



## **Variação espacial da umidade e da densidade do solo cultivado com mamão Golden irrigado por gotejamento sob diferentes frequências de irrigação**

**Mirla Gêssica Lira Araújo<sup>1</sup>, Jonas de Oliveira Freire<sup>2</sup>, Roberta Crhistine Maltas da Silva<sup>3</sup>, Vinicius Ramires de Lima Pinto<sup>1</sup>, Erik Lemuel de Oliveira Lira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Alunos do Curso Técnico em Biocombustível, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Campus Apodi. Sítio Lagoa do Clementino, 999, RN 233, km 2 – Apodi – RN, Fone (0xx84) 9610-2145, Email: crhismaltas@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. M. Sc. IFRN – Campus Apodi, E-mail: [jonas.oliveira@ifrn.edu.br](mailto:jonas.oliveira@ifrn.edu.br)

<sup>3</sup>Aluna do Curso Técnico em Zootecnia, IFRN – Campus Apodi.

**Resumo:** Este trabalho teve o objetivo de determinar a variação espacial da densidade e umidade do solo cultivado com mamão irrigado por gotejamento submetido a diferentes frequências de irrigação no município de Ceará Mirim (RN). Os tratamentos foram compostos de três frequências de irrigação, ( $T_1= 2$  vezes ao dia;  $T_2= 3$  vezes ao dia e  $T_3= 4$  vezes ao dia). O espaçamento entre plantas foi de 1,50 m e 3,3 m entre fileira. As linhas laterais foram fixadas a 0,25 m das plantas com emissores de vazão nominal de 2,0 L h<sup>-1</sup> espaçados a 0,60 m. Foram abertas trincheiras transversais com 2,0 m de comprimento, 0,8 m de largura e 0,8 m de profundidade tangenciando o caule da planta, onde se coletou 58 amostras de solo com anel volumétrico de 5,2 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>. As amostras foram coletadas quatro a cinco horas após a irrigação, armazenadas em latas de alumínio e transportadas ao laboratório, obtendo-se a umidade pelo método gravimétrico e calculada a densidade do solo. Os dados foram interpolados pelo método da krigagem utilizando o Software Surfer Versão 8.0, gerando as isolinhas de umidade e de densidade do solo. A densidade no perfil do solo variou de 1.138 a 1.832 kg m<sup>-3</sup>, com densidade média de 1.619 kg m<sup>-3</sup>, os valores de menor densidade localizaram-se próximo ao caule da planta, na região da abertura do sulco para incorporação da matéria orgânica no pré-plantio. A umidade média em volume nos perfis do solo aumentou linearmente com o aumento da lâmina de irrigação, variando de 9,30%, 9,36%, 10,89% e 11,32% para lâminas de 80, 100, 120 e 140 da NTL, respectivamente. Os maiores teores de umidade concentraram-se nas regiões com menores densidades do solo, em função da maior retenção de água pela matéria orgânica. A utilização do gotejamento em solos arenosos, com uma linha de distribuição, influenciou de maneira negativa no teor de umidade no perfil do solo.

**Palavras-chave:** manejo da irrigação, perfil de umidade, atributos do solo

### **1. INTRODUÇÃO**

As propriedades físicas do solo são fatores que afetam a retenção e a redistribuição de água no solo, pois, interferem diretamente na capacidade de armazenamento de água, desta forma, quanto melhor estruturado o solo, maior a quantidade de água retida e disponível as plantas. Para o manejo da irrigação isto significa uma maior quantidade de água presente no solo. Alterações nos limites de retenção de umidade do solo em razão das modificações nos teores de matéria orgânica são pouco estudadas. Smith et al. (1985) obtiveram correlações positivas entre a matéria orgânica e o limite de plasticidade em solos com diferentes mineralogias, enfatizando que o aumento da matéria orgânica tende a aumentar a área superficial específica do solo, com conseqüente aumento de retenção de água. O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo e é resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores. Este depende do teor de mineralogia da fração argila, do teor de matéria orgânica, das diferenças da microestrutura com elas relacionadas (REICHARDT, 1987). Para altos conteúdos de água no solo, nos quais os fenômenos capilares são de elevada importância, depende da densidade do solo e da porosidade. Enquanto que para menores conteúdos de água, em que o fenômeno de adsorção domina, depende mais da textura e



da superfície específica do solo (DEMATTE, 1988). Paula et al. (2004) trabalhando com diferentes doses adubação orgânica em canteiros de tomate, observou a melhoria na estrutura física do solo, melhorando a capacidade de armazenamento e retenção de água, possibilitando um melhor aproveitamento de água no sistema de cultivo. Souza & Matsura (2004), verificaram um incremento no movimento da água nos raios horizontais e verticais, devido ao efeito de irrigações sucessivas. A variação espacial das propriedades físicas do solo contribui para variações na distribuição da água aplicada pela irrigação. Estas variações no volume de solo molhado são um problema à estimativa adequada do número de emissores, do número de linhas laterais por planta e de sua localização em relação às plantas ou fileiras de plantas. Além disso, perdas por percolação reduzem a eficiência do sistema, comprometendo assim, o sucesso de um sistema de irrigação. Deste modo, o conhecimento das propriedades físicas do solo relacionadas ao processo de distribuição de água, é extremamente útil no dimensionamento do projeto e no manejo de irrigação, possibilitando a determinação da área molhada, dimensões do bulbo molhado, eficiência dos sistemas e posicionamento de sensores de umidade e de potencial. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a variação espacial da densidade e umidade do solo cultivado com mamão irrigado por gotejamento submetido a diferentes frequências de irrigação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas na área cultivada com mamão (*Carica papaya* L.), cultivar Golden com 41 semanas de cultivo, localizada na fazenda Gaia Importação e Exportação Ltda. no município de Ceará Mirim (RN), (Lat.: 5° 32' S; Long.: 35° 27' O). O solo da área é classificado como Neossolo Quartizarenico Órtico típico, muito profundo, excessivamente drenado, praticamente neutro, contendo em média na camada de 0 – 0,35 m 936 g kg<sup>-1</sup> de areia total, 34 g kg<sup>-1</sup> de silte e 30 g kg<sup>-1</sup> de argila. As umidades correspondentes aos potenciais matriciais de -0,01 MPa e -1,50 MPa foram 0,148 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e 0,046 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, respectivamente.

Os tratamentos foram compostos de três frequências de irrigação, (T<sub>1</sub>= 2 vezes ao dia; T<sub>2</sub>= 3 vezes ao dia e T<sub>3</sub>= 4 vezes ao dia), sendo que no tratamento T<sub>4</sub> as lâminas foram aplicadas por uma linha lateral por fileira de plantas e os demais tratamentos por duas linhas. As plantas foram espaçadas de 1,50 m na linha e com 3,3 m entre fileira. O sistema de irrigação localizado utilizado foi gotejamento, linhas laterais de polietileno de 16 mm fixadas a 0,25 m do caule das plantas com gotejadores espaçados em 0,60 m e vazão nominal de 2,0 L h<sup>-1</sup>. O sistema de irrigação apresentou vazão média, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente estatístico de uniformidade (CUE) e coeficiente de variação (CV) de: 1,96 L h<sup>-1</sup>, 91,76%, 86,29%, 90,09% e 9,91%, respectivamente.

O preparo do solo consistiu de aração e gradagem, foram abertos sulcos com 0,40 m de profundidade na faixa de solo destinada ao plantio e aplicados em fundação 100 gramas de calcário dolomítico por metro, 250 gramas de superfosfato simples por metro e como fonte de matéria orgânica 10 litros do composto orgânico por metro.

A necessidade total de irrigação – NTI foi determinada a partir da estimativa da evapotranspiração da cultura. Os valores da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foram obtidos pelo método de Penman-Monteith, proposto pela FAO (ALLEN, 1998) com dados climáticos obtidos por uma estação meteorológica instalada próximo a área experimental. O cálculo da evapotranspiração para a irrigação localizada (ET<sub>L</sub>) foi calculado pela (Equação 1).

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_l \quad (1)$$

Onde:

ET<sub>c</sub> – evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);



- $ETo$  – evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );
- $Kc$  – coeficiente da cultura (adimensional);
- $Ks$  – coeficiente de estresse hídrico (adimensional);
- $Kl$  – coeficiente de localização (adimensional).

O coeficiente de cultivo ( $Kc$ ) adotado para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura do mamoeiro foi ajustado por Montenegro et al. (2003). Para o coeficiente de localização ( $Kl$ ) adotou-se o modelo proposto por Keller (1978). O coeficiente de estresse foi igual a 1, devido à frequência de irrigação de duas a quatro vezes ao dia. A necessidade total de irrigação ( $NTI$ ) foi determinada através da Equação 2.

$$NTI = \frac{ETc}{Ea} \quad (2)$$

Onde:

- $NTI$  – necessidade total de irrigação ( $\text{mm dia}^{-1}$ );
- $Ea$  – eficiência de aplicação (decimal).

Para avaliação da distribuição da umidade no solo e da variação da densidade do solo, foram abertas trincheiras transversais com 2,0 m de comprimento, 0,8 m de largura e 0,8 m de profundidade tangenciando o caule da planta, onde se coletou 58 amostras de solo com anel volumétrico de  $5,2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$  ( $\phi=0,040 \text{ m}$  e  $h=0,041 \text{ m}$ ), distribuídas em cinco linhas, à primeira tangenciando a superfície do solo e as demais a 0,15 m abaixo, medindo de centro a centro do anel volumétrico e em 18 colunas na primeira linha, espaçadas de 0,10 m de centro a centro do anel, e em 10 colunas espaçadas de 0,20 m a partir da segunda linha (Figura 1). As amostras foram coletadas quatro a cinco horas após a irrigação, na terceira semana do mês de setembro de 2007, quando as plantas estavam na 41ª semana de cultivo. Após coletadas, as amostras foram armazenadas em latas de alumínio identificadas e transportadas ao laboratório, obtendo-se a massa do solo úmido ( $m_u$ ) e em seguida colocada em estufa com circulação de ar forçada a 105 °C até massa constante, obtendo-se a massa de solo seco ( $m_s$ ). Com os dados calculou-se a densidade do solo ( $d_s$ ) e a umidade em volume ( $\theta$ ), equações 3 e 4. Os dados foram interpolados pelo método da krigagem utilizando o Software Surfer Versão 8.0, gerando as isolinhas de umidade e de densidade do solo. A distribuição espacial da umidade no perfil do solo foi agrupada em seis classes com intervalos de:  $\theta < 6\%$ ;  $6\% \leq \theta < 8\%$ ;  $8\% \leq \theta < 10\%$ ;  $10\% \leq \theta < 12\%$ ;  $12\% \leq \theta < 14\%$  e  $\theta \geq 14\%$ .

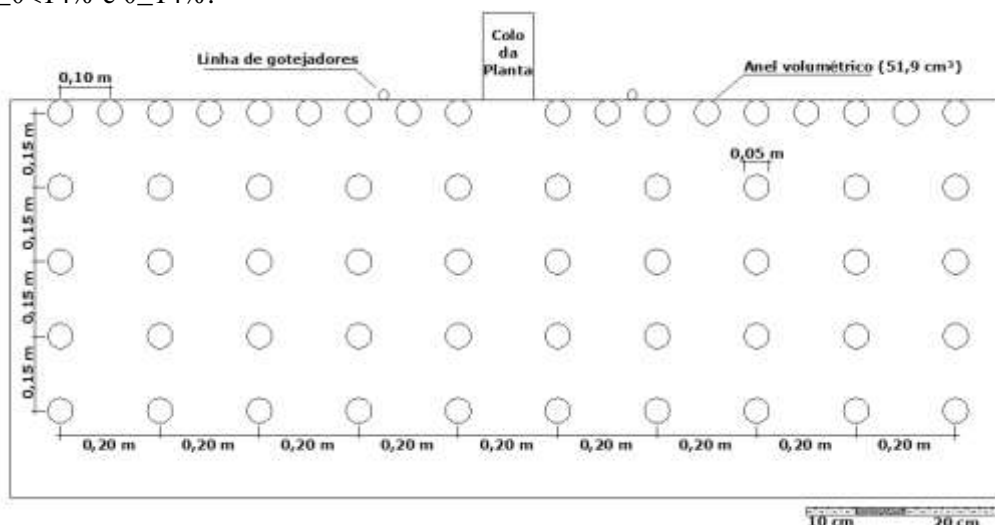


Figura 1 - Croqui da localização dos pontos de coletas das amostras de solo para determinação



da distribuição espacial da densidade e da umidade do solo

$$d_s = \frac{m_s}{v_s} \quad (3)$$

Onde:  $d_s$  – densidade do solo ( $\text{kg m}^{-3}$ );  
 $m_s$  – massa do solo seco (kg);  
 $v_s$  – volume da amostra do solo ( $\text{m}^3$ ).

$$\theta = \frac{v_a}{v_s} \quad (4)$$

Onde:  $\theta$  – umidade do solo em volume ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ );  
 $v_a$  – volume de água contido na amostra de solo ( $\text{m}^3$ );  
 $v_s$  – volume da amostra do solo ( $\text{m}^3$ ).

Para evitar a infiltração da água da chuva no solo da área que iria ser amostrada, uma superfície de  $25,0 \text{ m}^2$  em volta da planta foi coberta com lona de Polietileno e recoberta com uma fina camada de solo 21 dias antes da coleta das amostras. As linhas de gotejadores foram fixadas a  $0,25 \text{ m}$  do centro do caule da planta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade no perfil do solo variou de  $1.178$  a  $1.823 \text{ kg m}^{-3}$ , os valores de menor densidade localizaram-se próximo ao caule da planta, na região da abertura do sulco para incorporação da matéria orgânica no pré-plantio (Figura 2 a, b, e c). Das amostras analisadas no tratamento T1, a densidade média foi  $1.582 \text{ kg m}^{-3}$ , 25% das amostras possuem densidade superior e inferior a  $1.663$  e  $1.534 \text{ kg m}^{-3}$  respectivamente (Tabela 1). No tratamento T2 a densidade média foi  $1.569 \text{ kg m}^{-3}$ , 25% possuem densidade superior e inferior a  $1.669$  e  $1.178 \text{ kg m}^{-3}$  respectivamente. As amostras analisadas no tratamento T3 apresentaram densidade média de  $1.627 \text{ kg m}^{-3}$ , destas 25% possuem densidade superior e inferior a  $1.709$  e  $1.356 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente. Coelho Filho et al. (2001), estudando a variabilidade espacial de variáveis físico-hídricas num solo classificado como Terra Roxa Estruturada, encontrou valores altos para densidade do solo em pontos cujos valores para o conteúdo de areia foram mais elevados.

A grande quantidade de matéria orgânica aplicada em fundação e semestralmente em cobertura na área ao redor do colo da planta (altos níveis de matéria orgânica no solo), ocasionou as menores densidades do solo nessa região (Figura 2 a, b e c).

A umidade em volume no perfil do solo no tratamento T1 (2 vezes ao dia) variou de 7,12% a 21,88%, com umidade média de 10,55% 4 horas após a irrigação. Analisando-se as Figuras 2 (a) e 4 (a), observa-se também, que os maiores teores de umidade localizaram-se nas regiões de menores densidades do solo. Analisando-se a Figura 3, observa-se 80,86% do perfil do solo encontra-se com teor de umidade compreendido entre 8% e 12%. Tal fato é justificado pelo maior pulso aplicado, pois a NTI foi dividida em duas aplicações diárias. 5,03% e 14,12% da área analisada encontra-se umidade inferior a 8% e superior a 12%, respectivamente.

Tabela 1 – Resumo da análise da distribuição espacial da densidade no perfil do solo cultivado com mamoeiro Golden: densidade máxima ( $d_{\text{máx}}$ ), 75% das amostras com menores densidades ( $d_{75\%}$ ), 50% das amostras com menores densidades ( $d_{50\%}$ ), 25% das amostras com menores densidades ( $d_{25\%}$ ), densidade mínima ( $d_{\text{mín}}$ ), densidade média ( $d_{\text{méd}}$ ), e coeficiente de variação (CV)

Treatamento	$d_{\text{máx}}^*$	$d_{75\%}^*$	$d_{50\%}^*$	$d_{25\%}^*$	$d_{\text{mín}}^*$	$d_{\text{méd}}^*$	CV*
-------------	--------------------	--------------	--------------	--------------	--------------------	--------------------	-----



	----- kg m <sup>-3</sup> -----						%
T1	1.719	1.663	1.618	1.534	1.283	1.582	7,3
T2	1.752	1.669	1.587	1.489	1.178	1.569	7,7
T3	1.823	1.709	1.649	1.539	1.356	1.627	7,4
Média	1.765	1.680	1.618	1.521	1.272	1.589	

\*Valores calculados pelo software Surfer 8.0

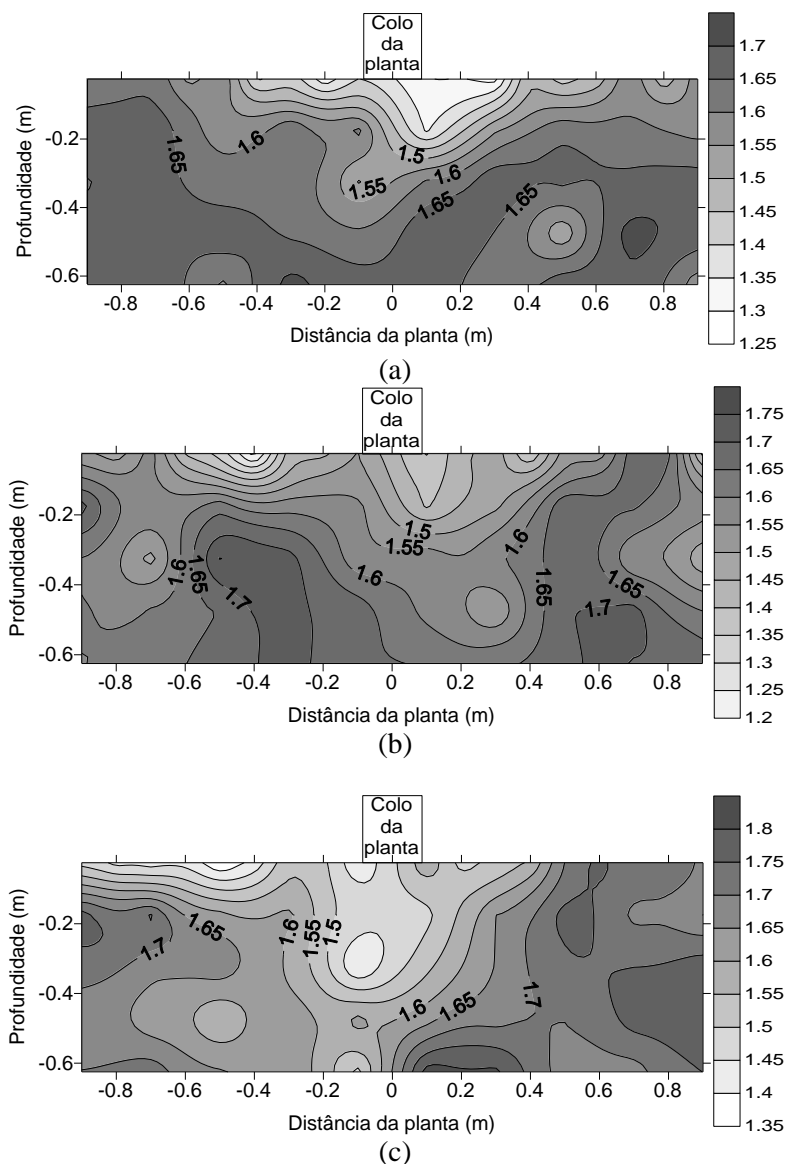


Figura 2 - Perfis de densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) cultivado com mamão Golden nos tratamentos T1 (a), T2 (b) e T3 (c), em Ceará Mirim, RN

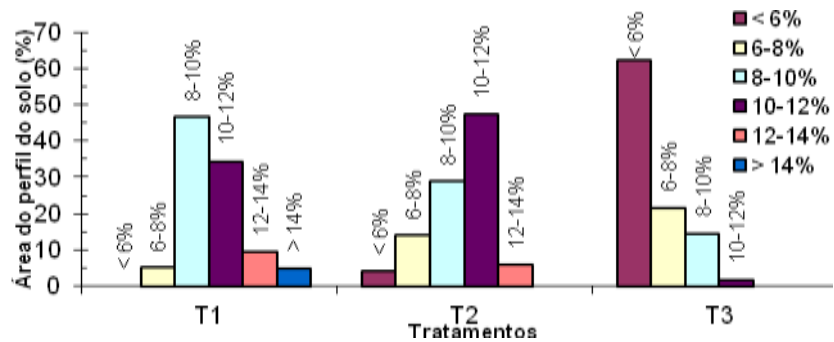


Figura 3 - Classes de umidade no perfil do solo (%) cultivado com o mamoeiro Golden e irrigado com diferentes lâminas de irrigação, em Ceará Mirim, RN

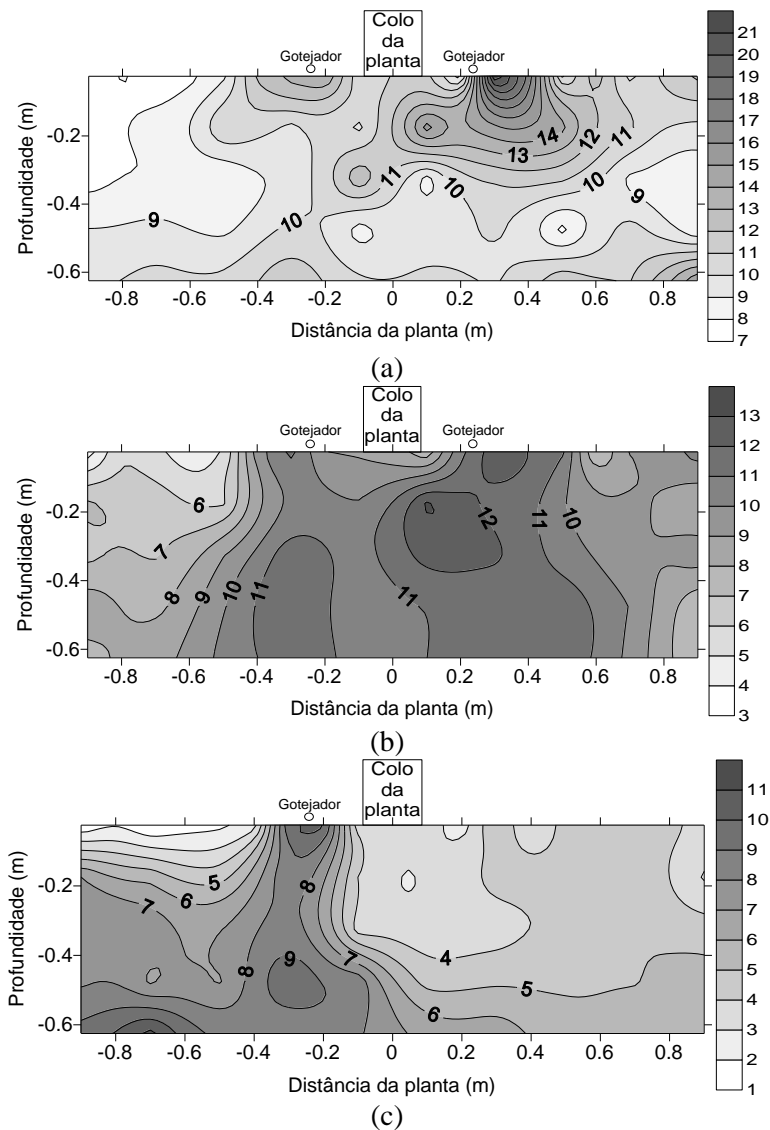


Figura 4 - Perfil de umidade do solo na base volume (%) cultivado com mamão Golden nos tratamentos T1 (a), T2 (b) e T3 (c), em Ceará Mirim, RN



O teor de umidade em volume no perfil do solo no tratamento T2 (3 vezes ao dia), variou de 3,47% a 13,15% em volume com umidade média de 9,36%. Os valores de umidade acima de 11% concentraram-se nos 0,3 m de profundidade e abaixo do emissor, formando bulbo oval com maior dimensão na vertical, como pode ser observado na Figura 3 (b). Analisando-se as Figuras 2 (b) e 4 (b), observa-se que os maiores valores de umidade localizam-se nas regiões de menores densidades do solo, em função da maior retenção de água pela matéria orgânica. Interpretando-se a Figura 3, observa-se que os teores de umidade compreendidos entre 8% e 10% ocupam 28,80% da superfície do perfil do solo, 47,22% da superfície com teor de umidade compreendido entre 10% e 12%, 9,88% e 5,90% da área analisada encontra-se umidade inferior a 8% e superior a 12%, respectivamente.

O teor de umidade no perfil do solo no tratamento T3 (4 vezes ao dia distribuído por uma linha de emissores), variou de 1,06% a 11,32% em volume e umidade média de 5,40%. Os valores de umidade superiores a 8% estão localizados numa faixa com 0,2 m de largura nos primeiros 0,5 m abaixo da linha de emissão, alargando-se para extremidade até os 0,6 m de profundidade, com movimentação dominante na vertical, não acompanhando o perfil da densidade do solo (Figuras 2(c) e 4 (c)). Observa-se na Figura 3, que 62,17% da superfície do perfil apresentaram umidade inferior a 6%. Apenas 16,18% da área do perfil obteve umidade superior a 8%. O baixo teor de umidade obtidos na maior região do perfil estudado foi ocasionado pela aplicação de água por uma única linha de distribuição, reduzindo a área molhada.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os dados da pesquisa concluímos que:

Os maiores valores de umidade no perfil do solo localizaram-se nas regiões com menores densidades do solo; e

A utilização do gotejamento em solos arenosos, com uma linha de distribuição, influenciou de maneira negativa no teor de umidade no perfil do solo.

#### REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, R. D.; GONÇALVES, A. C. A. Variabilidade espacial de variáveis físico-hídricas do solo em um pomar de lima ácida Tahiti, irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p.239-246, 2001.

DEMATTÊ, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmido da região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.

KELLER, J. **Trickle Irrigation. Colorado**: En Soil Conservation Service Engineering Handbook, 1978. 129p.

MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L.; LIMA, R. N. Coeficientes de cultivo nas diferentes fases fenológicas do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32. 2003, Goiânia, GO. **Anais...** SBEA, 2003. CD-ROM.

PAULA, V. A.; SCHUCK, M. R.; DUARTE, G. R. B.; MENDEZ, M. E. G.; DUARTE, L.; BARTSCH, L. B.; BECKMAM, M. Z.; PAULETTO, E. A. Variação no teor de umidade no solo com e sem adição de adubação orgânica. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas; Universidade Federal de Pelotas, 2004. CD-



Rom.

REICHARDT, K. A Água em Sistemas Agrícolas. São Paulo: ed. Manole Ltda, 1987.

SMITH, C. W.; HADAS, A.; DAN, J.; KOYUMDJISKY, H. Shrinkage and atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. **Geoderma**, Amsterdam: v.35, n.1, p.47-65, 1985.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Avaliação de sondas de TDR multihaste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.63-68, 2004.