

## **TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DE BULBO ÚMIDO POR MÚLTIPLOS CORTES EM TRINCHEIRA**

**Carlos Vinícius Garcia Barreto; Emílio Sakai; Regina Célia de Matos Pires; Flávio Bussmeyer Arruda**

Seção de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agronômico, Campinas, emilio@iac.sp.gov.br

### **1 RESUMO**

A técnica de estudo de bulbos úmidos por trincheira no solo é recomendada como parte do manejo de água em lavouras cultivadas sob gotejamento. O aprimoramento desta técnica com a realização de cortes em diferentes distâncias em relação ao emissor pode trazer informações adicionais além do diâmetro e profundidade. As áreas molhadas superficial e subsuperficial, com sua profundidade média, perfil do bulbo úmido ao longo da linha sob perspectiva são possíveis de ser obtidos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características dos bulbos úmidos formados por diferentes configurações de gotejamento utilizando múltiplas medições de secções do bulbo com construção de figura do bulbo úmido em três dimensões. As configurações de gotejamento utilizaram 2 fatores, distância entre emissores de mesma vazão, 50cm de espaçamento (50) e 80 cm de espaçamento (80), e profundidade de instalação do tubogotejador, na superfície do solo 0, enterrado a 10 cm (10) e a 20 cm (20) totalizando 6 configurações: T1 (50 – 0), T2 (50 – 10), T3 (50 – 20), T4 (80 – 0), T5 (80 – 10) e T6 (80 – 20). Os principais resultados observados foram a menor área molhada superficial para gotejamento enterrado, tendências de perda de água em profundidade e menor continuidade de área molhada subsuperficial para gotejadores de 80 cm de espaçamento. A técnica apresentou-se adequada para fins de manejo de irrigação por gotejamento.

**UNITERMOS:** gotejamento, área molhada, irrigação subterrânea, manejo de irrigação.

**BARRETO. C.V.G.; SAKAI, E.; PIRES, R.C. DE M.; ARRUDA, F.B.**  
**WET BULB EVALUATION TECHNIQUE USING MULTIPLE SLICES ON SOIL PITS**

### **2 ABSTRACT**

Technique of soil pit for wet bulbs studies is recommended as one of the many practices in water management on plantations under trickle irrigation. The development of this technique with multiple slices on pit wall at different distances from the emitters allows gathering more data besides the ones on diameter and depth of the wet bulb. The superficial and subsuperficial wet areas and their depths as well as the wet bulb profile along the irrigation line were obtained. The aim of this study was to evaluate the characteristics of wet bulb formed under different configurations of trickle irrigation during the breaking of bud dormancy in coffee plantation. The treatments used two factors, distance between emitters (50 cm (50) and 80 cm (80)) and installation depth (superficial installation (0), buried installation at 10 cm (10) and buried installation at 20 cm (20)) in six treatments, T1 (50-0), T2 (50-10),

T3 (50-20), T4 (80-0), T5 (80-10) and T6 (80-20). The principal observed results showed a smaller superficial wet area for subsuperficial trickle irrigation, tendency for percolation and bad continuity of wet zone in the soil along the 80-cm lines. This technique is appropriate for trick irrigation management

**KEY WORDS:** trickle irrigation, wet areas, buried irrigation, irrigation management.

### 3 INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial tem aumentado a produtividade em cafeeiros (Vicente et al., 2003). O enterrio dos emissores tem colaborado com a eficiência no uso da água, com a redução da evaporação direta da água do solo (Meshkat et al., 1999, De Tar, 2004), menor custo de manutenção do sistema, não interferência nos tratos culturais, melhor controle na incidência de plantas infestantes, dentre outros aspectos. Esta prática está de acordo com o novo paradigma da agricultura irrigada, priorização da economia de água com seus respectivos benefícios, em detrimento do objetivo maximização da produtividade (English et al., 2002). Em condições de emissores na superfície do solo, o consumo de água é maior do que quando comparado ao gotejamento subsuperficial, pois reduz a evaporação direta da água do solo (Philip, 1997). O gotejamento enterrado pode atingir a máxima eficiência de uso da água de forma que o volume aplicado seja muito semelhante à transpiração das plantas (DeTar, 2004). Não diferentemente às demais técnicas de irrigação, (Cote et al., 2003) salientam que, para atingir a máxima eficiência do sistema de gotejamento enterrado, é necessário que se atente para as propriedades hidráulicas do solo na fase de projeto. Aliado a este conhecimento, deve-se realizar o correto dimensionamento do espaçamento entre emissores (Thornburn et al., 2003), com vazão e profundidade de instalação que permitam o molhamento na profundidade efetiva do sistema radicular (Zur, 1996, Bernardo et al., 2005), que no cafeeiro Apoatã é de 65 cm (Sakai et al., 2000). Quando o projeto atenta para estas prerrogativas elimina-se perdas de água e nutrientes por percolação, implicadoras de impactos ambientais (Cote et al., 2003), e que reduzem a eficiência no uso da água e a perda de nutrientes por lixiviação (Charlesworth & Muirhead, 2003).

É inerente ao gotejamento a formação no perfil do solo de molhamento mais desuniforme quando comparado à aspersão (ZUR, 1996). Porém, quando há sobreposição de bulbos, a umidade do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade tem maior coeficiente de uniformidade e, sem sobreposição, isto ocorre entre 20 e 40 cm de profundidade (SOUZA, 2002). O espaçamento entre emissores, juntamente com sua profundidade de instalação, proporcionam diferentes condições de molhamento do solo. A configuração do molhamento proporcionado para cada situação específica consiste em informação importante para projetos de irrigação e para manejo da água no gotejamento superficial e subsuperficial. Na fase de restabelecimento das condições hídricas do solo após período de estresse hídrico no cafeeiro, torna-se necessária a avaliação do molhamento do solo, mediante a aplicação de diferentes volumes e tempos de irrigação. Para acompanhamento da frente de molhamento no perfil do solo, o método da trincheira mostra-se adequado por sua simplicidade e exequibilidade no gotejamento superficial e subsuperficial (Battam et al., 2003). Utilizando a trincheira e seccionando o bulbo úmido em várias partes, pode-se obter informações relacionadas ao formato do bulbo úmido. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o formato do bulbo úmido formado por tubo gotejadores com emissores em diferentes espaçamentos, instalados

na superfície e na subsuperfície do solo, utilizando a técnica de múltiplas fatias em trincheira.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Experimental do Instituto Agrônômico (IAC), em Campinas, SP. O solo foi classificado como Latossolo vermelho eutrófico, sem camadas compactadas, em área com relevo ondulado com sua face voltada para o norte. A composição granulométrica do solo da área experimental é apresentada na Tabela 1. Foi realizada a avaliação de resistência à penetração e não se constatou a presença de camada de solo compactado. As avaliações de bulbo úmido foram realizadas em experimento com cafeeiro cultivar Obatã IAC- 1669-20 enxertado Apoatã (*Coffea canephora* cv Apoatã). As plantas foram cultivadas em espaçamento de 2,5 x 1,0 m e estavam com cinco anos de idade. Os cafeeiros foram irrigados por gotejamento com emissores de vazão de 2,3 l h<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Composição granulométrica do Latossolo vermelho eutrófico da área experimental.

Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
00 – 20	21	18	05	56
20 – 40	18	15	06	61
40 – 60	17	12	06	65
60 – 80	16	13	06	65
80 - 100	16	13	07	64

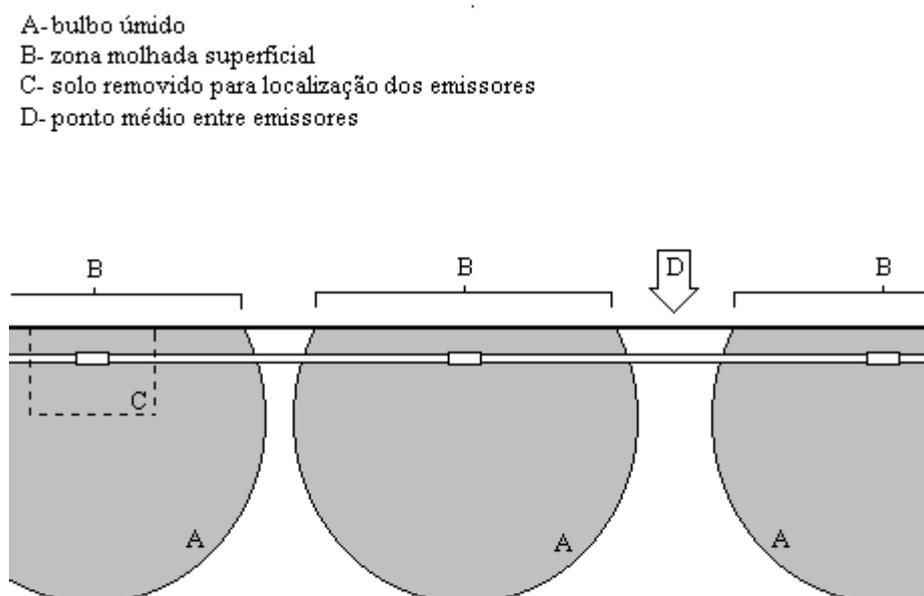
As configurações de gotejamento consistiam em emissores espaçados a 50 cm e tubogotejador instalado na superfície do solo (T1); emissores espaçados a 50 cm e tubogotejador a 10 cm de profundidade (T2); emissores espaçados a 50 cm e tubogotejador instalado a 20 cm de profundidade (T3); emissores espaçados a 80 cm e tubogotejador instalado na superfície do solo (T4); emissores espaçados a 80 cm e tubogotejador instalado a 10 cm de profundidade (T5); e emissores espaçados a 80 cm e tubogotejador instalado a 20 cm de profundidade (T6).

Os procedimentos de teste da técnica para avaliação da distribuição da água e do bulbo úmido no solo ocorreram logo após o início das irrigações, ao final do período de estresse hídrico na cultura que antecede o florescimento.

Para avaliação da formação e distribuição de água no bulbo úmido até a profundidade efetiva do sistema radicular, irrigou-se, no primeiro dia, aplicando-se 22,3L de água por metro de tubogotejador. No dia seguinte, realizou-se a primeira avaliação dos bulbos nos tratamentos T2 e T5. Em seguida, aplicou-se o volume de 22,3L por metro de tubogotejador por dia em 4 dias seguidos, totalizando 89,2 L por metro linear no período e, a seguir, procedeu-se a outra avaliação de umidade do solo, nos tratamentos T1 e T4. Os tubogotejadores dos tratamentos T3 e T6 receberam o volume de 111,5 L por metro linear, em 5 dias de irrigação. As comparações devem ser pareadas apenas, e, entre os tratamentos T1 e T4, T2 e T5 e T3 e T6 que possuem a mesma profundidade de instalação, diferente espaçamento entre emissores e mesmo volume de água aplicado.

Para estudo da dimensão do bulbo molhado no perfil do solo, procedeu-se à avaliação em trincheira com número determinado de cortes, segundo o fator espaçamento entre emissores. Os trabalhos iniciaram-se com a localização do ponto médio entre os emissores, obtido por meio do desenterrar dos emissores vizinhos e cálculo da posição no local avaliação

por meio do espaçamento conhecido. A partir da localização do ponto médio entre emissores, iniciaram-se as medições das dimensões do bulbo úmido no perfil do solo (Figura 1). Nos tratamentos com emissores espaçados a 50 cm, as medições das seções foram de 5 em 5 cm, totalizando 6 cortes do perfil do solo, a partir do ponto médio entre emissores. Nos tratamentos com 80 cm de espaçamento entre emissores, houve cortes no perfil do solo de 10 em 10 cm, a partir do ponto médio entre emissores, totalizando 5 cortes no perfil do solo (Figura 2). Após cada corte, foram medidas as principais dimensões do bulbo úmido na parede da trincheira, diâmetros e as respectivas profundidades, até a profundidade máxima (Figura 3). De posse das medidas do bulbo obtidas verticalmente na parede da trincheira, aliado à posição relativa ao emissor da seção medida, é possível unir vértices e construir bulbos tridimensionais, utilizando técnicas comuns ao desenho técnico, como a perspectiva isométrica. Para que fosse possibilitada a construção da figura em três dimensões, foi necessária a construção de um eixo referencial, neste caso o próprio tubogotejador. Em função do fato de que foram realizadas as medições de apenas uma metade do bulbo úmido neste trabalho, para a construção do bulbo completa foi necessária a replicação da outra metade por em desenho por espelhamento. A partir dos valores medidos, foram determinadas a área molhada superficial e a área molhada subsuperficial com sua profundidade média de ocorrência. A determinação da área molhada superficial foi obtida utilizando as medidas de largura do bulbo na superfície da trincheira em conjunto com a posição relativa ao emissor.



**Figura 1.** Localização dos emissores

A área molhada superficial foi obtida utilizando as medidas de largura do bulbo na intersecção entre a parede da trincheira e a superfície do solo, conjuntamente com a posição relativa dos cortes na trincheira. A área molhada subsuperficial foi obtida a partir do maior diâmetro do bulbo em subsuperfície em cada posição relativa ao emissor. A profundidade média de ocorrência da área molhada é dada por meio da média de profundidade de ocorrência em que os maiores diâmetros foram medidos. É possível obter-se a área molhada superficial considerando-se a variação de profundidade em decorrência do fato que a vista em planta proporcionaria vislumbrar a área molhada independentemente das nuances ocorrentes

no plano vertical.

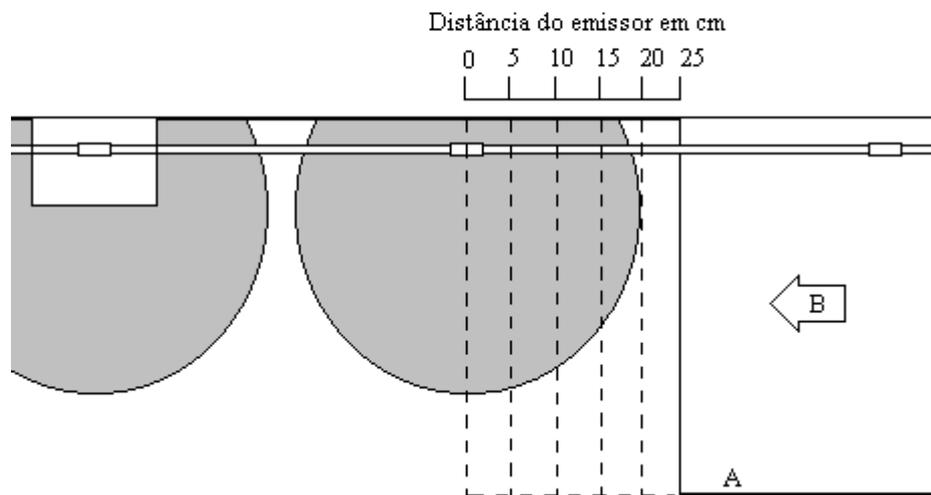
Para determinar as áreas molhadas, deve-se desenhar o bulbo úmido em planta, utilizando as medidas de área molhada superficial e os maiores diâmetros em subsuperfície. Para tanto, pode-se utilizar o comando de determinação de áreas do AutoCAD ou quaisquer técnicas de geometria ou desenho técnico para esta função. Foi calculada a representatividade da área molhada superficial pela área molhada subsuperficial.

Após medidos os diâmetros e profundidades, os valores foram utilizados para a construção de perspectivas isométricas dos bulbos. Para representar os bulbos úmidos, foi utilizado o programa AutoCAD.

A- trincheira aberta

B - sentido do crescimento longitudinal da trincheira

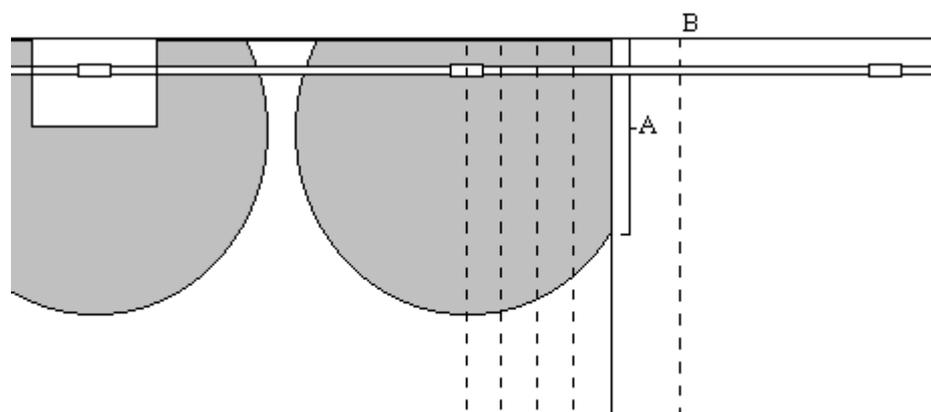
Pontilhado- cortes a serem realizados na trincheira



**Figura 2.** Localização da trincheira e metodologia de amostragem

A- área molhada a ser delimitada e medida

B- primeira parede avaliada da trincheira



**Figura 3.** Medição do diâmetro da área molhada

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas avaliações de campo, observou-se que nenhum emissor desenterrado nas trincheiras estava entupido por intrusão de raízes ou partículas de solo. Como o solo ao redor do bulbo estava com a umidade baixa decorrente de 3 meses de estiagem, a delimitação dos limites do bulbo úmido foi facilitada, da mesma forma como é relatada por Zur (1996), que afirma ser facilmente distinguível de forma visual a zona úmida do bulbo úmido do solo pouco úmido.

No primeiro dia de avaliação, notou-se tendência de desenvolvimento do bulbo úmido seguindo o declive do terreno. Na primeira avaliação, pôde observar-se que, no tratamento com emissores espaçados a 50 cm (T2), houve formação de faixa contínua de umidade no solo ao longo da linha (Figura 4).

A menor distância entre os emissores permitiu que se formasse uma faixa contínua, concordando com Bernardo et al., (2005). A área molhada na superfície foi de  $0,44 \text{ m}^2$  por metro linear de tubogotejador. Já na profundidade média de 25 cm, a área molhada atingiu  $0,52 \text{ m}^2$  por metro linear de tubogotejador. A profundidade máxima atingida pelo bulbo úmido foi de 54 cm, valor repetido a 5 e a 0 cm de distância do emissor. Também, abaixo do emissor, foi observado o maior diâmetro atingido, 58 cm. De acordo com Zur, (1996), o bulbo úmido deve atingir até o limite da profundidade efetiva das raízes. Desta forma, no T2 o primeiro dia de irrigação não foi suficiente para atingir 65 cm de profundidade efetiva do cafeeiro (Sakai et al., 2000), mostrando que a irrigação deve continuar. Souza (2002) salientou a necessidade de mais de uma irrigação para se conhecer a delimitação do bulbo úmido.

Não houve sobreposição entre os bulbos úmidos após a primeira irrigação nos emissores espaçados a 80 cm (T5), conforme a figura 4. A área molhada na superfície foi de  $0,13 \text{ m}^2$  por metro linear de tubogotejador, e de  $0,38 \text{ m}^2$  por metro linear de tubogotejador, a 27,5 cm de profundidade em média. A profundidade máxima atingida foi de 60 cm, abaixo do emissor e, nesta mesma posição, registrou-se o maior diâmetro, 49 cm.

Em T2, os bulbos úmidos foram um pouco mais superficializados e foram distribuídos mais uniformemente ao longo da linha de plantio.

Na configuração (T1), observou-se faixa molhada contínua no solo devido à intersecção dos bulbos úmidos (Figura 4). Neste caso, o molhamento na superfície foi de  $0,64 \text{ m}^2$  por metro linear de tubogotejador e de  $0,67 \text{ m}^2$  por metro de tubogotejador em uma profundidade média de 63 cm. A maior profundidade atingida pelo bulbo úmido foi de 82 cm, logo abaixo do emissor. O maior diâmetro em subsuperfície foi de 70 cm localizado, a 20 e 25 cm de distância do emissor.

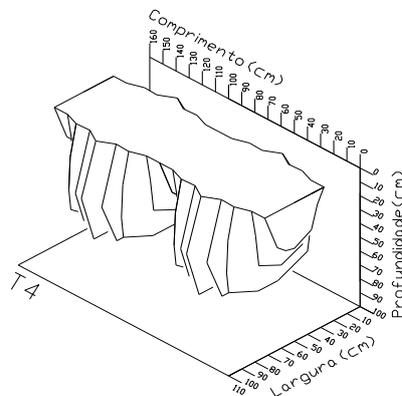
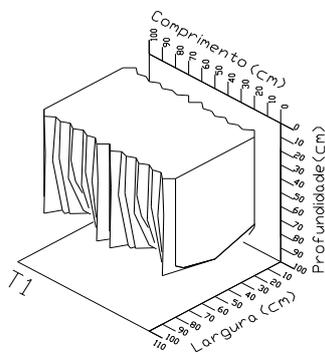
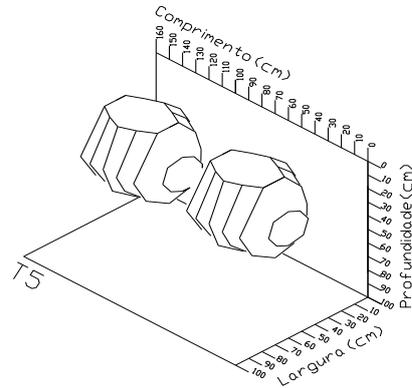
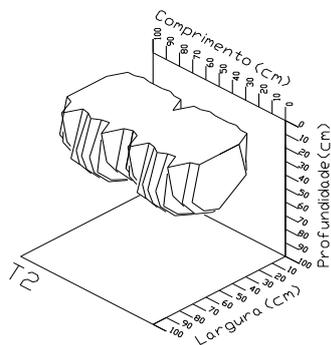
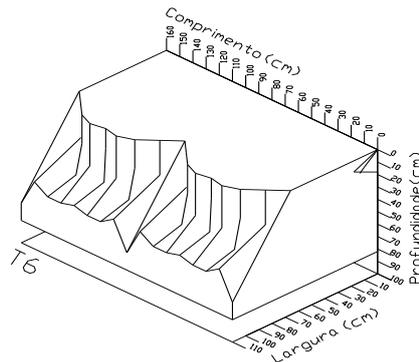
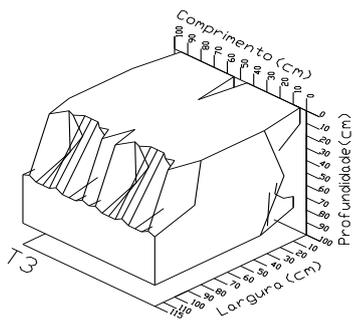
Notou-se maior uniformidade nos bulbos úmidos dentro da profundidade efetiva de raízes nas configurações T1 e T2, quando comparado aos tratamentos T4 e T5. O volume de água na configuração T1 ultrapassou os 65 cm de profundidade efetiva de raízes. Este molhamento mais profundo que a profundidade efetiva representaria perda de água, de acordo com Zur, (1996).

Com emissores espaçados a 80 cm na superfície do solo (T4), foi necessária a imposição de um limite da profundidade de estudo, pois a tendência do bulbo formado em pontos abaixo do emissor era de aprofundamento superior à profundidade atingida pela trincheira (Figura 4).

A configuração propiciou uma área molhada superficial de  $0,50 \text{ m}^2$  por metro linear do

tubogotejador e de  $0,58 \text{ m}^2$  por metro linear na profundidade de 32,6 cm em média. A máxima profundidade avaliada neste bulbo foi de 74 cm abaixo do emissor. Essa profundidade foi o limite da avaliação devido à tendência de maior aprofundamento do bulbo somado à impossibilidade operacional de campo. O maior diâmetro do bulbo úmido, subsuperficialmente foi abaixo do emissor, com 84 cm.

T1 – 50 cm de espaçamento, superficial	T4 – 80 cm de espaçamento, superficial
T2 – 50 cm de espaçamento, 10 cm de prof.	T5 – 80 cm de espaçamento, 10 cm de prof.
T3 – 50 cm de espaçamento, 20 cm de prof.	T6 – 80 cm de espaçamento, 20 cm de prof.



**Figura 4.** Perspectivas isométricas dos bulbos úmidos formados pelos diferentes tratamentos durante a aplicação de água no perfil do solo Latossolo vermelho eutrófico, em Campinas, SP.

A configuração T1 possibilitou um formato mais adequado ao preenchimento do bulbo em relação à profundidade efetiva do sistema radicular. Os bulbos úmidos oriundos de T4 tenderam a proporcionar maiores perdas de água em profundidade. Desta forma, nota-se que o espaçamento entre emissores pode ser fator importante para redução de perda de água e nutrientes para camadas mais profundas do solo (Thornburn et al., 2003).

Os volumes de água aplicados até então formaram bulbos úmidos com características semelhantes ao descrito por Zur (1996), formas arredondadas e elípticas. Thornburn (2003) acrescenta que o formato do bulbo úmido é mais arredondado na medida em que o solo é mais argiloso, fato similar ao observado no presente trabalho (Figura 4) nos configurações T1, T2, T4 e T5.

Os formatos dos bulbos permitiram que se observasse a representatividade da área molhada superficial comparativamente à área molhada subsuperficial. Em T2, a área molhada superficial representava 85% da área molhada subsuperficial, em T1 representava 94%. Em T5, a área molhada superficial representava apenas 34% da área molhada subsuperficial, em T4 representava 83%. Isso indica bulbos úmidos com área molhada superficial maior para os tubogotejadores instalados superficialmente. Essas maiores superfícies evaporativas reduzem a água do solo (Philip, 1997), reduzindo o aproveitamento da água utilizada, pois tem-se a evaporação direta da água no solo.

O molhamento do solo observado nos tratamentos T3 e T6 indica aplicação de volume excessivo de água. Visualizam-se formas diferentes de bulbos úmido, com dimensões que excederam os limites da trincheira. A área molhada ultrapassou  $1\text{m}^2$  por metro linear de equipamento. Essa condição foi obtida porque o volume aplicado excedeu a capacidade de retenção de água do solo na região onde o bulbo deveria se localizar.

Os percentuais de área molhada superficial obtidos para o cafeeiro cultivado sob espaçamento de 2,5 x 1 para os tratamentos T1, T2, T4 e T5 foram respectivamente, 25,5, 17,5; 19,1 e 5,2%, considerando o diâmetro as áreas molhadas subsuperficiais proporcionadas pelos mesmos tratamentos foram de 26,9; 20,6; 23,0 e 15,0%.

## 6 CONCLUSÕES

A construção dos bulbos em três dimensões possibilitou observar se há formação de uma faixa contínua de umidade, fator importante em manejos hídrico. A determinação da área molhada superficial e subsuperficial permitiram que fossem obtidas informações concernentes à perda por evaporação direta da água do solo e a efetividade que o molhamento subsuperficial que o bulbo úmido pode gerar em um raizame de uma cultura. A área molhada subsuperficial determinada pela metodologia aliada com a profundidade média de sua ocorrência é uma prática que pode ser empregada preliminarmente em áreas que serão irrigadas, utilizando o sistema de irrigação por gotejamento. A técnica é factível para estudo de bulbos úmidos a campo e favorece práticas de manejo hídrico.

## 7 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BATTAM, M.A.; SUTTON, B.G.; BOUGHTON, D.G. Soil pits as a simple aid for subsurface drip irrigation systems. **Irrigation Science**, New York, v.22, n.3, p. 135-141, Nov. 2003.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**, 7. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 611p.
- CHARLESWORTH, P.B.; MUIRHEAD, W.A. Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources. **Irrigation Science**, New York, v. 22, n.4, p. 171-176, Nov. 2003.
- COTE, C.M. et al. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. **Irrigation Science**, New York, v. 22, n.3, p. 143-156, Nov. 2003.
- DETAR, W.R. Using a subsurface drip irrigation system to measure crop water use. **Irrigation Science**, New York, v.23, n.3, p. 111-122, Dec. 2004.
- ENGLISH, M.J.; SOLOMON, K.H.; HOFFMAN, G.J. A paradigm shift in irrigation management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.128, n.5, p.267 – 277, Sept./Oct., 2002.
- MESHKAT, M.; WARNER, R.C.; WORKMAN, S.R. Modeling of evaporation reduction in drip irrigation system. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, Nov./Dec., p. 315-323, 1999.
- PHILIP, J.R. Effect of root water extraction on wetted regions from continuous irrigation sources. **Irrigation Science**, New York, v.17, n.3, p. 127 - 135, May 1997.
- SAKAI, E. et al. Efeito do desenvolvimento do sistema radicular na produtividade do cafeeiro enxertado em Mococa, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1; 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. v.1, p. 58-61.
- SOUZA, C.F. **A utilização da reflectometria no domínio do tempo (TDR) na modelagem do bulbo molhado do solo irrigado por gotejamento**. 2002. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- THORNBURN, P.J.; COOK, F.J.; BRISTOW, K.L. Soil dependent wetting from trickle emitters: Implications for system design and management. **Irrigation Science**, New York, v.22, n.3, p. 121 – 127, Nov., 2003.
- VICENTE, M.R. et al. Efeito da irrigação e do posicionamento dos gotejadores (superficial e subsuperficial) na produtividade de cafeeiros na região do cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3; 2003. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003.

ZUR B. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. **Irrigation Science**, New York, *16*, p. 101 – 105, Feb., 1996.