



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

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

<sup>1</sup>Aluna do Curso Técnico em Zootecnia, 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](mailto: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>Alunos do Curso Técnico em Biocombustível, IFRN – Campus Apodi.

**Resumo:** A variação espacial das propriedades físicas do solo influencia no armazenamento, na distribuição da água no solo e no volume de solo molhado. O objetivo deste trabalho foi determinar a variação espacial da densidade e umidade do solo cultivado com mamão irrigado por gotejamento submetido a diferentes lâminas de irrigação no município de Ceará Mirim (RN). Os tratamentos constaram de quatro lâminas de irrigação, definidas em função da necessidade total de irrigação (0,8; 1,0; 1,2 e 1,4 NTI), aplicadas na frequência de três vezes ao dia e distribuídas em duas linhas laterais por fileira de plantas. 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 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 as menores densidades localizando-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 NTI, 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. Com o incremento das lâminas a umidade no solo alcançou maiores profundidade, formando bulbo molhado de forma oval com dimensões horizontais predominantes.

**Palavras-chave:** perfil de umidade, atributos do solo, umidade volumétrica

### **1. INTRODUÇÃO**

Todas as alterações que ocorrem nas propriedades físicas do solo são fatores que afetam a curva característica de retenção de água, 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 (Demattê, 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 lâminas 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, na fazenda Gaia Importação e Exportação Ltda. localizada no município de Ceará Mirim - RN, (Lat.: 5° 32' S; Long.: 35° 27' O).

O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico 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.

A área experimental foi instalada dentro de uma área comercial. Os tratamentos foram compostos de quatro lâminas de irrigação, definidas em função da necessidade total de irrigação – NTI (L<sub>1</sub>= 0,8 NTI; L<sub>2</sub>= 1,0 NTI; L<sub>3</sub>= 1,2 NTI; L<sub>4</sub>= 1,4 NTI), aplicadas na frequência de três vezes ao dia e distribuídas em duas linhas laterais por fileira de plantas. 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.

As lâminas de irrigação aplicadas foram determinadas 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).



$$ETc = ETo \cdot Kc \cdot Ks \cdot Kl \quad (1)$$

Onde:  $ETc$  – evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  
 $ETo$  – 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. Os valores de  $Kc$  e  $Kl$  estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores do coeficiente de cultivo ( $Kc$ ), duração das fases fenológicas e percentagem de área sombreada (%) utilizados no cálculo da  $ETc$  na cultura do mamoeiro Golden

Fase	$Kc^*$	Duração (dias)	$Kl$	Área sombreada (%)
Vegetativa	0,54	60	0,45	37
Floração/frutificação	0,87	110	0,58	50
Floração/frutificação/maturação	0,90	220	0,83	80

\*Montenegro et al. (2003)

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, medido 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  $\theta \geq 14\%$ .

Para evitar a infiltração da água da chuva no solo da área que iria ser amostrada, uma superfície de 25,0 m<sup>2</sup> 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 m do centro do caule da planta.

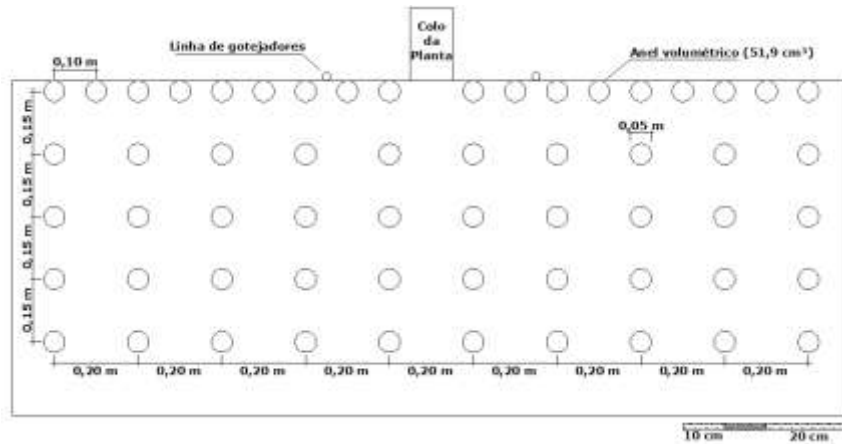


Figura 1 - Croqui da localização dos pontos de coletas das amostras de solo para determinação da distribuição espacial da densidade e da umidade do solo

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

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 ( $\text{m}^3$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade no perfil do solo variou de 1.138 a 1.832  $\text{kg m}^{-3}$ , 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, c, e d). Das 58 amostras analisadas no tratamento T1, a densidade média foi 1.619  $\text{kg m}^{-3}$ , 25% das amostras possuem densidade superior e inferior a 1.789 e 1.569  $\text{kg m}^{-3}$  respectivamente (Tabela 2). As amostras analisadas no tratamento T2 apresentaram densidade média de 1.569  $\text{kg m}^{-3}$ , destas 25% possuem densidade superior e inferior a 1.669 e 1.489  $\text{kg m}^{-3}$ , respectivamente. No tratamento T3, a densidade média foi 1.600  $\text{kg m}^{-3}$ , 25% possuem densidade superior e inferior a 1.677 e 1.543  $\text{kg m}^{-3}$ , respectivamente. E no tratamento T4, a densidade média foi 1.535  $\text{kg m}^{-3}$ , 25% das amostras apresentaram densidade superior e inferior a 1.616 e 1.443  $\text{kg m}^{-3}$  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 ocasionou as menores densidades do solo nessa região (Figura 2 a, b, c, e d).

O teor de umidade em volume no perfil do solo no tratamento T1 variou de 4,01% a 17,14%, com média de 9,30%. 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 (Figura 3 (a)). Analisando-se as Figuras 3 (a) e 4 (a), 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 5, observa-se que os teores de umidade compreendidos entre 8% e 10% ocupam 58,27% da superfície do perfil do solo, 21,37% da superfície com teor de umidade compreendido entre 10% e 12%, 14,30% e 6,05% da área analisada encontra-se umidade inferior a 8% e superior a 12%, respectivamente.

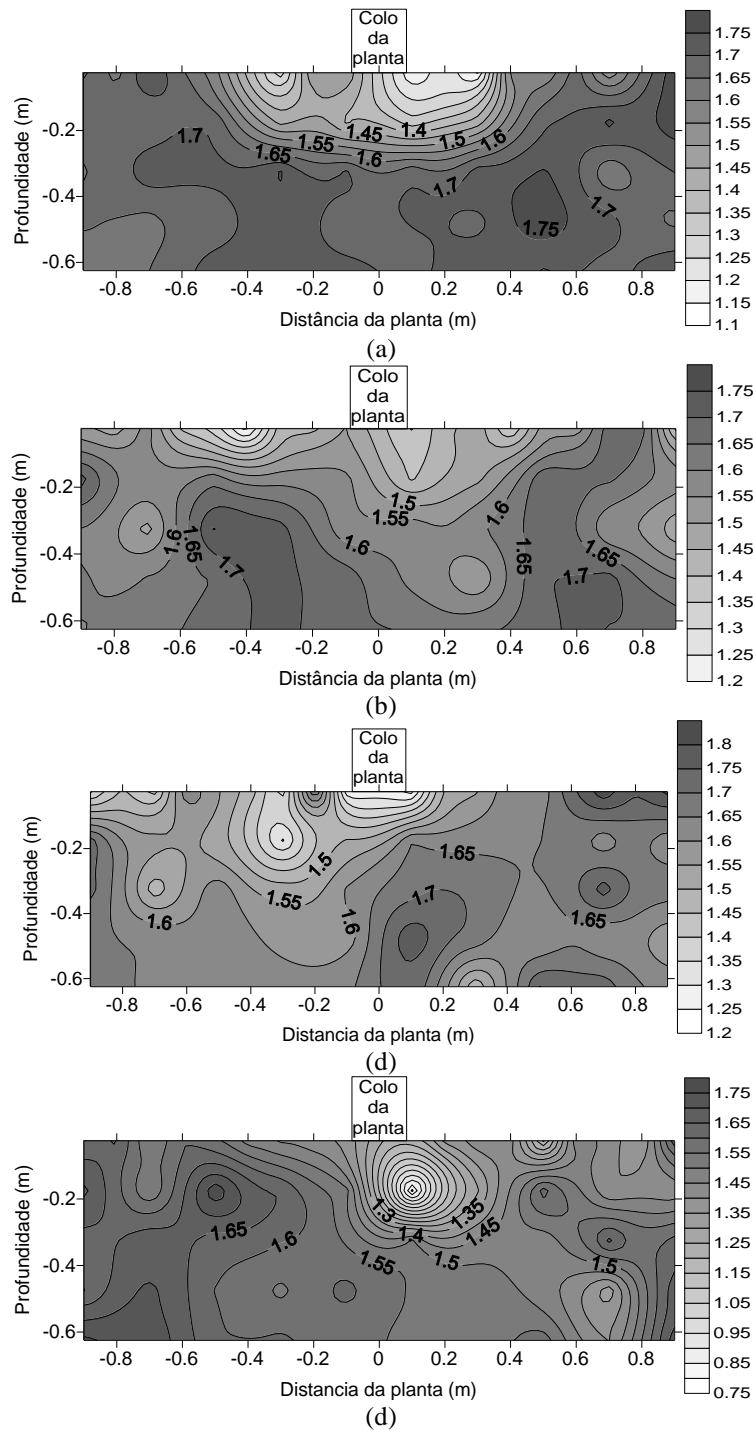


Figura 2 - Perfis de densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) cultivado com mamão Golden nos tratamentos T1 (a), T2 (b), T3 (c) e T4 (d), em Ceará Mirim, RN

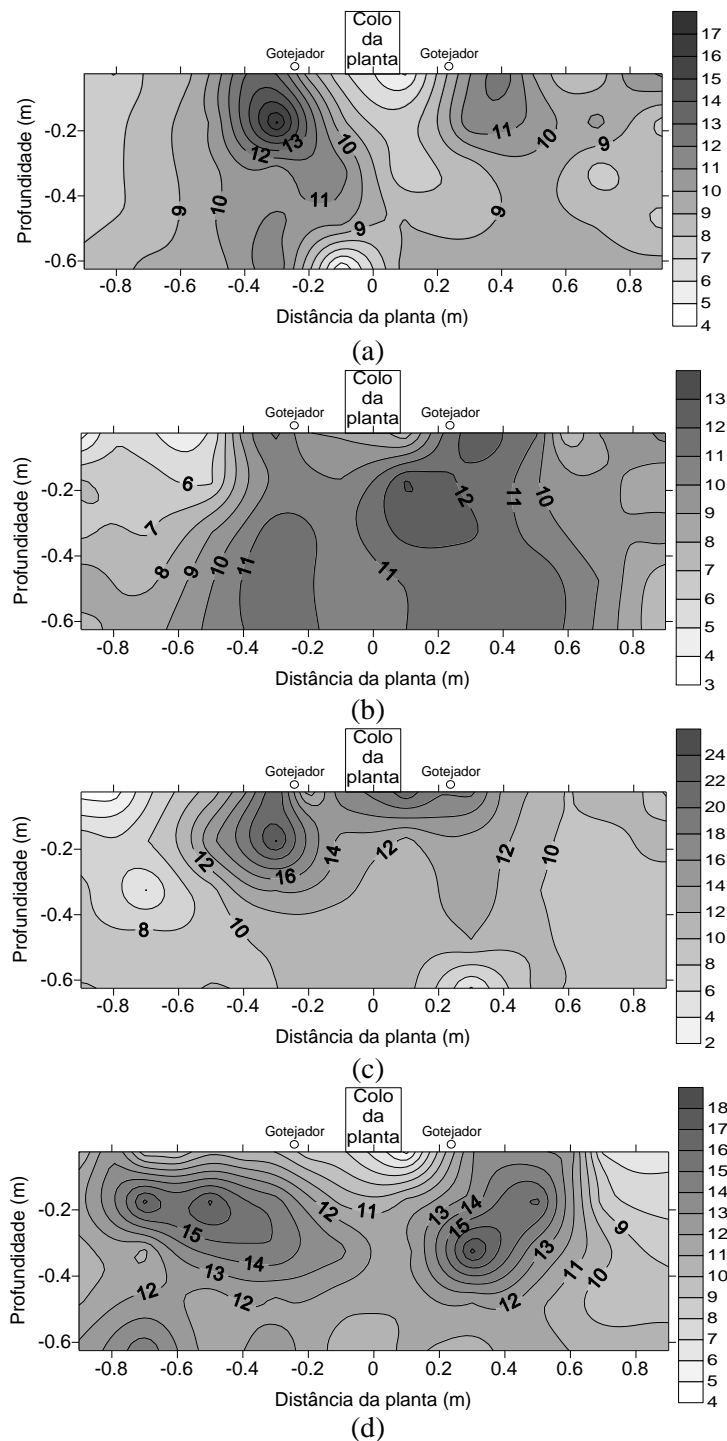


Figura 3 - Perfil de umidade do solo na base volume (%) cultivado com mamão Golden nos tratamentos T1 (a), T2 (b), T3 (c), e T4 (d), em Ceará Mirim, RN

O teor de umidade em volume no perfil do solo no tratamento T2 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 4 (b). Analisando-se as Figuras 3 (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 4 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.

Tabela 2 – Resumo da análise da distribuição espacial da densidade no perfil do solo cultivado com mamoeiro Golden: densidade máxima ( $d_{máx}$ ), 75% das amostras com menores densidades ( $d_{75\%}$ ), 50% com menores densidades ( $d_{50\%}$ ), 25% das amostras com menores densidades ( $d_{25\%}$ ), densidade mínima ( $d_{mín}$ ), densidade média ( $d_{méd}$ ), e coeficiente de variação (CV)

Tratamento	$d_{máx}^*$	$d_{75\%}^*$	$d_{50\%}^*$	$d_{25\%}^*$	$d_{mín}^*$	$d_{méd}^*$	CV*
	kg m <sup>-3</sup>						
T1	1.789	1.714	1.665	1.569	1.145	1.619	9,6
T2	1.752	1.669	1.587	1.489	1,178	1.569	7,7
T3	1.832	1.677	1.624	1.543	1,233	1.600	8,2
T4	1.786	1.616	1.541	1.443	1,138	1.535	8,5
Média	1.784	1.675	1.614	1.520	1,222	1.589	

\*Valores calculados pelo software Surfer 8.0

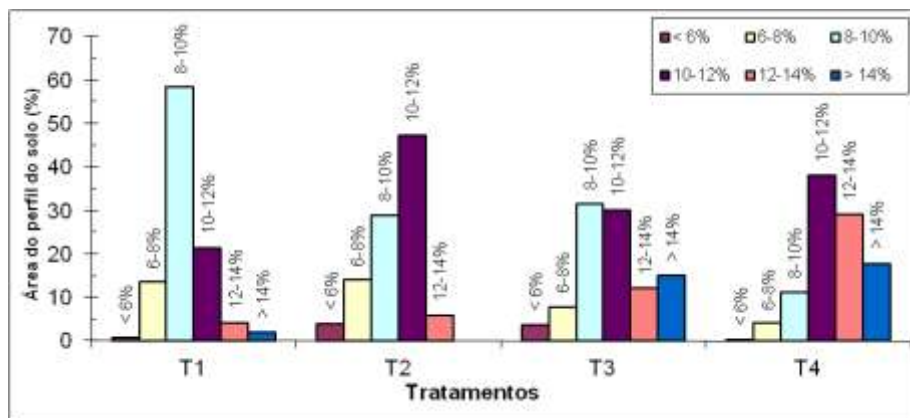


Figura 4 - Classes de umidade no perfil do solo (%) cultivado com o mamoeiro Golden e irrigado com diferentes lâminas de irrigação, em Ceará Mirim, RN

O teor de umidade em volume no perfil do solo no tratamento T3 variou de 0,94% a 24,13% e com umidade média de 10,89%. Os valores de umidade acima de 14% concentraram-se na região do perfil com densidade do solo inferior a 1.500 kg m<sup>-3</sup>, com bulbo úmido de forma semelhante às isolinhas de densidade, como pode ser observado nas Figuras 3 (c) e 4 (c). Analisando-se a Figura 4, observa-se que 61,5% do perfil encontram-se com teores de umidade entre 8% e 12%, 11,51% e 26,99% da área analisada encontra-se umidade inferior a 8% e superior a 12%, respectivamente.

O teor de umidade em volume no perfil do solo no tratamento T4 variou de 4,74% a 18,27%, a umidade média do perfil foi de 11,32%. Os valores de umidade acima de 12% concentraram-se nos primeiros 50 cm de profundidade, formando bulbos ovais 20 cm abaixo da superfície do solo e com maior dimensão na horizontal, Figura 4 (d). Analisando-se a Figura 4, observa-se que 15,14%, 67,06% e 17,66% da superfície do perfil do solo apresentaram teor de umidade compreendido entre 6% e 10%, 10% e 14%, e acima de 14%, respectivamente.

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 NTI, 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 (Figuras 3 (a, b, c, e d) e 4 (a, b, c, e d)). Embora a distribuição de matéria orgânica interfira na retenção da umidade, com o acréscimo das lâminas a umidade alcançou maiores profundidade (Figuras 4 (a, b, c, e d)), formando bulbo molhado de forma oval com dimensões horizontais predominantes.

#### 4. CONCLUSÃO

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

A densidade no perfil do solo variou de 1.138 a 1.832 kg m<sup>-3</sup>, os valores de menor;

A umidade média em volume nos perfis do solo aumentou linearmente com o aumento da lâmina de irrigação no intervalo estudado.

#### 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.