



AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO DOS DISTRITOS ARARAS NORTE E BAIXO ACARAÚ, CEARÁ, BRASIL

Cicero Lima de Almeida¹, Clayton Moura de Carvalho², Manoel Valnir Júnior¹, João Paulo Alves da Rocha³, Ana Carla Lima Paula⁴, Raimundo Rodrigues Gomes Filho⁵

RESUMO: A limitação de água em regiões áridas e semiáridas é imperativo que os sistemas de irrigação apresentem um bom desempenho. Diante disso, o trabalho propõe avaliar a uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação nos distritos de irrigação DIPAN e DIBAU, localizados na região noroeste do Estado do Ceará, Brasil. A avaliação da uniformidade dos sistemas de irrigação nos Distritos de Irrigação Araras Norte (DIPAN) e Baixo Acaraú (DIBAU) foi realizada por meio dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), uniformidade de distribuição (CUD), uniformidade estatístico (CUE), uniformidade de pressão (CUP) e da eficiência de aplicação de água (Ea). De posse dos resultados conclui-se que a uniformidade de aplicação da água dos sistemas no DIPAN apresentou performance significativamente melhor que no DIBAU, porém, apenas 38% dos sistemas avaliados no DIPAN apresentaram uma eficiência de aplicação considerada aceitável, e, em regra, somente cerca de 70% das áreas irrigadas nos Distritos apresentaram bom desempenho para a uniformidade de aplicação de água, o restante foram classificadas como regular e ruim.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficientes de uniformidade, Irrigação localizada, Microaspersão.

EVALUATION OF IRRIGATION UNIFORMITY IN ARARAS NORTE AND LOW ACARAÚ DISTRICTS, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: Water limitation in arid and semi-arid regions is imperative for irrigation systems to perform well. In view of this, the work proposes to evaluate the uniformity of water

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, IFCE Sobral, cicero.almeida@ifce.edu.br; valnir@ifce.edu.br

² Doutor em Engenharia Agrícola, FUNCAP, carvalho_cmc@yahoo.com.br

³ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, FUNCAP, j.paulo25ipueis@gmail.com

⁴ Graduanda em Tecnologia de Irrigação e Drenagem, IFCE Sobral, anacaralimapaula89@gmail.com

⁵ Doutor em Engenharia Agrícola, UFS, rrgomesfilho@hotmail.com

distribution in the irrigation systems in the DIPAN and DIBAU irrigation districts, located in the northwest region of the State of Ceará, Brazil. The evaluation of the uniformity of the irrigation systems in the DIPAN and DIBAU districts was carried out using the Christiansen uniformity coefficients (CUC), distribution uniformity (CUD), statistical uniformity (CUE), pressure uniformity (CUP) and water efficiency. water application (E_a). Based on the results, it is concluded that the water application uniformity of the systems in the DIPAN presented a significantly better performance than in the DIBAU, however, only 38% of the systems evaluated in the DIPAN presented an application efficiency considered acceptable, and, as a rule, only about 70% of the irrigated areas in the irrigation districts showed good performance for uniformity of water application, the rest were classified as regular and poor.

KEYWORDS: Uniformity coefficients, Localized irrigation, Microsprinkler.

INTRODUÇÃO

A água é um bem natural, primordial para o ciclo de vida dos seres vivos neste planeta. Contudo, não se encontra, no tempo e espaço, uniformemente distribuída sobre a superfície terrestre. Algumas regiões, como é o caso do nordeste semiárido brasileiro (NSB) apresenta um balanço hídrico negativo durante a maioria dos meses do ano (SILVA et al., 2017). Nessa região, a água é o principal fator limitante aos sistemas de produção, principalmente para agropecuária, que necessita de uma garantia hídrica mínima para ser economicamente viável. O armazenamento de água pelos grandes e médios reservatórios construídos no NSB para garantir o abastecimento humano e a dessedentação animal, permitiu a implantação de alguns polos de produção agrícola como os Distritos de Irrigação Araras Norte (DIPAN) e Baixo Acaraú (DIBAU).

A irrigação é uma prática essencial para a garantia da produção agropecuária em regiões áridas e semiáridas, principalmente no NSB que apresenta alta variabilidade temporal e espacial das chuvas e uma alta demanda evapotranspirativa (QUEIROZ et al., 2018). Contudo, no NSB o fenômeno recorrente da seca, por vezes, coloca em risco a continuidade desses polos de irrigação, como no caso da seca que compreendeu os anos 2012 a 2017, chegando, inclusive, a suspender a irrigação nos distritos DIBAU e DIPAN nos anos consecutivos de 2015 e 2016 (CORTEZ et al., 2017). Sob tais circunstâncias torna-se evidente e necessário não só, o uso de sistemas de irrigação mais eficientes e otimizadores do recurso água, como instigar o cultivo de culturas de baixa demanda hídrica e alto valor de mercado.

Os sistemas de irrigação são avaliados principalmente quanto ao seu desempenho hidráulico em campo, bem como pelas características de distribuições de água por meio dos indicadores de uniformidade e de eficiência do sistema. A avaliação feita no sistema de irrigação localizada pode evitar problemas como baixa uniformidade e eficiência obtendo-se assim valores de aplicação aceitáveis (CARVALHO et al., 2006; VALNIR JÚNIOR et al., 2011).

Os indicadores de uniformidade e de eficiência do sistema mais comumente utilizados são os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD), estatístico (CUE) e de pressão (CUP), além da eficiência de aplicação (Ea) (BARRETO FILHO et al., 2000; CARVALHO et al., 2006; MAROUFPOOR et al., 2010; KORKMAZ & AVCI, 2012; ZAMANIYAN et al., 2014).

O trabalho teve por objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação nos distritos de irrigação DIPAN e DIBAU.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo foram os Distritos de Irrigação do Perímetro Irrigado Araras Norte (DIPAN) e Distritos de Irrigação do Baixo Acaraú (DIBAU), localizados na bacia hidrográfica do rio Acaraú, no estado do Ceará, Brasil (Figura 1).

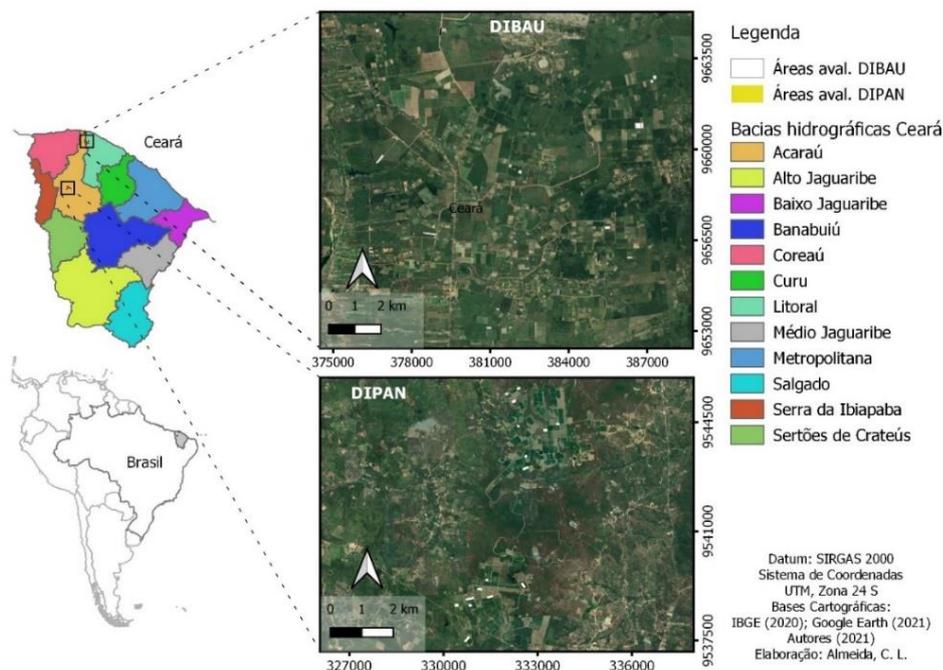


Figura 1. Localização das áreas avaliadas no DIPAN e DIBAU.

O DIPAN localizado na porção alta da bacia hidrográfica do rio Acaraú tem como fonte de abastecimento hídrico o açude Paulo Sarasate (Araras Norte). Possui uma área total irrigável de 1.500 ha, no entanto, estão em uso 1.000 ha, no qual 100% destas fazem uso do sistema de irrigação por microaspersão. As principais culturas do distrito são a banana e o mamão, ocupando respectivamente 64% e 18% das áreas utilizadas. Já o DIBAU localizado na porção baixa da bacia hidrográfica do rio Acaraú, tem como fonte de abastecimento hídrico o rio Acaraú, perenizado pelos açudes Paulo Sarasate, Edson Queiroz, Ayres de Souza, Taquara, Forquilha e Acaraú-Mirim. Possui uma área total irrigável de 7.750 ha, no entanto, estão em uso 3.850 ha, no qual 90% destas fazem uso do sistema de irrigação por microaspersão. As principais culturas do distrito são o coco e a banana, ocupando respectivamente 64% e 18% das áreas utilizadas. (LOPES et al., 2011; VALNIR JÚNIOR et al., 2022).

Foram selecionados 16 lotes de irrigação em cada distrito, definidos segunda a metodologia apresentada por Fonseca & Martins (2011), na qual todos os elementos da população foram considerados diferentes de zero e com mesma probabilidade de serem selecionados para compor a amostra. A avaliação no DIPAN ocorreu em 13 lotes plantados com banana e três com mamão. Já a avaliação no DIBAU ocorreu em dez lotes com a cultura do coco e seis com banana, culturas de maior expressividade nos distritos.

A avaliação da uniformidade dos sistemas de irrigação nos distritos DIPAN e DIBAU foi realizada por meio dos coeficientes de uniformidade de Christiansen – CUC, uniformidade de distribuição – CUD, uniformidade estatístico – CUE, uniformidade de pressão – CUP e da eficiência de aplicação de água – Ea, obtidos conforme as equações 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

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

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

$$CUE = 100. \left(1 - \frac{\delta}{\bar{q}} \right) \quad (3)$$

$$Ea = K_s \cdot CUD \quad (4)$$

$$CUP = \left(\frac{\bar{p}_{25\%}}{pm} \right)^\alpha \cdot 100 \quad (5)$$

Em que: q_i - vazão do emissor avaliado, L h⁻¹; \bar{q} - média das vazões de todos os emissores avaliados, L h⁻¹; n - número de emissores; $\bar{q}_{25\%}$ - média de 25% dos emissores com menores

valores de vazões , $L h^{-1}$; K_s – coeficiente de transmissividade (VERMEIREN, 1997), sendo adotado o valor de 90%, também utilizado por Barreto Filho et al. (2000) e Alves et al. (2008); $\bar{p}_{25\%}$ - pressão média dos 25% de microaspersores com as pressões mais baixas no lote, kPa; p_m - pressão média no lote, kPa; e α - expoente de descarga do emissor no setor.

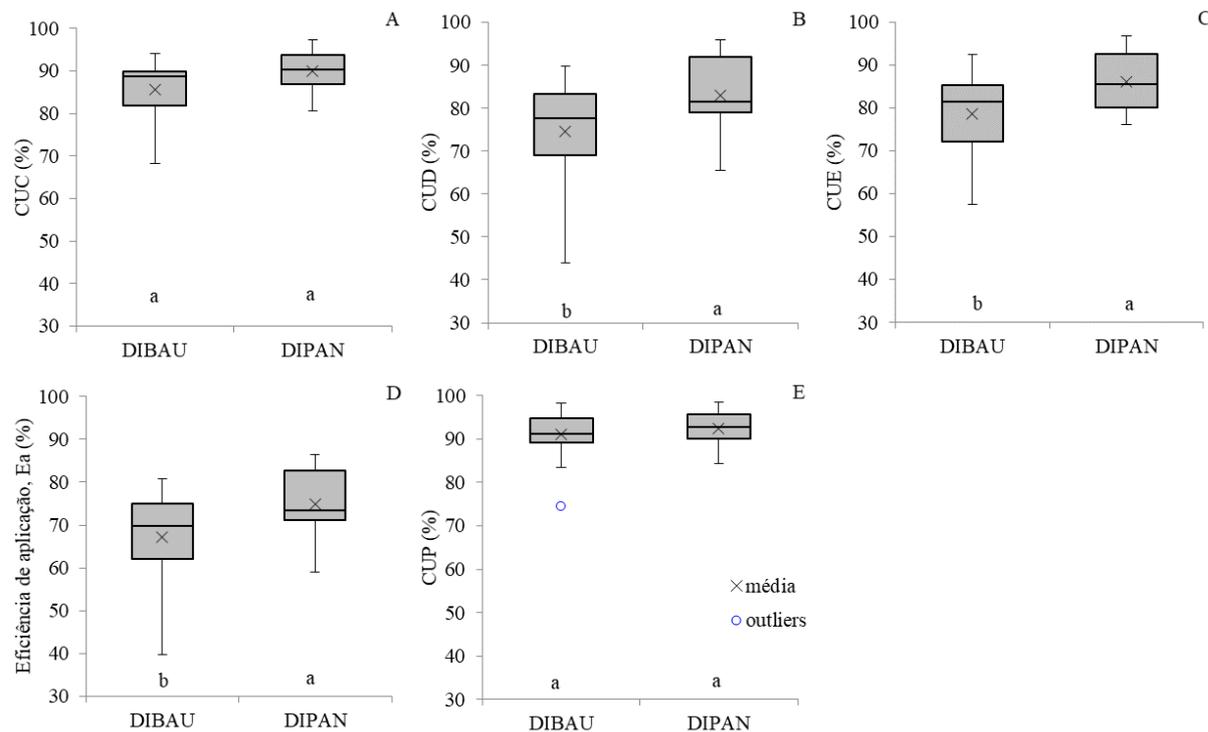
A classificação dos coeficientes de uniformidade do sistema de irrigação pode ser descrita conforme Bernardo et al. (2006) e Santos et al. (2021) como Excelente (CUC de 90 a 100%, CUD de 87 a 100% e CUE $\geq 90\%$), Bom (CUC de 80 a 90%, CUD de 75 a 87% e CUE 80 a 90%), Razoável (CUC de 70 a 80%, CUD de 62 a 75% e CUE 70 a 80%), Ruim (CUC de 60 a 70%, CUD de 50 a 62% e CUE 60 a 70%) e Inaceitável (CUC $< 60\%$, CUD < 50 e CUE $< 60\%$). Já a eficiência de aplicação do sistema como Ideal ($\geq 95\%$), Aceitável (80 – 95%) e Inaceitável ($< 80\%$).

A coleta dos valores de vazão e pressão nas áreas avaliadas em cada distrito seguiu a metodologia de Keller & Karmeli (1975), que sugere a coleta de valores de vazão e pressão em quatro pontos ao longo da linha lateral, sendo avaliado os emissores situados no início, a 1/3, a 2/3 e o último emissor. O mesmo critério é usado na escolha das linhas laterais de irrigação dentro da subárea, ou seja, a primeira linha, as linhas situadas a 1/3 e 2/3 e a última linha lateral, totalizando 16 pontos de coleta para representar a subárea, lote.

A análise estatística foi realizada sobre as variáveis de avaliação da uniformidade (CUC, CUD, CUE, Ea e CUP) do sistema para os dois distritos avaliados. Foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido do teste de homogeneidade das variâncias, de Levene. Desse modo, quando observado distribuição normal com variâncias homogêneas aplicou-se o teste t, quando as variâncias não foram homogêneas utilizou-se do teste t com a correção de Welch. Já quando os dados apresentaram distribuição não paramétrica ($p < 0,05$) aplicou-se o teste de Mann-Whitney para verificar a diferença entre as medianas das variáveis. As análises foram realizadas no suplemento Real Statistics do software Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística apontou que apenas a variável CUC não apresentou distribuição normal sendo submetido, portanto, ao teste de Mann-Whitney. Todas as demais variáveis apresentaram distribuição normal e com variâncias homogêneas, sendo desse modo submetidas ao teste t. Os resultados das análises estão apresentados na Figura 2.



* Box-plot seguido de mesma letra não diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste t para variáveis com distribuição normal; ou pelo teste de Mann-Whitney para variáveis com distribuição não paramétrica.

Figura 2. Resultado da avaliação de uniformidade dos sistemas de irrigação avaliados nos Distritos de Irrigação Araras Norte (DIPAN) e Baixo Acaraú (DIBAU) realizados em nov. e dez. de 2021.

Os resultados do CUC não apresentaram diferença significativa pelo teste de Mann-Whitney entre os dois Distritos de irrigação. Em geral, os sistemas apresentaram bom desempenho ($CUC > 80\%$), sendo observado apenas duas áreas no DIBAU que foram classificadas com desempenho razoável e ruim. No DIPAN destaca-se ainda que mais da metade das áreas avaliadas (56%) apresentaram desempenho excelente, contra apenas 25% no DIBAU.

Os resultados do CUD e CUE apresentaram diferenças significativas pelo teste t ($p < 0,05$) entre os dois Distritos de irrigação. Verificou-se que no DIPAN mais 80% das áreas apresentaram bom desempenho, segundo o CUD e CUE, enquanto no DIBAU apenas 56% das áreas. Pelos mesmos índices a quantidade de áreas classificadas com desempenho excelente o DIPAN foi de $1/3$ de suas áreas avaliadas, enquanto no DIBAU tal classificação representou apenas 10% das áreas.

A eficiência de aplicação também apresentou diferença significativa pelo teste t ($p < 0,05$) entre os dois Distritos. Destaca-se que dentre as 32 áreas avaliadas nos dois distritos, apenas sete áreas, seis no DIPAN e uma no DIBAU, apresentaram um padrão de classificação aceitável ($95\% > Ea > 80\%$).

Os resultados do CUP apresentaram-se indiferentes pelo teste t ($p > 0,05$) entre os dois Distritos. Keller & Karmeli (1974) recomendam que o limite da variação de pressão na subunidade seja de 20%, assim pode-se definir que sistema que apresentem CUP $> 80\%$ são aceitáveis. Sob esse critério observou-se que apenas uma área no DIBAU a irrigação foi classificada como inaceitável pelo CUP.

A melhoria da uniformidade do sistema pode ser obtida com a correção de problemas correlacionados ao desempenho hidráulico dos sistemas, com destaque para uso de um único tipo de emissor por sistema, melhoria do sistema de filtragem, avaliação/revisão periódica dos sistemas.

Maroufpoor et al. (2010) avaliaram diferentes coeficientes de uniformidade em dez fazendas localizadas na planície de Dehghan da província do Curdistão, noroeste do Irã, no qual em média observou-se que as áreas apresentaram um CUC e CUD de 66,5% e 51,0%, respectivamente o que classifica os sistemas de razoável a ruim. Resultado também observado por Zamaniyan et al. (2014) ao verificarem que os sistemas de microirrigação no Iran apresentam um desempenho baixo e ruim, sendo apontado como os principais causadores a pressão de serviço inadequada, o entupimento dos emissores e a falta de treinamento dos irrigantes.

Valnir Júnior et al. (2011) ao avaliarem sistema de irrigação localizada no perímetro irrigado de Forquilha obtiveram CUC, CUD e o CUE, obtidos antes e após utilização do equipamento em campo e em todas as pressões testadas, decréscimos, contudo, com pequenas reduções de vazões, permanecendo dentro dos níveis aceitáveis na literatura pertinente.

Nascimento et al. (2009) estudando a performance hidráulica de um lote irrigado por microaspersão na cultura do mamão localizado no DIPAN constataram uma uniformidade de distribuição de 77,8%.

Korkmaz & Avci (2012) avaliaram o Distrito de irrigação Menemen Left Bank na Turquia e observaram que a eficiência de aplicação de água variou 50 e 80%, a eficiência de armazenamento de água de 54 e 97%, o coeficiente de uniformidade de 73 e 88% e a uniformidade de distribuição de 68 e 82% nos dois anos avaliados. Esses resultados comprovam que a eficiência e uniformidade da irrigação estão geralmente dentro dos limites permissíveis para irrigação superficial.

Barreto Filho et al. (2000) ao avaliarem três subunidades irrigadas por microaspersão nas culturas de uva, manga e graviola, no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no estado da Paraíba, Brasil concluíram que embora a pressão de operação não esteja de acordo com o recomendado os sistemas apresentaram altos coeficientes de uniformidade e um bom índice de eficiência.

CONCLUSÕES

A uniformidade de aplicação da água dos sistemas no DIPAN apresentou performance significativamente melhor que no DIBAU. Contudo, apenas 38% dos sistemas avaliados no DIPAN apresentaram uma eficiência de aplicação considerada aceitável. De modo geral, cerca de 70% das áreas irrigadas nos Distritos de irrigação podem ser classificadas bom desempenho, e as demais classificadas como regular e ruim.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência de Desenvolvimento do Ceará (ADECE), Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho (SEDET-Ceará), Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC), Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), ao Programa Cientista-Chefe, pelo suporte financeiro e pela concessão de bolsas de estudo, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sobral (IFCE – Sobral) e aos Distritos de Irrigação de Araras Norte (DIPAN) e Baixo Acaraú (DIBAU) pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, W. W. A. et al. Variabilidade espacial de vazão e pressão em subunidade de microaspersão com emissores usados e novos. **Ambiente & Água**, v. 3, n. 3, p. 67-80, 2008.
- BARRETO FILHO, A. A. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625 p
- CARVALHO, C. M. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 36-46, 2006.
- CORTEZ, H. S.; LIMA, G. P.; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. 14. reimpressão. São Paulo: Atlas, 2011, 320 p.

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

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

KORKMAZ, N.; AVCI, M. Evaluation of water delivery and irrigation performances at field level: The case of the menemen left bank irrigation district in Turkey. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 2079-2089, 2012.

LOPES, F. B. et al. Risco de degradação em solo irrigado do perímetro irrigado baixo Acaraú, Ceará. **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 424-435, 2011.

MAROUFPOOR, E. et al. Evaluation of uniformity coefficients for sprinkler irrigation systems under different field conditions in Kurdistan Province (northwest of Iran). **Soil and Water Research**, v. 5, n. 4, p. 139-145, 2010.

NASCIMENTO, A. K. S. et al. Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 2009.

QUEIROZ, M. G. et al. Procedimento metodológico para análise da distribuição da chuva e extrato do balanço hídrico no semiárido: estudo de caso. **Scientia Plena**, v. 14, n. 3, 2018.

SANTOS, M. R. et al. Eficiência de sistema de irrigação por gotejamento utilizando água salobra. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 73248-73262, 2021.

SILVA, J. R. I. et al. Aplicação do método de Budyko para modelagem do balanço hídrico no semiárido brasileiro. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, 2017.

VALNIR JÚNIOR, M. et al. Análise de desempenho em laboratório de linha gotejadora antes e após sua utilização em campo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 4, p. 351 - 360, 2011.

VALNIR JÚNIOR, M. et al. Irrigation demand of economically significant crops in the Araras Norte and Baixo Acaraú districts, Ceará, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, e6011930816, 2022.

C. L. de Almeida et al.

VERMEIIREN, L. **Irrigação Localizada**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba - UFPB (Estudos da FAO 36), 1997.

ZAMANIYAN, M. et al. Field performance evaluation of micro irrigation systems in Iran. **Soil and Water Research**, v. 9, n. 3, p. 135-142, 2014.