

COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE NA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL EM ÁREA DE PASTAGEM CULTIVADA

JOAQUIM MAURO DE MOURA NETO¹; ANDRÉ ARAÚJO DO NASCIMENTO²; IGOR OLIVEIRA DA SILVA²; CARLA EMANUELA DE OLIVEIRA²; ALEXANDRE REUBER ALMEIDA DA SILVA³ E CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES³

¹Graduando em Engenharia Agrícola, IFCE - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre km 05, s/n, Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil, mauromoura2205@gmail.com; (<https://orcid.org/0009-0003-1044-1344>).

²Graduando em Engenharia Agrícola, IFCE - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre km 05, s/n, Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil, andraxaraujo@gmail.com; (<https://orcid.org/0009-0004-8335-4097>).

²Graduando em Engenharia Agrícola, IFCE - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre km 05, s/n, Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil, igoroliveiras2203@gmail.com; (<https://orcid.org/0009-0000-1181-215X>).

²Graduanda em Engenharia Agrícola, IFCE - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre km 05, s/n, Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil, carlaemanueladeoliveira@gmail.com; (<https://orcid.org/0009-0009-7097-4939>).

³Professor Doutor, IFCE - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre km 05, s/n, Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil, alexandre.reuber@ifce.edu.br; (<https://orcid.org/0000-0002-9757-7265>).

³Professor Doutor, IFCE - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre km 05, s/n, Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil, newdmarmar.fernandes@ifce.edu.br; (<https://orcid.org/0000-0001-8678-021X>).

1 RESUMO

Neste estudo, objetivou-se analisar o desempenho de um sistema de irrigação por aspersão convencional, caracterizado por um espaçamento de 12 x 12 metros, implementado em uma área de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça), localizada no município de Iguatu, CE. Essa análise baseou-se na avaliação dos seguintes parâmetros: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). A avaliação do desempenho do sistema de irrigação por aspersão convencional em análise revela uma variedade de resultados. O coeficiente Us (73,00%) foi classificado como "Razoável", indicando uma uniformidade relativamente satisfatória na distribuição de água. No entanto, os coeficientes CUC (67,98%) e CUD (66,67%) foram classificados como "Ruim" e "Razoável", respectivamente, sugerindo que a uniformidade de distribuição de água na área é insatisfatória. Conclui-se que a distribuição de água de irrigação na área em estudo está razoavelmente comprometida, evidenciada pelos baixos valores observados em todos os coeficientes de uniformidade avaliados, os quais estão abaixo dos padrões recomendados como minimamente ideais pela literatura científica especializada.

Palavras-chave: homogeneidade da irrigação, padrão de distribuição de água, performance hidráulica.

**MOURA NETO, J. M.; NASCIMENTO, A. A.; SILVA, I. O.; OLIVEIRA, C. E.;
SILVA, A. R. A.; FERNANDES, C. N. V.**
**UNIFORMITY COEFFICIENTS IN CONVENTIONAL SPRAY IRRIGATION IN
CULTIVATED PASTURE AREA**

2 ABSTRACT

In this study, the objective was to analyze the performance of a conventional sprinkler protection system, characterized by a spacing of 12×12 meters, implemented in an area of Mombaça grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça), located in the municipality of Iguatu, CE. This analysis was based on the evaluation of the following parameters: the Christiansen uniformity coefficient (CUC), the statistical uniformity coefficient (Us) and the distribution uniformity coefficient (CUD). Evaluating the performance of the conventional sprinkler supervision system under review reveals a variety of results. The Us coefficient (73.00%) was classified as "reasonable", indicating relatively satisfactory uniformity in water distribution. However, the CUC (67.98%) and CUD (66.67%) coefficients were classified as "poor" and "reasonable", respectively, demonstrating that the uniformity of the water distribution in the area was unsatisfactory. It is concluded that the distribution of control water in the area under study is reasonably compromised, as evidenced by the low values observed in all the uniformity coefficients evaluated, which are below the standards recommended as minimally ideal by specialized scientific literature.

Keywords: irrigation homogeneity, water distribution pattern, hydraulic performance.

3 INTRODUÇÃO

A prática da agricultura irrigada é reconhecida por ser uma das atividades agrícolas que demandam maior quantidade de água. Desta maneira, não se pode considerar apenas como um meio de suprir a demanda hídrica das plantas, uma vez que envolve aspectos importantes das relações homem, meio ambiente e utilização sustentável dos recursos naturais e, portanto, precisa ser bem dimensionada e manejada, para que se garanta uma boa uniformidade de aplicação da água (Rodrigues *et al.*, 2024).

A irrigação por aspersão convencional é essencial na agricultura, por vários motivos, dentre eles, a eficiência no uso da água, que visa minimizar os desperdícios, que é de grande importância para áreas com escassez hídrica. A capacidade de distribuição de água uniforme

garante com que as plantas do cultivo recebam a mesma quantidade de água. Além da versatilidade de se adaptar a vários tipos de solos e de culturas, que economicamente tem um bom ganho, com redução de custos na operação, com energia, mão de obra, e ainda aumenta a produtividade agrícola.

Saretta *et al.* (2018) diz que o projeto de um sistema de irrigação por aspersão convencional baseia-se no dimensionamento dos itens que compõe o sistema e devem ser divididos em duas fases, o dimensionamento agrônômico e operacional e, posteriormente, o dimensionamento hidráulico. O projeto deve ser formulado considerando a evapotranspiração máxima que a cultura será capaz de apresentar no ciclo vegetativo e a maior altura manométrica que deverá ser excedida para efetuar a irrigação.

Todavia, além desses fatores, deve-se buscar alcançar uma uniformidade mínima de irrigação em todos os eventos de

irrigação, haja vista que a uniformidade da aplicação de água na irrigação afeta diretamente a eficiência de uso da água e o rendimento da cultura. Por sua vez, a avaliação da uniformidade da irrigação vem sendo negligenciada a nível de propriedade agrícola e as informações geradas por avaliações dessa natureza podem governar a adoção de algumas medidas simples de manejo nos sistemas, que resultaria em uma melhoria acentuada no desempenho da irrigação, atingindo níveis satisfatórios de uniformidade e de eficiência (Maroufpoor; Maroufpoor; Khaledi, 2019).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar e analisar um sistema de irrigação por aspersão convencional, com espaçamento de 12 x 12 metros, implantado em uma área de cultivo de de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça), no município de Iguatu, CE, com base nos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação do sistema de irrigação por aspersão convencional foi conduzida em novembro de 2023, na área experimental de cultivo de de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *campus* Iguatu, situado no município de Iguatu – CE. Este município está localizado na região Centro-Sul do estado do Ceará, a uma altitude de 217,8 metros acima do nível do mar, coordenadas 06° 21' de latitude sul e 39° 17' de longitude oeste. O clima local é classificado como BSw'h', caracterizado como semiárido e muito quente, de acordo com a metodologia de Köppen, e o solo é classificado como areia franca (0 – 20 cm).

O sistema avaliado é do tipo aspersão convencional em malha, e um dos piquetes da área experimental foi selecionado para condução dos testes devido à sua representatividade. Os instrumentos utilizados para avaliação do sistema de irrigação consistiam em coletores da marca Fabrimar, provetas graduadas em mililitros, cronômetros, recipientes com capacidade de 20 litros, mangueiras e trenas métricas.

Inicialmente, para demarcar a área de estudo, foram posicionados coletores pluviométricos em quadrículas de 3 x 3 metros, a uma altura média de 60 centímetros em relação à superfície do solo, entre seis aspersores. Durante os testes, foram realizadas medições de vazão dos aspersores utilizando tubulações conectadas aos bocais de cada aspersor, um reservatório com capacidade de 20 litros e um cronômetro de precisão. A vazão foi determinada como a média aritmética de cinco repetições para cada aspersor e para cada piquete correspondente.

Durante a irrigação, cada coletor interceptava toda a água descarregada durante um período de duas horas, coincidindo com aproximadamente metade do tempo total de irrigação adotado na área experimental. Ao término dos testes, os volumes de água coletados foram medidos utilizando provetas graduadas de 15 milímetros da marca Fabrimar.

A avaliação do desempenho e eficiência do sistema de irrigação por aspersão convencional baseou-se nos seguintes parâmetros: com base nos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), foi obtido a partir da equação 1:

$$CUC = 100 \times \frac{[1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{nQ}]}{nQ} \quad (1)$$

Em que: Q_i = Precipitação coletada em cada coletor (mm); Q = Média das precipitações coletadas de todos os coletores ($L\ h^{-1}$); n = número de coletores analisados.

Para o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), utilizou-se a equação 2:

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad (2)$$

Em que: $Q_{25\%}$ = média de 25% do total de coletores com as menores precipitações, (mm); q_m = média das precipitações coletadas nos coletores na subárea (mm).

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) é outro que pode ser utilizado para a determinação da uniformidade de sistemas de irrigação e foi calculado pela equação 3:

$$CUE = 100 \cdot \left(\frac{S}{X} \right) \quad (3)$$

Em que: S = desvio padrão dos dados de precipitação; X_i = lâmina observada no coletor i , mm; X = média das precipitações, mm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade da distribuição de água sobre uma área irrigada é medida através de coeficientes de uniformidade, ou qual é utilizado para avaliar a eficiência do sistema de uniformidade. Neste caso, os valores calculados dos coeficientes apresentados na Tabela 1 indicam quão uniformemente a água é distribuída pelo sistema de irrigação.

Tabela 1. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e respectivas classificações dos coeficientes do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado.

Coeficientes	Valores calculados (%)	Classificação
CUC	67,98	Ruim
Us	73,00	Razoável
CUD	66,67	Razoável

Fonte: Autor

O desempenho do sistema de irrigação por aspersão convencional em análise pode ser considerado “misto”, conforme os valores calculados mostrados (Tabela 1). Classificação proposta por Mantovani (2001). Seguindo como base a Tabela 2, tendo por base a classificação proposta por Mantovani (2001), a classificação de “Razoável” do coeficiente U_s apresenta uma uniformidade relativamente boa na distribuição de água. Os coeficientes CUC e CUD, ao contrário, são denominados “Ruim” e “Razoável”,

respectivamente, diminuindo que a uniformidade de distribuição de água nessas áreas é menos satisfatória (Tabela 1).

Desses resultados, é possível deduzir que há áreas onde o sistema de irrigação por aspersão convencional pode ser melhorado. Por exemplo, a água é mais uniformemente distribuída em comparação com outros coeficientes, conforme a uniformidade estatística (U_s), enquanto os CUC e o CUD sugerem variações significativas na distribuição de água em algumas partes da área irrigada.

Tabela 2. Classificação dos valores de desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

Classificação	CUC	US	CUD
		(%)	
Excelente	> 90	90 – 100	> 84
Bom	80 – 90	80 – 90	68 – 84
Razoável	70 – 80	70 – 80	52 – 68
Ruim	60 – 70	60 – 70	36 – 52
Inaceitável	< 60	< 60	< 36

Fonte: Mantovani (2001).

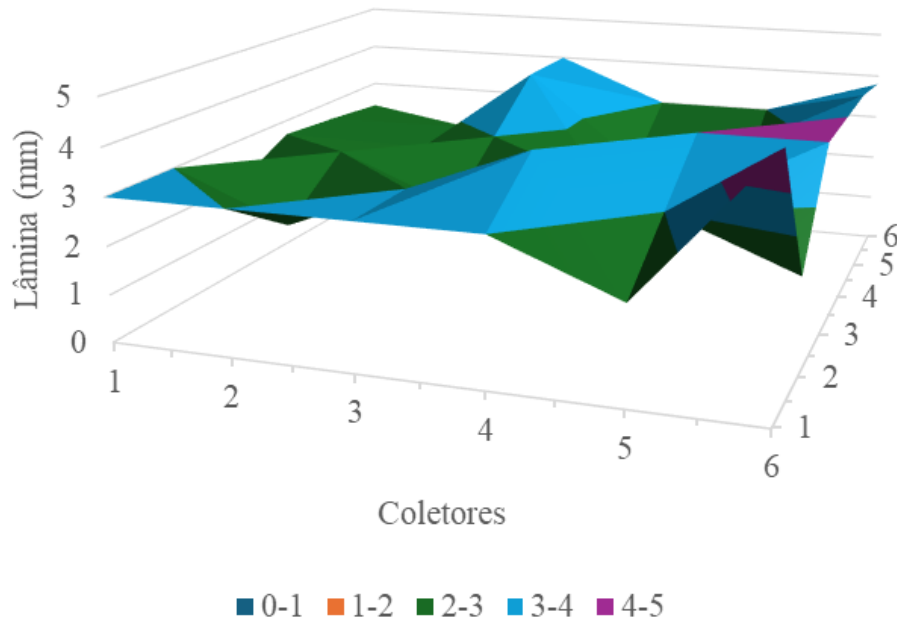
A investigação aprofundada é necessária para determinar as causas das diferenças na distribuição de água, pois os resultados podem promover uma investigação mais abrangente. A uniformidade da integridade pode ser afetada por fatores como a pressão da água, a deficiência dos aspersores e a verificação adequada da manutenção do sistema de irrigação.

Embora os resultados apontem preocupações, eles também apresentam também oportunidades para melhorias no sistema de irrigação. Determinar e ajustar as deficiências pode contribuir para uma distribuição uniforme de água, o que pode levar a uma utilização mais eficiente da água, aumentando a produtividade e

reduzindo os gastos operacionais. A discussão em torno destas conclusões destaca a importância de avaliar a eficiência do sistema de irrigação utilizando coeficientes de uniformidade, bem como a necessidade de investigação e ação para melhorar a uniformidade da distribuição de água.

Na Figura 1, é apresentada a representação gráfica das precipitações coletadas durante o ensaio dos aspersores instalados na área experimental. Observa-se uma considerável amplitude de precipitação em ambos os piquetes avaliados, o que possivelmente contribui para explicar os baixos valores dos parâmetros encontrados na análise do desempenho do sistema de irrigação.

Figura 1. Distribuição espacial da lâmina de água na superfície do solo, referentes ao teste de uniformidade de distribuição com os aspersores, espaçados 12 x 12 m.



Fonte: Autor.

A ineficiência da irrigação por aspersão em condições de campo, amplamente documentada na literatura científica, está diretamente relacionada à significativa desuniformidade na distribuição de água, conforme demonstrado nos gráficos apresentados. Este fenômeno é corroborado por estudos anteriores, como o de Bernardo *et al.* (2019), que destacam não apenas a influência da uniformidade na distribuição da água, mas também as perdas associadas à evaporação e ao arraste pelo vento.

Estas últimas são influenciadas principalmente pela velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar. As diferenças observadas entre os picos de déficit e excesso de água na Figura 1 podem estar diretamente relacionadas à ação dos ventos durante a realização do teste.

6 CONCLUSÕES

A distribuição de água de irrigação na área em estudo está razoavelmente comprometida, evidenciada pelos baixos valores observados em todos os coeficientes de uniformidade avaliados, os quais estão abaixo dos padrões recomendados como ideais pela literatura científica.

Esta constatação aponta para um desempenho insatisfatório do sistema de irrigação avaliado, o qual se mostra praticamente inadequado para o tipo de cultivo em análise.

7 REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019.
- MANTOVANI, E. C. **Avalia**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

- MAROUFPOOR, S.; MAROUFPOOR, E.; KHALEDI, M. Effect of farmers' management on movable sprinkler solid-set systems. **Agricultural Water Management**, Teerã, v. 223, article 105691, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377418320389>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- RODRIGUES, F. B.; SILVA, M. C.; VIANA, J. S.; SANTANA, J. S. Avaliação do espaçamento entre aspersores de um sistema de irrigação por aspersão convencional. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, Malaga, v. 17, n. 1, p. 764-779, 2024.
- SARETTA, E.; CAMARGO, A. P.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A.; KOECH, R.; MOLLE, B. Test methods for characterizing the water distribution from irrigation sprinklers: Design, evaluation and uncertainty analysis of an automated system. **Biosystems Engineering**, Piracicaba, v. 169, p. 41-56, 2018.