

MONITORAMENTO DE UMIDADE DO SOLO EM VIDEIRA DE MESA E VINHO NO VALE DO SÃO FRANCISCO UTILIZANDO TENSIOMETRIA

**Jucicléia SOARES DA SILVA (1) *; Daniela FERREIRA BARBOSA (2);
Emilly FIGUEREDO LEAL (2); Rosangela OLIVEIRA SANTOS (2);
Luís FERNANDO DE SOUZA MAGNO CAMPECHE (3)**

- (1) Graduanda em Tecnologia em Fruticultura Irrigada, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Fone: (0XX87) 3862 – 2385, e-mail: jucicleiass@gmail.com
(2) Graduanda em Tecnologia em Fruticultura Irrigada, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina – PE, e-mail: daniela-fb@bol.com.br
(3) Professor Doutor em irrigação e drenagem, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina – PE, e-mail: lfsmcamp@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a umidade, utilizando a técnica de monitoramento por tensiometria de punção digital, com a finalidade de estabelecer critérios mais precisos para cálculo de lâminas de irrigação e a determinação do momento de sua aplicação, em um parreiral de uva de vinho e de mesa, respectivamente. O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFET), no campus Agrícola situado no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho em Petrolina – PE e em uma propriedade privada de uva de mesa. Foram realizadas nas áreas coletas de solo indeformadas, para obtenção da curva de retenção da água pelo solo. Foram instaladas três baterias de tensiômetros nas profundidades de 0-0,3 e 0,3-0,6 m (área do IFET) e 0-0,2, 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m (área propriedade privada) para uva de mesa e três baterias na profundidade de 0-0,3 e 0,3-0,6m (área do IFET) para uva de vinho. Concluiu-se que a umidade nas camadas superiores na uva de mesa e vinho (IFET) se situou sempre acima da capacidade de campo, indicando problemas de lixiviação superficial. A umidade nas camadas inferiores na uva de mesa (propriedade privada) se situou próxima e ligeiramente acima da capacidade de campo, indicando problemas de lixiviação profunda.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial matricial, tensiômetros, uva

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the moisture content in soil using tensiometers to establishing more precise criteria for irrigation management in a grapevine. The experiment was conducted in the agricultural area of Instituto Federal Institute de Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFET Sertão Pernambucano), located at the Irrigated Agricultural perimeter Senator Nilo Coelho in Petrolina - PE and in a private farm. Soil collections were made to obtain water retention curvel. Three batteries of tensiometers were installed at depths 0-0,3 and 0,3-0,6 m (area of IFET) and 0-0,2, 0,2-0,4 and 0,4-0,6 m (private farm) for grapes and three batteries in the depth of 0-0,3 and 0,3-0,6 m (area of IFET) to grape wine. It was concluded that the moisture in the upper layers of table grapes and wine (IFET) always stood above the field capacity, indicating problems of leaching surface. The moisture in the lower layers of table grapes (private farm) is located near and slightly above the field capacity, indicating problems of deep leaching.

KEYWORDS: Matric potential, tensiometers, grapes.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as fruteiras cultivadas comercialmente no Submédio São Francisco, a videira aparece como a terceira mais importante cultura em termos de área plantada, com uma área estimada de 8.000 hectares, no ano 2002, superada apenas pelas áreas cultivadas com manga e coco (IBGE, 2002). A cultura da videira reveste-se de especial importância econômica e social, na medida em que envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo, e destaca-se entre as culturas irrigadas da região como a que apresenta o maior coeficiente de geração de empregos diretos e indiretos.

A região do Vale do São Francisco consagrou-se como pólo produtor e exportador de uvas de mesa e vinho de alta qualidade, com elevado padrão tecnológico.

A possibilidade de cultivo e comercialização com os mercados interno e externo por produtores pequenos, médios e grandes, como pela geração de renda e criação de empregos diretos e indiretos contribui para a inclusão social.

O estudo do ambiente físico no qual a planta se desenvolve, particularmente o solo, poderá trazer técnicas de manejo mais apropriadas para a racionalização do uso da água, para minimizar o impacto ambiental e para a obtenção de frutos com a qualidade desejada.

Com o avanço das tecnologias de irrigação, têm sido desenvolvidos vários estudos com a finalidade de fornecer subsídios que permitam estimar as necessidades hídricas das culturas em função de parâmetros ambientais e do solo. Tal conhecimento pode condicionar o manejo de água no sistema solo-planta-atmosfera de maneira racionalizada visando otimizar a produtividade.

Para facilitar o manejo da água, recomenda-se utilizar o valor médio das leituras dos tensiômetros nos diversos pontos das áreas irrigadas. Desta forma busca-se ministrar os níveis mais adequados de água no solo otimizando o uso dos macro e micronutrientes, promovendo o crescimento e o desenvolvimento de plantas sadias com economia no uso de agrotóxicos. O que está perfeitamente de acordo com os preceitos dos sistemas de Produção Integrada.

Em todas as propriedades da região existem variações de solo. Portanto, os produtores inseridos no sistema de Produção Integrada de Banana deverão determinar as curvas de retenção dos solos das suas áreas irrigadas de modo a facilitar e orientar o uso dos tensiômetros como método de manejo da irrigação.

Uma das maiores dificuldades na utilização de tensiômetros no manejo da irrigação é a variabilidade espacial do solo. As diferentes curvas de retenção da água dentro de uma mesma área irrigada em solos diferentes demonstram que uma mesma leitura no tensiômetro ou qualquer outro equipamento poderá indicar diferentes níveis de umidade no solo, o que expõe a verdadeira magnitude do problema. Identificar esta variação espacial nas áreas irrigadas é fundamental e permitirá utilizar de maneira mais racional estes equipamentos.

Em todas as propriedades da região existem variações de solo. Portanto, os produtores inseridos no sistema de Produção Integrada de Banana deverão determinar as curvas de retenção dos solos das suas áreas irrigadas de modo a facilitar e orientar o uso dos tensiômetros como método de manejo da irrigação.

Diferentes curvas de retenção permitirão estabelecer diferentes turnos de rega e volumes de água aplicados por irrigação numa mesma propriedade.

O desenvolvimento e acompanhamento contínuo da cultura fornecem informações importantes sobre o consumo de água da cultura. O objetivo deste trabalho foi determinar a umidade, utilizando a técnica de monitoramento por tensiometria de punção digital, com a finalidade de estabelecer critérios mais precisos para cálculo de lâminas de irrigação e a determinação do momento de sua aplicação.

No entanto, ao realizar o manejo da irrigação pelo monitoramento da tensão da água no solo, a fim de maximizar a eficiência de uso da água e o rendimento da cultura, é necessário conhecer a faixa de tensão que pode ser mantida no solo, sem comprometer o desenvolvimento e a produção da cultura.

O objetivo deste trabalho foi determinar a umidade, utilizando a técnica de monitoramento por tensiometria de punção digital, com a finalidade de estabelecer critérios mais precisos para cálculo de lâminas de irrigação e a determinação do momento de sua aplicação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O monitoramento da umidade do solo é uma das técnicas mais utilizada para manejo da irrigação o qual visa à determinação de quando e quanto irrigar. A determinação da umidade do solo é essencial para estudos de movimento e disponibilidade d água no solo, erosão, manejo da irrigação e muitos outros problemas (Bernardo, 1989).

A umidade do solo é extremamente variável com o tempo, aumentando com a chuva ou com a irrigação e diminuindo com a drenagem ou com a evapotranspiração (Reichardt, 1987).

As propriedades do solo, as práticas culturais e de manejo do solo, a quantidade e intensidade de aplicação de água e o estágio de desenvolvimento das culturas também são fatores que afetam a umidade do solo (Paltineanu e Starr, 1997).

Os extremos da variação da umidade do solo são mencionados por Reichardt (1987) como sendo o da umidade do solo seco em estufa, a 105 °C e a do solo saturado ou umidade de saturação, quando todo o espaço poroso está tomado por água.

Para a prática da irrigação, onde se faz necessária a determinação da disponibilidade de água do solo, outros níveis de umidade devem ser determinados, quais sejam os da umidade da capacidade de campo e umidade do ponto de murcha permanente (Bernardo, 1989; Reichardt, 1987; Lima, 1999 e Miranda e Pires, 2001).

Em Libardi (1999) se lê a definição de umidade medida como sendo a umidade de uma amostra de solo no momento em que foi obtida no campo; a umidade residual como sendo a umidade de uma amostra muito seca ou seca ao ar e a umidade efetiva como a diferença entre a umidade medida e a umidade residual.

Na determinação da umidade do solo podem ser utilizados vários métodos, os quais são classificados em diretos e indiretos, conforme forneçam diretamente ou através de estimativas a umidade do solo. Os principais métodos diretos de determinação da umidade do solo são o método padrão de estufa (Reichardt, 1987; Bernardo, 1989; Brandelik e Hübner, 1996; Libardi, 1999; Miranda & Pires, 2001 e Coelho, 2003) e o método das pesagens (Bernardo, 1989 e Miranda & Pires, 2001).

A umidade do solo pode ser determinada diretamente com base no peso (umidade gravimétrica) ou com base no volume (umidade volumétrica). A umidade gravimétrica é a relação entre a massa da água contida em uma amostra de solo e a massa seca desta amostra de solo. Para se determinar a umidade volumétrica, determina-se a relação entre o volume de água contida em uma amostra indeformada de solo e o volume total desta amostra. Quando não especificada a umidade, assume-se que seja a gravimétrica uma vez que, segundo Gardner (1986) apud Libardi (1999), a determinação da umidade envolve, antes, o valor à base de massa. Libardi (1999) apresenta a clássica dedução do modo prático de se chegar à umidade volumétrica, através da multiplicação da umidade gravimétrica pela densidade global do solo amostrado.

Os métodos indiretos mais utilizados são o da resistência elétrica, o da constante dielétrica, o da sonda de nêutrons ou moderação de nêutrons, o da atenuação da radiação gama, o da tensiometria, (Bernardo, 1989; Brandelik e Hübner, 1997; Paltineanu e Starr, 1997; Yoder et al, 1998, Libardi, 1999; Miranda e Pires, 2001 e Coelho, 2003).

Olitta (1976) considera uma vantagem do tensiômetro, em relação a outros métodos, a possibilidade de determinação do estado de energia da água do solo.

O tensiômetro é um instrumento composto por um tubo de ½ de diâmetro e comprimento variável conforme a profundidade da camada do solo que se deseja alcançar. Em um dos extremos do tubo é colocado um sensor de tensão e na outra extremidade, uma cápsula porosa, de cerâmica, cujos poros, segundo Reichardt (1987), após saturados, não permitem esvaziamento com sucção menor ou igual a 1 atm. O interior do tensiômetro é preenchido com água.

Segundo Coelho (2003), o princípio defuncionamento do tensiômetro desenvolvido por Gardner e colaboradores em 1922 é baseado na formação do equilíbrio entre a água no seu interior e na circunvizinhança da cápsula porosa. À medida que o solo seca, a água sai do interior do tensiômetro, através da cápsula porosa, até que ocorra o equilíbrio entre as partes internas e externas da cápsula. Uma vez que a parte superior, onde está o sensor de tensão, é hermeticamente fechada, passa a ocorrer uma pressão negativa no interior do tensiômetro, a qual é tanto maior quanto mais seco estiver o solo.

Muitos estudos têm sido realizados ao longo do tempo, os quais apontam as vantagens e desvantagens do método e indicam a sua melhor aplicabilidade. A principal desvantagem dos tensiômetros, além da necessidade constante de manutenção, é o fato da capacidade de leitura dos mesmos não ultrapassar 0,75 atm (76 kPa), razão pela qual ele cobre apenas uma parte da água útil do solo, sendo 40% e 70%, nos solos argilosos e arenosos, respectivamente. Tal desvantagem já fora mencionada por Richards (1942), embora o autor também mencione a grande utilidade dos tensiômetros em estudos do movimento da água no solo, comprovada em campos experimentais e nos estudos e controle da umidade do solo ligados à irrigação, comprovada pela sua utilização, ao longo de todo o ano, nas irrigações comerciais de algumas culturas.

Os tensiômetros podem ser usados para elaboração de um calendário de irrigação desde que a tensão da água do solo esteja baixa, isto é, dentro da faixa de umidade que não cause estresse hídrico às plantas (SMAJSTRLA e PITTS, 1997).

Yoder et al. (1998) menciona que a utilização dos tensiômetros na determinação da tensão da água do solo é limitada a um máximo de 85 kPa.

Lima (1999), buscando um melhor controle do manejo da água ao nível de propriedade, utilizando o tensiômetro para determinação da lâmina d água e frequência de aplicação, conclui pela recomendação dos tensiômetros no monitoramento da irrigação, pelo controle da umidade dentro da faixa ótima das culturas.

Coelho (2003) menciona a ampla utilização do tensiômetro no monitoramento da tensão da água no solo, mesmo que na faixa de 0 a 0,8 atm (0 a 81,06 kPa).

Wiedenfeld (2004), avaliando quatro diferentes métodos de determinação da quantidade de água a aplicar (evaporação no tanque, evapotranspiração, tensiômetros automáticos e tensiômetros manuais), juntamente com três diferentes frequências de aplicação para irrigação sub-superficial em cana-de-açúcar, encontrou efetividade nos quatro métodos, com prescrições similares de lâmina d água a aplicar, não obstante tenha afirmado que os tensiômetros manuais apresentaram os resultados mais precisos nas condições de campo e os tensiômetros automáticos não foram muito confiáveis. Alguns fatores podem afetar as medidas dos tensiômetros de modo que a leitura realizada em um determinado momento pode não estar de acordo com a realidade.

O tempo resposta de um tensiômetro, segundo Richards (1949 apud KLUTE e GARDNER, 1962), é dado por $1/KS$, onde K é a condutância da cápsula e S a sensibilidade do medidor, dada pela variação na pressão por unidade de volume transferido do ou para o tensiômetro. Os autores afirmam que o tempo de resposta dos tensiômetros é diferente de zero porque há a necessidade de que um volume de água atravessasse os poros da cápsula para que seja registrada uma mudança de pressão no interior do tensiômetro.

O tempo que um tensiômetro leva para entrar em equilíbrio com o potencial do solo, a partir do momento de sua instalação ou da fluxagem, não depende somente das características do tensiômetro, mas também das propriedades do solo que governam o movimento da água. Desta forma, sendo a condutância da cápsula porosa muito menor do que a condutividade hidráulica do solo e, ainda mais, sendo a sensibilidade do tensiômetro muito maior do que o gradiente de potencial hídrico do solo, então, o tempo de resposta do instrumento será tão curto quanto o tempo de resposta de um tensiômetro em solo saturado (TOWNER, 1980).

Olitta (1976) aponta o surgimento de bolhas de ar no sistema quando próximo a 0,8 atm (81,06 kPa) como responsáveis por atraso na resposta do aparelho e recomenda a utilização de água livre de ar. Porém, aponta ainda como responsáveis pelo atraso na medida dos tensiômetros, as baixas condutividade do solo e condutância da cápsula do tensiômetro e o contato inadequado entre a cápsula e o solo.

Hendrickx, Nieber e Siccama (1994) avaliaram três diferentes tamanhos de cápsulas porosas e concluíram que os tensiômetros com cápsulas porosas maiores forneceram menores médias de medidas de tensão da água do solo, o que atribuíram dever-se ao fato de que atingiam mais rapidamente o equilíbrio com real tensão da água no solo. Isto é os tensiômetros confeccionados com cápsulas de tamanhos maiores possuem menor tempo de resposta.

Para sistemas de irrigação capazes de aplicar água com alta frequência, como os sistemas de irrigação utilizados na cultura da bananeira, o monitoramento da tensão de água no solo é uma das formas mais adequadas de manejo (Phene e Howell, 1984).

Entre os sensores mais utilizados no monitoramento da tensão da água no solo citam-se os tensiômetros e os sensores de matriz granular. Os tensiômetros apresentam limitações para o uso em sistemas automatizados de controle da irrigação em virtude da necessidade frequente de manutenção Schmugge et al. (1980).

Instrumento desenvolvido em 1922, por Gardner e colaboradores, o tensiômetro fornece de forma direta o potencial ou a tensão de água no solo e de forma indireta a umidade. O tensiômetro utilizado por RICHARDS & NEAL (1936) era composto, basicamente, por uma membrana porosa, a qual consiste na parte sensível do equipamento, e de um medidor de pressão capaz de medir a energia com que a água é retida no solo, conectados por uma tubulação em um sistema vedado para a atmosfera.

O tensiômetro de leitura automática vem sendo utilizado já há algum tempo, tendo como destaque o tensiômetro (MARTHALER et al., 1983) e o tensiômetro com transdutor (THIEL et al., 1963; HUBBELL & SISSON, 1998). Porém, os tensiômetros de leitura e gravação automática possuem elevado custo, e o seu uso ainda não está difundido no Brasil, com algumas aplicações restritas à pesquisa.

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, na unidade Agrícola situado no perímetro irrigado Senador Nilo Coelho em Petrolina - PE, com as seguintes coordenadas geográficas: 9°20' latitude sul e 40°41' longitude oeste e aproximadamente 418m e também em uma propriedade privada produtora de uva de mesa das variedades Itália e crimson. Segundo EMBRAPA (1999) o solo do IFET local é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Típico, como profundidade média do perfil de 1,8 metro e o solo da propriedade privada é classificado como Neossolo Quartzarênico Típico.

Foram considerados dois hectares da área de produção do pomar de uva de mesa, variedade Festival (área IFET) em fase frutificação com quatro anos de idade, o sistema de irrigação utilizado foi microaspersão, com microaspersores (Plastro, mod. Rondo) com vazão de $13,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ e um emissor para cada duas plantas, no espaçamento de 3,5 x 2m instalados na linha das plantas. A área de uva vinho de dois hectares de variedade Cabernet Sauvignon em fase de frutificação com três anos de idade, o sistema de irrigação utilizado foi gotejo, com gotejadores modelo Katif vazão de $11,1 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$, espaçados de 0,40 m. As variedades Itália e crimson (propriedade privada) tinham espaçamento de 3,5 x 2 m, divididas em três latadas, sendo uma com Itália (quatro ha) e duas com crimson (oito ha).

Para obtenção das curvas de retenção, foram coletadas amostras indeformadas nas áreas, nos mesmos pontos de instalação dos tensiômetros. Os pontos da curva foram ajustados pelo modelo empírico de van Genuchten (Dourado Neto, 1996) (Figura 1).



Figura 1. Coleta de solo com auxílio do anel de Kopeck.

A curva de retenção de água do solo relaciona valores de potencial matricial com a umidade do solo. Esta curva pode ser ajustada pelo modelo empírico de van Genuchten (Dourado Neto, 1996).

$$U_a = U_r + \frac{U_s - U_r}{\left[1 + (P_m * a)^n\right]^m} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Em que: U_a = umidade atual (cc/cc) U_s = umidade de saturação (cc/cc) U_r = umidade residual a -15000 cm.c.a. (cc/cc) P_m = módulo do potencial matricial (cm.c.a.) A , m e n = parâmetros empíricos determinados na análise de regressão.

Monitoramento por tensiômetro de punção digital este modelo de tensiômetro é semelhante ao com tensiômetro metálico, porém a tensão é registrada em um vacuômetro digital (Figura 2) e o valor do potencial matricial é obtido utilizando a mesma expressão do tensiômetro de vacuômetro metálico, ou seja:

$$\Psi_m = -(\text{LEITURA}) + h_c + z \quad [\text{Eq. 01}]$$

Em que Ψ_m é o potencial matricial, h_c é a altura do tensiômetro digital em relação à superfície do solo e z é a profundidade da cápsula.



Figura 2. Coleta de leitura de potencial matricial em tensiômetro digital.

Foram instaladas três baterias de tensiômetros por área, totalizando 15 tensiômetros, até a profundidade de 0,6 metro de profundidade, como recomendada por Bassoi (2003) para esta cultura. As leituras eram feitas três vezes por semana preferencialmente no mesmo horário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1 (a) que praticamente não houve variação de umidade tanto ao longo do período de coleta de dados como nas duas profundidades observadas. Como a umidade do solo na capacidade de campo nessa área era de 20% (Tabela 1) com base um volume, este se apresentou durante todo o período acima da capacidade máxima de armazenamento de água, indicando um excesso de aplicação de água para as duas camadas estudadas. Na Figura 1 (b), observa-se que a camada de 0-30 cm, de modo semelhante à uva de mesa, que a maior parte do período o solo se encontrava acima da capacidade de campo e que nas camadas mais inferiores (30-60 cm) houve umidades bem menores que as camadas superiores.

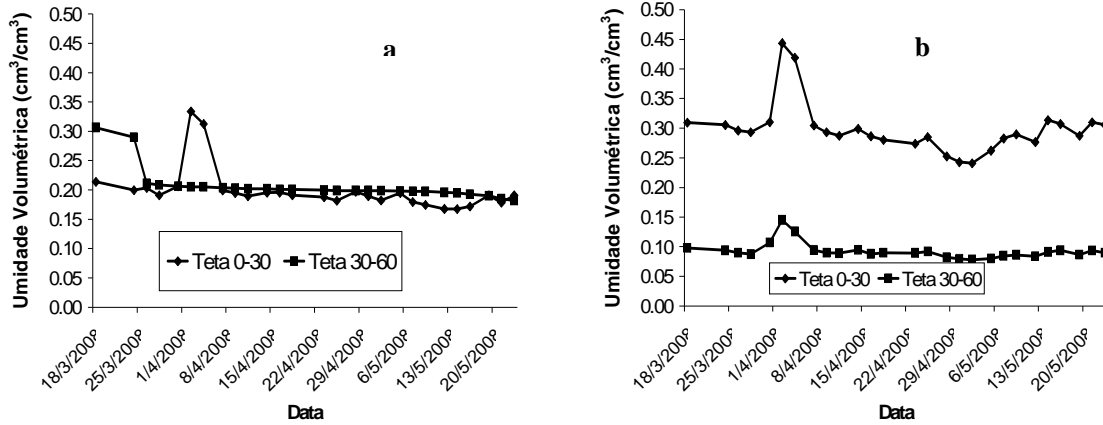


FIGURA 1. Umidade volumétrica do solo para as videiras de mesa (a) e vinho (b), no IFET.

Na Figuras 2 (a, b e c) foi observado que em todas as três camadas foram constantes as umidades ao longo do período de coleta de dados, sempre a maior umidade nas camadas superiores. Observa-se que a umidade nas três camadas se situou próximo e ligeiramente superior da capacidade de campo, indicando que problemas de lixiviação de água e nutrientes ocorram abaixo da camada mais profunda estudada (60 cm).

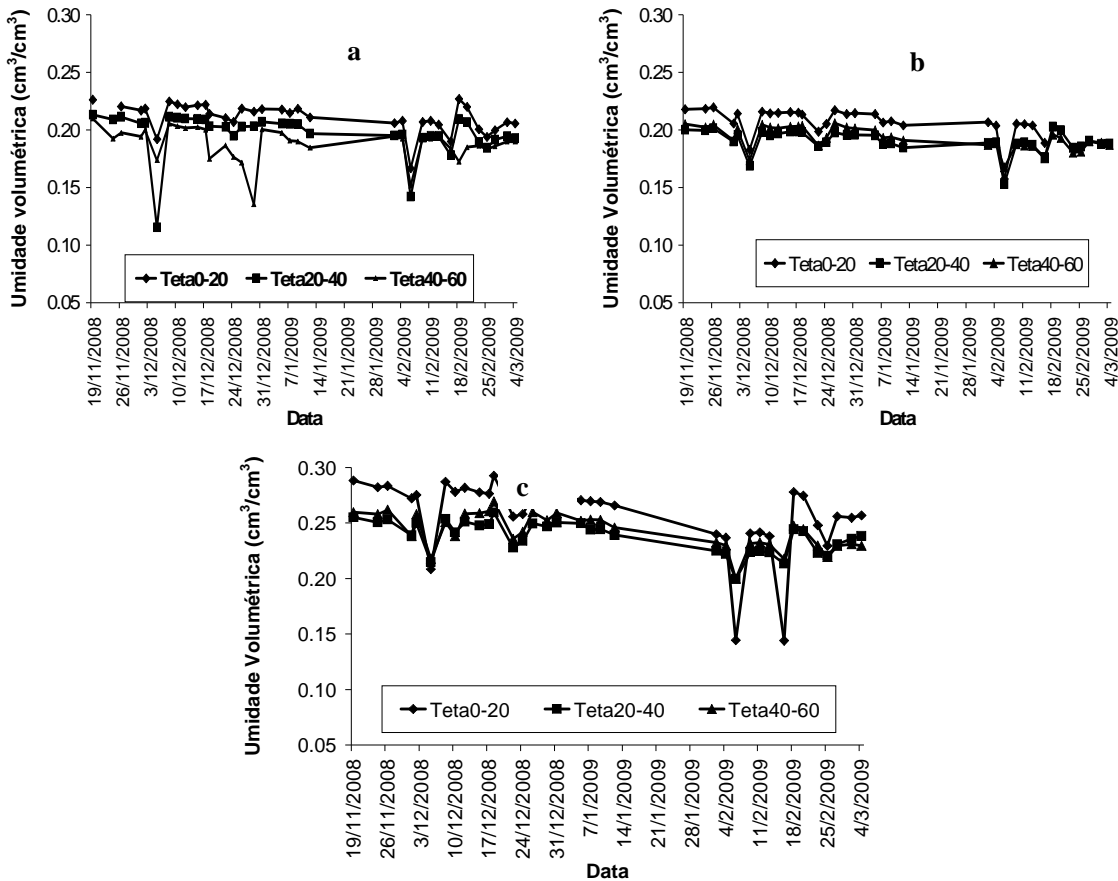


Figura 2. Umidade volumétrica do solo para a videira Itália (a) e crimson (b e c), na propriedade privada.

TABELA 1. Valores de umidade (cm^3/cm^3) e potencial matricial (kpa) dos solos analisados.

POTENCIAL MATRICIAL	AMOSTRAS					
	Propriedade Privada		IFET			
	0-30 cm	30-60 cm	Uva mesa 30-60 cm	Uva mesa 0-30 cm	Uva vinho 30-60 cm	Uva vinho 0-30 cm
Saturado	0.46	0.49	0.38	0.42	0.44	0.50
1			0.30	0.33	0.35	0.44
2			0.28	0.30	0.30	0.40
4	0.23	0.30	0.24	0.26	0.20	0.35
10	0.2	0.23	0.20	0.20	0.14	0.27
30	0.11	0.14	0.17	0.16	0.11	0.25
50	0.10	0.13	0.16	0.14	0.10	0.23
100	0.10	0.11	0.14	0.13	0.08	0.22
500	0.08	0.09	0.13	0.11	0.07	0.21
1500	0.07	0.07	0.12	0.10	0.07	0.21

5. CONCLUSÕES

A umidade do solo nas camadas mais inferiores obtiveram valores maiores que nas camadas superficiais.

REFERÊNCIAS

BASSOI, L.H.; HOPMANS, J.W.; JORGE, L.A.C.; ALENCAR, C.M.; SILVA, J.A.M. Grapevine root distribution for drip and microsprinkler irrigation. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, n.2, p.377-387, 2003.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1989.

BRANDELIK A.; HÜBNER, C. Soil Moisture Determination Accurate, Large and Deep. **Phys. Chem. Earth**, v. 21, n. 3, p. 157-160, 1996.

CHAMPION, J. **El plátano**. Barcelona: Blume, 1968. 247p.

CODEVASF. **Censo Frutícola 2001**. Disponível em: < <http://www.codevasf.gov.br/fruticultura/>>. Consulta em 15 de julho de 2009.

COELHO, S. L. **Desenvolvimento de um Tensiômetro Eletrônico para o Monitoramento do Potencial da Água do Solo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia Irrigação e Drenagem) Faculdade de Agronomia, Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.

CORDEIRO, Z. J. M. (org.). **Banana**. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa, 2000.

COSTA, E. L. ; MAENO, P. ; ALBUQUERQUE, P.E.P. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20 n. 196, p. 67-72. 1999.

DOURADO-NETO, D., NIELSEN, D.R., HOPMANS, J.W., PARLANGE, M.B. Curva de retenção: SWRC v.2.0. Piracicaba: FAPESP, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

HEDGE, D.M. Growth and yield analysis of “Robusta” banana in relation to soil water potential and nitrogen fertilization. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.37, n.1/2, p.145- 155, 1988.

HENDRICKX, J. M. H.; NIEBER, J. L; SICCAM, P. D. Effect of Tensiometer Cup Size on Field Soil Water Tension Variability. **Soil Science**, v. 58, p. 309-315. 1994.

HUBBELL, J.M.; SISSON, J.B. Advanced tensiometer for shallow or deep soil water potential measurements. **Soil Science**, Baltimore, v.163, n.4, p.271-7, 1998.

IBGE. Produção Agrícola Municipal - Disponível- site IBGE (30 julho 2002). URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabi>. Consultado em 30 jul. 2009

KLUTE, A.; GARDNER, W.R. Tensiometer response time. **Soil Science**, Baltimore, v.93, n.1, p.204- 7, 1962.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no Solo**. 2. ed. Piracicaba-SP: P. L. Libardi, 1999.

LIMA, S. C. **Monitoramento da Irrigação com Uso do Tensiômetro**. 1999. Dissertação (Mestrado em Agronomia Irrigação e Drenagem)

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação I**. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410p. (Série Engenharia Agrícola, 1)

MARTHALER, H.P.; VOGERSANGER, W.; RICHARD, F.; WIERENGA, P.J. A pressure transducer for field tensiometers. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.47, n.4, p.624-7, 1983.

OLITTA, F. A. Construção de tensiômetros para controle da irrigação. **O Solo**. Piracicaba. v. 68, n. 2, p. 16-20, 1955.

OLIVEIRA, S.L. **Manejo e métodos de irrigação para a bananeira**. EMBRAPA-CNPME, 1986. 9p. Trabalho apresentado no 3º Curso Intensivo Nacional de Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 1986.

PALTINEANU, I. C.; STARR, J. L. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: laboratory calibration. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison-WI, v. 61,1576-1585, nov-dec, 1997.

PHENE, C. J.; HOWELL, T. A. Soil sensor control of high-frequency irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, v. 27, n. 2, p. 392-396, 1984.

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

RICHARDS, L.A.; NEAL, O.R. Some field observations with tensiometers. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.1, p.71-91, 1936.

ROBINSON, J.C. System of cultivation and management. In: GOWEN, S. (Ed.) **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995, chapter 2, p.15-65.

SCHMUGGE, T. J.; JACKSON, T. J.; MCKIM, H. L. Survey of methods for soil moisture determination. **Water Resources Research**. v. 16, p. 961-979, 1980.

SMAJSTRLA, A. G.; PITTS, D. J. **Tensiometer Service, Testing and Calibration**. Bulletin 319. Gainesville-FL: Institute of Food and Agricultural Sciences, Cooperative Extension Service University of Florida, 1997.

THIEL, T.J. Electrical water pressure transducers for field and laboratory use. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.27, n.5, p.601-2, 1963.

TOWNER, G. D. Theory of time response of tensiometers. **J. Soil Sci.**, v. 31, n. 4, p 607-621, 1980.

WIEDENFELD, B. Scheduling water application on drip irrigated sugarcane. **Agricultural Water Management**, Bushland-TX, v. 64. n. 2, p. 169-181, 2004

YODER, R. E.; JOHNSON, D. L.; WILKERSON, J. B.; YODER, D. C. Soil Water Sensor Performance. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph-MI, v. 14, n. 2, p. 121-133, 1998.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE/CNPq), processo PIBIC nº 1177-5.03 07IC, pela concessão da bolsa durante a realização do trabalho.