



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

GISELY MOREIRA VITALINO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO:

Bulbo molhado em solos irrigados por gotejamento subsuperficial de forma contínua e  
pulsada

RECIFE – PE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

GISELY MOREIRA VITALINO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO:

Bulbo molhado em solos irrigados por gotejamento subsuperficial de forma contínua e pulsada

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório, apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup> Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida.

RECIFE – PE

2022

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pois, sem Ele nenhuma conquista seria possível, por me capacitar e permitir que chegasse até aqui. A Ele toda honra e glória para sempre!

Aos meus pais, Gersildo e Cilda, que são meus maiores incentivadores e apoiadores, agradeço por dedicarem suas vidas para me proporcionar o melhor.

A meus queridos irmãos, Gabrielly e Gabriel, por toda ajuda e apoio.

A professora Dr<sup>a</sup> Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida, pela orientação na conclusão de mais uma etapa, assim como foi no curso técnico, sendo pra mim um modelo e inspiração de profissional.

Aos meus amigos da turma de Agronomia, Paulo Henrique, Lucas Mateus, Elionaldo Gonçalves e Matheus Venicio, por compartilharem esta jornada comigo.

## RESUMO

Para promover a agricultura irrigada sustentável é necessário que o manejo da irrigação seja eficiente, e o uso de tecnologias são fortes aliadas neste contexto. Nos sistemas de irrigação por gotejamento a determinação do bulbo molhado é importante para avaliar a área úmida que possibilite o desenvolvimento radicular. Como não há um método padrão para monitoramento do bulbo úmido, com precisão e praticidade, o uso de sensores eletrônicos de umidade do solo pode auxiliar nesta atividade. O objetivo deste estágio foi avaliar a formação do bulbo molhado em solos cultivados com cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial contínuo e por pulsos, utilizando sensor eletrônico de umidade do solo EC-5 no monitoramento de sua distribuição espacial vertical e horizontal, sob lâmina de reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc). O experimento foi conduzido, na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), em Carpina-PE. O solo da área experimental é Argissolo Amarelo distrocoeso e a variedade de cana-de-açúcar cultivada foi a RB 041443, no terceiro ciclo de cultivo. Os dois tratamentos consistiram em formas de aplicação da lâmina de irrigação (por pulso e contínua). O delineamento foi distribuído em blocos casualizados, com dois blocos e 20 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento subsuperficial a uma profundidade de 0,20 m, vazão de 1,0 L h<sup>-1</sup>. Após a irrigação, foram abertas trincheiras a partir da localização do ponto médio entre emissores nas linhas de gotejo, local onde foram realizadas as medições da umidade do solo, no sentido vertical e horizontal com o sensor capacitivo EC-5 e o datalogger PROCHECK. Para comparação entre os perfis de umidade foram gerados gráficos, no programa Sufer Mapping System v.13. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o software estatístico SISVAR. O uso do sensor eletrônico apresentou resultados satisfatórios, e aliado ao método da trincheira, pode ser uma alternativa para avaliação do bulbo molhado. Os resultados da análise de variância pelo teste F demonstraram que não houve diferença significativa para a umidade do solo, nas formas de aplicação por pulsos e contínua da lâmina correspondente a reposição de 100% da ETc.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das parcelas experimentais e tratamentos .....	09
Figura 2 – Pontos de aferição da umidade do solo pelo sensor EC-5 .....	11
Figura 3 – Precipitação pluviométrica (mm) diária mensurada durante o período de monitoramento da umidade do solo .....	13
Figura 4 – Frente de molhamento obtida pela aferição da umidade do solo com sensor EC-5 nas áreas sob irrigação pulsada (a e c) e contínua (b e d) .....	13

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. OBJETIVOS.....	8
3. METODOLOGIA .....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
5. CONCLUSÕES.....	15
6. REFERÊNCIAS .....	16

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso público, porém limitado, seu uso na produção agrícola é de grande importância visto que, cerca de 50% da captação de água bruta em mananciais superficiais e subterrâneos no Brasil é destinada a irrigação de cultivos (ANA, 2021). Para assegurar que este bem seja utilizado de forma racional e promover uma agricultura mais sustentável. O uso de tecnologias que proporcionem o dimensionamento e manejo de irrigação mais eficiente, com redução do consumo de água, sem prejudicar a produtividade dos cultivos, é um objetivo que deve ser alcançado.

O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão de quanto e quando irrigar, para tanto, é essencial o entendimento da distribuição de água no solo sob irrigação (LEVIEN; MIRANDA; BEZERRA, 2012). O gotejamento é um sistema de irrigação localizado que pode ser instalado de duas formas: superficial e subsuperficial, no qual a aplicação é feita em alta frequência e diretamente nas raízes da cultura. O gotejamento subsuperficial proporciona melhor eficiência no uso da água em virtude da redução da área molhada e das perdas por evaporação e percolação (SOUZA; COELHO; PAZ, 2007).

A compreensão da área molhada pelos gotejadores é uma parte básica no dimensionamento do projeto de irrigação, para tanto, existem diferentes métodos que avaliam o bulbo úmido, não havendo, portanto, um consenso sobre o método padrão. Entre os métodos mais utilizados pode-se listar o método por meio de colunas de solo (VÁSQUEZ; PINHEIRO; SANTOS, 2017), via sondas TDR (SOUZA et al., 2018; SILVA et al., 2015), o modelo numérico (TOLENTINO JÚNIOR et al., 2014), o modelo de regressão (BEZERRA; CAMPECHE, 2015) e em trincheiras com coleta de solo por meio de quadrículas (ZANINI et al., 2007).

Similarmente às sondas TDR, o uso de sensores capacitivos ou dielétricos (FDR) na determinação da umidade do solo proporcionam o contínuo monitoramento, com o respectivo registro dos dados e repetição das leituras de umidade, além disso são de baixo custo (SILVA, 2016) sendo assim, viáveis para o manejo mais eficiente da irrigação. A utilização dos sensores FDR, juntamente com o método de trincheiras na medição da área molhada do perfil de solo, pode configurar um método alternativo com vantagens semelhantes ao da TDR que possui precisão satisfatória e a repetição de leituras da umidade em campo (SOUZA; COELHO; PAZ, 2007).

O sensor de umidade ECH2O EC-5 (METER Group) é um exemplo de FDR, com duas hastes e dimensões de 8,9 cm de comprimento, 1,8 cm de largura e 0,7 cm de espessura. Este sensor utiliza propriedades dielétricas do solo para estimar a umidade, portanto, há necessidade de calibrar o sensor para um determinado tipo de solo. Em geral, a curva de calibração recomendada pelo fabricante é inadequada para alguns solos, assim a calibração específica eleva a precisão das leituras da umidade (SILVA, 2016).

A formação do bulbo pode ser observada por meio de gráficos de contorno, refletindo o teor de água no solo. A avaliação do bulbo úmido em campo, é facilitada quando o solo em volta do bulbo está seco (BARRETO et al., 2008), portanto, deve ser realizado preferencialmente em período seco para não haver interferência de umidade residual em sua formação (SIMÕES; OLIVEIRA; CALGARO, 2016).

O tipo de aplicação da lâmina de irrigação pode trazer ao sistema maior eficiência no uso da água. A irrigação contínua é a aplicação da lâmina de irrigação sem interrupções sendo a forma comumente utilizada. No entanto, a irrigação por pulsos consiste em aplicar a lâmina de irrigação com intervalos de descanso, promovendo maior umidade na camada superior do solo e economia de água devido a redução da percolação, conseqüentemente eleva a absorção de nutrientes, a produtividade da água e produção (MENEZES et al., 2020; ZAMORA et al., 2019; CRUZ et al., 2021).

A cana-de-açúcar é uma cultura de elevado valor econômico e cultural para a região nordeste. Em função do metabolismo, classificado como C4, possui taxa de crescimento e eficiência no uso da água até três vezes maior que as de metabolismo C3 (DALRI et al., 2008). Na safra 2021/2022 são esperados 134 mil hectares de área plantada no estado de Pernambuco, com produtividade média de 51,6 t ha<sup>-1</sup>, será a segunda produtividade mais baixa do Brasil, que apresentará média de 68,8 t ha<sup>-1</sup>. As quedas de produção são atribuídas à redução de área plantada, ao clima desfavorável no início do cultivo, em função das chuvas irregulares (CONAB, 2021).

Para elevar a produtividade da cultura, uma das alternativas é a irrigação dos canaviais. Entre os sistemas de irrigação, o gotejamento subsuperficial agrega expressivamente a produtividade de colmos de cana de açúcar, com média de 165 toneladas de colmos por hectare (TCH), dependendo da variedade e da quantidade de cortes, podem ocorrer médias acima de 200 toneladas por hectare (SILVA et al., 2019a).



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar a formação do bulbo molhado em solos cultivados com cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial contínuo e por pulsos, por meio do uso de sensor eletrônico de umidade do solo (EC-5) no monitoramento da sua distribuição espacial vertical e horizontal, sob lâmina de reposição de 100% da evapotranspiração da cultura.

### 2.2. Objetivos específicos

Mensurar a distribuição espacial vertical e horizontal da umidade do solo sob cultivo de cana-de-açúcar irrigada com aplicação fracionada da lâmina de irrigação;

Comparar a eficiência da irrigação sob os tratamentos formas de aplicação da lâmina de reposição de 100% da evapotranspiração da cultura com base na formação do bulbo molhado;

Avaliar a utilização dos sensores EC-5 no dimensionamento da distribuição espacial da umidade do solo visando o monitoramento do bulbo molhado.

## 3. METODOLOGIA

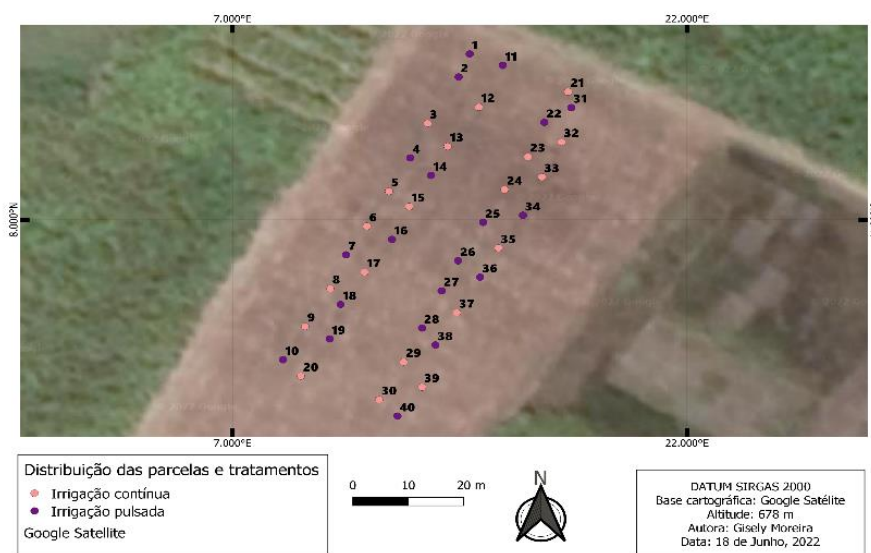
O experimento foi conduzido em condições de campo, na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), localizada no município de Carpina-PE, a 56 km do Recife, nas coordenadas 7°51'25" de latitude S e 35°14'16" de longitude W. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso, segundo a EMBRAPA (2013). As características físicas do solo estão apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Características físicas do solo da área experimental.

Camada m	Análises físicas			Classe Textural	Ds Mg m <sup>-3</sup>	θcc m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	θpmp ---
	Areia -----	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila -----				
0 - 0,20	848,7	13,9	137,4	Franco arenosa	1,72	0,15	0,1
0,20 - 0,40	826,2	16,4	157,4	Franco arenosa	1,86	0,18	0,12

Ds: Densidade do solo; θcc: Umidade volumétrica na capacidade de campo; θpmp: Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente. Fonte: COSTA *et al.* (2019).

Os tratamentos consistiram em formas de aplicação da lâmina de irrigação (por pulso e contínua) por meio da lâmina de reposição da evapotranspiração da cultura (100% da  $ET_c$ ,  $\text{mm dia}^{-1}$ ). O delineamento em blocos casualizados com dois tratamentos em função das formas de aplicação, com quatro blocos, totalizando 40 parcelas experimentais (Figura 1). A aplicação por pulsos foi dividida em quatro pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos.



**Figura 1.** Distribuição das parcelas experimentais e tratamentos.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento subsuperficial a uma profundidade de 0,20 m. As linhas laterais foram compostas por tubos de polietileno de 16 mm, com emissores autocompensantes do tipo *in line* com pressão de serviço de 1 a 3 bar, espaçados a 0,50 m e saída cilíndrica (tipo PC/AS, vazão de  $1 \text{ L h}^{-1}$ ).

A obtenção do tempo de irrigação de cada tratamento foi feita considerando-se a lâmina bruta de irrigação, obtida pela relação entre a  $ET_c$  e a eficiência de aplicação do sistema de irrigação por gotejamento. O tempo de irrigação mudou diariamente, com início às 06:00 horas e o término de acordo com a lâmina de irrigação diária, sendo fixos a quantidade (4 pulsos) e o tempo de intervalo entre pulsos (60 minutos).

A irrigação foi realizada diariamente de acordo com a necessidade de água pela cultura obtida com base na  $ET_c$ . Para tanto, se faz necessário calcular a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), com base nos dados do tanque Classe A, conforme a Equação 1. Assim, a demanda evaporada no ambiente indiretamente (evaporação do tanque) é multiplicada por um coeficiente de correção (coeficiente do tanque,  $K_t$ ) determinado para

as condições locais, considerando dados climáticos como umidade relativa e velocidade do vento (DOORENBOS; KASSAM, 2000; BANDEIRA et al., 2011).

$$ET_o = EV_{TCA} \times K_t \quad (1)$$

Em que,  $EV_{TCA}$  é a Evapotranspiração do tanque Classe A, em  $\text{mm d}^{-1}$  e  $K_t$  é o coeficiente de correção do tanque, adimensional.

Para obter a  $ET_c$ , segundo a Equação 2, multiplica a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), obtida pelo método do tanque classe A, pelo coeficiente da cultura ( $K_c$ ), dado pela Equação 3, e pelo coeficiente de localização ( $K_l$ ).

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_l \quad (2)$$

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (3)$$

Sendo  $K_{cb}$  o coeficiente de cultura basal, e  $K_e$  o coeficiente de evaporação da água da superfície do solo.

A lâmina bruta foi determinada por meio da divisão entre a evapotranspiração do cultivo e a eficiência de aplicação, conforme a Equação 4:

$$L_b = \frac{ET_c}{E_a} \quad (4)$$

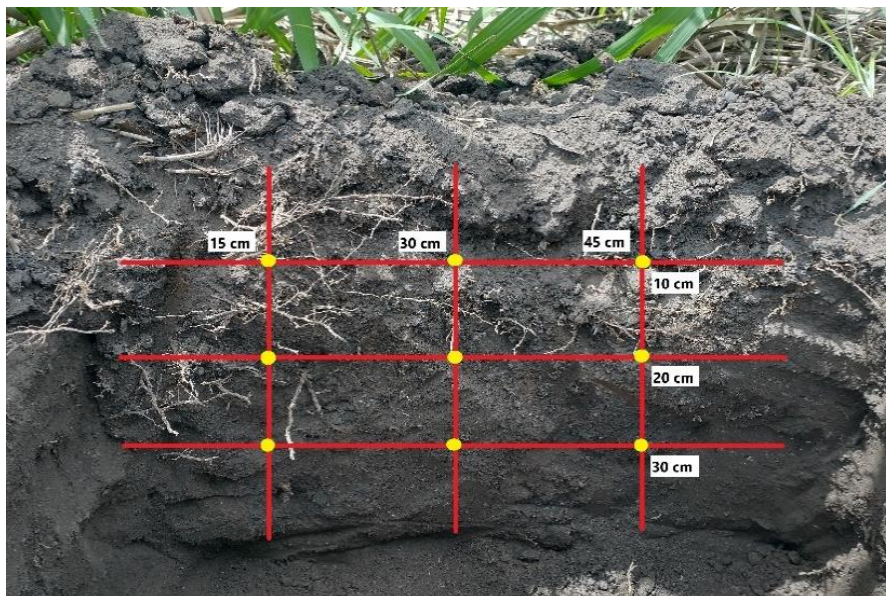
A eficiência de aplicação, por sua vez, é a relação entre o volume de água disponível para a cultura e o volume aplicado pelo emissor, de acordo com o teste de coeficiente de uniformidade (CUD) que, realizado em campo correspondeu a 98,61%. Para obter o tempo de irrigação ( $T_i$ ) em horas, demonstrado na Equação 5, divide-se lâmina bruta (mm) pela intensidade de aplicação do sistema ( $I_a$ ). A intensidade de aplicação de  $0,98 \text{ mm h}^{-1}$ , foi obtida por meio da divisão entre a vazão dos gotejadores e a distância entre eles, equivalente à área molhada.

$$T_i = \frac{L_b}{I_a} \quad (5)$$

A variedade de cana-de-açúcar cultivada foi a RB 041443, no terceiro ciclo de cultivo (cana-soca). O plantio foi realizado em sulcos de 7 m, utilizando colmos do clone, com espaçamento de 10 cm entre as plantas. Para o monitoramento do bulbo úmido, foi utilizado o sensor capacitivo EC-5 e o datalogger PROCHECK (METER Group) na leitura do conteúdo volumétrico de água no solo. Os dados foram medidos em *raw* e através da Equação 6 (TOPP; DAVIS; ANNAN, 1980) foram convertidos para umidade volumétrica ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Estas leituras foram realizadas após cada evento de irrigação, em trincheiras abertas nas entrelinhas da cana-de-açúcar.

$$U (m^3m^{-3}) = 8,5 \times 10^{-4} \times raw - 0,48 \quad (6)$$

As leituras foram realizadas a partir da localização do ponto médio entre emissores, no sentido vertical e horizontal do bulbo úmido no perfil do solo (Figura 2). Em cada trincheira foram medidas as principais dimensões do bulbo úmido, referentes ao diâmetro e as respectivas profundidades, até 40 cm (BARRETO et al., 2008).



**Figura 2.** Pontos de aferição da umidade do solo pelo sensor EC-5.

Para comparação entre os perfis de umidade, foram feitos gráficos, no programa Sufer Mapping System v.13, apresentando a distribuição do bulbo molhado, proporcionando informações sobre a dinâmica da água no solo (BARROS et al., 2009). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e análise de variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA 2011). A análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade será realizada para verificar o ajuste do valor da lâmina de reposição da evapotranspiração da cultura (100% da ETc), considerando os tipos de aplicação da irrigação utilizados (por pulso e contínua).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a escolha da metodologia mais adequada, foi realizada uma revisão da literatura, resumida na Tabela 2, com a finalidade de comparar os diferentes métodos em termos de vantagens e desvantagens na medição do bulbo molhado. Assim, foi

selecionada a metodologia de monitoramento da formação de bulbo molhado via uso de sondas, pois permitiu a determinação da umidade em campo e não demandou mais uma etapa como a coleta de solo, estudo de modelo e montagem de cubas.

**Tabela 2** – Avaliação das metodologias de medição do bulbo molhado.

Metodologia	Resumo	Medição do bulbo molhado		
		Vantagens	Desvantagens	Referências
Sondas TDR	Sondas dispostas na vertical e horizontal, medido diretamente no campo ou indiretamente em recipientes.	Estimativa da umidade em datalogger (tempo real), determinação em campo.	Demanda tempo e pessoas para abertura de trincheiras e para leitura.	(SOUZA <i>et al.</i> , 2018); (BIZARI; GRECCO; SOUZA, C. F., 2016) (SILVA <i>et al.</i> , 2015)
Quadrículas	Demarcação de solo para determinação da umidade	Dispensa o uso de sondas, que podem aumentar o custo.	Exige tempo e pessoas na abertura de trincheiras e para a coleta de solo.	(ZANINI <i>et al.</i> , 2007).
Modelos matemáticos	Modelo empírico (análise de regressão de observações em campo), numérico e analítico (equações que regem o fluxo sob condições iniciais e de contorno)	Relativamente fácil de usar, simulação da infiltração, fácil obtenção de parâmetros de entrada, entre outros.	Demanda tempo para estudo do modelo, conhecimento em programação e softwares.	(TOLENTINO JÚNIOR <i>et al.</i> , 2014); (BEZERRA; CAMPECHE, 2015).
Coluna de solo	Cubas de vidro contendo solo acomodado em forma de coluna.	Determinação indireta, simula a formação do bulbo no solo.	Necessita de cubas de vidro, grande quantidade de solo e montagem das cubas.	(VÁSQUEZ; PINHEIRO; SANTOS, 2017)

As leituras de umidade do solo nas trincheiras foram realizadas após o início da irrigação, em duas épocas. A análise de variância entre os tratamentos, forma de aplicação da lâmina por pulso e contínua, e a média da umidade do solo para cada tratamento, não diferiram significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. As maiores médias de umidade foram obtidas pela aplicação da lâmina de forma contínua, conforme é observado na Tabela 3.

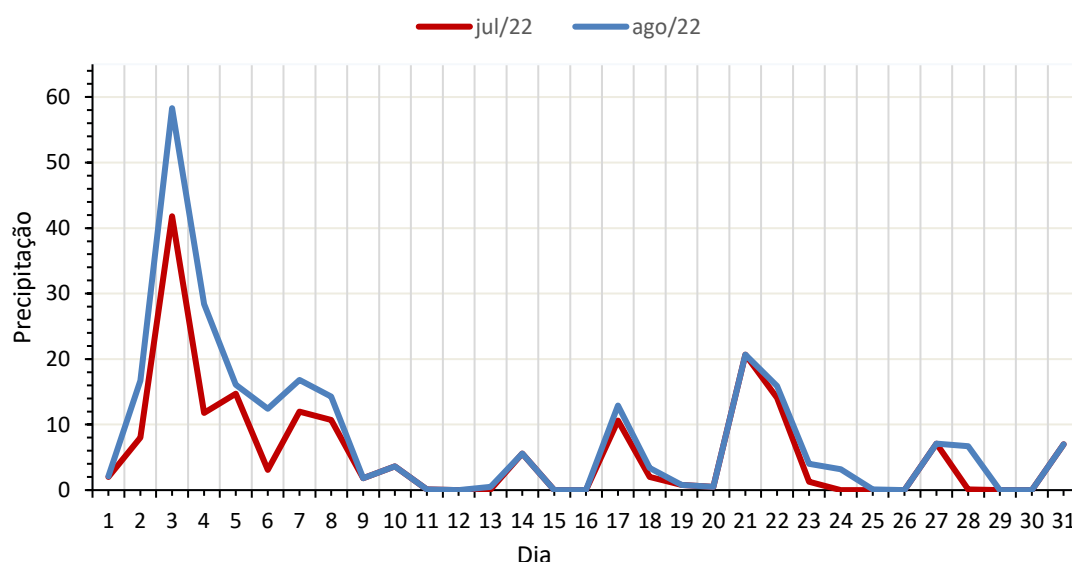
**Tabela 3.** Efeito da forma de aplicação da lâmina de reposição por pulso e contínuo na umidade do solo ( $m^3m^{-3}$ ) cultivado com cana-de-açúcar.

Tratamentos	Umidade ( $m^3m^{-3}$ )
1ª coleta	
Pulso	0,264 a
Contínuo	0,284 a
CV: 12,03%	
2ª coleta	

Pulso	0,260 a
Contínuo	0,277 a
<b>CV: 15,49%</b>	

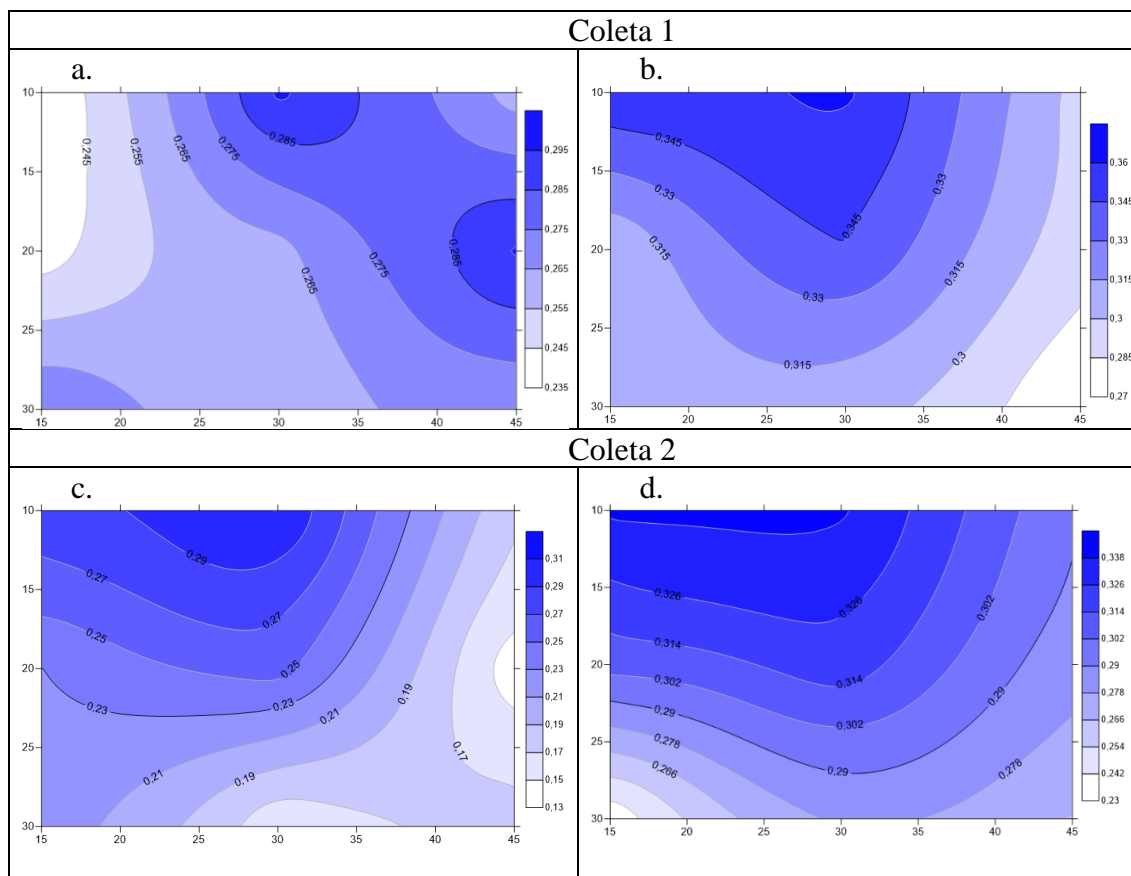
Valores seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. CV = Coeficiente de Variação entre as médias dos tratamentos por pulso e contínuo em cada coleta.

As leituras de umidade do solo nas trincheiras, apresentaram valores crescentes, ultrapassando  $0,30 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ . O plantio no terceiro ciclo de soca apresentava quantidade expressiva de palhada que contribuiu na conservação da umidade do solo (SILVA *et al.*, 2019b). As leituras de umidade do solo refletiram a ocorrência da precipitação pluviométrica ocorrida no período de monitoramento (Figura 3), como era esperado.



**Figura 3.** Precipitação pluviométrica (mm) diária mensurada durante o período de monitoramento da umidade do solo. Fonte: APAC, Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC).

As frentes de molhamento resultantes da aplicação da lâmina de reposição de forma contínua para as duas coletas (Figuras 4a, 4b, 4c e 4d) atingiram 30 cm de profundidade nas trincheiras. A distribuição de umidade no sentido horizontal, para as duas formas de aplicação, avançou até 30 cm. As figuras 4a, 4c, 4d, apresentaram irregularidades na formação do bulbo úmido. Na região próxima ao emissor, na faixa de 0,10 à 0,15 m de profundidade e à 0,30 m na horizontal, foram obtidos os maiores valores de umidade do solo para ambos tratamentos, sendo esse resultado esperado.



**Figura 4.** Frente de molhamento obtida pela aferição da umidade do solo com sensor EC-5 nas áreas sob irrigação pulsada (a e c) e contínua (b e d).

Em um estudo da avaliação do formato do bulbo úmido, com duas taxas de aplicação de água, em sistema de gotejamento subsuperficial, foi constatado maior umidade perto dos emissores, na vazão de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$  a frente de umedecimento lateral atingiu 40 cm e profundidade de 55 cm, com aplicação de 10 L de água, ao longo do tempo, em condições de casa de vegetação (BIZARI; GRECCO; SOUZA, 2016). As dimensões do bulbo molhado obtidas foram próximas a este estudo, atingindo 30 cm nas faixas horizontal e vertical do perfil de solo da trincheira, com indícios de maior extensão da área molhada.

As dimensões vertical e horizontal do bulbo dependem de características do solo que influenciam a distribuição de água. O aumento na profundidade do bulbo está relacionado com a textura arenosa do solo, sendo o maior movimento da água em profundidade devido a elevada condutividade hidráulica desses solos (EFFEGEM; SOUZA; BONOMO, 2020). Outros fatores que interferem nesse processo são a umidade inicial, a presença de camadas com diferentes porosidades que afetam o fluxo e retenção

de água no solo (MAIA; LEVIEN, 2010), além da vazão do emissor e do tempo de irrigação que também exercem influência no formato do bulbo.

As médias de umidade do solo estavam acima da capacidade de campo, devido ao manejo da irrigação e a influência do período chuvoso. Conforme observado nas Figuras 4a, 4b, 4c e 4d, a frente de molhamento atingiu 0,30 m de profundidade na trincheira, correspondendo a camada 0,20-0,40 m do solo, de acordo com Feitosa *et al.* (2021), que avaliaram a profundidade efetiva do sistema radicular (PESR) de cana soca irrigada, para duas variedades RB 96 6928 e CTC 4 atingiram 0,40 m e 0,60 m de PESR, respectivamente. Aquino *et al.* (2015) avaliando o sistema radicular de soqueiras, constataram que na camada 0,0-0,20 m de profundidade, foi obtida a maior massa de matéria seca de raízes em plantio com palhada.

Portanto, a disponibilidade hídrica nas primeiras camadas, 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m, é essencial para o aumento da produtividade (OLIVEIRA *et al.*, 2020), visto que, é onde se encontram a maior quantidade de raízes da cana de açúcar. Conforme observado na Figura 4, a área molhada formada pelo sistema de irrigação, neste experimento, abrange essas camadas, indicando que a faixa de umidade do solo é satisfatória para o desenvolvimento das raízes.

## 5. CONCLUSÕES

O sensor EC-5 apresentou resultados satisfatórios na determinação da umidade do solo ao longo do perfil e associado ao método da trincheira é uma alternativa para avaliação da área molhada pelo gotejador subsuperficial em Argissolo distrocoeso.

Os resultados da análise de variância, demonstraram que não houve diferença significativa para a umidade do solo, nas áreas submetidas às duas formas de aplicação da lâmina de irrigação diferentes, seja por pulsos ou contínua, e sempre correspondente à reposição de 100% da ETc. A dimensão espacial vertical e horizontal do bulbo úmido atingiu as camadas 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m, indicando que a umidade do solo, fornecida pelo sistema de irrigação, é satisfatória para o desenvolvimento das raízes, visto que, esta profundidade corresponde à faixa onde se concentram a maior parte do sistema radicular da cana de açúcar.



## 6. REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Irrigação. Uso da água na agricultura irrigada. [S.l.]: [s.n.], 2021.

AQUINO, G. S.; CONTI MEDINA, C.; PORTEIRA JUNIOR, A. L.; SANTOS, L. O.; CUNHA, A. C. B.; KUSSABA, D. A. O.; SANTOS JÚNIOR, J. H.; ALMEIDA, L. F.; SANTIAGO, A. D. Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar sob diferentes quantidades de palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2015. v. 50, n. 12, p. 1150–1159. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001200004.

BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 1, p. 237-241, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200018>.

BARRETO, C. V. G.; SAKAI, E.; PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B. Técnica de avaliação de bulbo úmido por múltiplos cortes em trincheira. *Irriga*, 2008. v. 13, n. 2, p. 160–169. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2008v013n2p160-169>.

BARROS, A. C.; FOLEGATTI, M. V.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B. L. Distribuição da água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 13, n. 6, p. 700-707, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600006>.

BEZERRA, A. B.; CAMPECHE, L. F. S. M. Dinâmica do bulbo molhado no solo por meio da irrigação por gotejamento em perímetros irrigados do submédio do vale do São Francisco. *Irriga*, 2015. p. 95–102.

BIZARI, D. R.; GRECCO, K. L.; SOUZA, C. F. Bulbo molhado estimado pela técnica da TDR na irrigação por gotejamento subsuperficial. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 2016. v. 10, n. 2, p. 477–485.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana de açúcar - V.8 - SAFRA 2021/22 - N.3 - Terceiro levantamento - novembro 2021. 2021. v. 8, n. 3, p. 63.

COSTA, A. R. F. C.; ROLIM, M. M.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, M. M.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R. Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Angewandte Chemie*

International Edition, 6(11), 951–952, 2019. v. 24, n. 1, p. 38–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p38-53>.

CRUZ, R. I. F.; SILVA, G. F.; SILVA, M. M.; SILVA, A. H. S.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F. Productivity of irrigated peanut plants under pulse and continuous dripping irrigation with brackish water. *Revista Caatinga*, 2021. v. 34, n. 1, p. 208–218. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n121rc>.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS; L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. *Irriga*, 2008. v. 13, n. 1, p. 1–11. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2008v013n1p1-11>.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Trad. de H.R. Gheyi, A.A. de Sousa, F.A.V. Damasceno, J.F. de Medeiros. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000.

EFFEGEM, C.; SOUZA, J. M.; BONOMO, R. Wet bulb formation in sandy and clay textures under drip irrigation system. *Irriga*, 2020. v. 25, n. 4, p. 735–746. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2020v25n4p735-746>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353p.

FEITOSA, D. G.; HERNANDEZ, F. B. T.; OLIVEIRA, D. A.; BISPO, R. C. Avaliação da profundidade efetiva do sistema radicular de uma cana-soca irrigada no Noroeste Paulista. XXX CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2021. p. 10.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

LEVIEN, S. L. A.; MIRANDA, J. H.; E BEZERRA, A. H. F. Estimativa de dimensões de volume de solo molhado na irrigação por gotejamento superficial em solo de textura média: condição inicial de solo seco. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 2012. v. 6, n. 2, p. 127–135. DOI: 10.7127/rbai.v6n200342.

MAIA, C. E.; LEVIEN, S. L. A. Estimativa de dimensões de bulbo molhado em irrigação por gotejamento superficial aplicando modelo de superfície de resposta. *Ciência Rural*, 2010. v. 40, n. 6, p. 1302–1308. DOI: 10.1590/s0103-84782010005000099.

MENEZES, S. M.; SILVA, G. F.; ZAMORA, V. R. Ó.; SILVA, M. M.; SILVA, A. C. R. A.; SILVA, E. F. F. Nutritional status of coriander under fertigation depths and pulse and continuous drip irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2020. v. 24, n. 6, p. 364–371. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n6p364-371>.

OLIVEIRA, M. H. R.; SOUZA, A. E. C.; ÁVILA, E. A. S.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, R. M.; VENTURA, M. V. A. Produtividade de cana-de-açúcar sob irrigação localizada: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, 2020. v. 9, n. 7, p. 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3966>.

SILVA, A. A. F.; SOUZA, J. A. R.; CARVALHO, W.; MENDONÇA, R. B.; MOREIRA, D. A. Distribuição da umidade do solo num sistema irrigado por gotejamento superficial com diferentes inclinações do terreno. *Revista Engenharia na Agricultura*, 2015. v. 23, n. 3, p. 261–269.

SILVA, D. M. O. Calibração de sensores dielétricos ECH2O para solos de referência na zona da mata de Pernambuco. [S.l.]: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

SILVA, E. M. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q. Produtividade de colmos e eficiência do uso da água em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial. *Irriga*, 2019a. v. 24, n. 1, p. 162–176. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p162-176>.

SILVA, T. G. F.; SOUZA, C. A. A.; MOURA, M. S. B.; MARIN, F. R.; CARVALHO, H. F. S.; LEITAO, M. M. V. B. R.; GALVINCIO, J. D. Balanço de energia, emissão foliar e eficiência do uso da radiação pela cana-de-açúcar em cultivo sem e com palhada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2019b. v. 34, n. 2, p. 349–349. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334016>.

SIMÕES, W. L.; OLIVEIRA, A. R.; CALGARO, M. Teste do bulbo molhado para o plantio de cana-de-açúcar com irrigação localizada. *Embrapa Semiárido*, 2016. p. 1–2.

SOUZA, E. D. A.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S. Distribuição da umidade num perfil de solo irrigado por gotejamento superficial e subsuperficial. *Ciência Agrotécnica*, 2007. v. 31, n. 4, p. 1161–1166.

SOUZA, J. M.; REIS, E. F.; BONOMO, R.; GARCIA, G. O. Wet bulb and conilon coffee root distribution under drip irrigation. *Ciência e Agrotecnologia*, 2018. v. 42, n. 1, p. 93–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018421018617>.

TOLENTINO JÚNIOR, J. B.; MARINHO, L. B.; SOUZA, C. F.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de um modelo numérico para modelagem do bulbo molhando em irrigação por gotejamento. *Irriga*, 2014. p. 11–20.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, 1980. v. 16, n. 3, p. 574–582.

VÁSQUEZ, M. A. N.; PINHEIRO, A. G.; SANTOS, T. E. M. Dinâmica do bulbo úmido em irrigação por gotejamento subsuperficial. *Revista Engenharia na Agricultura*, 2017. v. 25, n. 02, p. 148–156.

ZAMORA, V. R. O.; SILVA, M. M.; SILVA, G. F.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MENEZES, D.; MENEZES, S. M. Pulse drip irrigation and fertigation water depths in the water relations of coriander. 2019. v. 37, n. 1, p. 22–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190103>.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATTO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. *Engenharia Agrícola*, 2007. v. 27, n. 1, p. 180–193.