

APLICAÇÃO DO CONCEITO “TIME STABLE REPRESENTATIVE POSITION” NO CULTIVO DO MARACUJÁ EM LISÍMETRO DE PESAGEM

Ubirani Oliveira Santos¹, Fabio Tayrone Oliveira de Freitas², Alisson Jadavi Pereira da Silva³,
Francisco Airdesson Lima do Nascimento⁴, Lucio Aderito dos Anjos Veimrober Junior⁵,
Lucas Melo Vellame⁶

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho aplicar o conceito “TSRP” (*Time Stable Representative Position*) na cultura do maracujazeiro irrigado por gotejamento e avaliar os resultados obtidos tomando como base o lisímetro de pesagem. Realizou-se um experimento em um pomar de maracujazeiro, no qual foi instalado um lisímetro de pesagem (com área de 1,21 m² e 0,9 m de profundidade). Para definir a TSRP foram instaladas sondas de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) sistematicamente em um plano bidimensional na zona radicular do maracujazeiro, especificamente nas profundidades: 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m; e distancias da planta: 0,10, 0,25, 0,40 e 0,55 m. Estimou-se a evapotranspiração (ET_c) do maracujazeiro por meio do balanço de água no solo para cada uma das posições de instalação das sondas de TDR, incluindo a posição ótima indicada pelo método TSRP. Os valores de ET_c estimados foram comparados aos medidos no lisímetro de pesagem. De acordo com o conceito TSRP, o posicionamento ótimo de sensores de umidade para o cálculo da ET_c e realização do manejo da irrigação do maracujazeiro irrigado por gotejamento é na distância de 0,25m da planta e profundidade de 0,2 m no solo. De fato, quando o manejo de irrigação é realizado com base na indicação TSRP, verificou-se que a precisão do cálculo da ET_c para o manejo da irrigação pode ser elevada em até 86%.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis* S., manejo da irrigação, posicionamento de sensor.

APPLICATION OF THE CONCEPT 'TIME STABLE REPRESENTATIVE POSITION' IN THE CULTIVATION OF PASSION FRUIT IRRIGATED BY DRIP

¹ Graduando do curso de Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. E-mail: ubiraniufrb@gmail.com

² Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. E-mail: oibaf.freitas@hotmail.com

³ Doutor em Ciências Agrárias, Professor IFBA Campus Governador Mangabeira. E-mail: alissonagr@gmail.com

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. E-mail: airdessonpai@hotmail.com

⁵ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. E-mail: agrolucio10@gmail.com

⁶ Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor da UFRB Campus de Cruz das Almas. E-mail: lucasvellame@ufrb.edu.br

ABSTRACT: The aim of this work was to apply the TSRP (Time Stable Representative Position) concept in the culture of passion fruit irrigated by drip irrigation and to evaluate the results obtained based on the weighing lysimeter. An experiment was carried out in a passion fruit orchard, in which a weighing lysimeter (with an area of 1.21 m² and 0.9 m depth) was installed. To define the TSRP, TDR probes were systematically installed in a two-dimensional plane in the passion fruit root zone, specifically at depths: 0.10, 0.20, 0.30 and 0.40 m; and plant distances: 0.10, 0.25, 0.40 and 0.55 m. Passion fruit evapotranspiration (ET_c) was estimated by soil water balance for each of the TDR probes installation positions, including the optimum position indicated by the TSRP method. The estimated ET_c values were compared to those measured on the weighing lysimeter. According to the TSRP concept, the optimal positioning of moisture sensors for the calculation of ET_c and the irrigation management of passion fruit irrigated by drip irrigation is at a distance of 0.25m from the plant and a depth of 0.2 m from the soil. In fact, when irrigation management is performed based on the TSRP indication, it was verified that the accuracy of the calculation of ET_c for irrigation management can be increased by up to 86%.

KEYWORDS: *Passiflora edulis* S., irrigation management, sensor placement.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de maracujá no mundo (FAO, 2011), sendo a Região Nordeste responsável por aproximadamente 60 % (IBGE, 2017). A cultura do maracujazeiro, assim como a maioria das culturas agrícolas, necessita de uma faixa ótima de conteúdo de água no solo, para que possa expressar o seu potencial produtivo. No entanto, em algumas regiões, como a Semiárida, por exemplo, existem épocas do ano em que o cultivo de sequeiro é inviável, devido à escassez e distribuição irregular das chuvas.

Dessa forma, o cultivo irrigado visa fornecer água às culturas no momento e na quantidade correta. Aplicar água às plantas no momento e quantidade correta só é possível por meio do manejo da irrigação. O manejo da irrigação pode ser realizado via planta, atmosfera e solo. O manejo da irrigação via solo consiste no monitoramento da variação da umidade do solo, determinando-se a quantidade e o momento da irrigação a partir do conhecimento dos conceitos de umidade na capacidade de campo, no ponto crítico e no ponto de murcha permanente.

Para o monitoramento de umidade do solo pode ser utilizado instrumentos baseados no potencial matricial do solo (tensiômetros), sensores de capacitância (Reflectometria no Domínio do Tempo – TDR e Reflectometria no Domínio da Frequência – FDR) e entre outros (Silva et al., 2015; Soares et al., 2010). Quando o manejo da irrigação é realizado via solo, uma dúvida frequente dos usuários é em relação a quantidade e ao posicionamento dos sensores de umidade do solo.

Recentemente, Soulis et al. (2016) implementou o conceito TSRP, visando contribuir com a determinação da quantidade e do posicionamento ótimo de sensores de umidade do solo. O TSRP – “*Posições Representativas Estáveis no Tempo*” é uma metodologia que visa definir um local na zona radicular que apresenta estabilidade temporal de umidade no solo em relação a umidade média do perfil de solo monitorado. Tal conceito foi utilizado recentemente por Silva et al. (2018) em experimento de campo e por Soulis e Elmaloglou (2018) utilizando modelagem numérica.

Por tratar-se de um conceito recente, a TSRP ainda é pouco aplicada e avaliada em culturas de interesse econômico e social no Brasil. Por isso, objetivou-se no presente trabalho aplicar e avaliar o conceito “TSRP” na cultura do maracujazeiro cultivada em lisímetro de pesagem e irrigada por gotejamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação (construída com arco simples, com 30 m de comprimento, 6 m de largura e pé direito de 3 m), na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no campus de Cruz das Almas, Bahia, Brasil, localizado nas coordenadas geográficas de 12°40'19" de latitude Sul e 39°06'23" de longitude Oeste, com altitude média de 220 m.

No interior da casa de vegetação cultivou-se o maracujazeiro em 36 lisímetros (sendo 35 lisímetros de drenagem e um lisímetro de pesagem), com dimensões de 1,1 x 1,1 x 0,9 m. Os lisímetros foram preenchidos com um solo denominado como Latossolo Amarelo Distrocoeso e classificado como franco arenoso, apresentando 68,25 % de areia e 11,53 % de argila.

O lisímetro de pesagem foi instalado no centro do pomar de maracujazeiro. Este lisímetro foi devidamente calibrado, obtendo-se a seguinte equação 1, abaixo.

$$m = 874,3 * Se - 59,33 \quad (1)$$

Em que,

Se - sinal elétrico (mV) das células de carga.

As plantas de maracujazeiro foram irrigadas por sistema de irrigação localizada do tipo gotejamento, utilizando emissores autocompensantes com vazão de 2 L h^{-1} , posicionados próximo ao caule da planta. O sistema de irrigação apresentou uma uniformidade de distribuição de água de 96 %, determinada a partir da equação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). O emissor autocompensante proporcionou um diâmetro de bulbo molhado de 0,8 m, determinado a partir da variação do conteúdo de água no solo, obtido através de diferentes pontos de monitoramento de umidade do solo, em um perfil bidimensional no interior do lisímetro de pesagem. O diâmetro do bulbo molhado proporcionou uma área molhada aproximada de $0,5 \text{ m}^2$, que foi utilizada para o cálculo da lâmina de irrigação real necessária.

O monitoramento de umidade do solo foi realizado a partir de sondas de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), construídas artesanalmente e calibradas para o presente solo, conforme a metodologia utilizada por Silva et al. (2015), obtendo a equação 2.

$$\theta = 0,0000052 * Ka^3 + 0,0002 * Ka^2 + 0,0064 * Ka + 0,0405 \quad (2)$$

Em que,

Ka - é a constante dielétrica.

As sondas de TDR foram instaladas distanciadas (R_i) das plantas em 0,10, 0,25, 0,40 e 0,55 m e nas profundidades (Z_i) de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m, totalizando em 16 posicionamentos.

A lâmina de irrigação real necessária (IRN) foi determinada pela média do somatório das lâminas referente as baterias de sondas nas distâncias de 0,10 e 0,25 m (equação 3). A bateria de sondas refere-se as sondas nas profundidades de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m e em uma única distância da planta. As irrigações foram realizadas em frequência de dois dias.

$$IRN = (IRN_{R=0.10} - IRN_{R=0.25}) / (n = 2) \quad (3)$$

Em que,

IRN = lâmina de irrigação real necessária (mm);

$IRN_{R=0.10}$ = lâmina de irrigação real necessária baseada nas sondas de monitoramento posicionadas a 0,10 m de distância da planta (mm);

$IRN_{R=0.25}$ = lâmina de irrigação real necessária baseada nas sondas de monitoramento posicionadas a 0,10 m de distância da planta (mm).

No momento do manejo da irrigação, a IRN era calculada para retornar o solo à capacidade de campo. A capacidade de campo do solo é $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, equivalente ao potencial matricial de $-0,1 \text{ atm}$ – valores obtidos na curva de retenção de água no solo. As propriedades hidráulicas do solo foram determinadas por modelagem inversa, utilizando o Software Hydrus 1D (Simunek, 2013), quais sejam: $\theta_s = 0,472 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; $\theta_r = 0,022 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; $\alpha = 5,5 \text{ m}$; $\lambda = 0,08$; e $K_s = 3 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$.

Com os dados de umidade do solo obtidos em intervalos de 15 minutos determinou-se a TSRP em cada intervalo de irrigação durante um período de 20 dias contínuos (referente a 10 ciclos de irrigação). A TSRP foi determinada com base nas métricas estatísticas do Coeficiente de eficiência do modelo de Nash-Sutcliffe (NSE) e a raiz quadrada do quadrado médio do erro (RMSE), conforme a metodologia utilizada por Soulis e Elmaloglou (2018) e Silva et al. (2019). Identificada a TSRP, calculou-se o erro absoluto (Erro_{Ab}) (equação 4) diário entre a evapotranspiração estimada (ET_{cEst}) pela posição ótima indicada pelo TSRP e ET_c medida (ET_{cMed}) no lisímetro de pesagem.

$$\text{Erro}_{Ab} = |ET_{cEst} - ET_{cMed}| \quad (4)$$

Os valores do Erro_{Ab} foram utilizados para avaliar os resultados do conceito/metodologia “TSRP”. A ET_{cMed} diária do maracujazeiro foi obtida através da variação de massa do lisímetro de pesagem, conforme Silva et al. (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a zona do bulbo molhado ficou limitada em aproximadamente 0,25 m em distância da planta e a 0,45 m em profundidade, sendo esta a região de controle para

definição da TSRP (Figura 1A). Verificou-se que a posição que apresentou a menor estabilidade temporal de umidade no solo ficou restrita a distância de 0,1 m da planta e em 0,2 m de profundidade (Figura 1B).

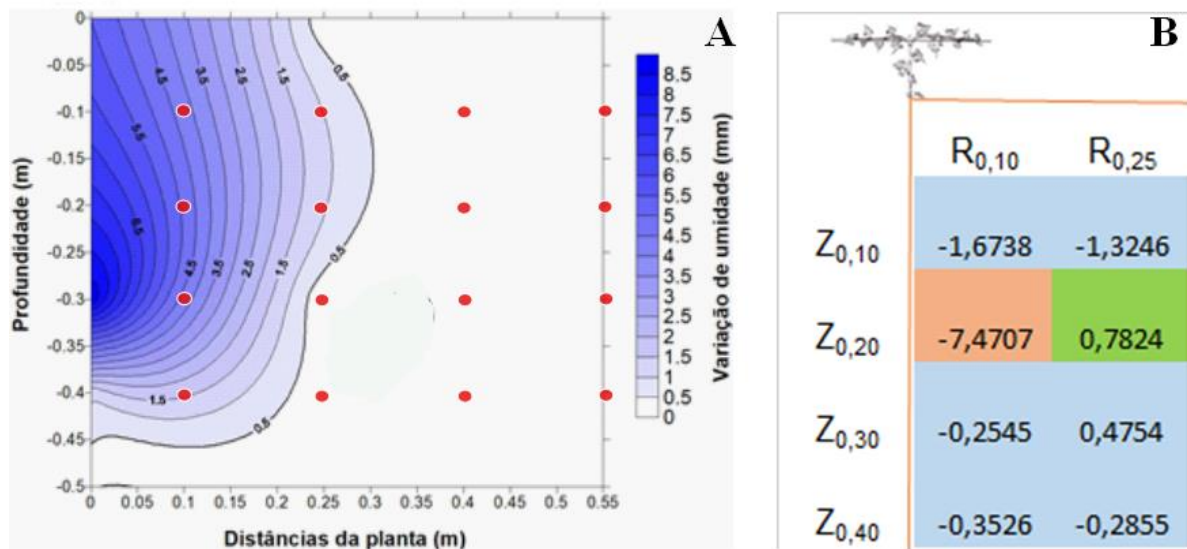


Figura 1. Variação de umidade na zona do bulbo molhado (A) e os valores de NSE conforme o posicionamento do sensor de umidade do solo na zona do bulbo molhado (B).

Utilizando as métricas estatísticas NSE e RMSE, obteve-se o TSRP em $R_{0,25}Z_{0,20}$. Pela métrica do NSE, apenas um posicionamento apresentou valor superior a 0,5, valor mínimo esse recomendado por Moriasi et al. (2007) e utilizado por Soulis e Elmaloglou (2018) para determinação do TSRP (Figura 1B). Utilizando o TSRP $R_{0,25}Z_{0,20}$ para estimar a evapotranspiração do maracujazeiro, obteve-se um erro médio absoluto de aproximadamente $0,381 \text{ L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, quando comparado com a evapotranspiração observada no lisímetro de pesagem.

E quando utilizado os dados obtidos na posição menos recomendada pelas métricas estatísticas NSE e RMSE, obteve-se um erro absoluto médio de $0,710 \text{ L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, superior em aproximadamente 86 %, quando comparado com o erro absoluto médio da TSRP $R_{0,25}Z_{0,20}$. As métricas estatística indicaram a posição $R_{0,10}Z_{0,20}$ como o pior local de monitoramento de umidade do solo, possivelmente devido à proximidade do emissor e maior variabilidade de extração de água, semelhante ao relatado por Silva et al. (2015) na cultura da bananeira.

Os resultados obtidos apontam implicações de interesse particular para o manejo da irrigação localizada no maracujazeiro. Por exemplo, considerando o espaçamento de $1,5 \times 2,0 \text{ m}$ (3333 plantas por hectare) e o consumo médio de $5,86 \text{ L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (medido durante o

período avaliado) o erro absoluto médio proporcionado pelo TSRP $R_{0,10}Z_{0,20}$ poderia limitar a expansão da área em até 12,10 %. Adicionalmente, a definição do posicionamento ótimo de sensores pode possibilitar maior praticidade e redução de custos devido à diminuição do número de sensores necessários para a realização do manejo da irrigação.

CONCLUSÕES

O conceito “Time Stable Representative Position - TSRP” foi bem aplicado ao cultivo do maracujazeiro.

Seguindo a TSRP, verificou-se que a posição ótima para instalação de sensores visando o manejo da irrigação do maracujazeiro é a 0,25 m de distância da planta e 0,2 m de profundidade.

O manejo de irrigação realizado com base na indicação TSRP pode reduzir erros de 86%, comparada a instalação arbitrária do sensor.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho agradece ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (fapesb) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo amparo e apoio financeiro fornecido durante a execução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tropical Fruits Compendium. Fifth session by Committee on Commodity Problems Intergovernmental Group on Bananas and Tropical Fruits. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/meeting/022/am481t.pdf>>. Acesso em: 15 de Jan. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA ESTATISTICA (IBGE). Base de dados dos produtos. Embrapa: Mandioca e Fruticultura. 2017. Disponível em <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_xls/brasil/maracuja/maracuja_brasil_producao.htm>. Acesso em: 20 jan. 2018.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007.

SIMUNEK, J.; SEJNA, M.; SAITO, H.; SAKAI, M.; VAN GENUCHTEN, M. 2013. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement Series 3, Department of Environmental Sciences, University of California, Riverside, California, USA, p. 343, 2013.

SILVA, A. J. P.; DE JONG VAN LIER, Q.; COELHO, E. F. Time Stable Representative Position determination as affected by the considered part of an irrigation cycle. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 157, p. 281 – 287, 2019.

SILVA, A. J.P.; COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; SOUZA, J. L. Water extraction and implications on soil moisture sensor placement in the root zone of banana. *Scientia Agricola*, v. 75, n. 2, p. 95-101, 2018.

SILVA, A. J. P.; COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A. Water extraction variability in the banana root zone affects the reliability of water balance. *Scientia Agricola*, v. 72, n. 1, p. 1-10, 2015.

SILVA, L. D.; FOLEGATTI, M. V.; NOVA, N. A. V. Evapotranspiração do capim Tanzânia obtida pelo método de razão de Bowen e lisímetro de pesagem. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 3, p. 705-712, 2005.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. C.; RAMÃO, C. J.; VIVAN, G. A. Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. *Irriga, Botucatu*, v. 15, n. 1, p. 36-50, 2010.

SOULIS, K. X.; ELMALOGLOU, S. Optimum soil water content sensors placement for surface drip irrigation scheduling in layered soils. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 152, p. 1-8, 2018.

SOULIS, K.X.; ELMALOGLOU, S. Optimum soil water content sensors placement in drip irrigation scheduling systems: concept of time stable representative positions. *Journal Irrigation and Drainage Engineering*, v. 142, n. 11, p. 04016054-1-04016054-9, 2016.