

# **COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM "INDOORS" PARA AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁGUA DE ASPERSORES ROTATIVOS**

**Márcio Antônio Vilas Boas**

**João Francisco Back**

**Reginaldo Ferreira dos Santos**

UNIOESTE - Departamento Engenharia - Cx. Postal 711

CEP: 85814-110 - Cascavel - PR - Brasil

**Antonio Marciano da Silva**

**Marcelo Silva de Oliveira**

UFLA - Dep. de Eng. Agrícola - Cx. Postal 37

CEP: 37200-000 - Lavras - MG - Brasil

## **1 RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos de amostragem em Malha proposto pela ABNT, Radial apresentado pelo CEMAGREF que utiliza os coletores de tamanhos diferentes e crescentes, segundo um ângulo de abertura de  $1^{\circ}$  e  $50'$ , Radial utilizando-se de 4 raios ortogonais entre si e o Radial Modificado, que procurou verificar o efeito de simetria entre quadrantes. Os ensaios foram conduzidos nas dependências do laboratório de Hidráulica da UFLA/ Lavras -MG, utilizando-se de um aspersor marca Asbrasil, modelo Zad-30, com bocais 3,8x3,8mm, trabalhando na pressão constante de 200 kPa. Com os volumes de água coletados determinou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen para 3 espaçamentos distintos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 37 repetições. Pode-se observar primeiramente pelas análises que não houve efeito de simetria constatado pela igualdade dos coeficientes de uniformidade para os métodos de amostragem Radial e Radial Modificado. O tratamento em que se utilizou o método de amostragem Radial CEMAGREF se mostrou equivalente ao método de amostragem em Malha.

**UNITERMOS:** aspersor, coeficiente de uniformidade, irrigação, avaliação.

**VILAS BOAS, M. A., BACK, J. F.; SANTOS, R. F.; SILVA, A. M.; OLIVEIRA, M. S.  
COMPARISON AMONG SAMPLING INDOOR METHODS FOR SPATIAL WATER  
DISTRIBUTION OF ROTATIVE SPRINKLERS.**

## **2 ABSTRACT**

The goal of the present study was to compare grid sampling methods proposed by ABNT: a radial presented by CEMAGREF that use the collectors of different and increasing sizes, according to an opening angle of  $1^{\circ}$  and  $50'$ , and a radial that use of 4 orthogonal radius and the modified radial that tried to examine the effect of symmetry between radius. The radial tests were held at laboratory of hydraulics of UFLA/ Lavras – MG. The sprinkler was the ASBRASIL, model ZAD-30, with 3,8x3,8mm nozzles, in a constant pressure of 200 kPa. With the volumes of water collected, the coefficient of uniformity of christiansen for the 3 different spacing was determined. The experimental design was entirely randomized with four treatments and 37 replicates. It was observed that there was no effect of symmetry through the of coefficient of uniformity in radial and modified radial methods. The method in grid was similar to radial CEMAGREF, according the obtained results form this experiment.

**KEYWORDS:** sprinkler, coefficient of uniformity.

### 3 INTRODUÇÃO

A aspersão é tida como um dos melhores sistemas de aplicação de água em função da sua adaptabilidade e eficiência, a irrigação por aspersão tem contribuído acentuadamente para o aumento da área irrigada no Brasil.

O planejamento racional de um sistema de aspersão requer, além de outras informações, o conhecimento da quantidade e da distribuição da água aplicada. Um dos processos para avaliar o desempenho de um sistema de irrigação é a obtenção e apresentação de dados característicos da distribuição de água de aspersores para irrigação no campo. Segundo Vilas Boas et al. (1994), no caso de sistema de aspersão, um estudo por amostragem pode ser conseguido através de recipientes coletores da precipitação, colocados em locais representativos.

As avaliações quantitativas do desempenho de aspersores tiveram início com o importante trabalho apresentado por Christiansen (1942), no qual foi definido o coeficiente de uniformidade de Christiansen, que é uma medida de dispersão, muito empregada e pode ser definida como segue:

$$CUC = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}|}{n \bar{y}} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

sendo que: CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em (%);

$y_i$  = Lâmina de água coletada no  $i$ -ésimo coletor, em (mm);

$\bar{y}$  = valor médio das lâminas de água coletada, em (mm);

$n$  = número de coletores na área entre quatro aspersores, adimensional.

Hart(1961) esclarece, que existem diversas formas e arranjos para obtenção da sobreposições de valores de precipitação. Uma delas é colocar os aspersores em determinado espaçamento a ser investigado. Neste caso, todos os aspersores são operados durante o teste, de modo que a água lançada por eles na área em estudo, fosse incluída nos cálculos da distribuição, porém, este procedimento fica limitado à condição de operação. Esclarece ainda que outro método bastante utilizado, é aquele que trabalha um único aspersor com coletores dispostos numa amostragem em malha para coletar a água precipitada. Em seguida, faz-se a simulação dos diversos espaçamentos, originando sobreposições. Este tipo é mais versátil e econômico, podendo simular as diversas condições operacionais de projeto com a realização de um único ensaio.

O método proposto nas normas da ABNT(1985), estabelece que o ensaio de uniformidade seja realizado com uma amostra de coletores com uma disposição em malha quadrada, exigindo um número elevado de coletores, e um cansativo trabalho de mensuração das lâminas de água coletadas, o que dificulta sensivelmente a realização dos ensaios.

Griffin (1978) citado por Chen & Wallender (1984), utilizou-se do perfil de distribuição de água de um único aspersor, obtido com coletores dispostos numa amostragem radial, para simular uma amostragem em malha. A malha de coletores foi gerada através da rotação do perfil de distribuição do aspersor. Os pontos da malha não correspondentes exatamente à distância real ao longo do ensaio

de amostragem radial foram interpolados linearmente. Com a malha obtida com um único aspersor, efetuaram-se as sobreposições.

Leonce (1978) cita que em Le Tholonet na França, no CEMAGREF (Centro Nacional de Máquinas Agrícolas, de Extensão e de Florestas), os ensaios com amostragem radial dos coletores realizados com aspersores, adotam um outro princípio em que a zona de medida é limitada por um setor que descreve um ângulo central de  $1^{\circ}$  e  $50^{\circ}$ . Segundo Vilas Boas (1994), neste tipo de ensaio, os coletores devem ser construídos segundo o ângulo de abertura citado, e devem ser espaçados de no máximo 1m. O mesmo autor afirma que no CEMAGREF os coletores apresentam-se espaçados de 0,5m um do outro, têm seção retangular com largura uniforme de 0,20m e comprimento proporcional à distância do aspersor, ou seja, por exemplo, a uma distância de 1m do aspersor, o coletor apresenta um comprimento aproximado de 0,033m, a uma distância de 30m do aspersor, o coletor apresenta um comprimento aproximado de 1m e a uma distância de 80m do aspersor, o coletor apresenta um comprimento aproximado de 2,66m.

Fischer & Wallender (1988) em estudo sobre os efeitos do tamanho do coletor e do tempo de duração do ensaio na determinação da uniformidade de distribuição, utilizaram-se de uma amostra radial de coletores em laboratório, com um sistema de aquisição de dados automatizado. Concluíram haver uma maior variabilidade das precipitações em coletores situados próximos ao aspersor e no final do raio de alcance do aspersor e também mostraram que o coeficiente de variação (C.V.) da lâmina de água coletada diminuiu à medida que a duração do ensaio e o diâmetro dos coletores aumentaram.

Coelho et al. (1992) realizaram estudo visando a comparação de métodos de amostragem (coletores em disposição Radial e em Malha), concluíram que os resultados obtidos para os valores de CUC em ensaios com os coletores numa amostragem radial são equivalentes aos ensaios de coletores numa amostragem em malha.

Vilas Boas (1994), comparou os perfis de distribuição de água aplicada para os métodos de amostragem (em Malha, Radial e Radial CEMAGREF), concluiu que o método de amostragem Radial CEMAGREF, diferiu do método de amostragem em Malha e Radial. Pelo mesmo procedimento constatou a igualdade entre os métodos em Malha e Radial.

Na literatura disponível, são poucos os estudos sobre ensaios Radiais de aspersores de pequeno e médio porte, principalmente quando se leva em consideração o coeficiente de uniformidade. Assim o presente trabalho teve como objetivo constatar equivalência entre métodos de amostragem radiais "Indoors", com base no coeficiente de uniformidade.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nas dependências do Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Lavras-MG.

Para realização dos ensaios foi utilizado o aspersor da Asbrasil modelo Zad-30 com ângulo de inclinação de jato de  $30^{\circ}$  e com bocais de diâmetros nominais iguais a 3,8mm, operando à pressão de 200kPa. Os ensaios de distribuição foram conduzidos segundo a metodologia proposta pela norma NBR 8989 ABNT (1985). Procurou-se dispor os coletores na área de ensaio, de maneira que fosse possível, durante o mesmo ensaio, coletar dados dos métodos de amostragem analisados.

### 4.1. Método de amostragem em Malha

Considerou-se como método de amostragem em malha o método convencional apresentado pela Norma NBR 8989 da ABNT (1985). Os coletores se encontravam espaçados de 2m, Figura 1.

### 4.2 Método de amostragem Radial CEMAGREF

Para o método de amostragem radial apresentado pelo CEMAGREF, Figura 1, a amostra constou de coletores espaçados de 0,61m e construídos segundo uma zona de

observação limitada por um setor circular que forma ao centro um ângulo de  $1^{\circ}$  e  $50'$ . Os coletores instalados neste setor apresentavam seção retangular com largura uniforme de 0,20m e comprimento crescente com o setor circular. O primeiro coletor apresentava comprimento igual a aproximadamente 0,02m, e assim sucessivamente até o último coletor, que apresentava comprimento igual a 46cm. Estes coletores estavam situados a uma altura de 0,40m da superfície.

#### 4.3 Método de amostragem Radial

Para o ensaio radial foi analisado a média obtida nos quatro semi-eixos ortogonais (Raio 1, Raio 2, Raio 3 e Raio 4), centrados no aspersor, Figura 1. Os coletores se encontravam espaçados de 2m, sendo que o primeiro aspersor se encontrava a 1m do aspersor. Os coletores apresentaram a mesma área de coleta do método de amostragem em Malha.

#### 4.4 Método de amostragem Radial Modificado

Com o intuito de verificar possível efeito de simetria ao se revolucionar o perfil obtido com a média dos quatro semi-eixos ortogonais para determinar o coeficiente de uniformidade, propôs-se o método de amostragem radial modificado que procura obter valores diferentes entre os quatro quadrantes, quando da simulação da malha de coletores pela rotação do perfil de distribuição em torno do eixo do aspersor. Desta forma utilizou-se a média dos eixos ortogonais Raio1 e Raio2 para gerar as lâminas do quadrante 1, a média dos eixos Raio 2 e Raio 3 para gerar as lâminas do quadrante 2 e assim sucessivamente. Pela Figura 1, pode-se observar o esquema.

Para determinação dos coeficientes de uniformidade (Equação 1) nos ensaios, para todos os métodos estudados, desenvolveu-se um software em linguagem Visual Basic, para ambiente Windows, que foi denominado RADMALHA 1.0 e o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 37 repetições foi aplicado ao estudo. Sendo os tratamentos definidos como: T1- método de amostragem Radial, T2 - método de amostragem Radial Modificado, T3 - método de amostragem Radial CEMAGREF e T4 - método de amostragem em Malha.

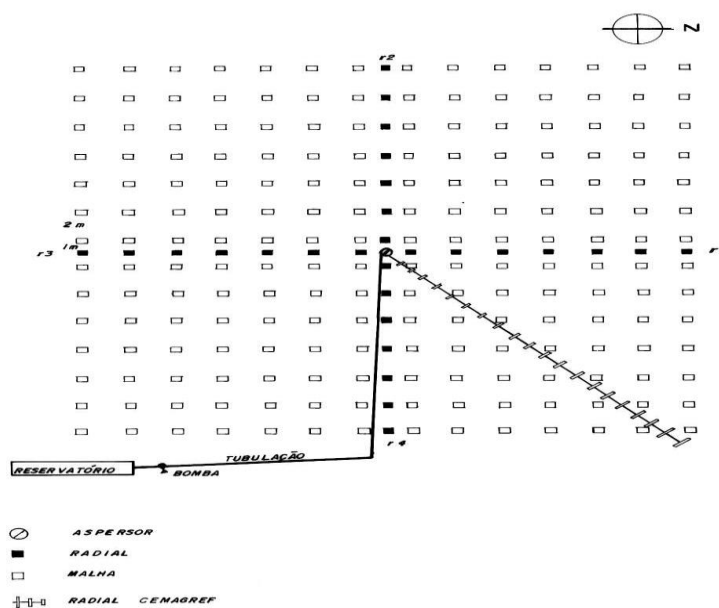


FIGURA 1: Disposições dos coletores para os métodos de amostragem nos ensaios de distribuição de água do aspersor.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tempos de rotação total e por quadrante, foram determinados para cada um dos ensaios realizados, tendo o aspersor em estudo apresentado comportamento relativamente uniforme na pressão ensaiada, de acordo com recomendações de Bernardo (1989).

A vazão média dos ensaios foi de 1,47 m<sup>3</sup>/h. A figura 2, apresenta os perfis de distribuição gerados através dos dados absolutos de lâmina para os métodos de amostragem Radial CEMAGREF e método de amostragem em Malha, pode-se verificar as diferenças entre os perfis médios. No entanto quando se comparou os perfis médios dos métodos de amostragem Radial e Malha, Figura 3, estas diferenças não foram significativas. Os dados absolutos dos ensaios se ajustaram a distribuição normal pelo teste de Qui-quadrado a nível de 5% de probabilidade, para todos os métodos estudados. A metodologia proposta por Griffin (1978) citado por Chen & Wallender (1984) procura determinar o coeficiente de uniformidade, através da rotação do perfil de distribuição de água aplicada pelo aspersor, desta forma resulta em valores estimados de lâmina simétricos para os quatro quadrantes da matriz gerada.

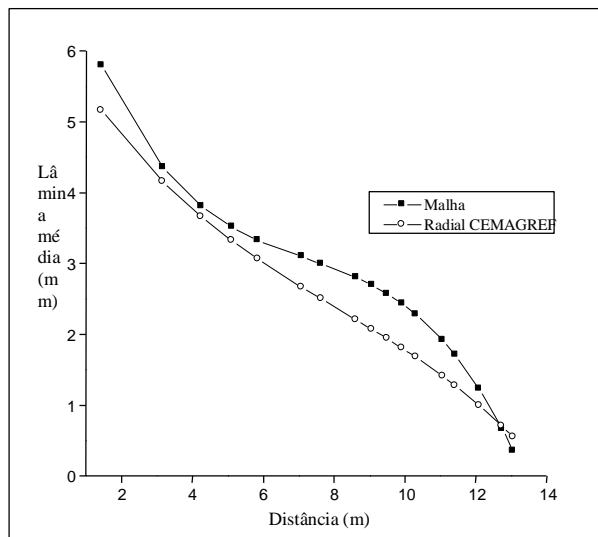


FIGURA 2: Perfil de distribuição para as lâminas coletadas para o método de amostragem Radial CEMAGREF e método de amostragem em Malha.

O mesmo ocorre com o método Radial Modificado proposto, que procurou verificar este efeito de simetria (Figura 4). No entanto pode-se verificar pelas análises de variância (Tabela 1), que para todos os espaçamentos estudados, não ocorreu diferenças significativas a nível de 5% entre os métodos Radial e o método Radial Modificado proposto neste trabalho.

Assim, se pode concluir não haver efeito de simetria quando da simulação das lâminas para ensaios Radiais. Também se pode observar pela Tabela 1, que o método Radial e Radial Modificado superestimam os valores de coeficiente determinados quando comparados ao método de amostragem convencional em malha. Pode-se observar ainda pela Tabela 1, que o método de amostragem Radial CEMAGREF não se mostrou equivalente aos métodos de amostragem Radial e Radial Modificado. No entanto observa-se que o método de amostragem Radial CEMAGREF se mostra equivalente ao método de amostragem em Malha quando da comparação dos coeficientes de

uniformidade. Vilas Boas(1994) não observou o mesmo resultado quando comparou os perfis médios para os métodos de amostragem em Malha e Radial CEMAGREF. A forma de coleta das lâminas através de coletores crescentes inerente ao método Radial CEMAGREF resulta em melhor estimativa dos coeficientes de uniformidade através da simulação dos perfis dos aspersores, sendo assim contribui para que o método de amostragem Radial CEMAGREF se aproxime do método de amostragem convencional em Malha.

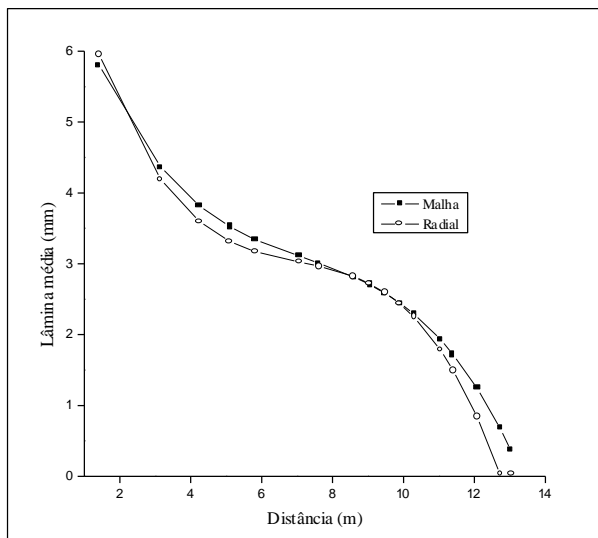


FIGURA 3: Perfil de distribuição para as lâminas coletadas para o método de amostragem Radial e método de amostragem em Malha.

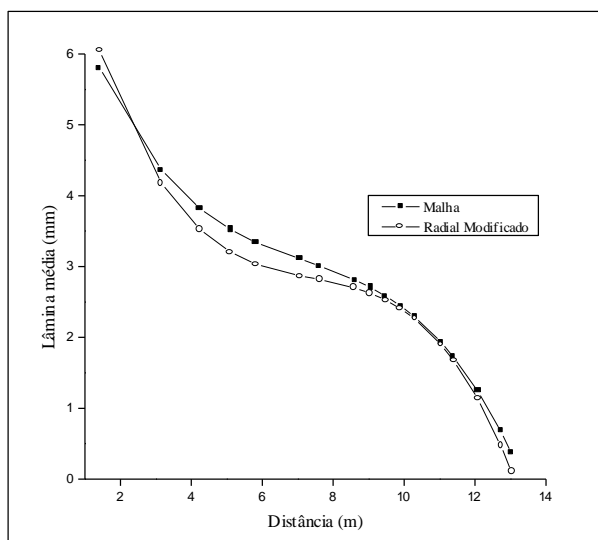


FIGURA 4: Perfil de distribuição para as lâminas coletadas para o método de amostragem em Malha e Radial Modificado (R1 e R2).

Tabela 1: Comparação de médias do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para os métodos de amostragem estudados nos espaçamentos 12x12m, 12x18m e 18x18m.

Tratamentos	CUC (%)		
	Espaçamento (m)		
	12x12	12x18m	18x18m
T1 - Radial	89,8 a	87,8 a	81,3 a
T2 - Radial Modificado	89,0 a	87,2 a	80,4 a
T3 - Radial CEMAGREF	88,0 b	84,3 b	78,4 b
T4 - Malha	87,1 b	83,5 b	77,5 b

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si.

Uma também possível explicação para este resultado, se deve ao fato de que o aumento do coletores provoca uma maior área de amostragem, conduzindo ao *Teorema central do limite*, assim acarretará numa diminuição da variabilidade das lâminas coletadas nos coletores ao longo do perfil do aspersor, possibilitando melhor estimação dos valores interpolados quando se faz uso do processo descrito por Griffin (1978) e citado por (Chen & Wallender, 1984).

## 6 CONCLUSÕES

Com base, nos resultados obtidos, na metodologia usada e nas condições dos ensaios, chegou-se às seguintes conclusões:

- a) Não houve efeito de simetria entre os métodos de amostragem Radial e Radial Modificado;
- b) O método de amostragem em Malha se mostrou diferente dos métodos de amostragem Radial e Radial Modificado;
- c) O método de amostragem Radial CEMAGREF se mostrou equivalente ao método de amostragem em Malha e face a estes resultados encontrados sugere-se que antes que se utilize as metodologias de amostragem Radiais, que se proceda a estudos mais aprofundados, envolvendo outras variáveis, com diferentes aspersores, pressões de serviço, altura do aspersor, etc.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR8989*: Aspersores para irrigação/avaliação da distribuição de água. São Paulo, A 1985. 9p.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 5.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1989. 596p.
- CHEN, D., WALLENDER, W. W. Economy sprinkler selection, spacing orientation. *Trans. ASAE*, (Am. Soc. Agric. Eng.), v.27, p.737-43, 1984.

- CHRISTIANSEN, J. E. Irrigatio by Sprinkler. Bulletin . Exp. Sta. Univ. California, n. 670, p. 1-124, 1942.
- COELHO, R. D., BOTREL, T. A ., OLITTA, A . F. L. Ensaios da uniformidade de aplicação dágua dos aspersores, com disposição radial de coletores na área. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 21,1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v.2, p.901-14.
- FISHER, G. R.; WALLENDER, W. W. Collector size and test duration effects on sprinkler water distribution measurement . *Trans. ASAE.* ( Am. Soc. Agric. Eng.),v.31, p.538-42, 1988.
- HART, W. E. Overhead irrigation pattern parameters. *Agric. Eng.* v.42, n.7, p.353-5, 1961.
- LEONCE, R. *Progetto delle reti de irrigazione.* Bari: Instituto de Bari, 1978. 124p.
- VILAS BOAS, M. A . *Análise de métodos de amostragem da distribuição espacial de água de aspersores rotativos.* Lavras, 1994. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras.
- VILAS BOAS, M. A, SILVA, A . M., OLIVEIRA, M. S. Estudo comparativo dos métodos de amostragem em malha e Radial CEMAGREF da distribuição espacial de água de aspersores rotativos. *Ciênc. e Prát.*, p.308-13, 1994.