

## **AVALIAÇÃO DE BULBO ÚMIDO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE SUBSUPERFÍCIE EM LATOSSOLO VERMELHO**

**DIEGO GONÇALVES FEITOSA<sup>1</sup>, FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ<sup>2</sup>,  
REGIANE DE CARVALHO BISPO<sup>3</sup>**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi determinar o bulbo úmido de um sistema de irrigação por gotejamento de subsuperfície, a fim de chegar a uma recomendação de amostragem média da umidade do solo para fins de manejo da irrigação. Os dados foram coletados em julho de 2018 após o quinto corte da cana-de-açúcar, em 2 trincheiras, foram coletadas amostras com sua estrutura preservada para determinação das curvas de retenção, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo. A determinação do bulbo úmido em cada trincheira, foi realizada 12 horas após um período de 6 horas de irrigação. Posteriormente foi realizado uma interpolação dos pontos e a delimitação do bulbo úmido foi realizada utilizando-se como critério a curva de retenção de água no solo. Observou-se que as áreas de bulbo úmido nos perfis avaliados foram de 0,61 e 0,70 m<sup>2</sup>, sendo que essa distribuição ocorreu principalmente abaixo dos 0,20 metros superficiais, provocando um déficit hídrico na camada superficial do solo. Para se realizar uma amostragem da umidade do solo para fins de manejo da irrigação, a mesma deverá ser realizada preferencialmente a 0,3m de distância lateral e abaixo da linha de gotejamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cana-de-açúcar, gotejamento, área molhada.

## **WET BULB EVALUATION OF A SUBSURFACE IRRIGATION SYSTEM IN RED OXISOL**

**ABSTRACT:** This research aimed to determine the wet bulb of a subsurface drip irrigation system in order to determine an average recommendation of soil moisture sampling for

---

<sup>1</sup>Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, UNESP, DEFERS -Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000 , e-mail:diegogfeitosa@gmail.com.

<sup>2</sup>Professor Titular, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000. e-mail: fernando.braz@unesp.br.

<sup>3</sup>Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UNESP, Botucatu, SP, Fone: (74) 91205151. e-mail: regianecarvalhoks@gmail.com.

irrigation management purposes. Data were collected in July 2018 after the fifth sugarcane cut, in 2 trenches, samples were collected with their preserved structure to determine the retention curves, macro and microporosity, total porosity and soil density. The determination of the wet bulb in each trench was performed 12 hours after an irrigation period of 6 hours. The points were interpolated and the wet bulb delimitation was performed using the soil water retention curve as a criterion. It was observed that the wet bulb areas in the evaluated profiles were 0.61 and 0.70 m<sup>2</sup>, and this distribution occurred mainly below the surface 0.20 meters, causing a water deficit in the topsoil. To perform soil moisture sampling for irrigation management purposes, it should preferably be done at a distance of 0.3m from the side and below the drip line.

**KEYWORDS:** Sugar cane, drip irrigation, wet area.

## INTRODUÇÃO

A prática da irrigação apresenta diversas vantagens ao produtor rural, sendo a principal vantagem a garantia de poder fornecer água às culturas garantindo que as mesmas não venham a perder produtividade devido a ocorrência de períodos de déficit hídrico, garantindo dessa forma o retorno do investimento realizado e a sustentabilidade da região produtora.

No entanto, para que o uso da irrigação possa realmente garantir produtividades próximas ao máximo potencial da cultura, além de se realizar todos os demais tratamentos culturais de maneira adequada, é necessário manejar o sistema de irrigação de maneira correta, fornecendo assim as lâminas corretas no momento apropriado, o que muitas vezes não ocorre, sendo que a maior parte dos usuários da agricultura irrigada não utiliza, ainda, qualquer tipo de critério para o manejo da irrigação (Nunes, 2014).

Operacionalmente o manejo da irrigação pode ser realizado pela estimativa da evapotranspiração da cultura ou através do monitoramento da umidade do solo, sendo que neste caso é preciso estabelecer critérios para seja mais representativo possível, aliando a representatividade em função da lâmina média de irrigação do sistema e ainda, com a zona de maior ocorrência do sistema radicular das culturas.

Nesse contexto esse trabalho teve como objetivo, determinar o bulbo úmido de um sistema de irrigação por gotejamento de subsuperfície (GSS), a fim de chegar à recomendação do local mais adequado para a amostragem média da umidade do solo para fins de manejo da irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS:

Este trabalho foi conduzido em uma área comercial de cana-de-açúcar no município de Andradina, Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas Latitude 20° 43' 43,6" S; Longitude 51° 16' 30,3" W e altitude 360 metros, com clima, segundo classificação de Köppen, do tipo tropical com inverno seco (Aw) (Rolim et al., 2007), com precipitação anual média 1,242 mm, temperatura do ar entre de 19,7 a 26,9°C e umidade relativa média de 62,4% (Unesp, 2018).

A área de estudo possui um solo classificado com o sendo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (Santos et al., 2018), sendo a área cultivada com cana-de-açúcar com variedade RB96 - 6928, em um sistema de linhas duplas, sendo o espaçamento entre linhas simples de 0,8 m e o espaçamento entre linhas duplas de 1,5 m, com a cultura irrigada por GSS à profundidade de 0,4 m, sob cada linha de cana, com uma vazão do emissor de 1,0 L/h e espaçamento de 0,33 metros.

As amostragens do solo foram realizadas em julho de 2018, logo após o quinto corte da cultura, em 2 trincheiras com 1,0 m de profundidade, abrangendo parte do espaçamento entre as linhas simples da cultura e o espaçamento entre a linha dupla, buscando assim manter uma linha da cultura com a linha do sistema de gotejamento ao centro do perfil, onde foram coletadas amostras de estrutura preservada por meio de anéis volumétricos nas profundidades de 0,0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 e 0,8-1,0 metros para determinação das curva de retenção de água (CRAS), da macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS). Amostras de solo deformadas também foram coletadas nas mesmas profundidades para a análise granulométrica, sendo que todas as análises foram realizadas conforme a metodologia proposta por Embrapa (2017) e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas do solo dos pontos avaliados.

Local	Porosidade (%)			Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	CAD (mm/cm)	Argila	Areia g/Kg	Silte
	Macro	Micro	Total					
Ponto 1	8,2	25,5	33,7	1,6	0,9	182	745	73
Ponto 2	9,8	27,1	36,9	1,5	1,2	174	737	89

A determinação do bulbo úmido em cada trincheira foi realizada 12 horas após um período de 6 horas de irrigação, utilizando-se de uma malha de 1,0 x 1,0 m, dividida em 25 células de 0,2 x 0,2 m, onde foram coletadas ao centro, amostras de solo que foram

acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente determinadas a umidade gravimétrica e volumétrica de cada célula.

Posteriormente utilizou-se do programa ArcGis 10.0 para inserir os resultados da malha de umidade e realizar uma interpolação dos pontos pelo método de Krigagem, em seguida para se realizar a limitação do bulbo úmido, utilizou-se como critério a curva de retenção de água no solo, determinando as umidade no ponto de murcha permanente (PMP - potencial matricial de - 1500 kPa ), na capacidade de campo (CC – potencial matricial de - 10 kPa) e a umidade crítica (UC - 50% da Capacidade de Água Disponível - CAD).

Na sequência foram determinadas quatro classes de umidade, Classe 1: umidade inferior ou igual ao PMP, Classe 2: umidade entre o PMP e a UC, Classe 3: umidade entre a UC e a CC e Classe 4: umidade entre a CC e a Saturação, sendo utilizada as áreas ocupadas pelas Classes 3 e 4 para delimitação do bulbo úmido.

Na sequência a área classificada como bulbo úmido foi comparada com a malha utilizada para coleta das amostras de umidade, afim de selecionar os pontos que se encontravam dentro da área da classe 3. Esses pontos selecionados foram comparados em relação a sua distância com o tubo gotejador, buscando assim um valor de referência comum aos dois perfis para a distância lateral e de profundidade em relação a linha de gotejo, que possam ser utilizados como monitoramento da umidade do solo para o manejo da irrigação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 observa-se que para a Classe 1 de umidade, o perfil 1 apresentou uma área de 0,05 m<sup>2</sup>, enquanto que para o perfil 2, para esta mesma classe, a área foi de 0,20 m<sup>2</sup>. Já para a Classe 2, os valores estão mais próximos, sendo 0,25 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> para o perfil 1 e 0,19 para o perfil 2.

Tabela 2. Área das classes de umidade de cada perfil

Classes	Perfil 1		Perfil 2	
	Umidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Umidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )
Classe 1(<PMP)	< 0,09	0,05	< 0,10	0,20
Classe 2 (PMP-UC)	0,09-0,14	0,25	0,10-0,16	0,19
Classe 3 (UC-CC)	0,14-0,19	0,46	0,16-0,22	0,58
Classe 4 (> CC)	> 0,19	0,24	> 0,22	0,03

Ainda na Tabela 2, pode-se observar que as Classes 3 e 4, totalizam a área considerada neste trabalho como a área do bulbo molhado, sendo que os dois perfis apresentaram valores semelhantes, sendo respectivamente para os perfis 1 e 2 áreas de 0,70 e 0,61 m<sup>2</sup>, porém ao se observar separadamente a Classe 4, é possível verificar que o perfil 1 apresentou uma área de 0,24 m<sup>2</sup>, enquanto o perfil 2 apresentou para esta mesma classe uma área de apenas 0,03 m<sup>2</sup>, resultado este diretamente influenciado pelo valor da CAD, sendo está de 1,2 mm.cm<sup>-1</sup> para o perfil 2 e de 0,9 mm.cm<sup>-1</sup> para o perfil 1.

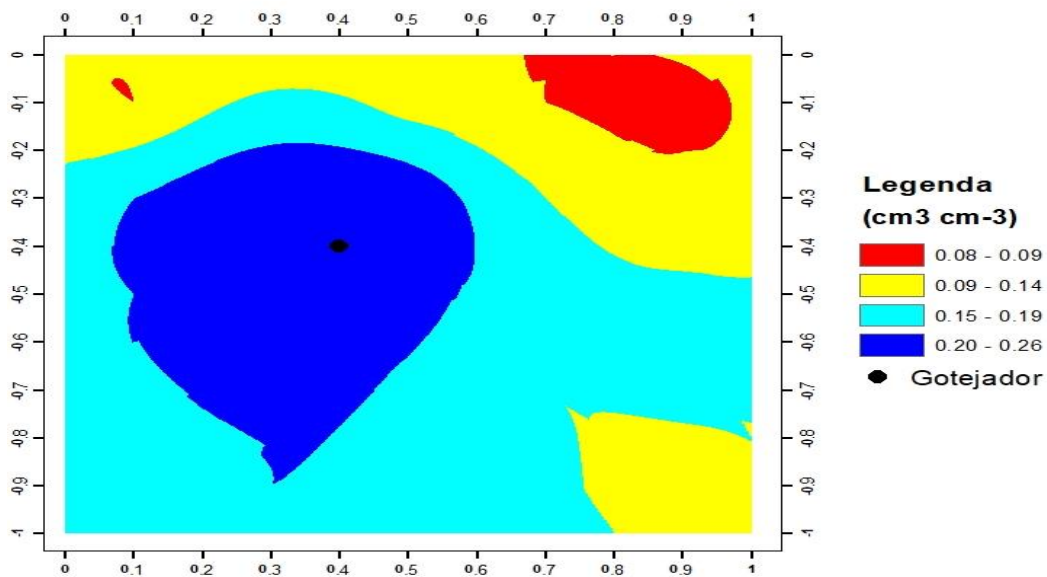


Figura 1. Classes de umidade do perfil 1.

Pela Figura 1 é possível observar a distribuição das Classes de umidade do perfil 1, evidenciando a importância da porosidade, do teor de argila e da profundidade de instalação da linha de gotejamento para que haja uma melhor distribuição de água no perfil, especialmente à decorrente do movimento ascendente de água no solo, onde ao se comparar a distribuição das classes de umidade no perfil do solo entre os dois perfis, é possível demonstrar que nas condições do solo avaliado, se tratando de um Latossolo com alto teor de areia, a profundidade utilizada para instalação do sistema de gotejamento não se mostrou a mais adequada, fazendo com que a camada superficial do solo principalmente nos 0,2 metro para o perfil 1 e 0,3 metro para o perfil 2 (Figura 2). permaneça com déficit hídrico.

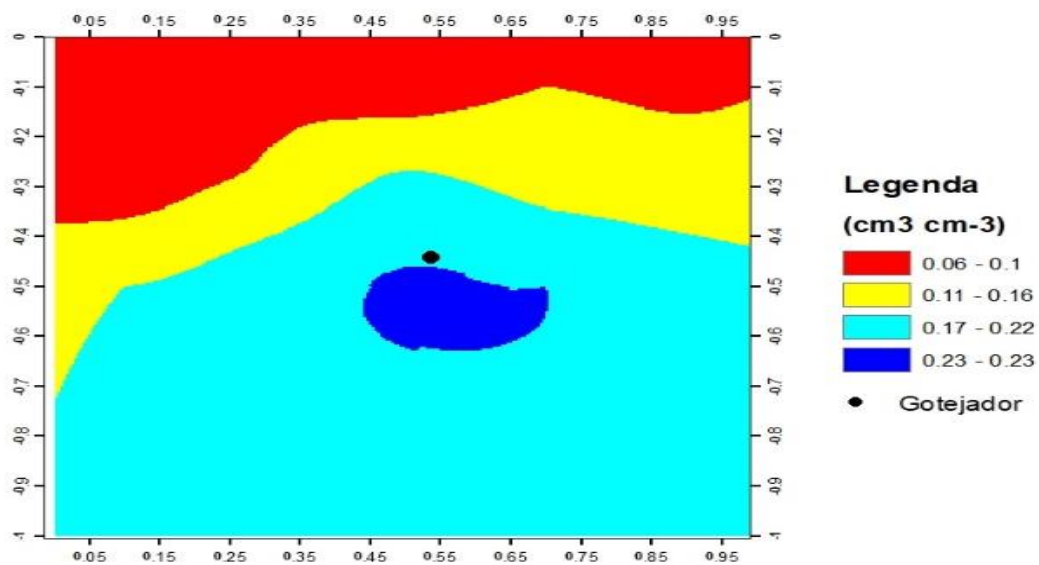


Figura 2. Classes de umidade do perfil 2.

Tal resultado demonstra que mesmo com o uso do sistema de irrigação, a cultura pode apresentar perda de produtividade por déficit hídrico, principalmente levando-se em consideração que segundo Sousa et al., (2013) o sistema radicular da cana-de-açúcar se concentra nos primeiros 0,4 m de profundidade. Já Aquino et al., (2015) avaliando o sistema radicular da cana-de-açúcar em duas safras de cana soca, observaram que a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura foi de 0,18m no primeiro e 0,21m no segundo ano.

Já a figura 3 apresenta o resultado da sobreposição da localização dos pontos de coleta do solo para determinação da umidade do perfil, dessa forma foi possível selecionar os pontos que se encontravam dentro da área correspondente a classe 3 (Tabela 3).

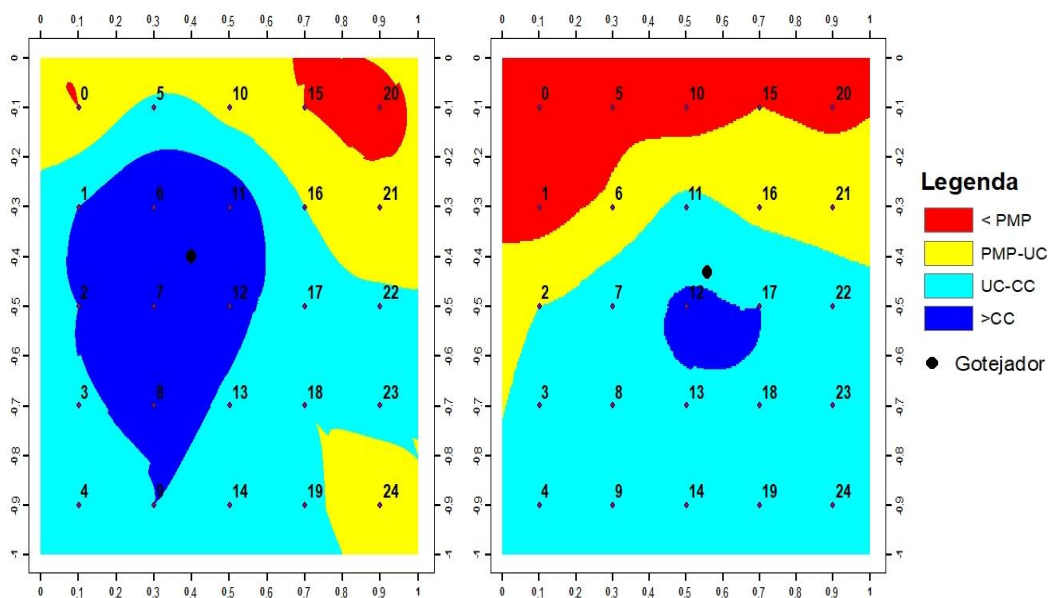


Figura 3. Identificação e localização dos pontos utilizados na grade de amostragem

Pode-se observar na Tabela 3 que no perfil 1, dos 25 pontos utilizados na avaliação, 10 pontos se encontram dentro da região do bulbo úmido, o que representa 40% do total de pontos. Ao se buscar um ponto que apresente a mesma distância tanto a direita quanto a esquerda, afim de se facilitar uma recomendação de amostragem, destacam-se os pontos 3, 4, 17, 18 e 19, sendo que destes, as profundidades de 0,3 e 0,5m abaixo da linha de gotejamento, ocorreram em dois pontos cada, mas por se tratar de uma menor profundidade, o que facilitaria a coleta de dados, a profundidade de 0,3m apresenta-se como uma melhor opção

Tabela 3. Distância em relação a linha de gotejamento dos pontos de amostragem que se encontram dentro da região do bulbo úmido do perfil 1.

Ponto	Distância Lateral*	Profundidade**
3	-0.3	-0.3
4	-0.3	-0.5
5	-0.1	0.3
13	0.1	-0.3
14	0.1	-0.5
17	0.3	-0.1
18	0.3	-0.3
19	0.3	-0.5
22	0.5	-0.1
23	0.5	-0.3

\*Valores negativos indicam que o ponto está a esquerda da linha de gotejo, enquanto os valores positivos indicam que o ponto se encontra a direita.

\*\* Valores negativos indicam que o ponto está abaixo da linha de gotejo, enquanto os valores positivos indicam que o ponto se encontra acima.

Já na tabela 4, pode-se observar que no perfil 2, 13 dos 25 pontos, se encontravam dentro do bulbo úmido, o que representa 52% dos pontos amostrais, por outro lado nenhuma distância lateral apresentou valor igual em ambos os lados, sendo que os valores que mais se aproximaram a este comportamento, foram os de 0,25m a esquerda, observados nos pontos 7, 8, e 9 e 0,35m a direita, encontrados nos pontos 22, 23 e 24 o que resulta em uma média de 0,30m, valor igual ao observado no perfil 1. Já em relação a profundidade, os valores de 0,05, 0,25 e 0,45m abaixo da linha de irrigação, ocorreram em dois pontos cada, porém por ser a profundidade mais próxima da profundidade selecionada no perfil 1, a

distância de 0,25m abaixo da linha de irrigação se apresenta como a melhor opção, podendo-se por aproximação, se indicar o valor de 0,30m.

Tabela 4. Distância em relação a linha de gotejamento dos pontos de amostragem que se encontram dentro da região do bulbo úmido do perfil 2.

Ponto	Distância Lateral <sup>1</sup>	Profundidade <sup>2</sup>
3	-0.45	-0.25
4	-0.45	-0.45
7	-0.25	-0.05
8	-0.25	-0.25
9	-0.25	-0.45
11	-0.05	0.15
13	-0.05	-0.25
14	-0.05	-0.45
18	0.15	-0.25
19	0.15	-0.45
22	0.35	-0.05
23	0.35	-0.25
24	0.35	-0.45

<sup>1</sup>Valores negativos indicam que o ponto está a esquerda da linha de gotejo, enquanto os valores positivos indicam que o ponto se encontra a direita.

<sup>2</sup> Valores negativos indicam que o ponto está abaixo da linha de gotejo, enquanto os valores positivos indicam que o ponto se encontra acima.

## CONCLUSÕES

A formação do bulbo úmido nos perfis a partir de gotejadores à 0,4 m de profundidade variou em função da porosidade e teor de argila, não sendo possível se formar uma zona de armazenamento de água acima do considerado crítico na camada entre a superfície do solo e 0,2 metros e com isso proporcionando déficit hídrico na camada superficial do solo, exatamente onde se concentra uma grande massa de raízes. Para se realizar uma amostragem da umidade do solo para fins de manejo, a mesma deverá ser realizada preferencialmente a 0,3m de distância lateral e abaixo da linha de gotejamento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, Embrapa Solos, 2017. 574p.
- AQUINO, G. S., MEDINA, C. C., PORTEIRA JUNIOR, A. L., SANTOS, L. O., CUNHA, A. C. B., KUSSABA, D. A. O., ... SANTIAGO, A. D. **Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar sob diferentes quantidades de palhada.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 1150–1159, 2015.
- NUNES, M.S. **COMPARAÇÃO DE MÉTODOS VIA SOLO E VIA DEMANDA EVAPORATIVA PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO TESE.** 2014. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- ROLIM, G.S., CAMARGO, M.B.P., LANIA, D.G., MORAES, J.F.L.,. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p.711-720, 2017.
- SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.Á., LUMBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., FILHO, J.C. DE A., OLIVEIRA, J.B., CUNHA, T.J.F., 2018. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Embrapa. ed. Brasília.
- SOUSA, A.C.M., MATSURA, E.E., ELAIUY, M.L.C., SANTOS, L.N.S. DOS, MONTES, C.R., DE, R.C., PIRES, M. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar irrigada com efluente de esgoto doméstico por gotejamento subsuperficial. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 4, p. 647-657, 2013.
- UNESP, U.E.P., 2018. Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira. Fac. Eng. - Dep. Fitossanidade e Eng. Rural e Solos - Área Hidráulica e Irrig. URL <http://clima.feis.unesp.br/> (accessed 3.9.19).