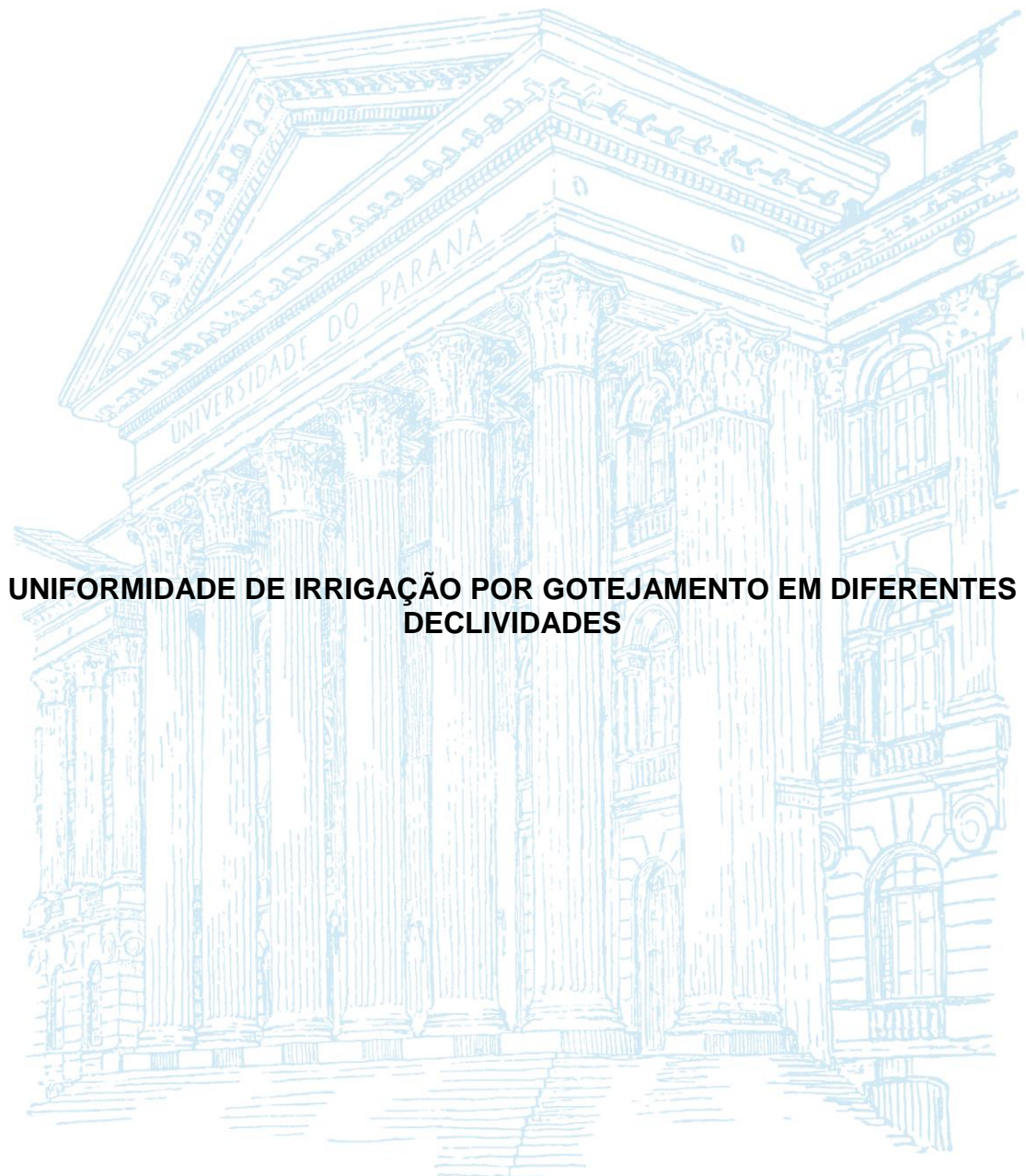


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RENATO DURÃES CEOLIN



UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM DIFERENTES DECLIVIDADES

PALOTINA-PR

2017

RENATO DURÃES CEOLIN

**UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM DIFERENTES
DECLIVIDADES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Guy de Andrade

PALOTINA – PR

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

RENATO DURÃES CEOLIN


UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM DIFERENTES DECLIVIDADES

Trabalho de conclusão de curso julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador



Prof. Dr. Mauricio Guy de Andrade
Engenheiro Agrônomo



Prof. Dr. Jonathan Dieter
Engenheiro Agrícola



Prof. Dra. Eliane Hermes
Química e Tecnóloga Ambiental

Palotina, 7 de julho de 2017

RESUMO

A irrigação por gotejamento possui alta eficiência no uso da água sendo uma tecnologia sustentável para o aumento da produção e sustentabilidade. A topografia do terreno influencia a uniformidade dos gotejadores devido ao aumento da velocidade da água em função da declividade. Por isso a avaliação do sistema de irrigação através dos coeficientes de uniformidade são de relevância para determinar a uniformidade de distribuição de água. Com isso o objetivo do trabalho foi avaliar a uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento em diferentes declividades do terreno. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) sendo composto por 4 tratamentos em diferentes declividades (T1 - 0%, T2 - 2%, T3 - 4% e T4 - 6%), com 25 repetições cada. Foram medidas as variáveis da pressão e da vazão em 16 coletores amostrados. A uniformidade foi determinada pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), pelo Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e pelo Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE). Os resultados da vazão foram menores para o tratamento 4. O tratamento 1 apresentou maiores valores para os coeficientes de uniformidade e o tratamento 4 apresentou os menores valores, sendo que para o CUD e CUE estes ficaram abaixo de 90%, já para o CUC todos os tratamentos foram classificados como excelentes. A uniformidade foi inversamente proporcional à declividade e os valores de CUC variaram menos entre os tratamentos do que os do CUD e do CUE. A determinação dos coeficientes de uniformidade foram adequadas para classificar o sistema de irrigação quanto as diferentes declividades. De modo geral terrenos com até 4% de declividade não afetam a uniformidade.

Palavras-chave: Coeficientes de uniformidade, água, sistema de irrigação.

ABSTRACT

Drip irrigation is highly efficient without water being a sustainable technology for increased production and sustainability. A topography of the terrain influences the uniformity of the drippers due to the increase of the speed of the water in the function of the slope. Therefore, an evaluation of the irrigation system through the uniformity coefficients are of relevance to determine the uniformity of water distribution. Thus, the objective of this work is to evaluate the uniformity of a drip irrigation system in different terrain slopes. The experiment was carried out in a completely randomized design (DIC), consisting of 4 treatments in different slopes (T1 - 0%, T2 - 2%, T3 - 4% and T4 - 6%), with 25 replications each. There are measures such as pressure and flow variables in 16 sampled collectors. Uniformity was determined by the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), the Uniform Distribution Coefficient (CUD) and the Statistical Uniformity Coefficient (CUE). The results of the flow were smaller for treatment 4. Treatment 1 presented higher values for the uniformity coefficients and treatment 4 presented the lowest values, being for CUD and CUE these were below 90%, for the CUC all the Treaties As classified as excellent. Uniformity was inversely proportional to slope and CUC values varied less between treatments than CUDs and CUE. A determination of the uniformity coefficients that are adequate to classify the irrigation system as well as different slopes. In general, land with up to 4% slope does not affect uniformity.

Keywords: Coefficients of uniformity, water, irrigation system.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA	6
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3 METODOLOGIA	9
3.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	9
3.2 COLETA DE DADOS.....	10
3.3 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	11
3.4 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO.....	11
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 PRESSÃO E VAZÃO.....	14
4.2 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC).....	15
4.3 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD).....	17
4.4 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICO (CUE).....	18
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	20
5 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A irrigação é uma técnica que pode ser definida como sendo a aplicação artificial de água ao solo, utilizando métodos mais eficientes, que consumam menos recursos e forneçam melhores resultados em produtividade e qualidade, visando proporcionar a umidade adequada ao desenvolvimento normal das plantas nele cultivadas, a fim de suprir a falta ou a má distribuição das chuvas.

A água é o principal insumo usado na produção agrícola, por isso o sistema de irrigação deve ser planejado de forma que se obtenha o melhor aproveitamento da água, reduzindo assim seu desperdício pelo uso inadequado e evitando sua escassez (TESTEZLAF, 2017).

A utilização da irrigação minimiza os riscos de perda de safra devido ao suprimento das demandas hídricas das plantas no período em que falta chuva, garantindo assim maior produção (TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002). A transpiração das plantas é o fator que determina a necessidade de água através dos processos metabólicos (PIRES et al., 2008).

A irrigação por gotejamento é um sistema de irrigação que consiste em distribuir a água na forma de gotas diretamente na zona radicular das plantas, de modo que estas absorvam mais rapidamente evitando perdas por evaporação e percolação, aumentando assim a eficiência no aproveitamento da água. O método de irrigação localizada caracteriza-se por molhar apenas parte do solo próximo as raízes das plantas, formando um bulbo molhado ou uma faixa molhada dependendo do espaçamento dos emissores, e do tipo e textura do solo.

A uniformidade de aplicação de água é um parâmetro definido como a variação da vazão aplicada pelos gotejadores durante uma irrigação (SILVA; AZEVEDO; LIMA, 2002). A distribuição de forma igual em cada gotejador é desejável para não causar excesso de água em alguns pontos e déficit em outros, interferindo no desenvolvimento da cultura (JÚNIOR et al., 2005).

De acordo com Silva e Silva (2005), a desuniformidade de gotejadores e microaspersores pode ocorrer devido ao mal dimensionamento do sistema, falta de manutenção, e sistemas que estão operando a algum tempo. Ainda deve ser levado em conta as características dos emissores no processo de fabricação, bem como a qualidade físico-química e biológica da água a ser utilizada, sendo esta uma das causas de entupimento no sistema de irrigação localizada.

O sistema de gotejamento é composto por emissores, denominados de gotejadores, através dos quais a água escoar após percorrer uma dissipação de pressão ao longo de rede de condutos. As vazões geralmente são pequenas, variando de 2 a 20 L h⁻¹ (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Para Silva, Azevedo e Lima (2002) o manejo adequado da irrigação possibilita manter alta umidade no solo pela frequência de aplicação, favorecendo o máximo aproveitamento de água pela planta.

Segundo Penteado (2010), a obstrução afeta adversamente a taxa e uniformidade de aplicação de água, aumentando os custos de manutenção com inspeções, reposição de peças e recuperação. Isso pode resultar em má distribuição da água e redução do desenvolvimento das plantas, com posterior queda de produtividade. Segundo esses autores os custos iniciais do sistema de irrigação localizada no Brasil podem variar de 2 a 5 mil dólares por hectare, e os custos com manutenção podem chegar à 200 US\$/hectare.

A distribuição de água pelo sistema de irrigação de forma uniforme é fundamental para o aproveitamento da cultura e o melhor retorno econômico, sendo essa informação de grande valia (SILVA; AZEVEDO; LIMA, 2002).

Sendo assim, são utilizados diversos coeficientes para determinar a uniformidade, destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por gotejamento através de diferentes declividades.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Inferir a pressão de trabalho inicial e final;
- Determinar os coeficientes de uniformidade;
- Avaliar a influência da declividade;

3 METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

O estudo foi realizado no município de Palotina-PR, na área experimental da Universidade Federal do Paraná – UFPR, no Setor Palotina, com coordenadas geográficas de 24°17'36" de latitude Sul e 53°50'27" de longitude Oeste com 320 metros de altitude.

O experimento foi realizado durante os meses de novembro e dezembro de 2016 em casa de vegetação sobre uma bancada de madeira com área de 9,60 m², sendo 6 m de comprimento por 1,60 m de largura onde foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento, sendo composto por 4 linhas laterais e 28 gotejadores cada linha (FIGURA 1).

FIGURA 1 – BANCADA DE ENSAIOS COM AJUSTE DE DECLIVIDADE



FONTE: O autor (2016)

A bancada onde foi instalado o sistema de irrigação tem um ajuste na declividade de modo que seja possível trabalhar em diferentes declividades, sendo estas 0%, 2%, 4% e 6%, como pode ser observado na Figura 1.

O tubo gotejador utilizado foi o Modelo P1 da marca SIPLAST, usado, com diâmetro de 16 mm, com filtro de entrada com área de 7,5 mm² e um total de 8

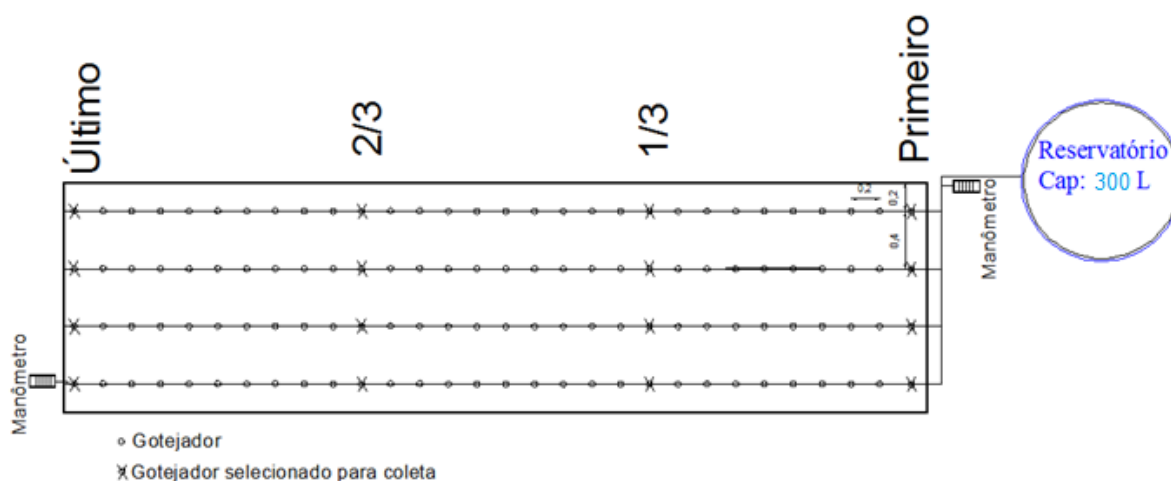
orifícios e com vazão de $2,10 \text{ L h}^{-1}$ na pressão de 1 bar, com espaçamento entre gotejadores de 0,20 m e com equação potencial $\text{vazão} = 0,68 \cdot \text{pressão}^{0,52}$ de acordo com o fabricante.

Para evitar o entupimento foi utilizado um filtro de 120 mesh, recomendado pelo fabricante e instalado próximo ao reservatório. A pressão foi medida com dois manômetros digitais ITMPD-15 Instrutemp, Modelo 8215, com precisão de mais ou menos 0,3% próximo a 25°C , sendo instalados no início e no final do sistema. O reservatório para abastecer o sistema de irrigação possui capacidade de 300 litros e o volume coletado foi medido em uma proveta de 250 mL.

3.2 COLETA DE DADOS

A metodologia de coleta consistiu em medir o volume de água aplicado pelos gotejadores durante determinado tempo. Foi utilizado o método proposto por Keller e Karmeli (1975), onde são coletadas as vazões no primeiro gotejador, o gotejador que está situado a $1/3$ do comprimento da linha, o gotejador que está situado a $2/3$ da linha e o ultimo gotejador da linha, repetindo o processo para as 4 linhas totalizando 16 pontos de coleta, conforme demonstrado na Figura 2.

FIGURA 2 – SISTEMA DE COLETA DE DADOS DOS ENSAIOS



FONTE: Andrade (2016)

Foram realizadas 25 repetições para cada tratamento, sendo cada uma realizada em duplicata utilizando o valor médio do volume das coletas e o tempo de coleta foi um período de 3 minutos para cada ensaio. Para que ocorresse a

estabilização da vazão e da pressão do sistema de irrigação, este foi ligado por um período de 5 minutos antes da realização da coleta dos dados.

3.3 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi feito em delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por quatro tratamentos, sendo estes quatro declividades diferentes. As variáveis analisadas foram a vazão do gotejador ($L h^{-1}$) e a pressão (kPa) medida no início e no final do sistema.

Os tratamentos realizados foram:

T1: 0% de declividade

T2: 2% de declividade

T3: 4% de declividade

T4: 6% de declividade

3.4 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO

Para a avaliação da uniformidade de distribuição foram utilizados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), de Uniformidade de Distribuição (CUD) e de Uniformidade Estatístico (CUE).

O CUC foi calculado pela equação 1, que é baseada no desvio médio como medida de dispersão:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \right) 100 \quad \text{Eq.(01)}$$

Em que:

CUC : Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);

x_i : Volume do coletor, (mL);

\bar{x} : Média aritmética dos volumes dos coletores, (mL);

n : Número de coletores na área experimental.

Para a classificação do CUC, utilizou-se a proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2008), conforme a Tabela 1.

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)

CUC	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60% até 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

FONTE: Bernardo, Soares e Mantovani (2008)

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foi calculado pela equação 2, que é baseado na razão entre 25% das vazões mínimas e as vazões médias dos emissores:

$$CUD = \frac{\bar{x}_{25}}{\bar{x}} 100 \quad \text{Eq.(02)}$$

Em que:

CUD : Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%);

\bar{x}_{25} : Valor médio de 25% dos menores volumes coletados, (mL);

\bar{x} : Média aritmética considerando todos os volumes, (mL);

Para a classificação dos dados do CUD, foi utilizada a proposta por Bralts (1986), conforme a Tabela 2.

TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD)

CUD	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60% até 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

FONTE: Bralts (1986)

O CUE foi calculado pela equação 3, que baseia-se no coeficiente de variação:

$$CUE = \left(1 - \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)\bar{x}^2}}\right) 100 \quad \text{ou} \quad CUE = (1 - cv)100 \quad \text{Eq.(03)}$$

Em que:

CUE : Coeficiente de Uniformidade Estatístico, (%);

x_i : Volume no coletor de ordem i, (mL);

\bar{x} : Média aritmética dos volumes, (mL);

n : Número de coletores na área experimental.

Para a classificação dos dados do CUE, foi utilizada a proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2008), conforme a Tabela 3.

TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICO (CUE)

CUE	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60% até 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

FONTE: Bernardo, Soares e Mantovani (2008)

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa ASSISTAT Versão 7.7 pt onde foram fornecidos os dados coletados e gerados os resultados. Também foram realizados os testes de médias pela análise de variância aplicando o teste F, e o teste de Tukey para comparação dos resultados e análise para saber se houve ou não diferenças estatísticas entre os tratamentos testados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRESSÃO E VAZÃO

Os dados da vazão média, da pressão média, da pressão inicial, da pressão final e da diferença entre a pressão final e inicial são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – VALORES DA PRESSÃO E DA VAZÃO.

Tratamento	N	Pressão Inicial (kPa)	Pressão final (kPa)	Δ Pressão (kPa)	Pressão Média (kPa)	Vazão média (L h ⁻¹)
1	25	97,08	95,22	-1,85	96,15	2,04
2	25	97,24	94,38	-2,86	95,81	2,05
3	25	92,01	97,06	5,04	94,53	2,02
4	25	93,76	96,88	3,12	95,32	1,97

N= Número de repetições; Δ = diferença.

Houve pouca influência da pressão na vazão, já que as diferenças da pressão entre os tratamentos foram pequenas. O tratamento 2 apresentou maior pressão inicial e menor pressão final, sendo portanto o tratamento que obteve maior diferença negativa entre a pressão inicial e pressão final. O tratamento 3 teve resultados contrários do tratamento 2, sendo o que teve maior pressão final e menor pressão inicial, apresentando assim maior diferença positiva entre a pressão inicial e final.

Quanto a pressão média o tratamento 1 apresentou o maior resultado e o tratamento 3 o menor resultado, sendo que a diferença da pressão média entre os tratamentos foram menores do que as variações da pressão inicial e final entre os tratamentos. Já para a diferença da pressão inicial e da pressão final os tratamentos 1 e 2 apresentaram maior pressão inicial do que pressão final, e os tratamentos 3 e 4 apresentaram pressão final maior do que a pressão inicial.

Para a vazão média houve pouca diferença entre os tratamentos, sendo que a vazão dos tratamentos 1,2 e 3 ficaram próximas, com o tratamento 2 apresentando maior vazão. Já o tratamento 4 apresentou menor vazão em relação aos outros tratamentos. Andrade (2016) obteve os menores valores de vazão quando trabalhado em aclive de 2% comparado com declive de 2% e em nível.

4.2 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)

Os dados do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) são apresentados na Tabela 5 com a estatística descritiva.

TABELA 5 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)

Tratamento	N	CUC Médio %	DP	CV %	Máximo %	Mínimo %
1	25	98,81	0,51	0,52	99,12	96,42
2	25	96,77	2,86	2,96	98,83	90,20
3	25	96,65	1,93	1,99	98,29	91,08
4	25	92,84	5,93	6,39	98,19	80,44

N=Número de repetições; DP=Desvio padrão; CV=Coeficiente de variação.

Considerando a classificação de Bernardo, Soares e Mantovani (2008), os valores de CUC foram considerados excelentes por apresentarem uniformidade acima de 90%. Santos et al. (2015) avaliando um sistema de irrigação localizada por gotejamento em uma propriedade rural obtiveram resultados de CUC de 96,80%.

Analisando a Tabela 5, pode-se observar que o valor de CUC médio diminui com o aumento da declividade. Isso está em concordância com os resultados obtidos por Deus et al. (2014), que avaliaram emissores novos com água limpa e apresentaram CUC de 98,01%. Já na avaliação a campo o resultado de CUC foi de 90,30% devido a declividade do terreno em torno de 10% e também de um possível entupimento dos emissores.

Júnior et al. (2011) avaliaram o desempenho de linhas gotejadoras após o ciclo da cultura do melão e obtiveram resultados de CUC de 97,46% a 98,41% de acordo com o aumento da pressão de 25 a 200 kPa.

A análise de variância tem por objetivo verificar se há diferença entre os tratamentos por meio do teste estatístico denominado teste F. O resultado é obtido pela aplicação das médias dos tratamentos. A Tabela 6 apresenta a análise de variância para o CUC.

TABELA 6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CUC.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	466,60322	155,53441	13,1035**
Resíduos	96	1139,48694	11,86966	
Total	99	1606,09015		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

O resultado do teste F apresentado na Tabela 6 mostra que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade. O valor de F tabelado para o experimento é de 3,9933, já o valor obtido no teste F foi de 13,1035. Como o valor de F calculado do experimento é maior que o F tabelado, há diferenças significativas no experimento.

Pelo teste de Tukey é possível saber quais tratamentos apresentaram diferenças significativas por meio da comparação entre os tratamentos. Esse teste é apresentado na Tabela 7.

TABELA 7 – TESTE DE TUKEY PARA O CUC

Médias de tratamento		
1	98,81930	a
2	96,77163	a
3	96,65657	a
4	92,84011	b
dms = 2,55120		

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Para o teste de Tukey verifica-se que a média dos tratamentos diminui com o aumento da declividade, sendo que o melhor valor foi obtido com 0% de declividade e o pior valor com 6%. No entanto apenas o tratamento com 6% diferiu estatisticamente dos demais, sendo as diferenças entre os tratamentos com 0%, 2% e 4% não significativas.

Cunha et al. (2014) obtiveram valores de 90,90% para o CUC com 6% de declividade sem fertirrigação, diferindo estatisticamente quando trabalhado com fertirrigação. Deus et al. (2014) observaram redução de 7,71% no valor de CUC quando testado em terreno com declividade média de 10% em comparação com os gotejadores novos.

Almeida, Chaves e Filho (2015) irrigando a cultura do cacau em relevo com declividade média de 15% obtiveram resultados de 93,0% a 96,1%.

4.3 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD)

Com relação ao coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), os dados da estatística descritiva são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD)

Tratamento	N	CUD Médio %	DP	CV %	Máximo %	Mínimo %
1	25	98,23	0,39	0,40	98,76	96,75
2	25	93,41	7,25	7,76	98,13	73,17
3	25	94,02	3,73	3,97	97,16	82,34
4	25	87,89	9,95	11,32	97,21	67,84

N=Número de repetições; DP=Desvio padrão; CV=Coeficiente de variação.

Os resultados do CUD foram menores do que os do CUC, por serem considerados as 4 menores vazões. Conforme a classificação de Bralts (1986) os tratamentos 1,2 e 3 foram classificados como excelentes e o tratamento 4 como bom por esta abaixo de 90%. Cunha et al. (2015), avaliando três tipos de gotejadores com água residuária do processamento da castanha do caju, obtiveram valores de CUD de 96,14% a 96,75% para 0 horas de funcionamento. Já para 20 horas de funcionamento os valores variaram de 85% a 96%. Isso mostra a importância da limpeza periódica dos gotejadores para uma boa uniformidade de distribuição de água, visto que esta vai diminuindo conforme o uso.

Com a pressão variando de 25 a 200 kPa, Júnior et al. (2011) encontraram resultados de 95,56% a 97,17% para o CUD avaliando a uniformidade na cultura do melão. Resultados contrastantes foram observados por Cunha et al. (2014) com CUD médio de 51,83% para um sistema de gotejamento superficial avaliado ao longo do ano.

A análise de variância para o CUD é apresentada na Tabela 9 mostrando que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade. O valor de F tabelado é de 3,9933 e o valor de F calculado foi de 10,8511. Como o valor de F calculado do experimento é maior que o F tabelado, logo há diferenças significativas no experimento.

TABELA 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CUD

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1349,91562	449,97187	10,8511**
Resíduos	96	3980,91270	41,46784	
Total	99	5330,82832		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Pelo teste de Tukey apresentado na Tabela 10 nota-se que os melhores tratamentos foram o (T1) em nível e o (T3) com 4% da declividade. Já o tratamento 2 foi semelhante ao tratamento 3, porém diferente estatisticamente do tratamento 1. O tratamento 4 com 6% de declividade foi o que apresentou pior resultado sendo estatisticamente diferente de todos os outros tratamentos.

TABELA 10 – TESTE DE TUKEY PARA O CUD

Médias de tratamento		
1	98,23027	a
2	93,41129	b
3	94,02934	ab
4	87,89826	c
dms =	4,76849	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Valores de 95,9% e 93,5% de CUD para gotejadores de fluxo turbulento e autocompensante respectivamente, foram encontrados por Prado, Nunes e Tinos (2014) trabalhando com pressão de 100 kPa e declividade de 3%. Esses resultados estão próximos dos encontrados neste experimento que foram de 93,41% e 94,03% para 2% e 4% de declividade, respectivamente, com pressão semelhante.

Almeida, Chaves e Filho (2015) irrigando a cultura do cacau em relevo com declividade média de 15% obtiveram resultados de 90,1% a 93,9%.

4.4 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICO (CUE)

A estatística descritiva do coeficiente de uniformidade estatístico é apresentado na Tabela 11.

TABELA 11 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICO (CUE)

Tratamento	N	CUE Médio %	DP	CV %	Máximo %	Mínimo %
1	25	98,48	1,24	1,26	98,98	92,55
2	25	95,79	4,22	4,41	98,43	83,45
3	25	94,99	3,27	3,45	97,73	86,11
4	25	89,78	8,56	9,54	97,81	76,98

N=Número de repetições; DP=Desvio padrão; CV=Coefficiente de variação.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2008) os tratamentos 1,2 e 3 foram classificados excelentes e o tratamento 4 foi classificado com bom. Observa-se que os valores são inversamente proporcionais à declividade, ou seja, quanto maior a declividade menor o valor de CUE.

Em trabalho realizado por Thebaldi et al. (2013) avaliando a uniformidade de gotejadores na cultura do tomate, os valores de CUE variaram de 88,17% a 93,46%, sendo os menores valores para o tratado de efluente bovino e os maiores valores para fertirrigação convencional.

Resultados de 90,57% a 91,76% para o CUE foram encontrados por Júnior et al. (2011), que realizaram ensaios na cultura do melão com pressão variando de 25 200kPa. Já Santos et al. (2015) obtiveram resultados bem abaixo com CUE de 65,69% avaliando a uniformidade de distribuição de água por gotejamento em cultivo de inhame. Cunha et al. (2014) também obtiveram resultados baixos para o CUE com média de 59,59% trabalhando com gotejamento superficial e ensaios realizados ao longo do ano.

A Tabela 12 apresenta a análise de variância para o CUE seguido pelo teste de Tukey na Tabela 13 para os tratamento realizados.

TABELA 12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CUE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	994,57233	331,52411	12,8007**
Resíduos	96	2486,29125	25,89887	
Total	99	3480,86358		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 < p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

O valor de F tabelado é de 3,9933 para o experimento e o valor de F calculado foi de 12,8007 ocorrendo diferenças significativas ao nível de 1% de

probabilidade. Como o valor de F calculado do experimento é maior que o F tabelado, logo há diferenças significativas no experimento.

Pelo teste de Tukey o único tratamento que se diferenciou estatisticamente dos demais foi o T4 com 6% de declividade, sendo este o pior tratamento. Os tratamentos em nível de 2% e 4% de declividade foram iguais estatisticamente, sendo suas diferenças não significativas.

TABELA 13 – TESTE DE TUKEY PARA O CUE

Médias de tratamentos		
1	98,48478	a
2	95,79563	a
3	94,99810	a
4	89,78207	b
dms =	3,76847	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Almeida, Chaves e Filho (2015) irrigando a cultura do cacau em relevo com declividade média de 15% obtiveram resultados de 90,0% a 94,6%. Valores de 89,19% para o CUE foram encontrados por Cunha et al. (2014) trabalhando com declividade de 6%, resultados estes próximos do obtido neste experimento.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para o CUC e o CUE apenas o tratamento 4 foi diferente significativamente dos demais, sendo que para o CUC todos os tratamentos foram classificados como excelentes e para o CUE e o CUD o tratamento 4 foi classificado como bom e os demais como excelentes. Porém para o CUD os tratamentos 1 e 3 foram estatisticamente iguais e superiores aos demais. Os tratamentos 2 e 3 foram estatisticamente iguais e inferiores ao tratamento 1 e superior ao tratamento 4. Já o tratamento 4 foi inferior a todos os outros.

Portanto para os tratamentos 1,2 e 3 os valores variaram pouco podendo-se dizer que até com 4% de declividade não ocorre interferência na uniformidade sendo classificados como excelentes. Para o tratamento 4 houve uma relativa redução na uniformidade e também na vazão, provavelmente por ocorrência de entupimento de emissores, fazendo com que os resultados fossem piores que dos demais tratamentos. No entanto ainda foi classificado como bom, concluindo que com 6% de

declividade ainda pode ser utilizado irrigação sem ocorrer grandes problemas. Nesse caso uma maior frequência de limpeza nos tubos gotejadores pode ser uma solução para melhor eficiência do sistema de irrigação.

5 CONCLUSÃO

A pressão não interferiu na vazão dos gotejadores, já que a diferença entre os tratamentos foram pequenas comparando a pressão média. As maiores diferenças de pressão foram para os tratamentos 2 e 3, sendo os tratamentos 1 e 2 com maior pressão inicial e os tratamentos 3 e 4 com maior pressão final. Quanto a vazão os valores ficaram próximos sendo o tratamento 4 o que apresentou a menor vazão.

O tratamento 1 apresentou os maiores valores para todos os coeficientes de uniformidade. Os valores de CUC e CUE foram decrescentes com o aumento da inclinação, e a uniformidade de distribuição de água ficou abaixo de 90% para o CUD e CUE com 6% de declividade. Todos os tratamentos foram considerados excelentes quanto ao coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

A declividade afeta negativamente a uniformidade do sistema de irrigação, sendo os maiores valores obtidos quando trabalhados em nível. Para declividades de até 4% a uniformidade foi pouco afetada em relação ao nível e para a declividade de 6% houve maior redução da uniformidade e da vazão.

Sugere-se a avaliação de tubos gotejadores em declividades maiores de 6% para saber se esta tem influência na uniformidade. Também ensaios à campo são necessários pois o comprimento da linha e a declividade pode afetar o sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. L. S.; CHAVES, L. H. G.; ALMEIDA FILHO, R. L. S. Avaliação hidráulica em sistemas de irrigação por gotejamento com duas linhas laterais. **Scientia Plena**, Si, v. 11, n. 3, p.1-7, 8 jan. 2015. Disponível em: <<https://scientiaplenu.emnuvens.com.br/sp/article/view/2261/1152>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. R. da. **Seleção de Métodos e Avaliação do Desempenho de Sistemas de Irrigação Pressurizados**. Teresina: Embrapa, 2005. 44 p.

ANDRADE, M. G. de. **Processo da irrigação localizada utilizando o controle estatístico de qualidade**. 2016. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8a ed. Vicosa: editora UFV, p. 625, 2008.

BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed). **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier. p. 216-240, 1986.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. da; TEIXEIRA, M.B.; CARVALHO, J. J. de; MOURA, L. M. de F.; SANTOS C. C. dos. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 6, p.444-454, set. 2014. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/254/pdf_195>. Acesso em: 2 jun. 2017.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. da; TEIXEIRA, M.B.; CARVALHO, J. J. de; MOURA, L. M. de F.; MELO, S. R. P. de. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 5, p.391-402, 8 set. 2014. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v8n500253>. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/viewFile/253/pdf_190>. Acesso em: 8 jun. 2017.

CUNHA, M. E. da; SILVA, K. B. da; BATISTA, R. O.; COELHO, D. da C. L.; CUNHA, R. R. da. Desempenho de diferentes modelos de gotejadores operando com efluente da castanha do cajú. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC 2015, Fortaleza: Soea, 2015. Disponível em: <http://www.confeca.org.br/media/Agronomia_desempenho_de_diferentes_modelos_de_gotejadores_operando_com_efluente_da_castanha_do_caju.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2017.

DEUS, F. P. de; FERRAREZI R. S.; PRIMO, R.; MARTINS, G. A.; TESTEZLAF, R. Susceptibilidade ao entupimento de um sistema de irrigação por gotejamento para

agricultura familiar. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p.102-112, jan./mar. 2015. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/viewFile/784/pdf_64>. Acesso em: 1 jun. 2017.

IRRITEC. **Catálogo P1 Siplast**. Disponível em: <http://www.irritec.com/it-IT/wp-content/uploads/sites/2/2013/09/Catalogo_P1.pdf>. Acesso em: 12 jun 2016.

JÚNIOR, M. V.; CARVALHO, C. M. de; NETO, A. M. dos S.; SOARES, J. I.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, M. A. R. de. Análise de desempenho em laboratório de linha gotejadora antes e após sua utilização em campo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 4, p.351-360, out. 2011. Disponível em: <<file:///C:/Users/Sonia/Downloads/108-417-1-PB.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

KELLER, J.; KARMEI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 133p, 1975.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos**. 3. ed. Viçosa: Ufv, 2009. 355 p.

PENTEADO, S. R. **Manejo da Água e Irrigação: Aproveitamento da Água em Propriedades Ecológicas**. 2. ed. Campinas, 2010. 208 p.

PIRES, R. C. de M. et al. Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, p.98-111, jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T&IA;/T&IAv1n1;/Revista_Apta_Artigo_gricultura.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

PRADO, G. do; NUNES, L. H.; TINOS, A. C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p.12-25, 28 fev. 2014. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v8n100193>. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/193/pdf_154>. Acesso em: 11 jun. 2017.

SANTOS, J. É. o. et al. Uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação por gotejamento. **Anais do III Inovagri International Meeting - 2015**, Fortaleza, p.2810-2817, 2015. INOVAGRI/INCT-EI. <http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a303>. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/III-INOVAGRI-2015/03.09.2015/a303.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. da. Avaliação de Uniformidade em Sistema de Irrigação Localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 0, n. 8, p.0-0, dez. 2005. Semestral. Disponível em: <http://www.faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Tm9d5yhlcnze1x_2013-4-29-15-39-59.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. de; LIMA, J. E. F.W. **Análise de desempenho da irrigação**. Planaltina: Embrapa, 2002. 84 p. (Documentos 70).

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola/unicamp, 2017. 204 p. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/irrigacao/index.php?option=com_attachments&task=download&id=47>. Acesso em: 25 maio 2017.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. 2002. 45 f. - Curso de Empresa Júnior de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

THEBALDI, M. S.; ROCHA, M. S. da; SANDRI, D.; FELISBERTO, A.B.; NETO, S. A. Diferentes tipos de água e seu efeito na uniformidade de gotejadores na cultura do tomate. **Irriga: Brazilian Journal of irrigation and drainage**, Botucatu, v. 18, n. 2, p.212-222, abr./jun. 2013. Disponível em: <<http://200.145.140.50/index.php/irriga/article/view/280/361>>. Acesso em: 2 jun. 2017.