



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E VETERINÁRIA- FAV

**ANÁLISE DE EQUAÇÕES DE AVALIAÇÃO DE DESMPENHO DE UM SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.**

Brasília

2015

FELIPE SAFT RÄDER

026.246.121-81

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ANÁLISE DE EQUAÇÕES DE AVALIAÇÃO DE DESMPENHO DE UM SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.**

FELIPE SAFT RÄDER

Orientador: Prof. Dr. Cícero Lopes da Silva

Monografia apresentada à Banca examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como requisito parcial a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Brasília

2015

FICHA CATOLOGRÁFICA

Räder, Felipe Saft.

“ANÁLISE DE EQUAÇÕES DE AVALIAÇÃO DE DESMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

”/ Felipe Saft Räder; Cícero Lopes da Silva; - Brasília 2011.- 24 p.: il.

Monografia de Graduação (G)- Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

Cessão de direitos

Nome do autor: Felipe Saft Räder

Titulo da Monografia de conclusão de Curso: ANÁLISE DE EQUAÇÕES DE AVALIAÇÃO DE DESMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

Grau: Bacharel Ano: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Felipe Saft Räder

CPF: 026.246.121-81

Endereço: SQS 414 Bloco I Apt 303

CEP: 70.297-090

Tel: (061) 8275-9282

felipe.saft@gmail.com

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
ANÁLISE DE EQUAÇÕES DE AVALIAÇÃO DE DESMPENHO DE UM SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

FELIPE SAFT RÄDER

Matrícula- 10/0049621

Monografia de graduação apresentada á Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em Brasília, 2 de junho de 2015 por:

CÍCERO LOPES DA SILVA (ORIENTADOR)

Dr. Em engenharia Agrícola (UFV) e Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB

DELVIO SANDRI (EXAMINADOR INTERNO)

Dr. Em Engenharia Agrícola (Unicamp) e Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB

Gervásio Fernandes Alves Rios (EXAMINADOR INTERNO)

Dr. Em Engenharia Agrícola (ULFA) e professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB

*In memoriam ao meu amado irmão Reinaldo, por ter sido
um grande herói.*

À minha Mãe, pela coragem e amor.

Ao meu Pai, por ter me ensinado o valor dos estudos e por sua determinação.

Ao Eduardo, por estar ao meu lado em todos os momentos e por sua amizade.

À Marília, por acreditar em mim e ser essa querida companheira.

A família Arruda, por terem se tornado parte da minha família.

“A glória do jovem é a sua força; e a beleza dos velhos são as cãs”.

Provérbios 20:29

Sumário

RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.1- Local e instalação	4
2.2- Modelos de equações usadas na caracterização da eficiência de distribuição	5
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
3.1 Eficiências observadas	7
4. CONCLUSÕES.....	12
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	13
6. ANEXOS.....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Eficiência de Distribuição de acordo com a vazão.....	8
Tabela 2. Valores de CUD observados para cada população de gotejadores (CUD _{pt}), conforme sua vazão de vazão, valores de CUD para amostras de todos os gotejadores das linhas centrais (CUD- três linhas centrais), CUD das amostras de 27 gotejadores (CUD ₂₇) e CUD das amostras de 9 gotejadores (CUD ₉).....	9
Tabela 3. Valores de CUC observados para cada população de gotejadores (CUC _{pt}), conforme sua vazão de vazão, valores de CUC para amostras de todos os gotejadores das linhas centrais (CUC- três linhas centrais), CUC das amostras de 27 gotejadores (CUC ₂₇) e CUC das amostras de 9 gotejadores (CUC ₉).....	10

Lista de anexos

Anexo 1: Croqui da área do experimento.....	15
Anexo 2: Vazão de cada gotejador na Vazão de 2 l/h de acordo com a posição do gotejador na referida linha, observa-se ainda linhas laterais com 20 gotejadores e linhas com 40 gotejadores.....	16
Anexo 3: Vazão de cada gotejador na vazão de 4 l/h de acordo com a posição do gotejador na referida linha, observa-se ainda linhas laterais com 20 gotejadores e linhas com 40 gotejadores.....	17
Anexo 4: Vazão de cada gotejador na vazão de 8 l/h de acordo com a posição do gotejador na referida linha, observa-se ainda linhas laterais com 20 gotejadores e linhas com 40 gotejadores.....	18

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Posicionamento dos gotejadores ao longo da linha de gotejadores em que o símbolo **X** representa cada gotejador.....4

ANÁLISE DE EQUAÇÕES DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

Autor: FELIPE SAFT RÄDER

Orientador: PROF.DR. CÍCERO LOPES DA SILVA

RESUMO

O presente trabalho foi executado na Fazenda Água Limpa (FAL) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, objetivando-se comparar três diferentes equações usadas na avaliação da eficiência de distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento. Foram amostradas três populações de 480 gotejadores para vazões de 2 Lh^{-1} , 4 Lh^{-1} e 8 Lh^{-1} , totalizando 1960 gotejadores. O período de coleta ocorreu de julho a novembro de 2014, numa área experimental sob quatro cultivares de bananeiras. O sistema avaliado apresentou diferentes resultados, conforme o modelo usado na determinação do desempenho dos gotejadores, onde CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e CUD (Coeficiente de Distribuição) tiveram seus valores ótimos e bons. Entretanto, os valores menores e menos homogêneos ocorreram com a utilização da equação que permite diretamente o cálculo da Eficiência de Distribuição, mostrando, em alguns casos, valores inferiores a 50% em relação aos valores encontrados com o emprego das demais equações. Em razão da disparidade nos valores encontrados para Ed, foi proposta uma modificação dessa equação, para melhor adequá-la ao presente estudo.

Palavras-chave: Irrigação localizada, eficiência de distribuição, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, Coeficiente de Distribuição, Eficiência de Distribuição.

ANALYSIS DESMPENHO ASSESSMENT OF THE EQUATION OF A SYSTEM OF IRRIGATION DRIPPING IN FIELD CONDITIONS

Author: FELIPE SAFT RÄDER

Adviser: Prof. Dr. CÍCERO LOPES DA SILVA

ABSTRACT

This work was performed at Fazenda Água Limpa (FAL) - University of Brasília, Brasília-DF, in order to compare three different equations used in the evaluation of water distribution efficiency in a drip irrigation system. Three populations were sampled emitter 480 for flow 2 Lh⁻¹, 4 Lh⁻¹ and 8 Lh⁻¹, totaling 1960 drippers. The collection period was from July to November 2014, an experimental area under four cultivars of banana trees. The evaluated system showed different results, depending on the model used in determining the performance of emitters, where CUC (coefficient of uniformity of Christiansen) and CUD (distribution coefficient) had good values. However, smaller and less homogeneous values occurred with the use of the equation which directly allows the calculation of distribution efficiency, showing, in some cases below 50% over the values found with the use of other equations. Because of the disparity values found it was proposed a modification of Ed, to better adapt it to the present study.

Keywords: Localized irrigation, distribution efficiency, Christiansen's Uniformity Coefficient, Distribution Uniformity.

1. INTRODUÇÃO

A área cultivada global, responsável pela produção mundial de alimentos, é de aproximadamente 1,5 bilhão de hectares. Desse total, apenas 278 milhões de hectares empregam o sistema de irrigação para aumento e melhoria de sua produtividade e segundo Christofidis (2007), há viabilidade para o aumento das áreas irrigadas em até 68% da área atual.

O plantio em sequeiro, que utiliza essencialmente a água da chuva como forma de suprimento hídrico aos cultivos, possui uma superfície aproximada agrícola de 1,2 bilhão de hectares, constituindo-se como modelo de agricultura responsável pela produção aproximada de 56% dos alimentos na atualidade. De outro lado, a área agrícola irrigada é de 18%, responsável pela obtenção de 44% das provisões produzidos no mundo. No Brasil, Mantovani *et al.* (2007) nos afirma que a área irrigada no país é responsável por 16% da produção total e correspondente à 35% do valor econômico da produção.

A utilização de água no mundo pela agricultura, no ano de 2000, equivaleu a um consumo médio específico de $9.436 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ segundo Christofidis (2002), enquanto, em termos mundiais, a perda de água na agricultura atingiu um valor de 2.500 km^3 de água por ano, valor muito superior às perdas da indústria (117 km^3) e do uso doméstico ($64,5 \text{ km}^3$) (LEMOS,2003).

Com tamanho desperdício e com o aumento da crítica dos órgãos de defesa ambiental, a eficiência de irrigação tem se tornado objeto de pesquisa, discussão e alvo de obtenção de melhores tecnologias. Em termos mundiais, a eficiência da irrigação, definida como a razão entre a quantidade de água efetivamente usada pela cultura e a quantidade retirada da fonte, é baixa, em torno de 37%. O melhoramento de somente 1% na eficiência de irrigação nos países em desenvolvimento de clima semiárido ou árido, geraria uma economia de 200 mil litros de água, por agricultor, por hectare/ano (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS,1999).

Segundo Paz *et al.* (2000), a eficiência do uso da água na irrigação leva em consideração vários fatores, entre eles, as perdas que ocorrem nos reservatórios, bem como na condução e na aplicação das parcelas irrigadas. Para Coelho *et al.* (2005), a redução das perdas por condução em canais ou dutos em função dos vazamentos, tem mantido a eficiência de condução em valores razoáveis. Entretanto, o mesmo não tem ocorrido com a eficiência de aplicação, razão entre a água absorvida pelo sistema radicular e a água aplicada. O aumento da

eficiência de aplicação ocorrerá à medida que o irrigante tomar consciência da necessidade de se usar racionalmente a água. Acredita-se que com a taxaço pelo o uso da água, bem como adequada orientação técnica aos irrigantes, pode contribuir para a melhoria da eficiência da irrigação.

Ainda, segundo Coelho et.al. (2005), são vários os sistemas de irrigações existentes, todavia, cada um deles apresenta eficácia e tipos de manejo diversos. Nesse sentido, para Bernardo et al. (2006), a irrigação por aspersão e a localizada são as que causam menor desperdício, além da facilidade de operação no campo em comparação aos métodos de superfície, com exceção do método de inundação. Ademais, os sistemas de aspersão convencional e por pivô central não são indicados nas regiões com ventos fortes e constantes, locais muito áridos e com temperaturas elevadas. Os sistemas de aspersão como os de alta pressão do tipo canhão e os de média e baixa pressão apresentam eficiência de 50% – 60% e 60% - 75% respectivamente Bernardo et al. (2006).

No caso da irrigação localizada, em especial no método de gotejamento, deve-se buscar uma eficiência superior a 90%, podendo-se superar este índice em situações particulares. Por apresentar melhor eficiência, este método se mostra mais vantajoso para culturas hortícolas e fruteiras, por apresentarem maior rentabilidade financeira e condizerem com os custos dos sistemas referidos anteriormente.

De acordo com Keller & Karmelli (1975), os sistemas de irrigação localizada apresentam inúmeras vantagens, porém podem apresentar alguns problemas, dentre os quais se destacam a obstrução dos emissores, causada por matéria orgânica acumulada, deposição química, além de problemas nas tubulações. Embora seja o método de irrigação que apresenta as melhores eficiências, muitos gotejadores podem sofrer obstrução pelo seu uso constante, afetando diretamente o rendimento da cultura, daí a necessária avaliação periódica da uniformidade de distribuição da água Sousa et al. (2003).

Ao se implantar um sistema de irrigação ou quando este estiver já em funcionamento é necessário a determinação da uniformidade de distribuição da água, pois este é o melhor indicador do padrão de qualidade de irrigação do sistema. Comumente o sistema de irrigação por gotejamento é avaliado por CUC (Li & Kawano, 1996; Rodrigues et al., 1997), porém outros métodos de avaliação podem ser utilizados, como a equação de Eficiência de Distribuição(ED) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição(CUD).

Segundo Silva et al. (2010), após realizar avaliações com o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen(CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição(CUD), obtiveram valores

de 96% e 94 % respectivamente, categorizando-se no quadro de excelente uniformidade segundo Keller & Karmeli (1975).

Neste sentido usam-se, convencionalmente, alguns índices para estabelecer critérios de avaliação dos sistemas de irrigação por gotejamento. ZOCOLER (2005) estima que em sistemas por gotejamento, o ideal é que a uniformidade atinja um valor de CUC superior a 90% e CUD entre 85 e 90%.

Ante o exposto, destacam-se os seguintes objetivos para este trabalho:

1. Avaliar a eficiência de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento, usando três metodologias para cálculo desse parâmetro;
2. Analisar a variação entre os valores obtidos da eficiência de distribuição em função dos modelos propostos; e
3. Analisar as consequências nos parâmetros de eficiência de distribuição devido ao uso de amostras reduzidas no número de emissores avaliados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local do experimento e instalação do sistema de irrigação

O levantamento dos dados do campo foi realizado no período de julho a novembro de 2014, em um sistema de irrigação de gotejamento, situado na Fazenda Água Limpa- FAL/UNB, Brasília-DF, numa área com coordenadas geográficas médias em torno de $15^{\circ} 57'$ de latitude Sul e $47^{\circ} 55'$ de Longitude Oeste e 1109 m de altitude, sob quatro cultivares de bananeiras sendo elas: Grand Naine, Prata Anã, Tropical e Conquista.

A água utilizada para o abastecimento do sistema de irrigação, é captada no córrego Capetinga, pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. Para preservação do sistema de gotejamento estudado e instalou-se um filtro de disco no início da área irrigada. Na saída desse filtro observou-se uma pressão de 15 mca, pressão esta, suficiente para o funcionamento adequado do sistema. A saída desse filtro é conectada a uma linha principal com 50 mm de diâmetro, de PVC rígido, por onde as linhas secundárias são conectadas permitindo assim a instalação das linhas de derivação e respectivas linhas laterais.

Foram utilizados gotejadores cujas vazões foram de 2 Lh^{-1} , 4 Lh^{-1} , e 8 Lh^{-1} litros, por hora. Os emissores usados são pertencentes a marca Naan Dan Jain e todos eles inseridos sobre a linha de gotejadores.

Neste experimento cada cultivar de bananeira foi contemplado com dez linhas laterais, totalizando-se quarenta linhas laterais.

O anexo 1, por meio de um croqui, ilustra a distribuição dos gotejadores no campo, nele pode-se visualizar a distribuição das linhas laterais e a disposição dos gotejadores no campo. Enquanto na Figura 1, exemplifica-se a distribuição dos gotejadores para as covas supridas com água com dois gotejadores.

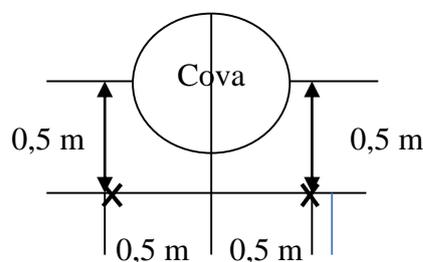


Figura 1: Posicionamento dos gotejadores ao longo da linha de gotejadores em que o símbolo X representa cada gotejador.

O período de coleta de água para cada gotejador foi de um minuto, usou-se para esse procedimento um Becker de 100 ml.

2.2. Eficiência de distribuição

Para a obtenção dos valores de eficiência de distribuição, em função da vazão dos emissores, foram usados a equação da Eficiência de Distribuição (ED), do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

A equação (1) descrito por Christiansen (1942), para o cálculo de CUC é dada por:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (1)$$

Em que:

q_i = vazão observada para cada gotejador conforme sua vazão;

n = número de aspersores amostrados.

\bar{q} = vazão média observada conforme a vazão dos gotejadores.

A equação (2), descrito por Keller & Carmeli (1975), usada no cálculo de CUD é dada por:

$$CUD = 100 \times \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}} \quad (2)$$

E que:

$\bar{q}_{25\%}$ = média da vazão do quartil inferior das amostragens para cada vazão de gotejadores;

A equação (3) descrito por Abréu et al. (1987) e que permite o cálculo de Ed é dada por:

$$ED = \left(1 - 1,27 \times \frac{cv}{\sqrt{nep}} \right) \times \frac{q_{min}}{\bar{q}} \quad (3)$$

Em que:

cv = coeficiente de variação;

nep = número de emissores por planta;

q_{min} = vazão mínima observada conforme a vazão de cada gotejador.

Esta última equação é muito utilizada para testes de gotejadores novos, no entanto Keller & Bliesner (1990) sugeriu também o uso desta equação para condições de campo, razão pela qual essa equação será também testada.

Os parâmetros CUD, CUC e ED foram determinados inicialmente para todos os gotejadores amostrados, isto é, a população total, ou seja, 480 gotejadores para cada vazão. A primeira e a maior amostra consistiu em usar a vazão de todos os gotejadores, conforme sua vazão em três linhas laterais centrais selecionadas em ordem crescente, quais sejam, a 4^a, 8^a e 12^a linha lateral, indicado nos Anexos 1,2 e 3. Nas linhas supracitadas tomaram três posições, a saber, a 1/4, 1/2 e 3/4 do comprimento dessas, mediu-se a vazão do emissor correspondente, do antecedente e do subsequente, constituindo assim uma mostra de 27 emissores para cada de vazão q_1 , q_2 e q_3 . Outra amostragem reduzida constituiu em tomar as vazões dos emissores correspondente a 1/4, 1/2 e 3/4 do comprimento das linhas laterais, constituindo assim numa amostra de nove emissores.

Com relação a ED e vazão 2 Lh^{-1} (anexo 2), em que havia somente um emissor por cova, diferenciando das outras condições, em que haviam dois emissores por cova, devido a Equação 3 conter na sua formatação o termo $(nep)^{1/2}$ separou-se a determinação de ED, conforme o número de gotejadores por cova.

A redução do número dos emissores testados objetivou-se detectar-se até que ponto é permitido a redução da amostragem sem prejudicar a representatividade da mesma. Para determinar se o resultado de uma amostra foi prejudicado pela redução do número de gotejadores analisados estabeleceu-se para cada parâmetro utilizado (CUC, CUD e ED) um limite de 5% da diferença nos resultados encontrados, quando comparados com os resultados obtidos nas análises das populações totais de gotejadores.

Na Equação 3 o termo vazão mínima observada para cada tipo de gotejador (q_{\min}) pode apresentar um resultado muito discrepante se houver um gotejador parcialmente entupido, ou mesmo um valor de ED igual a zero, nos casos de entupimento total. Em função disso, decidiu-se, além de se utilizar a equação em sua forma original, modificar a mencionada equação substituindo q_{\min} por $\bar{q}_{25\%}$, possibilitando dessa forma, comparar os valores de ED dados pela equação modificada com a equação original.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões observadas para os gotejadores usados no sistema de irrigação da área experimental podem ser visualizados nas tabelas dos anexos 2,3 e 4. Para a vazão nominal de 2 Lh^{-1} encontrou-se um valor médio de $2,1 \text{ Lh}^{-1}$, para a vazão nominal de 4 Lh^{-1} encontrou-se um

valor médio de 4,08 Lh⁻¹ e para a vazão nominal de 8 Lh⁻¹ encontrou-se um valor médio de 7,9 Lh⁻¹.

3.1. Eficiências de irrigação por gotejamento observadas

Os valores observados para ED, com a equação original e modificada(EDm), para o total de gotejadores de cada grupo de vazão e respectivas amostragens, estão apresentados na Tabela 1. Os valores observados de CUD e CUC estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. São apresentadas também as diferenças em % entre a população total de gotejadores e as amostras reduzidas.

Determinou-se tanto para ED, quanto para EDm que p₁ corresponde à população das linhas de gotejadores com um gotejador por cova, p₂ corresponde à população das linhas de gotejadores com dois gotejadores por cova, lc₁ corresponde à linha central de gotejadores com um gotejador por cova,lc₂ corresponde à linha central de gotejadores com dois emissores por cova, Ed- lc₂ corresponde às três linhas laterais com dois emissores por cova, 27 got₂ corresponde à 27 gotejadores amostrados com dois gotejadores por cova, 9 got₁ corresponde à nove gotejadores amostrados com um gotejador por cova, 9 got₂ corresponde à nove gotejadores amostrados com dois gotejador por cova, 3 got₁ corresponde à três gotejadores amostrados com um gotejador por cova e 3 got₂ corresponde à três gotejadores amostrados com dois gotejadores por cova. Procedeu-se da mesma forma com EDm.

Tabela 1: Eficiência de distribuição de acordo com a vazão de cada gotejador para a população total e as diversas amostragens.

Grupo amostrado	Gotejador de 2 Lh ⁻¹			Gotejador de 4 Lh ⁻¹			Gotejador de 8 Lh ⁻¹		
	ED	EDm	Diferença	ED	EDm	Diferença	Ed	EDm	Diferença
P ₁	51%	68%	33,3%		--	--	--	--	--
P ₂	25%	76%	204%	39%	78%	100%	59%	84%	42%
lc ₁	81%	83%	2%		--	--	--	--	--
lc ₂	82%	86%	5%		--	--	--	--	--
tlc ₂	--	--	--	71%	86%	17%	74%	94%	27%
27 got ₂	--	--	--	72	84	16	78	86	10
9 got ₁ .	79%	87%	10%	--	--	--	--	--	--
9 got ₂ .	84%	86%	2%	73%	92%	26%	74%	78%	4%
3 got ₁ .	91%	--	--	--	--	--	--	--	--
3 got ₂ .	81%	--	--						
Média	73%	81%		63%	85%		71%	84%	

Tabela 2: Valores de CUD observados para a população de gotejadores (CUD_{pt}), conforme sua vazão, valores de CUD para amostras de todos os gotejadores das linhas centrais (CUD- três linhas centrais), CUD das amostras de 27 gotejadores (CUD₂₇) e valores de CUD das amostras de 9 gotejadores (CUD₉)

Grupo amostrado	Gotejador de 2 Lh ⁻¹	Gotejador de 4 Lh ⁻¹	Gotejador de 8 Lh ⁻¹
CUD _{pt}	87%	90%	92%
CUD- Três linhas centrais	90%	92%	93%
Diferença	3%	2%	1%
CUD ₂₇ .	92%	88%	93%
Diferença	6%	2%	0%
CUD ₉ .	92%	90%	86%
Diferença	6%	0%	0%
Média final	90%	90%	91%

Tabela 3: Valores de CUC observados para cada população de gotejadores (CUC_{pt}), conforme sua vazão, valores de CUC para amostras de todos os gotejadores das linhas centrais (CUC-três linhas centrais), valores de CUC das amostras de 27 gotejadores (CUC₂₇) e CUC das amostras de 9 gotejadores (CUC₉)

Grupo amostrado	Gotejador de 2 Lh ⁻¹	Gotejadores de 4 Lh ⁻¹	Gotejadores de 8 lh ⁻¹
CUC _{pt}	91%	94%	96%
CUC –três linhas centrais	94%	95%	96%
Diferença	3%	1%	0%
CUC ₂₇	95%	94%	96%
Diferença	4%	1%	0%
CUC ₉	94%	95%	93%
Diferença	3%	1%	3%
Média final	93	94	95

Os valores apresentados de CUC E CUD mostraram valores elevados e adequados para a eficiência de distribuição de água, para um sistema de irrigação por gotejamento, de acordo com Bernardo et. al (2006); e Keller & Bliesner (1990), por apresentarem resultados quase sempre maiores que 90%.

Os únicos valores encontrados abaixo de 90% nesses dois métodos são referentes ao CUD da população de gotejadores de 2 Lh⁻¹, CUD dos 27 gotejadores de vazão de 4 Lh⁻¹ e CUD 9 gotejadores de vazão de 8 Lh⁻¹, provavelmente isso se deve ao fato de que dentro população total selecionada, os 25 % dos emissores de menor vazão, apresentaram em cada grupo de gotejadores, valores de vazão muito menores que a média geral.

Além disso, foi possível observar que em ambos os casos as eficiências demonstradas nas Tabelas 2 e 3 são próximos aos valores de ambos os métodos (CUC E CUD), porém os valores médios de CUC são sempre maiores que os de CUD, segundo Lopez et al. (1992) isso ocorre, devido o CUD ser um coeficiente mais rigoroso que o CUC.

Observa-se que quando se comparam os valores de CUD encontrados nas amostras , com os valores de CUD obtidos na análise da população de gotejadores, diferenças na maioria das vezes menor que 5%, no entanto os valores de CUD nas amostras de nove e 27 gotejadores apontaram uma diferença de 6% com relação ao CUD encontrado na população de gotejadores 2 Lh^{-1} , evidenciando dessa forma que gotejadores de baixa vazão e por ser o CUD um coeficiente muito rigoroso, recomenda-se cautela no uso de amostras reduzidas em gotejadores de baixa vazão.

Dentre todos os resultados encontrados, o método da equação da Eficiência de Distribuição apresentou as maiores variações nos resultados. A média de todos os valores desse parâmetro de avaliação foram inferiores a 75 %, sendo alguns dos valores abaixo de 25%, resultado muito ruim para método de irrigação que deveria ter alta eficiência. O principal motivo desses resultados é devido a Equação (3) em sua formatação original exigir em sua composição a menor vazão medida para cada vazão de gotejadores. Isso se deve, por exemplo, nos gotejadores de vazão de 2 Lh^{-1} , havia um com vazão de $0,6 \text{ Lh}^{-1}$, levando a uma eficiência baixa, inferindo-se dessa forma, o não aconselhamento do uso dessa equação na validação de um sistema de irrigação por gotejamento já implantado e enfrentado todas as intempéries comuns às condições de campo..

A verificação supracitada se repetiu para a maioria das amostragens nas três vazões de gotejadores. Principalmente para os que detinham maior número gotejadores amostrados nas respectivas amostras,, pois a probabilidade de um dos emissores apresentarem algum defeito era maior. Por conta disso as médias provenientes de ED, apresentaram valores inferiores a 75%.

Deve-se observar, que em alguns casos as eficiências de distribuição observadas para amostras menores tiveram seus resultados melhorados gradualmente, no entanto essa ocorrência deve-se em virtude das amostras se darem em pontos localizados onde as vazões coincidentemente foram mais homogêneas. Porém em alguns casos, para os grupos de emissores 4 Lh^{-1} e 8 Lh^{-1} , a amostragem de 27 e nove gotejadores, ambos com 2 gotejadores por planta, obtiveram eficiências de distribuição menores em comparação às eficiência da população total de gotejadores.

A modificação proposta na Equação de ED, isto é, substituindo q_{\min} por $\bar{q}_{25\%}$ permitiu-se encontrar resultados maiores de eficiência de distribuição, pois elimina-se a possibilidade de se usar um gotejador com vazão muito menor que a vazão média geral dos gotejadores avaliados.

3. CONCLUSÕES

1. Os valores encontrados do coeficiente de uniformidade de Christiansen e do coeficiente de uniformidade de distribuição, mostraram em média valores elevados para a eficiência de distribuição de água..
2. Amostras reduzidas de gotejadores de vazão de 2 Lh^{-1} revelaram valores discrepantes no coeficiente de uniformidade de distribuição quando comparado com a população de gotejadores.
3. O uso da equação de Eficiência de Distribuição recomendada para gotejadores novos quando usada em condições de Campo, mostrou baixos valores para esse parâmetro.
4. A modificação proposta na equação de eficiência de distribuição aumentou os valores desse coeficiente.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abréu J.M., Lopez J.R, Regalado P.A, Hernandes G.J.F. El Riego localizado- Madrid. **Ed Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias-** 1987- 317p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação.** 8a. Edição, Viçosa, Editora UFV, 2006. 625p

CHRISTOFIDIS, D 2007. Agricultura irrigada sustentável no Semi-Árido e no Rio Grande do Norte. **ITEM**, Brasília, n.74/75, p. 62-67.358p.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília: ABID, n.54, p. 46-55, 2002

COELHO, E. F.; , Mauricio Antonio ; OLIVEIRA, Sizernando Luiz de . Agricultura Irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n.1, p. 57-60, 2005.

LEMOS, H. M. Disponível em: <[http:// www.estadão.com.br/ciencia/noticias/2003/mar/14/124.htm](http://www.estadão.com.br/ciencia/noticias/2003/mar/14/124.htm)>. Acesso em: 6 de abril de 2015.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil: O estado das águas no Brasil.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. Disponível em: <[http:// www.iica.org.uy](http://www.iica.org.uy)>. Acesso em: 12 de dez. 2014.

Li, J.; Kawano, H. Sprinkler rotation nonuniformity and water distribution. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.39, n.6, p.2027-2031, 1996.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 17, n.4, p. 678-84, 1974.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design.** S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. Riego localizado. 2 ed. Madrid: **Centro Nacional de Tecnologia de Regadíos**, 1992. p.217-229

MANTOVANI, EC; BERNARDO, S; PALARETTI, LF 2007. **Irrigação: princípios e métodos.** Ed. UFV: Viçosa,

PAZ, et al. Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.465-473. Campina Grande, PB, DEAg/UEPB, 2000. Disponível em:

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, ano 4, n. 8, 2005.

SILVA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, L. P.; BARNABÉ, J. M. C.; MELO, R. R. C.; CORREA, M. M. Sistema de irrigação localizada com esgoto doméstico tratado: efeitos na uniformidade de distribuição de água. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 5. 2010. Recife – PE. Anais...UFRPE, 2010. 3p.

SOUSA, V.F. de.; FOLEGATTI, M.V.; FRIZZONE, J.A.; CORRÊA, R.A.de L.; ALENCAR, C.M. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertirrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.186-9, 2003.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em 15 jan. 2005.