

Controle estatístico de parâmetros hidráulicos de fitas gotejadoras irrigadas com água de abastecimento urbano

Statistical control of hydraulic parameters of drip tape irrigated with urban supply water

Maria Viviane Palmeira da Costa¹, José Dantas Neto², Vera Lúcia Antunes de Lima³, Mayra Gislayne Melo de Lima⁴, Maria Sallydelândia de Farias Araújo⁵, Yohana Macêdo de Farias Pinto⁶

RESUMO: A irrigação é uma técnica de grande relevância para o setor agrícola, sendo uma tecnologia disseminada no semiárido como suprimento para a escassez hídrica que, em geral, predomina na região. Sendo de grande importância a avaliação e o monitoramento dos equipamentos de irrigação, visando o aumento da eficiência e da produtividade agrícola. O objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho hidráulico de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizando água de abastecimento urbano, a partir das cartas de controle estatístico de Shewhart. O experimento foi desenvolvido em uma área pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Campus de Campina Grande – PB. Para a análise do desempenho hidráulico foram calculados os parâmetros coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e eficiência de aplicação de água (Ea) para dois modelos de fitas gotejadoras distintas (FS e FT). Os ensaios foram realizados a cada 24 horas, ao longo de 576 horas, totalizando 25 ensaios, com a pressão de serviço de 100 kPa. Os resultados obtidos possibilitaram a classificação baseada no coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para o modelo FS como “Bom” e para o modelo FT como “Inaceitável”. Para a eficiência de aplicação (Ea) o modelo de FS foi classificado como “Médio” e o modelo de FT como “Ruim”. Desse modo, conclui-se que o modelo de fita gotejadora FS apresentou melhor desempenho hidráulico ao final do período estudado.

Palavras-chave: Coeficiente de uniformidade de distribuição; Eficiência de aplicação de água; Irrigação localizada.

ABSTRACT: Irrigation is a technique of great importance to the agricultural sector, and is a technology that has been disseminated in the semi-arid region as a solution to the water scarcity that generally prevails in the region. It is of great importance to evaluate and monitor irrigation equipment in order to increase efficiency and agricultural productivity. The aim of this research was to evaluate the hydraulic performance of drip irrigation systems using urban water supply, using Shewhart's statistical control charts. The experiment was carried out in an area belonging to the Irrigation and Drainage Engineering Laboratory (LEID) of the Agricultural Engineering Academic Unit (UAEA) of the Federal University of Campina Grande (UFCG), Campina Grande - PB. To analyze hydraulic performance, the parameters distribution uniformity coefficient (DUC) and water application efficiency (Ea) were calculated for two different drip tape models (FS and FT). The tests were carried out every 24 hours over 576 hours, totaling 25 tests, with a working pressure of 100 kPa. The results obtained made it possible to classify the coefficient of distribution uniformity (CUD) for the FS model as “Good” and for the FT model as “Unacceptable”. For application efficiency (Ea), the FS model was classified as “Average” and the FT model as “Poor”. It can therefore be concluded that the FS drip tape model showed better hydraulic performance at the end of the study period.

Keywords: Distribution uniformity coefficient; Localized irrigation; Water application efficiency.

Autor correspondente: Clarice Ribeiro Cardoso

E-mail: clara-ribeiro94@outlook.com

Recebido em: 2024-02-27

Aceito em: 2024-09-17

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB), Brasil.

² Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB), Brasil.

³ Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Docente Titular da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB), Brasil.

⁴ Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Técnica no Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB), Brasil.

⁵ Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Docente Associada Nível IV e dos Programas de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e de Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da UFCG, Campina Grande (PB), Brasil.

⁶ Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB), Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da água na agricultura é uma das principais e mais importantes aplicações dada a este recurso natural. Fazendo com que a agricultura irrigada seja a maior usuária de água no mundo, por depender essencialmente desse recurso para a sua subsistência. A técnica da irrigação é processo fundamental que possibilita a produção de alimentos em quantidade superiores com um aumento da produtividade na ordem de até três vezes em relação a produção em sequeiro, elevando a renda do produtor rural, aumentando a oferta e a regularidade de alimentos, e em regiões semiáridas ela é essencial para a manutenção da agricultura (Silva *et al.*, 2022; Bernardino, 2022).

Dessa maneira, conhecendo a importância da irrigação na agricultura, a avaliação de parâmetros que possam afetar a qualidade da irrigação é essencial, principalmente daqueles relacionados à uniformidade de distribuição de água, sendo necessário no manejo de irrigação visando manter a alta eficiência de aplicação de água nos sistemas. Segundo Nunes (2018) a uniformidade de aplicação de água deve ser entendida como a aplicação da mesma quantidade de água e/ou fertilizante por toda a área irrigada, sendo necessária a verificação da uniformidade de um sistema de irrigação após sua instalação e, frequentemente, ao decorrer de seu uso, como meta para manter o bom funcionamento do sistema, para que haja a localização de entupimentos e/ou vazamentos que venham a ocorrer e a adoção rápida de medidas mitigadoras.

Assim, a necessidade de avaliação da uniformidade de emissão da água aumenta de acordo com o tempo de uso do equipamento, uma vez que o uso prolongado provoca uma maior suscetibilidade para a obstrução de orifícios, afetando a uniformidade de distribuição de água e, por consequência, o rendimento da cultura (Nascimento *et al.*, 2009). Existem outros fatores que podem afetar a uniformidade de distribuição da água nos sistemas de irrigação localizada como, por exemplo, a velocidade da água na tubulação, a pressão de serviço do emissor, o alinhamento da linha lateral e o entupimento dos emissores (Silva *et al.*, 2014).

Dentre os diversos coeficientes utilizados para estimar a situação da uniformidade distribuição de água de uma subunidade de irrigação localizada tem-se o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). Santos *et al.* (2013) ressaltam a essencialidade da avaliação desse parâmetro hidráulico em qualquer método de irrigação, visto que problemas na uniformidade afetam a eficiência do uso da água e como consequência, na quantidade e na qualidade da produção.

Dessa maneira, o uso do controle estatístico da qualidade (CEQ) surgiu nesse experimento com o objetivo de identificar e estudar desvios ou irregularidades presentes nos processos, para avaliar os dados obtidos e sugerir ações para minimizar a influência de não conformidades ao produto final.

As cartas ou gráficos de controle estatístico são uma das principais ferramentas usadas no monitoramento do desempenho de processo, sendo ferramentas benéficas para o monitoramento da variabilidade e da estabilidade. O principal objetivo é diferenciar a ocorrência de causas especiais, que provocam mudanças importantes no processo daquelas provocadas por causas comuns ou aleatórias (Hermes, 2013; Garcia *et al.*, 2020), destacando dentre as cartas de controle estatístico existentes, as Cartas de Shewhart.

Nesse sentido, é fundamental buscar alternativas para aumentar cada vez mais a eficiência da irrigação, minimizando consequentemente o desperdício de recursos hídricos no setor agrícola. Um dos critérios de melhoria reside no dimensionamento da rede, considerado no momento da concepção do projeto e com potencial de planejamento de um sistema que otimize a utilização da água, resultando na implantação de uma irrigação que promova redução de custos e diminuição do risco do investimento diante da maior disponibilidade hídrica gerada pela economia do recurso (Castelani; Moreira, 2018).

Dessa forma, os benefícios obtidos com a utilização de sistemas de irrigação de alta uniformidade e eficiência de aplicação de água tem incentivado os fabricantes a desenvolverem sistemas cada vez mais modernos, destacando nesse âmbito a irrigação por gotejamento e a procura incessante para solucionar as limitações presentes nos sistemas mais antigos, em especial, no que se refere ao entupimento dos emissores e a variação de vazão (Vale, 2019).

Diante disso, essa pesquisa teve por objetivo monitorar o desempenho hidráulico de diferentes modelos de fitas gotejadoras utilizando água de abastecimento urbano, a partir das cartas de controle estatístico de Shewhart.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma área experimental pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Campina Grande - PB.

Para a realização dos ensaios foi utilizada uma bancada experimental desenvolvida por Ferreira (2015), confeccionadas em madeira, com 4,40 m de comprimento, 0,60 m de largura e 1,20 m de altura com capacidade para avaliação de quatro linhas laterais, simultaneamente, em que foi instalada uma unidade de irrigação por gotejamento, composta por: eletrobomba de ½ CV com vazão máxima de 35 L min⁻¹ (monofásica) 220 V, reservatórios de água com capacidade para 500 L (caixas d'água em polietileno), filtro de disco de 120 mesh, manômetro de glicerina (na saída da bomba e nas extremidades finais da linha principal), válvula de retenção, registro de globo, tubos de PVC, conexões e fitas gotejadoras.

Foram analisados dois modelos de fitas gotejadoras comercializadas no comércio local, com emissores convencionais planos, do tipo pastilha espaçados em 0,20 m, cujas características obtidas de catálogos técnicos fornecidos pelos fabricantes estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Especificações técnicas da fita gotejadora a ser utilizada no experimento.

Nomenclatura	Fabricante	Modelo	DA	Q (L h ⁻¹) [*]	k ^{**}	x ^{**}	PN (kPa) ^{**}	DN (mm) ^{**}	EE (m) ^{**}
FS	Azud	Sprint	Não	1,6	0,49	0,5	50-125	16	0,20
FT	Petroísa	Tiquira	Não	1,5	0,46	0,5	100	16	0,20

Nota: DA = dispositivo de auto compensação; Q = vazão nominal; k = coeficiente de vazão; x = expoente da vazão que caracteriza o regime de escoamento; PN = pressão nominal; DN = diâmetro nominal e EE = espaçamento entre emissores. * Vazão nominal das fitas gotejadoras na pressão de serviço de 100 kPa; **Informações obtidas no catálogo dos fabricantes.

A água de irrigação utilizada na pesquisa, foi proveniente do abastecimento urbano do município de Campina Grande – PB, a qual atende a todo o campus da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e é fornecida pela Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba – CAGEPA.

Com o intuito de analisar o desempenho hidráulico dos emissores foram avaliados 25 eventos de irrigação, a cada 24 horas, totalizando 576 horas de funcionamento das unidades de irrigação, com a pressão pré-estabelecida de 100 kPa. De cada um dos modelos de fitas gotejadoras estudadas na pesquisa, foram instaladas duas linhas laterais, sendo selecionados 8 emissores, totalizando 32 emissores avaliados por ensaio.

Os dados foram obtidos seguindo a metodologia proposta por Denículi *et al.* (1980), a partir da coleta dos volumes de água dos emissores selecionados nas quatro linhas laterais, simultaneamente,

e aferidos com o auxílio de uma proveta graduada. Seguindo a norma ABNT NBR ISO 9261:2006 (ABNT, 2006), que recomenda para avaliação das características hidráulicas e técnicas de emissores um tempo de ensaio superior a 3,5 minutos e no mínimo três repetições, foi adotado na pesquisa um tempo pré-estabelecido de 5 minutos, admitindo uma defasagem de 20 segundos de um emissor para outro, com três repetições.

Os indicadores de desempenho hidráulico utilizados para a avaliação dos emissores foram o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a Eficiência de Aplicação de água (Ea), calculados conforme as Equações 1 e 2.

$$CUD = 100 \times \frac{q_{25\%}}{q_m} \quad (1)$$

$$Ea = CUD \times 0,9 \quad (2)$$

Em que CUD é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%); $q_{25\%}$ é a vazão média dos 25% menores valores de vazão observada ($L h^{-1}$); q_m é a média de todas as vazões ($L h^{-1}$); e Ea é a Eficiência de Aplicação de água (Ea),

Os dados obtidos foram organizados em planilha eletrônica e com o auxílio do programa computacional Minitab foi realizada a estatística descritiva e foram construídas as cartas de controle estatístico de Shewhart para o parâmetro hidráulico coeficiente de uniformidade de distribuição ao decorrer do tempo de funcionamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 está apresentada a carta de controle estatístico de Shewhart para os valores do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) das unidades gotejadoras referentes ao tratamento AAFS (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Azud Sprint) a partir da análise da carta de controle estatístico é possível notar dois pontos acima do Limite Superior de Controle (LSC) logo no início de período experimental. Em uma situação semelhante, de acordo com Frigo (2012), valores acima do LSC devem ser considerados aceitáveis, pois, quanto maiores os valores desse coeficiente, melhor será a irrigação.

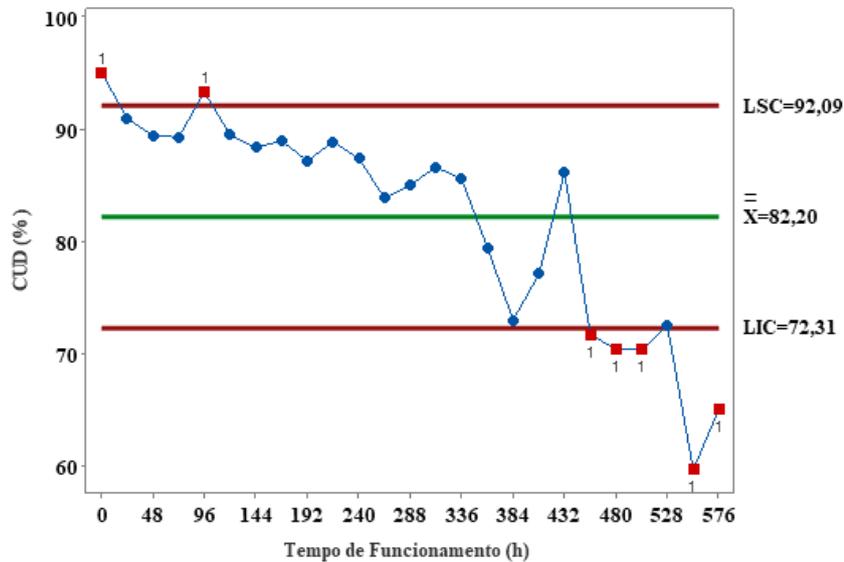


Figura 1. Carta de controle estatístico de qualidade de Shewhart do parâmetro hidráulico Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) para o tratamento AAFS (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Azul Sprint) ao longo de 576 horas de funcionamento

Com base nos dados expostos é possível notar a presença de dois pontos acima do limite superior de controle até às 96 horas, isso pode ter ocorrido devido a uma elevação da pressão nos pontos de emissão. Segundo Gomes *et al.* (2020), esse comportamento de aumento de pressão pode ser pelo fenômeno da dilatação das fitas gotejadoras, que provoca pequenas declividades ao longo da bancada de ensaio, fazendo com que as gotas emitidas por alguns emissores escoam as proximidades dos emissores a jusante, aumentando os volumes obtidos. De acordo com Reisdorfer (2013), isso é um problema frequente na irrigação por gotejamento, por conta da instalação das linhas laterais em alicive ou declive.

Na Figura 1, também há presença de 14 pontos acima da linha média até às 336 horas e cinco pontos situados abaixo do Limite Inferior de Controle (LIC) durante o período de 456 horas a 576 horas de funcionamento da unidade (Ensaio 20 ao 25). Fato que pode ser atribuído, possivelmente, a uma variação da pressão de operação da unidade durante o ensaio. Além disso, o valor médio do CUD encontrado para a AAFS foi de 82,20%, com LSC de 92,09% e LIC de 72,31%, possibilitando que o valor médio de CUD seja considerado “Bom”, segundo a classificação proposta por Mantovani (2001).

Para Guimarães (2019), a avaliação da irrigação é uma etapa significativa para adquirir as informações relacionadas à eficiência de uso da água com uma melhor uniformidade de distribuição, tendo sempre no decorrer do funcionamento do sistema a necessidade de manutenção para uma melhor aplicação de água.

No tratamento AAFT (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Tiquira), a partir das 168 horas a maioria dos pontos passaram a ficar situados abaixo da linha média ($= 23,43\%$), e apenas nove acima da linha média ao longo do período em estudo (Figura 2).

De acordo com Montgomery (2013), o comportamento sinaliza um alerta para falhas no processo, que por sua vez, indicam posterior falta de controle. Ferreira (2015), também menciona tal comportamento, em unidades gotejadoras ao serem irrigadas com água de abastecimento urbano. Ademais, analisando o CUD médio estimado ao longo do tempo experimental, o valor obtido pode ser classificado como “Inaceitável” de acordo com a classificação proposta por Mantovani (2001).

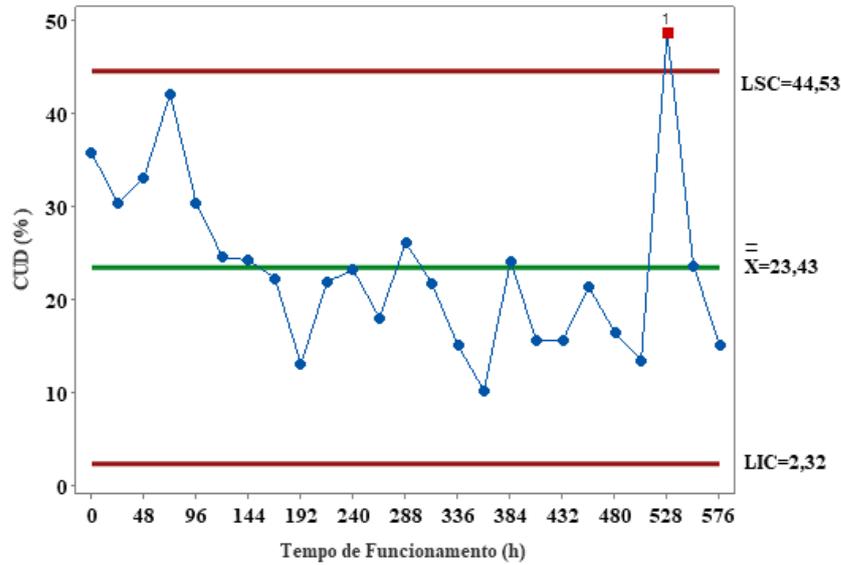


Figura 2. Carta de controle estatístico de qualidade de Shewhart do parâmetro hidráulico Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) para o tratamento AAFT (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Tiquira) ao longo de 576 horas de funcionamento

Na Carta de Controle estatístico do tratamento AAFS para a Eficiência de Aplicação de Água (Ea) (Figura 3) verifica-se a frequência de 14 pontos acima da linha da média, 2 pontos fora do limite superior de controle no (Ensaio 0 e 120) e 5 pontos abaixo do limite inferior de controle.

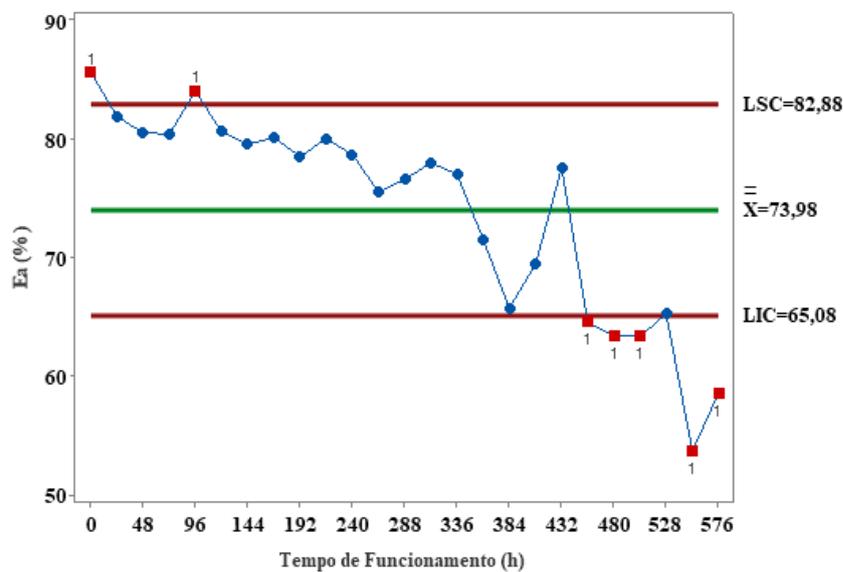


Figura 3. Carta de controle estatístico de qualidade de Shewhart do parâmetro hidráulico Eficiência de Aplicação (Ea) para o tratamento AAFT (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Tiquira) ao longo de 576 horas de funcionamento

Segundo Montgomery (2013), a presença de sequências ou tendências de sete ensaios ou mais, acima ou abaixo da linha média é um indicio de falta de controle estatístico do processo. Além disso, observa-se que o tratamento AAFS apresentou valor de Ea de 73,98%, com limites de controle superior LSC 82,88% e LIC de 65,08%, com valor classificado como médio, segundo Bernardo *et al.* (2006).

De acordo com Mantovani *et al.* (2009) e Guimarães (2019), a avaliação da irrigação é uma etapa significativa para assim adquirir as informações relacionadas à eficiência de uso da água do sistema de irrigação, uniformidade de distribuição de água, havendo sempre no decorrer do funcionamento do sistema

a necessidade de manutenção para obter uma melhor eficiência de aplicação de água.

Na Figura 4 é apresentada a carta de controle estatístico de Shewhart para o parâmetro hidráulico Eficiência de Aplicação (Ea) para o tratamento AAFT (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Tiquira) ao longo de 25 ensaios avaliados diante de um tempo de 576 horas de funcionamento.

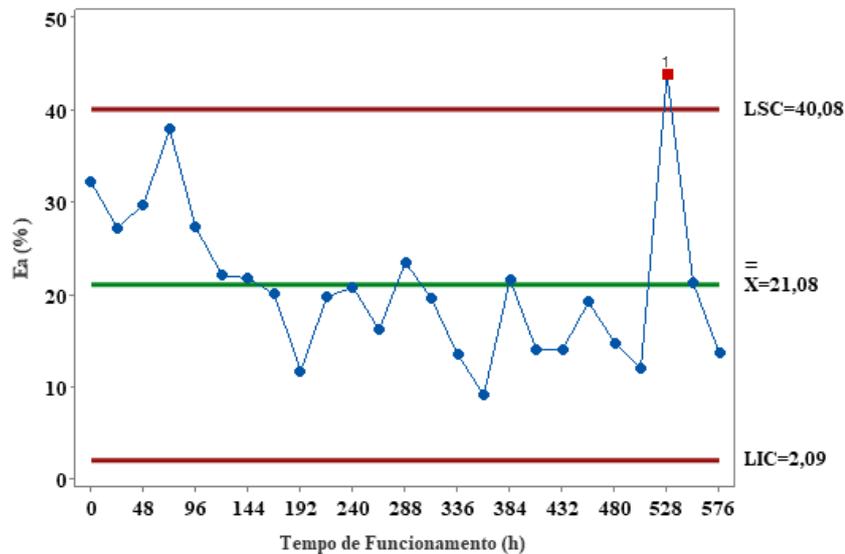


Figura 4. Carta de controle estatístico de qualidade de Shewhart do parâmetro hidráulico Eficiência de Aplicação (Ea) para o tratamento AAFT (água de irrigação oriunda do abastecimento urbano e fita gotejadora Tiquira) ao longo de 576 horas de funcionamento

Foi possível observar a presença de 9 pontos acima da linha média, uma sequência 14 pontos abaixo da linha média e 1 ponto chegando a extrapolar o limite superior nas 528 horas. Resultando em danos no funcionamento hidráulico modificando a vazão seja ampliando ou reduzindo, tendo como consequência alteração na eficiência de aplicação, podendo comprometer a produtividade dos cultivos agrícolas e ocasionar a degradação ambiental (Ravina *et al.*, 1997; Batista *et al.*, 2013). Ainda, observa-se que o valor médio de Eficiência de Aplicação (Ea) foi de 21,08%, classificado como “Ruim” segundo Bernardo *et al.* (2006), com limites de controle superior de 40,08% e inferior de 2,09%.

A eficiência de aplicação de água é a estimativa da porcentagem de água que é aplicada e a que chega à superfície do solo. Assim, quando o manejo do sistema de irrigação é realizado de forma adequada é possível alcançar uma alta eficiência com mínimo de perdas. Diante de sua ausência de manejo a eficiência de aplicação de água é comprometida, o que resulta em desperdícios de água, energia elétrica e fertilizantes. Portanto aumentar a eficiência do uso da água na irrigação é a única maneira de diminuir a retirada dos recursos hídricos das fontes naturais (Camargo, 2016).

Tendo em vista a importância de se ter um sistema de irrigação eficiente deve-se ter por base a determinação do nível de eficiência no qual o sistema de irrigação opera, assim essa eficiência só é alcançada através da alta uniformidade de aplicação de água, fazendo-se necessárias, avaliações periódicas de vazão e uniformidade de aplicação (Campêlo *et al.* 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se a partir dos resultados obtidos que valor do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para modelo FS foi classificado com “Bom”, já para o modelo FT foi classificado como “Inaceitável”.

Indicando que os valores obtidos foram inferiores aos recomendados para os sistemas de irrigação localizada serem classificados como “Excelentes”, com valores maiores que 84%.

Em relação a eficiência de aplicação (Ea), para o modelo de FS o valor encontrado foi classificado como “Médio” e para o modelo de FT foi classificado como “Ruim”.

Diante dos indicadores analisados na pesquisa é possível inferir que o modelo de fita gotejadora FS apresentou melhor desempenho hidráulico durante todo o período estudado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9261**: equipamentos de irrigação agrícola: emissores e tubos emissores: especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BERNARDINO, L. M. **Potencial de reuso de efluentes tratados para irrigação na agricultura periurbana no Semiárido Paraibano**. 2022. 86 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Campina Grande, 2022.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, p. 625. 2006.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B. D.; OLIVEIRA, A. D. F.; DE AZEVEDO, C. A.; MEDEIROS, S. D. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 698–705, 2013.

CAMARGO, S. M. P. **Irrigação com Efluente Doméstico Tratado em Densidade de Plantio no Cultivo de Pimenta de Cheiro**. 2016. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia em Medicina Veterinária) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

CAMPÊLO, A. R.; FERNANDES, C. N. V.; SILVA, A. R. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; BEZERRA, F. M. L.; CÂNDIDO, M. J. D. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. **Revista Agropecuária Técnica**, Fortaleza, v. 35, n. 1, p. 1-12, 2014.

CASTELANI, F.; MOREIRA, R. N. Dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo Engenharias e Tecnologia de Informação**. Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), v. 7, n. 2 p. 34-42, 2018.

DENÍCULI, W. *et al.* Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

FRIGO, J. P. **Controle do processo da irrigação no sistema de aspersão convencional em Palotina - PR**. 2012. 43 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

FERREIRA, D. D. J. L. **Controle estatístico de qualidade em sistema de irrigação por gotejamento utilizando efluente de reator anaeróbico**. 2015. 70 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

GUIMARÃES, V. B. Influência da água residuária na uniformidade de aplicação do sistema de irrigação por gotejamento. 2019. 49 f. Monografia (Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

GOMES, A. H. S.; LIMA, M. G. M.; FERREIRA, D. D. J. L.; VASCONCELOS, G. N.; PEDROZA, J. P., LIMA, V. L. A. Controle estatístico aplicado a uniformidade de distribuição em unidades gotejadoras operando com água residuária. **Irriga**, Inovagri, Notas Técnicas, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 719-727, 2020.

GARCIA, S. C.; REZENDE, B. A.; FERREIRA, J. C. B.; SILVA, R. H. Aplicação das ferramentas da qualidade para o diagnóstico de perda de embalagem e reprocesso de leite em pó em uma indústria de lá. **Acta Mechanica et Mobilitatem**, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2020.

HERMES, E. **Avaliação da irrigação por gotejamento com aplicação de água residuária de amidonaria**. 2013. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.

MANTOVANI, E. C. **Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MONTGOMERY D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 572. 2016.

NASCIMENTO, A. K. S.; MELO SOUZA, R. O. R.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, C. M.; ROCHA, B. M., NASCIMENTO LEITE, K. Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 39-45, 2009.

NUNES, T. Z. **Controle de qualidade de irrigação e fertirrigação por gotejamento em horta urbana**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

REISDORFER, M. **Utilização da AHP e controle estatístico do processo na avaliação de módulos de irrigação por gotejamento**. 2013. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARM, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G.; YECHIALY, Z.; LEV, Y. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 33, n. 2-3, p. 127-137, 1997.

SILVA, A. R. D. **Uso de água residuária tratada na agricultura no contexto da economia circular: uma revisão sistemática da literatura**. 2022. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.

SANTOS, C. S.; SANTOS, D. P.; DA SILVA, P. F.; E SILVA, T. V.; SANTOS, M. A. L. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Rio Grande do Norte, v. 8, n. 3, p. 10-16, 2013.

SILVA, K. B.; DA SILVA JÚNIOR, M. J.; BATISTA, R. O.; DOS SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; DE AQUINO LEMOS FILHO, L. C. Irrigação por gotejamento com água residuária tratada da indústria da castanha de caju sob pressões de serviço. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 695-705, 2014

VALE, H. S. M. **Análise do nível de obstrução em gotejadores operando com diluições de água produzida tratada**. 2019. 129 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.