



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

MARCELO DE OLIVEIRA DANTAS JUNIOR

**DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
PARA A CULTURA DE FEIJÃO-CAUPI**

**SUMÉ - PB
2023**

MARCELO DE OLIVEIRA DANTAS JUNIOR

**DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
PARA A CULTURA DE FEIJÃO-CAUPI**

Monografia apresentada ao curso Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

Orientador: Professor Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz.

**SUMÉ - PB
2023**



D192d Dantas Júnior, Marcelo de Oliveira.
Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento para a cultura do feijão-cupi. / Marcelo de Oliveira Dantas Júnior. - 2023.

25 f.

Orientador: Professor Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biossistemas.

1. Feijão-caupi. 2. Irrigação por gotejamento. 3. Sistema de irrigação por gotejamento. 4. Cultura do feijão-caupi. 5. Gotejadores. 6. I. Ferraz, Rener Luciano de Souza. II. Título.

CDU: 631.67(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

MARCELO DE OLIVEIRA DANTAS JUNIOR

**DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
PARA A CULTURA DE FEIJÃO - CAUPI**

Monografia apresentada ao curso Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz
Orientador – UATEC/CDSA/UFMG**

**Professor Dr. Aldair de Souza Medeiros
Examinador I – PPG- BIONORTE/UFMA**

**Professor Dr. Ivomberg Dourado Magalhães
Examinador II – CECA/UFAL**

**Professor Me. Miguel Avelino Barbosa Neto
Examinador III – CCA/UEPB**

Trabalho aprovado em: 27 de março de 2023.

SUMÉ-PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força e coragem para continuar lutando em meio a todas as adversidades. Com tudo isso, dando-me discernimento para acreditar no processo e compreender o propósito.

Agradeço com todo o meu coração a minha família, pelas inúmeras vezes que me incentivaram a seguir em frente para que eu pudesse alcançar mais um objetivo em minha vida. Em especial, agradeço a minha mãe Josefa Araújo Dantas e Oliveira, pelo amor e incentivos nos momentos de aflição. Ao meu pai Marcelo de Oliveira Dantas, pelo exemplo de força e superação e meu irmão Maicon Jordan de Oliveira, tornando minha vida mais alegre, obrigado pela força e apoio familiar.

Aos meus familiares que sempre acreditaram em mim, meus avós, tios e tias, primos e primas, em especial Ana Paula que considero como minha irmã mais velha, a Ana Clara por sempre me proporcionar momentos de leveza e alegria.

A Juliany Diniz, por ter sido meu abrigo em momentos tempestuosos, pela compressão, paciência, amor e cuidado. Assim como Deuza Diniz e Joelson Azevedo, por serem uma segunda família.

Aos meus amigos de caminhada, Matheus Cavalcante, Yanka Beatriz, Rosana Lucena, Lucyelly Dâmela, Ronicleiton Silva, Cauê Gonçalves, Fagner Dantas, Viviane Gomes, Nailton Oliveira, pelos bons momentos partilhados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz pelo acolhimento e por todos os ensinamentos e confiança.

Ao Me. Miguel Avelino Neto pelos diálogos, exemplo de perseverança, além da suma importância para toda a execução e condução do experimento.

Aos meus amigos de Experimento, Deyvid Mendes, Fernanda Guenes, Alícia Silva, Gabriel Azevedo, Heloísa Carla, pela parceria, amizade e trocas de conhecimentos.

Ao corpo docente do centro de desenvolvimento sustentável do Semiárido em especial aos professores da Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento.

A todos que de alguma forma contribuíram para minha jornada, minha eterna gratidão.

RESUMO

O uso da água, a topografia do terreno, a qualidade da água influenciam na uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento. Devido ao grau de entupimento nos gotejadores e eficiência do sistema. Por isso a avaliação do sistema de irrigação através dos coeficientes de uniformidade são de relevância para determinar a uniformidade de distribuição de água. O método de irrigação localizada, com sistema por gotejamento, foi constituído de uma linha principal. As linhas laterais foram constituídas de fitas gotejadoras com emissores espaçados a cada 0,1 m e vazão de 1,05 L h⁻¹ quando operando em vazão de 0,5 bar. Com isso o objetivo do trabalho foi avaliar desempenho do sistema de irrigação por gotejamento para cultura de feijão-caupi cultivado sob níveis de reposição da água evapotranspiração, com delineamento em blocos casualizados com quatro níveis de reposição da água perdida por evapotranspiração da cultura (25, 50, 75, 100% da ETc) e quatro repetições (blocos). Os resultados demonstraram que o grau de entupimento (GE) variou entre 10,87 com a reposição de 75% da ETc até 21,19 na reposição de 25% da ETc, evidenciando que o GE classifica-se como médio entre 10 e 40% para o grau de entupimento dos emissores.

Palavras-chaves: gotejadores; uniformidade; grau de entupimento.

DE OLIVEIRA, Marcelo Dantas Junior. **Performance of a drip irrigation system for bean-cowpea crop**. 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Engenharia de Biossistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande - Sumé - Paraíba - Brasil, 2023.

ABSTRACT

Water use, land topography, water quality influence the uniformity of a drip irrigation system. Due to the degree of clogging in the drippers and efficiency of the system. Therefore, the evaluation of the irrigation system through the uniformity coefficients are of relevance to determine the uniformity of water distribution. The localized irrigation method, with drip system, consisted of a main line. The lateral lines consisted of drip tapes with emitters spaced every 0.1 m and flow of 1.05 L h⁻¹ when operating at a flow rate of 0.5 bar. Thus, the objective of this study was to evaluate the performance of the drip irrigation system for cowpea-cowpea crop grown under evapotranspiration water replacement levels, with a randomized block design with four levels of replacement of water lost by evapotranspiration of the crop (25, 50, 75, 100% of ET_c) and four repetitions (blocks). The results showed that the degree of clogging (SG) ranged from 10.87 with the replacement of 75% of the ET_c to 21.19 with the replacement of 25% of the ET_c, evidencing that the EG is classified as average between 10 and 40% for the degree of clogging of the emitters.

Keywords: drippers; uniformity; degree of clogging.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Coeficiente de uniformidade de distribuição inicial (A) e final (B), uniformidade estatística inicial (C) e final (D).	19
Gráfico 2 -	Coeficiente de uniformidade de vazão de Christiansen inicial (A) e final (B), coeficiente de variação da vazão inicial (C) e final (D).	21
Gráfico 3 -	Vazão relativa (A) e grau de entupimento (B) dos emissores.	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	GERAL.....	10
2.1.1	Específicos.....	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1	IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO.....	11
3.2	IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.....	11
3.3	DESEMPENHO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	12
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	14
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	14
4.3	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	14
4.4	PARÂMETROS PARA OPERAÇÃO DO SISTEMA.....	14
4.4.1	Cálculo da lâmina bruta.....	14
4.4.2	Cálculo da intensidade aplicação.....	15
4.4.3	Cálculo do tempo de irrigação.....	15
4.5	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA.....	15
4.5.1	Uniformidade de aplicação de água.....	15
4.5.2	Variação de vazão e grau de entupimento de emissores.....	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos longínquos, os agricultores têm buscado estratégias para a convivência com as adversidades do ambiente. Conhecer os fatores que influenciam a produtividade agrícola consiste em estratégia de adaptação às mudanças ambientais, sobretudo no que tange ao planejamento agrícola, de modo a assegurar a produtividade nos agrossistemas. Neste contexto, o manejo de água na agricultura tem sido investigado, sobretudo buscando-se condições de equilíbrio para melhor desenvolvimento dos vegetais (SACCON, 2018; KISEKKA *et al.*, 2019).

Para fornecimento adequado de água às culturas, os sistemas de irrigação localizada consiste em estratégia promissora, notadamente, devido ao fato de serem eficientes, reduzem o consumo dos recursos hídricos e, sobretudo possibilitarem irrigação com menor intensidade e maior frequência, configurando-se em tecnologia adequada, tanto no uso da água como na aplicação de fertilizantes solúveis, assumindo importância econômica e ambiental nos agrossistemas de cultivo (BORSSOI *et al.*, 2012; SOARES *et al.*, 2012).

Quando bem projetado, um sistema de irrigação localizado permite que se obtenha uniformidade de aplicação de água em cima de 90%; entretanto, quando utilizado de forma intensiva, a uniformidade de emissão diminui, enquanto que a variação de vazão aumenta ao longo do tempo. Estes problemas ocorrem devido ao entupimento dos emissores e podem vir a ser mais expressivos em função das características do gotejador e da qualidade da água, sobretudo no tanque que tange aos aspectos físicos, químicos e biológicos (CUNHA *et al.*, 2019).

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho, definidos em determinação de campo, como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema (ALMEIDA *et al.*, 2017). Um dos principais parâmetros usados na avaliação de um sistema de irrigação é a uniformidade de aplicação de água sobre a área irrigada. Uma baixa uniformidade de distribuição reduz a eficiência de aplicação de água e conseqüentemente, a produtividade (SOUZA *et al.*, 2006).

Na literatura clássica especializada, é postulado que o conceito de eficiência pode ser dividido em dois aspectos básicos: em uniformidade de aplicação e nas perdas que podem ocorrer durante a operação do sistema (KELLER & BLIESNER, 1990). Para Sammis e Wu (1985), a manutenção imprópria do sistema de irrigação pode causar decréscimos de 60% na uniformidade de aplicação.

Em sentido complementar, diversos pesquisadores (SOLOMON, 1985; PIZARRO; CABELLO, 1990; LÓPEZ *et al.*, 1992) reportam que, fatores como coeficiente de variação de fabricação, a variação das características dos gotejadores devido a temperatura, problemas com entupimento e tempo de uso, afetam a uniformidade de um sistema por gotejamento expressivos reflexos na produção das culturas exploradas nesse sistema.

A agricultura irrigada é uma das alternativas de grande importância para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste do Brasil (SILVA *et al.*, 2010), pois ela assegura adequada e disponibilidade de água as culturas na quantidade e na época apropriada (SOUSA *et al.*, 2010). Este cenário evidencia a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que visem monitorar o desempenho de sistema de irrigação utilizado na cultura de feijão-caupi, notadamente, devido a sua adaptação às regiões tropicais e subtropicais, sobretudo em localizações áridas e semiáridas onde o recurso de água é limitado em virtude da má distribuição espaço - temporal das chuvas.

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), conhecido como feijão-de-corda, feijão-de-praia, feijão-de-estrada, feijão-de-rama, feijão-fradinho ou feijão macassar é uma cultura de grande importância econômica e nutricional. O mesmo é componente de dieta alimentar, especialmente, da população da região Norte e Nordeste do Brasil. Consiste em um grão rico em proteínas, minerais e fibras e a sua produção gera emprego e renda para a região Nordeste (NEVES *et al.*, 2011; SÁ, 2019). Nesse contexto, a avaliação periódica do desempenho do sistema de irrigação é fundamental para o adequado fornecimento de água, garantia de produtividade, maior rentabilidade e qualidade de vida aos produtores.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Monitorar o desempenho do sistema de irrigação por gotejamento para cultura de feijão - caupi cultivado sob níveis de reposição da água evapotranspirada.

2.2.1 Específicos

- Avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por gotejamento em função do nível de reposição de água evapotranspirada.
- Monitorar a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento em função do tempo de operação.
- Determinar o coeficiente de variação de vazão, a vazão relativa e o grau de entupimento de gotejadores em um sistema de irrigação por gotejamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO

A água tem se tornado um recurso limitado, tanto no desenvolvimento agrícola quanto urbano, principalmente em regiões semiáridas. A quantidade e o volume de água existente no planeta vêm diminuindo gradativamente, em decorrência da crescente expansão das atividades agrícolas, industriais e as relacionadas à degradação do meio ambiente (ALVES *et al.*, 2012).

O semiárido é uma região que apresenta longos períodos de seca e instabilidade climáticas, o que torna a irrigação indispensável quando se busca garantir a produção agrícola, entretanto o uso irracional dos recursos hídricos de boa qualidade é crescente, assim como a necessidade de aumentar a produção, transformando a utilização de água de qualidade inferior em uma realidade (SILVA *et al.*, 2019).

Neste cenário, a lógica de quanto maior a necessidade por alimento maior será o consumo de água está se tornando uma questão crítica na maioria das regiões áridas e semiáridas, portanto, soluções sustentáveis para garantir a segurança da água e dos alimentos devem ser exploradas (CHEKLI *et al.*, 2017).

O sistema de irrigação atualmente vem trazendo recurso necessário para as produtividades de diversas culturas, apresentando grande importância para a agricultura, que estão diretamente relacionados com o sistema planta, água, clima e solo; desta forma é preciso ter o conhecimento das relações entre esses aspectos, que são importantes para o projeto da irrigação, que tem a finalidade de conseguir maior produtividade e qualidade do produto (BISPO *et al.*, 2017).

O manejo apropriado da irrigação não pode ser considerado uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola, tendo, por um lado o uso eficiente da água, promovendo a conservação do meio ambiente e por outro lado o compromisso com a produtividade da cultura explorada (CAMARGO *et al.*, 2016).

3.2 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

A irrigação na agricultura deve ser entendida não somente como um seguro contra secas ou veranicos, mas como uma técnica que dê condições para que o material genético expresse em campo todo o seu potencial produtivo (HERNANDEZ, 2004). A água é de extrema importância para a sobrevivência de qualquer ser vivo, por esta razão é necessário utilizá-la de forma racional.

A irrigação, portanto, precisa ser utilizada de forma eficiente, sendo essencial o manejo de irrigação visando manter a eficiência de aplicação dos sistemas. Mas, a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação é uma questão pouco discutida pelos produtores, pois mesmo tendo acesso à tecnologia, muito não a utilizam de maneira adequada, devido à falta de conhecimento e orientação técnica (SILVA & SILVA, 2005).

Para RIBEIRO *et al.* (2010) um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta vantagens, como a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação das áreas cultivadas, de suma importância para agricultura brasileira, por viabilizar a irrigação para diversas culturas, entre as quais destacam-se as frutíferas e olerícolas. Já o sistema de irrigação por microaspersão caracteriza-se pela aplicação de água diretamente sobre a região explorada pelo sistema radicular da cultura, com pequenas vazões e alta frequência, o que contribui para manter um conteúdo adequado de umidade do solo (BERNARDO *et al.*, 2008).

Esse método de irrigação tem um consumo menor de energia e necessita de menos mão-de-obra para o manejo do sistema. Além disso, precisa de sistemas de filtragem para seu correto funcionamento podendo apresentar valores de eficiência de uniformidade de aplicação de água da ordem de 85 a 95% (MANTOVANI *et al.*, 2009). É relevante ressaltar, que a distribuição de água pelo sistema de irrigação localizada é influenciada pela alteração de pressão ao longo das tubulações, devido ao entupimento dos emissores. Assim, é essencial avaliar os sistemas periodicamente, de modo a minimizar perdas de água, energia elétrica e fertilizante.

3.3 DESEMPENHO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

É provado que a irrigação contribui para aumentar e garantir melhores produtividades as culturas, no entanto o seu uso de forma eficiente depende de uma série de fatores, dentre eles, o dimensionamento e as condições de operação e manutenção do sistema (PAULINO *et al.*, 2009). Afim de garantir o bom desempenho do sistema de irrigação é necessário realizar o teste de uniformidade de distribuição de água (RODRIGUES *et al.*, 2013), pois baixa uniformidade reduz a eficiência de aplicação de água causando o desenvolvimento desuniforme das plantas cultivada, além de diminuir a produtividade, devido ao excesso ou déficit de água no solo.

A baixa eficiência do sistema de irrigação se deve ao decréscimo na uniformidade de aplicação, causado geralmente por uma manutenção inapropriada do sistema de irrigação, podendo promover perdas de aproximadamente 60% da uniformidade. Outros fatores que

afetam a uniformidade é a variação na fabricação, nas características do gotejador, e o seu tempo de uso (SOUZA *et al.*, 2005).

Para determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento, é necessário o conhecimento da vazão dos gotejadores e pressão de serviço especificado pelo fabricante, além disso, deve-se considerar os critérios estabelecido por para cada um dos métodos avaliados. Os testes de uniformidades mais utilizados são coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade (CU), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), o coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) e o Coeficiente de Uniformidade Absoluto (CUA).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A presente pesquisa foi realizada na área experimental do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), Campus Sumé, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O município de Sumé tem como coordenadas geográficas: Latitude 7° 40 '18" S, longitude 36° 52' 54" O e altitude média de 518 m. Em Sumé, o verão é longo durante o ano inteiro, onde o clima é do tipo BSh (clima semiárido, quente e seco), segundo a classificação de Koopen. O tempo é úmido e de ventos fortes. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 18 °C a 34 °C, a estação de maior precipitação dura 3,8 meses, de 20 de janeiro a 14 de maio. A estação seca dura 8,2 meses, de 14 de maio a 20 de janeiro (WEATHER SPARK, 2023).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados com quatro níveis de reposição da água perdida por evapotranspiração da cultura (25, 50, 75, 100% da ETc) e quatro repetições (blocos).

4.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O método de irrigação localizada, com sistema por gotejamento, foi constituído de uma linha principal composta por conduto de cloreto de polivinila (PVC). Nesta linha, foi instalado um filtro de disco (120 mesh) para contenção de impurezas da água. As linhas laterais foram constituídas de fitas gotejadoras com emissores espaçados a cada 0,1 m e vazão de 1,05 L h⁻¹ quando operando em vazão de 0,5 bar. O sistema foi pressurizado por um conjunto motobomba com potência de 1 CV. Foram instalados quatro manômetro nas linhas laterais do sistema para monitoramento da pressão.

4.4 PARÂMETROS PARA OPERAÇÃO DO SISTEMA

4.4.1 Cálculo da lâmina bruta

A lâmina bruta foi calculada com base na equação 1.

$$LB = \frac{ET_o K_c K_L - P_e}{E_f}; LB \leq 0; LB = 0 \quad \text{Eq.1}$$

Em que: LB = lâmina bruta acumulada (mm) no período ($tf - ti$), em dias, entre irrigações consecutivas; ET_o = evapotranspiração de referência obtida diariamente no Tanque Classe 'A'; K_c = coeficiente de cultura; K_L = coeficiente de localização da aplicação de água pelo emissor; P_e = Precipitação pluvial ocorrida no período (mm); E_f = Eficiência de irrigação (0,85).

Os valores de LB foram multiplicados pelos fatores 0,25, 0,50, 0,75, 1,0 para obtenção dos níveis de reposição de 25, 50, 75, 100% da ET_c .

4.4.2 Cálculo da intensidade aplicação

A intensidade de aplicação de água foi calculada utilizando-se da equação 2.

$$I_a = \frac{\square \square \square}{\square \square} \quad \text{Eq.2}$$

Em que: I_a = intensidade de aplicação (mm h^{-1}); n = número de emissores por planta; v = vazão do emissor (L h^{-1}); ec = área ocupada pela planta (m^2) (Mantovani *et al.*, 2006).

4.4.3 Cálculo do tempo de irrigação

O tempo de irrigação diária foi calculado com base na equação 3.

$$T_i = \frac{\square \square}{\square \square} \quad \text{Eq.3}$$

Em que, T_i = tempo de irrigação (h); LB = Lâmina Bruta (mm); e I_a = intensidade de aplicação (mm h^{-1}) (MANTOVANI *et al.*, 2006).

4.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA

4.5.1 Uniformidade de aplicação de água

Para avaliação da uniformidade de distribuição de água foi utilizada a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), modificada por Deniculi *et al.* (1980) e descrita por Souza *et al.* (2006). Em cada nível de reposição de ETc, foram coletadas as vazões de 12 emissores localizados nas três linhas laterais no centro de cada bloco. Após estabilização do sistema, o tempo de coleta de vazão foi de três minutos.

Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), foi utilizada a Expressão 4, descrita por Keller e Karmeli (1975), enquanto que a uniformidade estatística (Us) foi determinada utilizando-se da Expressão 5 descrita por Souza *et al.* (2006) e o coeficiente de uniformidade (CUC) calculado utilizando-se da Expressão 6 (SILVA; SILVA, 2005).

$$CUD = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q} \quad \text{Exp.4.}$$

Em que CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição; q_{25} = média de 25% dos emissores em menores valores de vazão observadas; q = média das vazões considerando todos os emissores.

$$U_s = 100 (1 - CV) \quad \text{Exp.5.}$$

Em que: U_s = uniformidade estatística, em porcentagem; CV - coeficiente de variação de vazão dos emissores.

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - X|}{N \times X} \right\}, \text{ em porcentagem} \quad \text{Exp.6.}$$

Em que: N = número de emissores; X_i = vazão de coleta no i -ésimo ponto de coleta sobre a superfície do solo; X = vazão média aplicada.

4.5.2 Variação de vazão e grau de entupimento de emissores

Para avaliação do desempenho dos emissores, utilizou-se da metodologia descrita por Morata *et al.* (2014), em que foram utilizadas as seguintes características: vazão relativa (Qr)

Expressão 7, coeficiente de variação de vazão (CVQ) Expressão 8 e grau de entupimento (GE) Expressão 9.

$$Qr = \frac{Qa}{Qi} \cdot 100 \quad \text{Exp.7.}$$

Em que Qr = vazão relativa, % Qi = vazão do início do experimento, $L h^{-1}$, (15/12/2022), Qa = vazão final, $L h^{-1}$ (08/02/2023) aos 56 dias após o início da operação do sistema.

$$CVQ = \frac{S}{qm} \cdot 100 \quad \text{Exp.8.}$$

Em que CVQ = coeficiente de variação de vazão, %; S = desvio padrão da amostra, $L h^{-1}$; qm = vazão média da amostra, $L h^{-1}$.

$$GE = 100 \left(1 - \frac{Qa}{Qi} \right) \cdot 100 \quad \text{Exp.9.}$$

Em que, GE = grau de entupimento dos emissores, %; Qi = vazão do início do experimento, $L h^{-1}$; Qa = vazão final, $L h^{-1}$.

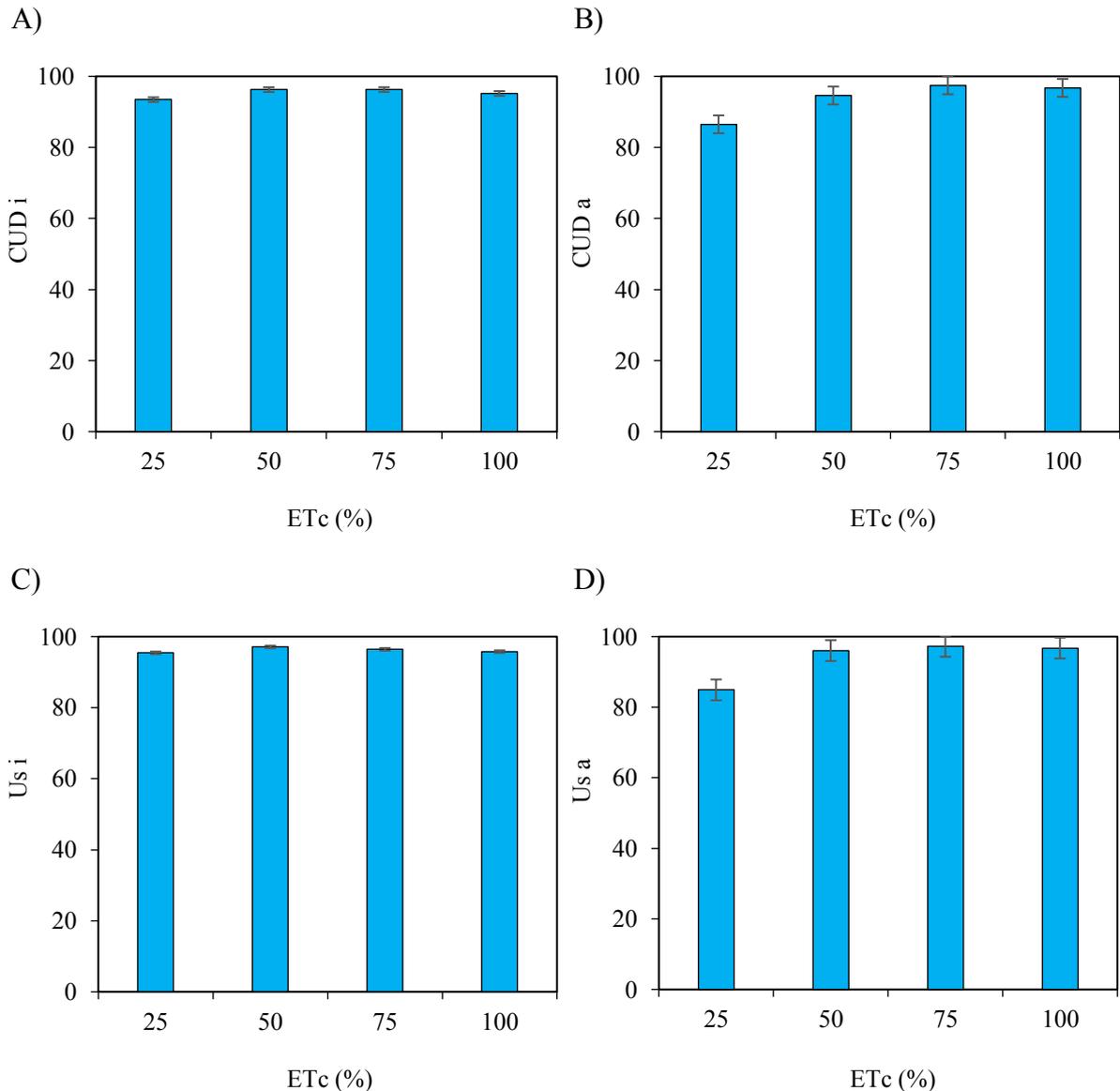
Para classificação dos indicadores de desempenho do sistema, foram utilizados os critérios de classificação descritos por Merriam e Keller (1978), em que estes pesquisadores mencionam que um critério geral para interpretação dos valores CUD para o sistema, em que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80% e 90%, bom; 70% e 80%, regular; e menor que 70%, ruim (VIDAL *et al.*, 2012). Morata *et al.* (2014) reportam que o GE menor que 0% é classificado com sem entupimento, GE entre 0 e 10% é baixo, GE entre 10 e 40% é médio, GE entre 40 e 90% é alto e GE entre 90 e 100% é muito alto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da avaliação do desempenho dos sistema de irrigação para a cultura do feijão-caupi, verificou-se que o coeficiente e uniformidade de distribuição de água no início do experimento (CUD i) variou entre 93,46 com a reposição de 25% da ETc e 96,30% com a reposição de 75% da ETc, enquanto que aos 56 dias após o início da operação do sistema o CUD i variou entre 86,50% com 25% da ETc e 97,47% com 75% da ETc, evidenciando que o menor nível de reposição de água (25% da ETc) provocou redução da uniformidade de distribuição de água, sobretudo aos 56 dias após o início da operação do sistema, haja vista a diferença percentual de 7,4% do CUD quando os valores obtidos no nível de reposição de 25% da ETc são comparados no início e final do experimento (Figura 1A e B).

O valor encontrado para a uniformidade estatística inicial (Us i) variou entre 95,42 com a reposição de 25% da ETc e 97,09 com a reposição de 50%, e após os 56 dias obteve-se o Us i variando entre 84,9% com 25% da ETc e 97,24% com 75% da ETc, observando-se que o menor nível de reposição de água (25% da ETc) foi a menor aos 56 dias após o início do sistema (Gráfico 1C e D).

Gráfico 1 - Coeficiente de uniformidade de distribuição inicial (A) e final (B), uniformidade estatística inicial (C) e final (D).



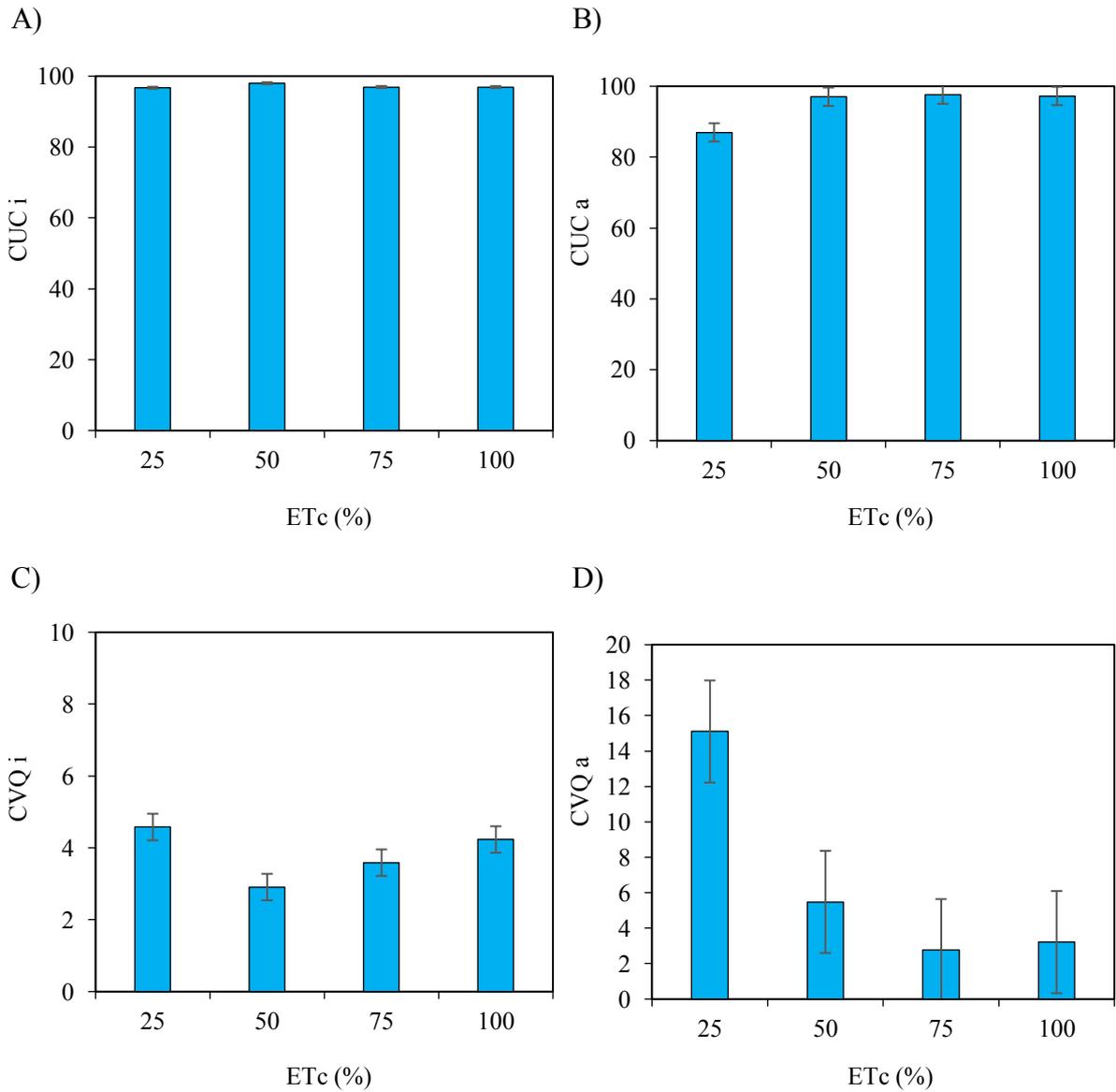
Fonte: Elaboração da equipe de pesquisa.

Com os dados obtidos verificou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição de água pelos emissores de Christiansen no início do experimento (CUC i) variando entre 96,72 com a reposição de 25% da ETc e 98,01 com a reposição de 50% da ETc, e logo após o período de 56 dias o (CUC i) variou de 86,98 com a reposição de 25% da ETc até 97,63 com a reposição de 75% da ETc, verifica-se o menor nível de uniformidade dos emissores após os 56 dias do início da operação do sistema foi na reposição (25% da ETc), com uma diferença percentual de 10,07 do CUC comparando o valor inicial e final da reposição de 25% da ETc (Figura 2ª e B).

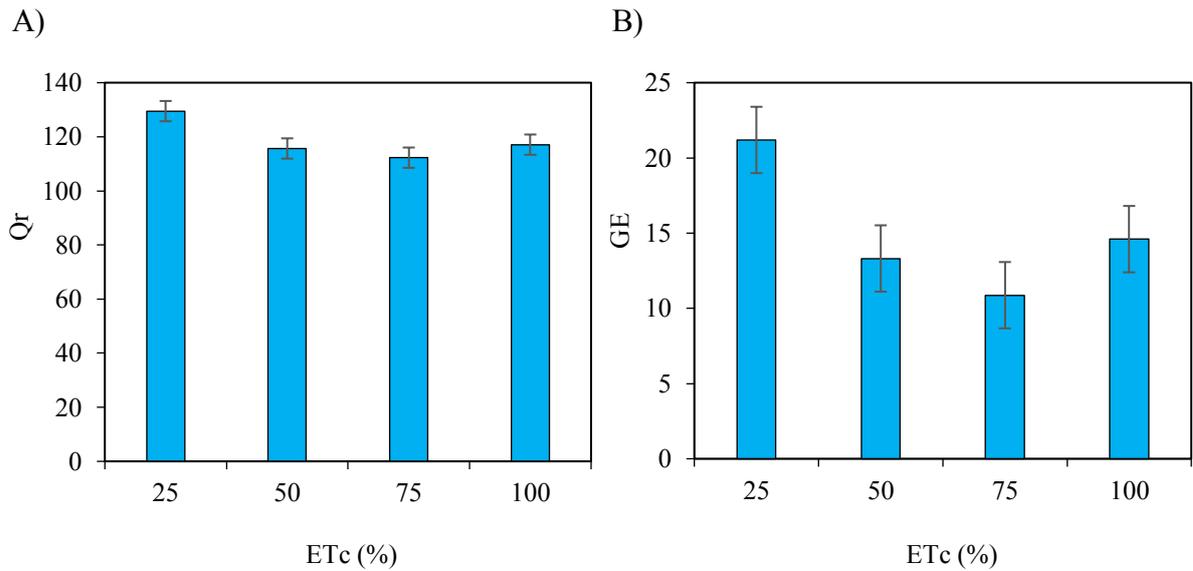
Os valores obtidos para o coeficiente de variação da vazão (CVQ i) variaram entre 2,90 com a reposição de 50% da ETc até 4,58 com a reposição de 25%, após os 56 dias variou-se de

2,76 com reposição de 75% da ETc até 15,10 com reposição de 25% da ETc com que indica a variação devido a causas diferentes da hidráulica, decorrente da variação de fabricação, obstrução do emissor, tempos do uso do sistema e variação da vazão dos emissores, em função dos fatores construtivos e temporais. O valor encontrado para o CVQ médio final (6,63%), foi considerado médio, caracterizando bom coeficiente de variação das vazões dos emissores instalados no campo, porém se observou entupimento de alguns emissores com pouco uso do sistema de irrigação. Segundo normas da ASAE (1996) quando ocorre obstrução dos emissores, o CVQ apresenta valores acima de 0,20. Como o resultado apresentou valor superior, infere-se, que a causa da obstrução, ocorrida pela presença de material sólido (mineral ou orgânico) na água de irrigação passou pelos filtros. Também, dada a pequena magnitude de fatores causadores de desuniformidade (perdas de carga, declividade e diferencial de temperatura da água) e CVq no decorrer do experimento (12,47%) as diferenças encontradas foram relacionadas ao processo de entupimento de alguns dos emissores.

Gráfico 2 - Coeficiente de uniformidade de vazão de Christiansen inicial (A) e final (B), coeficiente de variação da vazão inicial (C) e final (D).



Fonte: Elaboração da equipe de pesquisa.

Gráfico 3 - Vazão relativa (A) e grau de entupimento (B) dos emissores.

Fonte: Elaboração da equipe de pesquisa.

Os valores obtidos para a variação de vazão e grau de entupimento dos emissores no qual a vazão relativa (Qr) variou entre 129,47 com a reposição de 25% da ETC até 112,27 com a reposição de 75% da ETC, em que o grau de entupimento (GE) variou entre 10,87 com a reposição de 75% da ETC até 21,19 na reposição de 25% da ETC, evidenciando que o GE classifica-se como médio entre 10 e 40% para o grau de entupimento dos emissores.

6 CONCLUSÃO

Com base nas discussões referentes aos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que: Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente estatístico de variação de vazão dos emissores (CVq) e o grau de entupimento dos emissores (GE) foram classificados como satisfatório na área irrigada pelo sistema de irrigação localizada com a cultura do feijão-caupi; Os resultados encontrados dos parâmetros de eficiência de aplicação de água estão dentro dos padrões de classificação de desempenho dos emissores para o sistema de irrigação localizada por gotejamento.

REFERÊNCIAS

- SACCON, P. Água para agricultura, manejo de irrigação. **Ecologia Aplicada do Solo**, v.123, p.793-796, 2018. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/livro-2-agricultura-irrigada.pdf>. Acesso em: 27 de mar. de 2023
- KISEKKA, I. *et al.* Incertezas na avaliação da lixiviação em campos microirrigados usando a abordagem de balanço hídrico. *Agricultural Water Management*, 213: 107-115, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/nFf4sHYSGCxP5RQqbcGLZgh/?lang=pt>. Acesso em: 27 de mar. de 2023
- SOARES, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Irriga**, Edição especial, p.40-54, 2012. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/ZRSzMk8bS3dBvXxKyTyJMTm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 de mar. de 2023
- SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S.L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.3, jul./set. 2006.
- Keller, J.; Bliesner, R. D. **Irrigação por aspersão e gotejamento**. Nova York: Avibook, 1990.649p. Acesso em: 27 de mar. de 2023
- SAMMIS, T.W.; WU, I. P. Efeito do projeto e manejo da irrigação por gotejamento no rendimento da cultura. **Transações da ASAE**, São José, v.28, n.4, p.832-837, 1985. Acesso em: 27 de mar. de 2023
- SOLOMON, K. H. Uniformidade global de sistemas de irrigação por gotejamento. **Transações da ASAE**, São José, v.28, n.4, p.1151-1158, 1985.
- PIZARRO;CABELLO, F. **Riegos localizado de alta frequência: goteo, microaspersão e exsudação**. Madri: Mundi-Prensa, 1990. 471p.
- SOUZA, R. M. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Dias, N. Da S.; Soares, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v.23, p.125-133, 2010.
- NEVES, J.A. 2011. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agronômica**, 42: 702-713.
- SILVA, L. K. dos S., Alves, M. C. J. L., Costa, R. N.,Silva, D. M. R., Santos, J. C. C., Moura, F. B. P.,Junior, J. M. S., Silva, J. V., 2019. **Troca de Gases e Eficiência Fotoquímica da Caatinga Plantas Submetidas a Diferentes Águas Estratégias de Gestão**. *Jornal da Agricultura Ciência* 11 53.

BISPO, R. C.; FLORES, D. S.; SANTOS, V. N. H. B.; VENTURA, K. M.; QUEIROZ, S. O. P. MANEJO DE IRRIGAÇÃO PARA CULTIVO DE PIMENTÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO, IV INOVAGRI International Meeting, Botucatu, SP. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Queiroz2/publication/320116065_MANEJO_DE_IRRIGACAO_PARA_CULTIVO_DE_PIMENTAO_EM_AMBIENTE_PROTEGIDO.

CAMARGO, D. C. Conservação, uso racional e sustentável da água. Ministério do Meio Ambiente e Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada. Fortaleza, CE. 2016. Disponível em: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17 n. 34; p. 2020285 https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/251/1/Avaliacao_de Equipamentos.pdf. Acesso em: 27 mar. 2023

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G. DE; REIS, E. F. DOS. **Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro**. Ambiência Guarapuava (PR). 2013, 9, 2, 323-334.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation desing. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975, 133p. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/1272-Texto%20do%20Artigo-10967-1-10-20170130.pdf>. Acesso em: 27 mar, 2023.