condições de campo apresentadas, a medida do CUC pode não representar a uniformidade de distribuição efetiva.

## Conclusões

- Todos os sistemas de irrigação por microaspersão avaliados apresentaram bons índices de uniformidade;

- A área 3 apresentou um expoente de descarga ("x") com valor elevado, o que pode caracterizar a presença de alterações no comportamento dos emissores, já que, nas demais áreas que o mesmo tipo de emissor foi utilizado, isso não ocorreu. Contudo, a área apresentou boa uniformidade, conseqüência da pequena variação de pressão no sistema;

- O sistema de irrigação por gotejamento, área 7, não apresenta condições mínimas para o bom fornecimento de água às plantas. Esse tipo de equipamento requer cuidados especiais de manutenção, já que problemas de acúmulo de materiais em filtros, entupimento de emissores e danos físicos em manguueiras podem ocorrer com frequência, entretanto, apenas os dois últimos foram observados na avaliação;

- Os produtores dificilmente utilizarão de forma adequada o equipamento de irrigação, enquanto não conhecerem bem seu funcionamento, os benefícios que esses podem trazer e as suas limitações, e, dessa forma, provavelmente não fa-

rão as manutenções devidas, ocorrendo, assim, o seu desgaste precoce;

- Os índices de uniformidade, dado pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) encontrados para as áreas irrigadas por sistemas de aspersão fixa (áreas 1 e 2), apresentaram valores inaceitáveis, como mostra o Quadro 1.

## Referências

AMERICAN SOCIETY AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. Procedure for Sprinkler Distribution Testing for Research Purposes. **Agricultural Engineers Yearbook**, Saint Joseph: ASAE, 1997. p. 823 – 826.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Requisitos Mínimos para a Elaboração de Projeto de Sistema de Irrigação Localizada**. Projeto 12:02.08-022, abril, 1986.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S. Problems to avoid with drip/trickle irrigation systems. **Proc. American Society Civil Engineering**. Specialty Conf. of Irrigation and Drainage. Div. v. 24, p. 80 – 84, 1984.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinklers**. Berkeley, Califórnia: University of California Agricultural Experiment Station, Bulletin, 1942. p. 670.

COGELS, O, G. Irrigation System Uniformity Function Relating the Effective Uniformity of Water Application to the Scale of Influence of the Plant Root Zones. **Irrigation Science**, v. 4, p. 289-299, 1983.

HEERMANN, D. Center Pivot Design and Evaluation. In: NATIONAL IRRIGATION SYMPOSIUM, 3<sup>th</sup>, Phoenix, Arizona, 1990. **Proceedings....** St Joseph: [S. n.], 1990.

HILLS, D. J.; NAWAR, F. M.; WALKER, P. M. Effects of Chemical Clogging on Drip- Tape Irrigation Uniformity. **Transactions of ASAE**, v. 32, n. 4, p. 1202 – 1206, 1990.

KELLER, J; KARMELI, D. Evaluation of a Trickle Irrigation Systems. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2<sup>nd</sup>, California, 1974, **Proceedings....** California:[S.n.], 1974. p. 287 – 291.

KELLER, J.; R.D. BLESNER. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York:Van Nostrand Reinhold, 2000.

PAIR, C. H. Water Distribution Under Sprinkler Irrigation. **Transactions of ASAE**, v. 11, n. 5, p. 648-651, 1968.

PITTS, D. J.; BIANCHI, M. M.; CLARK, K. A. Scheduling Microirrigation for Winegrapes using CIMIS. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5<sup>th</sup>, 1995, Orlando, Flórida. **Proceedins...** Flórida: American Society of Agricultural Engineers, 1995. p. 792-798.

TARJUELO, J. M. et al. Analysis of Uniformity of Sprinkler Irrigation in a Semi-arid Area. **Agricultural Water Management** (pending publication), 1998.

VALIENTE, M.; LOPÉZ, J. A.; MORENO, M. M. **Evaluacion de la Uniformidad de Campo en Sistemas de Riego Localizado de Alta Frecuencia**. Curso de diseno y calculo de instalaciones de riego localizado de alta frecuencia (RLAF). 1998, Ciudad Real, España: Centro de Estudios del Agua. Universidad Castilla-La Mancha, 1998. p. 1-11.

Recebido: 10/12/2003

Aprovado: 31/03/2004