



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM REGIÕES DO SERTÃO PERMAMBUCANO

*Bruno e Silva Ursulino¹; Rochele Sheila Vasconcelos²; Larissa Ferreira David Romão Batista³;
Suzana Maria Gico Lima Montenegro⁴ & Patrice Ronaldo da Silva Oliveira⁵*

RESUMO – Diante das mudanças climáticas, são esperados impactos em fenômenos como armazenamento, escoamento de rios e recargas de aquíferos, principalmente em regiões mais vulneráveis como o semiárido brasileiro. A umidade é variável relevante para a compreensão dos ciclos hídrico e sedimentológico de uma região. Assim, através de monitoramento do solo pela técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), este trabalho busca contribuir para a caracterização da umidade do solo nos municípios de Sertânia e Araripina, áreas típicas do semiárido do estado de Pernambuco, Brasil. Foi calculado o Wetness Index (WI), representando uma proporção diária de umidade no solo em diferentes profundidades. Em Araripina os anos de 2014 e 2015 apresentaram a maior umidade observada na camada mais superficial do solo a 10 cm, para o período chuvoso, e nas camadas de 20 e 40 cm, para o período seco. Já em Sertânia foi observada uma maior sensibilidade da umidade do solo às variações de temperatura.

ABSTRACT – Soil water storage, river flows and aquifer recharge are examples of phenomena expected to be impacted by climate change, especially in vulnerable areas such as the Brazilian semiarid region. Soil moisture is a relevant variable for understanding the water and the sediment cycle of a region. Thus, by monitoring the soil with the Time Domain Reflectometry (TDR) technique, this paper seeks to contribute to the characterization of soil moisture in the municipalities of Sertânia and Araripina, in the semiarid region of Pernambuco, Brazil. The Wetness Index (WI) was calculated, representing a daily proportion of soil moisture at different soil depths. In 2014 and 2015, Araripina presented, in the rainy season, the highest soil moisture value observed in the most superficial layer of the soil at 10 cm, and the dry season registered its highest value at 20 and 40 cm deep. While in Sertânia, higher sensitivity of soil moisture fluctuations in temperature was observed.

Palavras-Chave – Umidade, semiárido, Wetness Index

1) Mestrando em Engenharia Civil. UFPE. Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N. Cidade Universitária. Recife- PE. brunosenga@gamil.com

2) Doutora em Engenharia Agrícola. UFRPE: Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N. Cidade Universitária. Recife- PE. rochelly17@hotmail.com

3) Mestre em Engenharia Civil. UFPE. Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N. Cidade Universitária. Recife- PE. larissabatista@gmail.com

4) Professora Titular. Departamento de Engenharia Civil- UFPE. Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N. Cidade Universitária. Recife- PE. suzanam@ufpe.br

5) Gerente de meteorologia e mudanças climáticas – GMMC- APAC. Avenida Cruz Cabugá, 1111. Santo Amaro. Recife-PE patrice.oliveira@apac.pe.gov.br

1 – INTRODUÇÃO

Propriedades físicas, químicas, interações biológicas e atividades antrópicas constituem o processo de formação dos solos, justificando seu caráter heterogêneo. Desse modo, a variabilidade temporal, espacial, e a dinâmica presente no comportamento dos constituintes do terreno são relevantes à ciência do solo (De Souza *et al.*, 2008). Além dos fatores já citados, as próprias condições ambientais têm sofrido transformações cada vez mais rápidas e abrangentes. Espera-se que esse cenário de mudanças climáticas tenha impacto direto em fenômenos como armazenamento, escoamento de rios e recarga de aquíferos, principalmente em regiões mais vulneráveis como o semiárido brasileiro (Montenegro & Ragab, 2010).

Essas condições extremas, como por exemplo a crescente escassez de água, propõem um desafio a gestores e planejadores de recursos hídricos que têm de atender a populações cada vez maiores. Além disso, no Brasil não existe uniformidade espacial no que concerne à disponibilidade desse recurso. Enquanto a região Norte detém mais da metade do volume total da água doce possível de ser consumida, a região Nordeste não chega aos 5% (Montenegro & Ragab, 2012). De modo semelhante muitos estudos têm se concentrado na região amazônica e nos impactos causados pelo desmatamento, no entanto também é extremamente relevante investigar áreas onde se tem déficit hídrico e série limitada de dados, como é o caso do semiárido nordestino.

Reafirma-se a importância dos dados de campo e das análises do comportamento da umidade para compreensão dos diversos fenômenos componentes dos ciclos hídricos e sedimentológicos, para a modelagem computacional das variáveis físicas e para setores como o agrícola, que dependem desses estudos (Da Silva *et al.*, 2015). Assim, através de monitoramento do solo pela técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), este trabalho busca contribuir para a caracterização da umidade do solo em duas localidades distintas do estado de Pernambuco.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de umidade do solo foram obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC, no período de 2013 a 2015 para as cidades de Sertânia e Araripina, nas seguintes profundidades: nível 1 corresponde a 10 cm, nível 2 a 20 cm e nível 3 a 40 cm.

Após tratamento dos dados, foi calculado o índice de umidade, Wetness Index (WI), que representa uma proporção diária de umidade no solo, podendo ser analisada de acordo com diferentes profundidades (Montenegro & Ragab, 2012). Tal índice é calculado da seguinte maneira:

$$WI = \frac{[(SM_z) - (SM_z)_{\min}]}{[(SM_z)_{\max} - (SM_z)_{\min}]} \quad (1)$$

Sendo SM os valores máximos e mínimos de umidade volumétrica do solo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, obtidos numa certa profundidade, z, para o período observado.

2.1 - Área de estudo

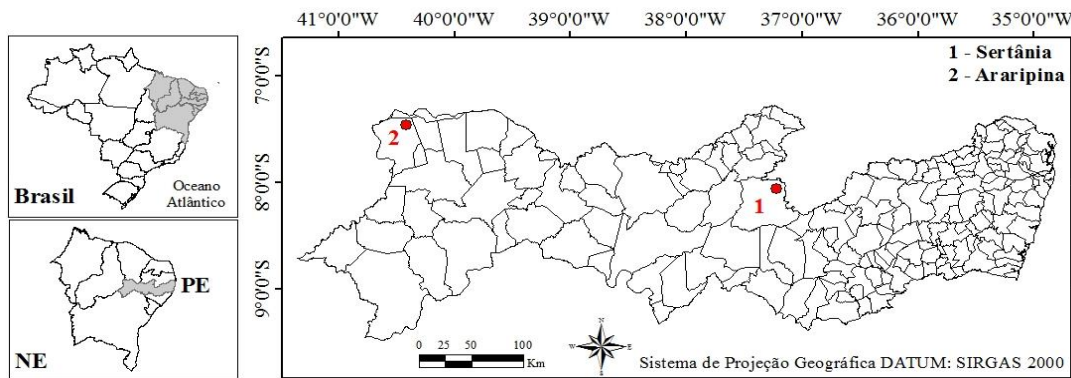


Figura 1. Localização das estações de monitoramento.

2.1.1 – Sertânia

Localizado na porção noroeste do território pernambucano, a pouco mais de 300 km do Recife, o município de Sertânia faz fronteira com o Estado da Paraíba. A região conta com um relevo caracterizado por planos e suaves ondulações, vegetação majoritariamente formada pela Caatinga Hiperxerófila e clima semiárido quente de acordo com a classificação de Koeppen.

Inserida na bacia hidrográfica do rio Moxotó, Sertânia apresenta índice pluviométrico anual de 635 mm, com picos registrados em Março e Abril. O período seco é composto por 7 meses e a temperatura média anual fica em torno dos 25°C. A cidade também encontra-se no Domínio Hidrogeológico Intersticial e no Domínio Hidrogeológico Fissural, com 281 pontos de água levantados, dentre poços escavados, poços tubulares e não identificados. Segundo Antunes *et al.* (2010), o solo da região é classificado como Neossolo Litólico.

2.1.2 – Araripina

A região do município de Araripina é caracterizada por baixos índices pluviométricos anuais, oscilando entre 500 a 800 mm. As chuvas concentram-se nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril onde há precipitação de cerca de 60 a 70% do total anual. O mês de março apresenta-se como o de maior precipitação, havendo alguns locais onde as chuvas desse mês representam 27% do total anual, podendo ser citado como exemplo a localidade de Araripina. De acordo com a classificação de Köppen, seu clima é o semiárido (BSh). Apenas na região da Chapada do Araripe o clima é diferenciado, tropical com estações secas de inverno (Aw) - ameno e com índices pluviométricos anuais superiores a 800 mm (Silva *et al.*, 2015).

A microrregião abriga predominantemente o bioma Caatinga, considerado o único bioma exclusivamente brasileiro, possuindo grande heterogeneidade, com cerca de 932 espécies vegetais registradas. Além da caatinga, na chapada do Araripe ocorrem faixas de transição entre a caatinga, o cerrado e a mata atlântica – ecótonos (IBGE, 1992).

Segundo Antunes *et al.* (2010), o solo do município é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 apresentam as variações da precipitação acumulada dos anos de 2014 e 2015, assim como a umidade do solo em três profundidades para o município de Sertânia. De acordo com um estudo feito pela CPRM (2008), Sertânia apresenta índice pluviométrico anual de 635 mm, com picos registrados em março e abril, consistindo com o observado em 2015. No entanto, em 2014 foi observado um comportamento pluviométrico diferenciado, com picos nos meses de maio e dezembro, 63,80 mm e 85,40 mm, respectivamente.

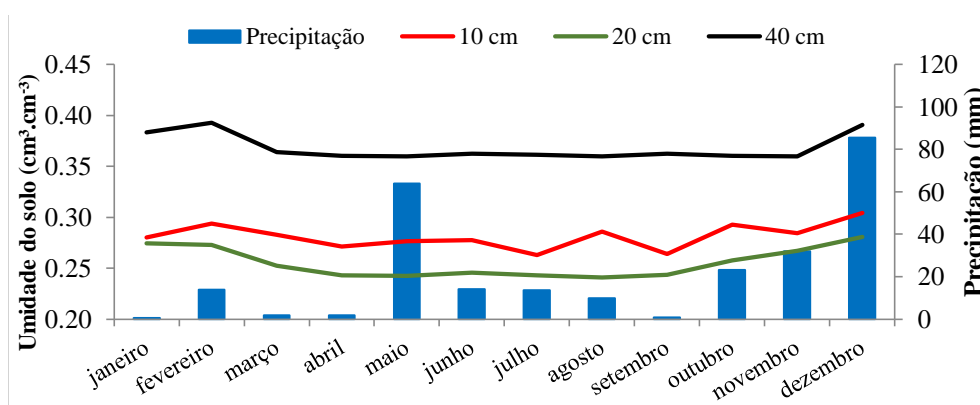


Figura 2. Variação da precipitação e da umidade do solo nas diferentes profundidades em Sertânia-PE, no ano de 2014.

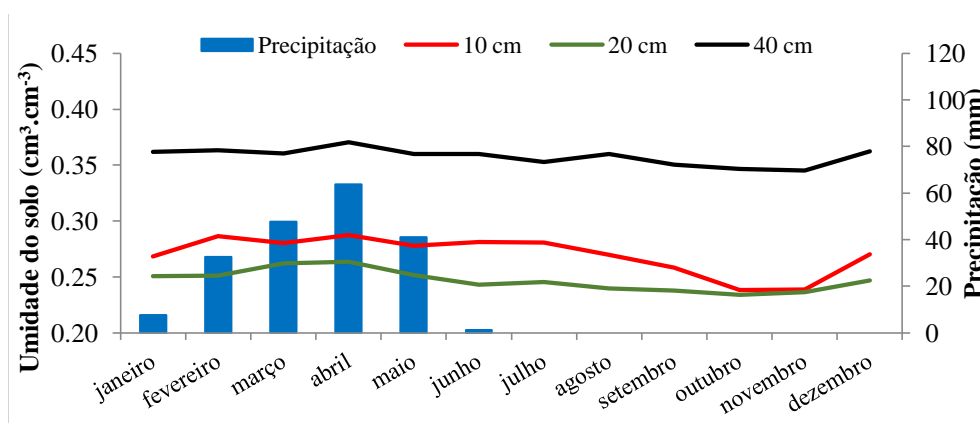


Figura 3. Variação da precipitação e da umidade do solo nas diferentes profundidades em Sertânia-PE, no ano de 2015.

Os níveis de umidade do solo apresentaram comportamento similar ao longo dos dois anos analisados. A camada mais profunda (40 cm) exibiu valores de umidade superiores às camadas mais superficiais, de 10 e 20 cm, com máximo de $0,39 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ em fevereiro e dezembro de 2014, e de $0,37 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, em abril 2015. O teor de água na camada mais superficial, de 10 cm, manteve-se continuamente acima da umidade da camada de 20 cm, igualando-se apenas no mês de outubro e novembro de 2015 (Figura 3).

De acordo com a Figura 3, o comportamento da umidade do solo em Sertânia demonstrou sensibilidade à ocorrência e ausência de precipitação. As camadas de 10 e 20 cm apresentaram certa estabilidade durante o período chuvoso, diminuindo entre julho e novembro, meses deficientes de chuva. Diferente das camadas mais superficiais, o teor de água na camada de 40 cm mostrou-se menos sensível à ausência de precipitação, apresentando valor mínimo de $0,35 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, sendo o seu valor máximo anual de $0,37 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ durante o mês de abril.

Na Figura 4 é apresentada a distribuição do índice de umidade (WI) ao longo do ano de 2014, onde foi possível observar, durante os meses de julho a novembro, um comportamento semelhante ao teor de umidade da camada de 10 cm, conforme a Figura 2. Já os valores máximos foram obtidos nos meses de fevereiro e dezembro, $0,36$ e $0,40 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente.

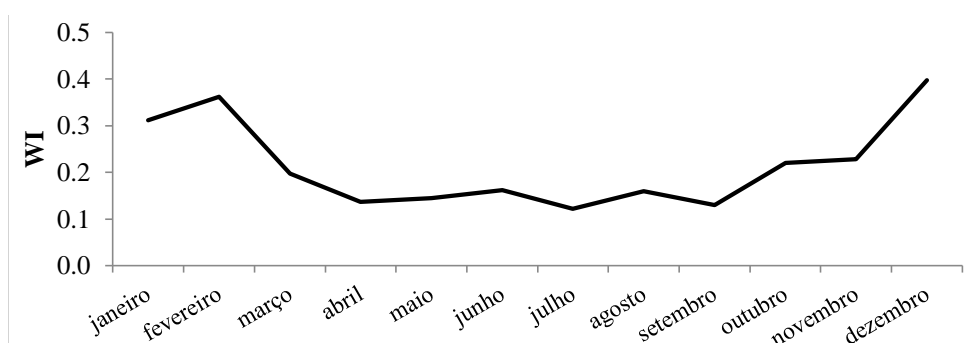


Figura 4. Distribuição do índice de umidade (WI) em Sertânia-PE, no ano de 2014.

Quando analisada a correlação entre as profundidades (Figura 5), observou-se que o comportamento da umidade entre a camada de 10 cm e os demais níveis não apresentou proximidade. De acordo com a Figura 2, a camada de 10 cm foi a que demonstrou comportamento mais divergente, com ascensão e declínios ao longo do ano de 2014, o que justifica a resposta pouco expressiva com as demais camadas.

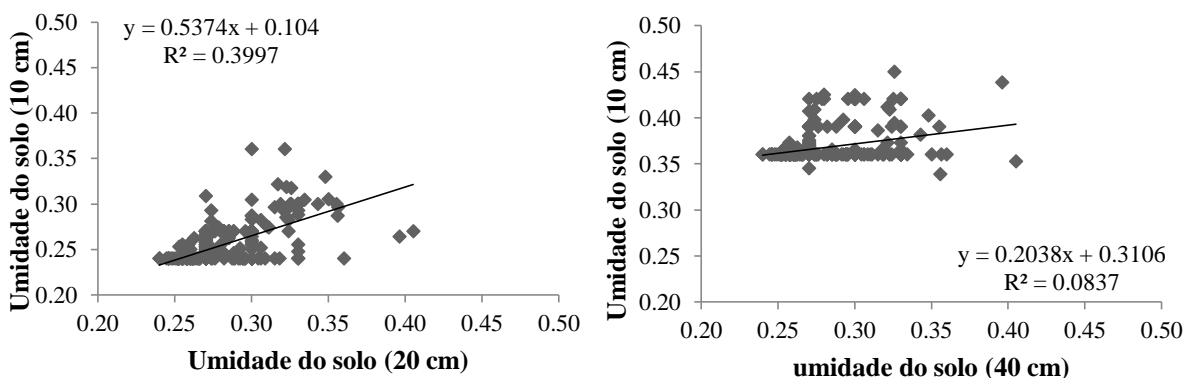


Figura 5. Relação funcional da umidade do solo entre a profundidade de 10 cm e 20 cm e entre a profundidade 10 cm e 40 cm em Sertânia-PE, no ano de 2014.

Quanto ao índice de umidade (WI) do ano de 2015 (Figura 6), foi possível observar uma variação similar ao comportamento da camada de 40 cm (Figura 3) durante os meses de março a maio, onde ocorreram as maiores precipitações. De julho à dezembro, o índice de umidade apresentou variações semelhantes às camadas de 10 e 20 cm diante a ausência de precipitação, com valores mínimos de 0,40 nos meses de outubro e novembro.

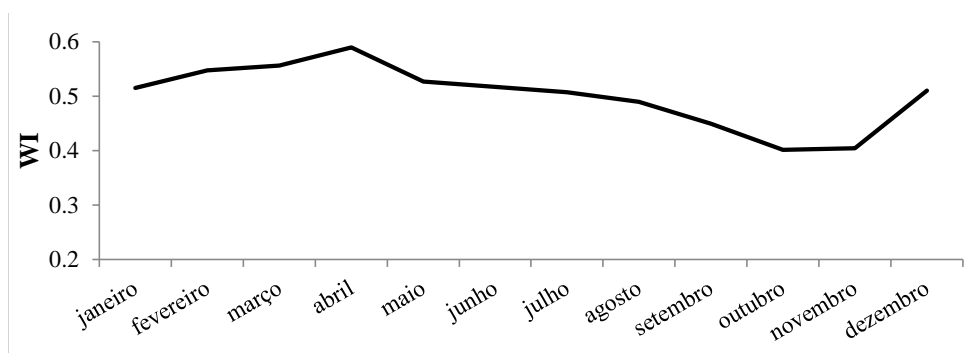


Figura 6. Distribuição do índice de umidade (WI) em Sertânia-PE, no ano de 2015.

A correlação entre os teores das camadas no ano de 2015 (Figura 7) mostrou-se similar ao ano de 2014, não havendo relação expressiva entre o teor de água na profundidade de 10 cm e nos demais níveis. Novamente a variação da umidade na camada de 10 cm demonstrou comportamento diferente, apresentando uma pequena semelhança com a camada de 20 cm durante os meses de setembro à dezembro, mas não sendo capaz de influenciar no coeficiente de correlação, $R^2 = 0,2858$.

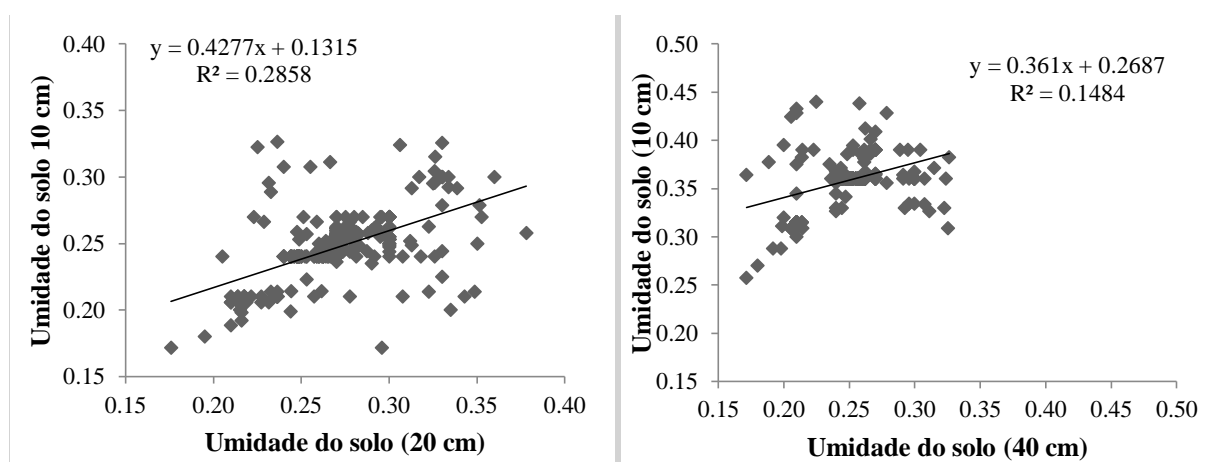


Figura 7. Relação funcional da umidade do solo entre a profundidade de 10 cm e 20 cm e entre a profundidade 10 cm e 40 cm em Sertânia-PE, no ano de 2015.

As Figuras 8 e 9 apresentam a variação da precipitação acumulada mensal e da umidade do solo, durante os anos de 2014 e 2015, para o município de Araripina-PE. No ano de 2014, o total precipitado no primeiro semestre, janeiro a junho, foi de 372,80 mm, e em 2015 foi de 499,50 mm.

Os anos observados apresentaram período chuvoso semelhante, com maior precipitação ocorrendo no mês de março.

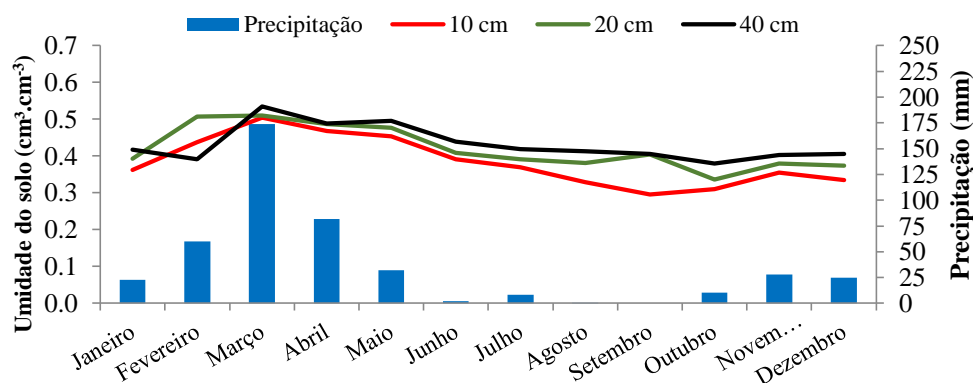


Figura 8. Variação da precipitação e dos valores de umidade para as profundidades de 10, 20 e 40 cm, em Araripina-PE, no ano de 2014.

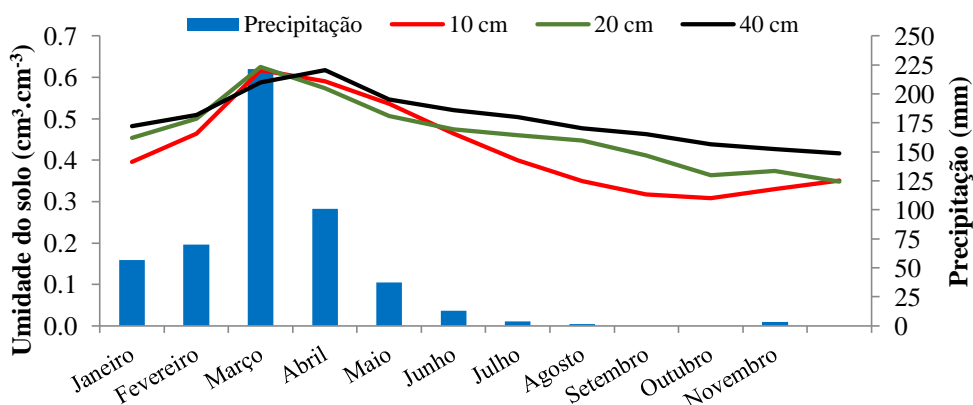


Figura 9. Variação da precipitação e dos valores de umidade para as profundidades de 10, 20 e 40 cm em Araripina, no ano de 2015.

Na Figura 8, o maior valor de umidade do solo foi observado na camada mais profunda, de 40 cm, durante o mês de março, onde ocorreu a maior precipitação, 173,8 mm. Nos meses seguintes, a umidade das três camadas do solo apresentou decréscimo até o mês de setembro, com valor mínimo de $0,30 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, na camada mais próxima da superfície. As precipitações que ocorreram em outubro a dezembro contribuíram para elevar o teor de água no solo (Figura 8).

O comportamento da umidade do solo no ano de 2015 foi um pouco semelhante ao ilustrado em 2014, diferenciando-se durante o mês de março, com os teores de água no solo das camadas mais superficiais (10 e 20 cm) superando a umidade do solo da camada de 40 cm, podendo ser explicado grande altura de precipitação de 221,40 mm ocorrido neste mês (Figura 09).

A distribuição do índice de umidade (WI) para o ano de 2014 (Figura 10) apresentou maior valor no mês de março, 0,61, mês em que todas as profundidade exibiram valores altos de umidade do solo. O valor mínimo foi observado no mês de outubro, 0,26, influenciado principalmente pela camada de 20 cm, que apresenta um decréscimo de setembro a outubro.

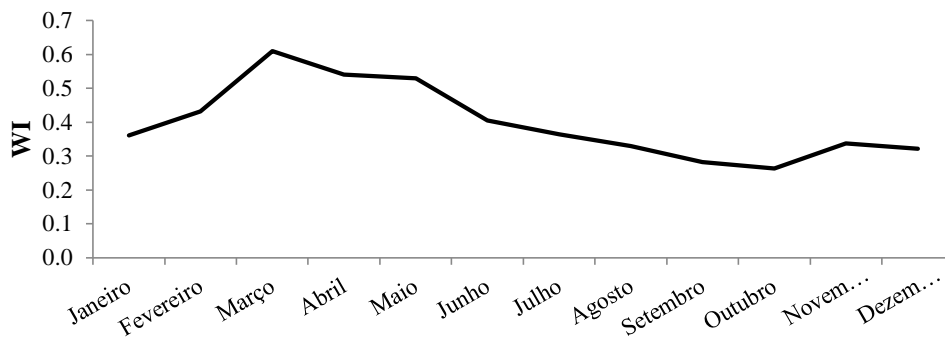


Figura 10. Distribuição do índice de umidade (WI) em Araripina-PE, no ano de 2014.

A correlação entre a umidade do solo na profundidade de 10 cm com as demais profundidades em Araripina (Figura 11 e 12) apresentou melhores resultados quando comparados com o solo do município de Sertânia (Figura 5 e 7). Foi possível observar uma maior proximidade entre a umidade na camada de 10 e 20 cm nos dois anos da pesquisa.

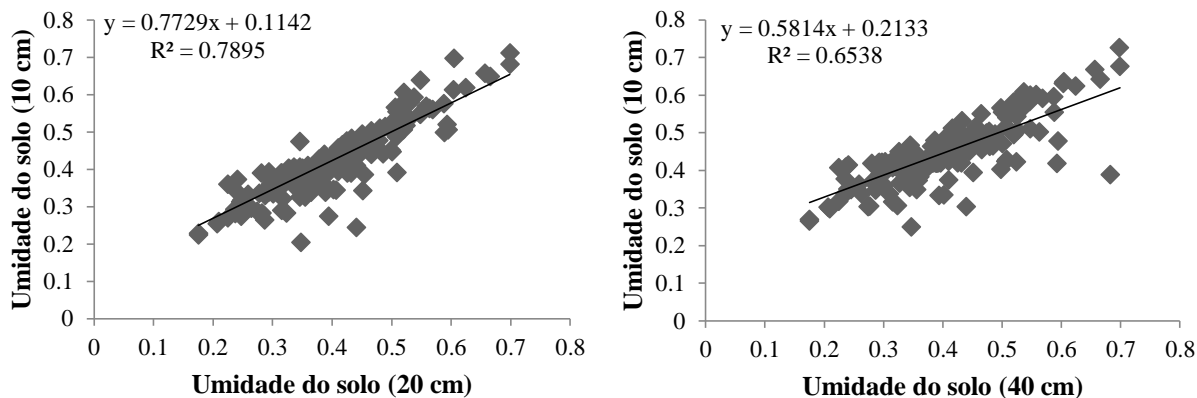


Figura 11. Relação funcional da umidade do solo entre a profundidade de 10 cm e 20 cm e entre a profundidade 10 cm e 40 cm em Araripina, no ano de 2014.

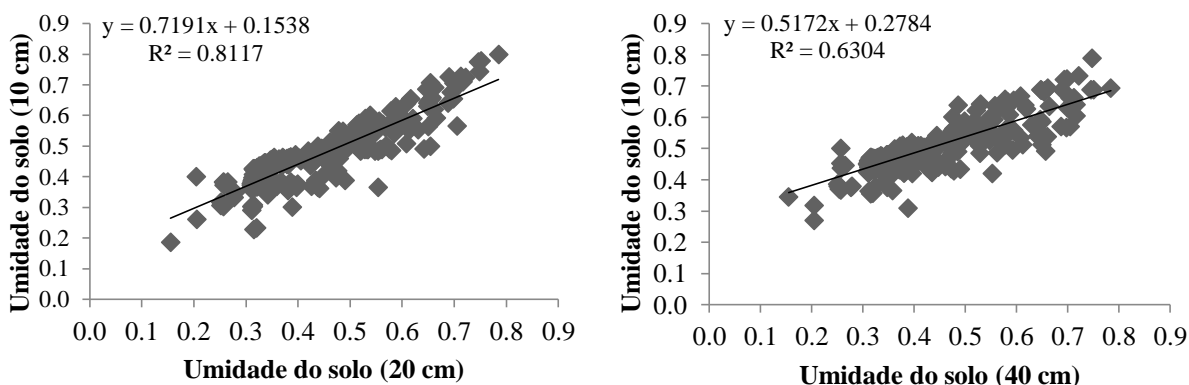


Figura 12. Relação funcional da umidade do solo entre a profundidade de 10 cm e 20 cm e entre a profundidade 10 cm e 40 cm em Araripina, no ano de 2015.

4 – CONCLUSÕES

Em Araripina, os anos de 2014 e 2015 apresentaram o mesmo período chuvoso, com aumento na precipitação 33,98% de 2014 para 2015. A umidade do solo apresentou comportamento semelhante à precipitação. No período chuvoso, a maior umidade foi observada na camada de 40 cm, exibindo pouca variação.

Observou-se em Sertânia uma maior sensibilidade da umidade do solo à variação da precipitação, principalmente na camada mais superficial, de 10 cm. A análise de correlação demonstrou maior proximidade entre as camadas de 10 e 20 cm.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq (Processos 448236/2014-1), da FINEP (REHIDRO 1830), à CAPES pela concessão de bolsa ao primeiro autor, ao CNPq pela concessão das bolsas do segundo e terceiro autores e de bolsa PQ ao quarto autor, e à APAC pelo fornecimento dos dados.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, P. D. ; SAMPAIO, E. V. S. B.; JÚNIOR, A. L. G. F.; GALINDO, I. C. L.; SALCEDO I. H. (2010). “*Distribuição de 137cs em três solos representativos do estado de Pernambuco*”. Revista Brasileira de Ciências do Solo, pp. 935-943.
- CPRM. “*Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Sertânia, estado de Pernambuco*”. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- DA SILVA, J. R. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTEIRO, A. L. N.; SILVA JÚNIOR, V. P. (2015). “*Modelagem da dinâmica de umidade do solo em diferentes condições de cobertura no semiárido nordestino*”. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 10(2), pp. 293 – 303.
- DE SOUZA, E.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L. (2008) LEBEL, T.; TAUPIN, J.D.; D´AMATO, N. (1997). “*Variabilidade especial da umidade do solo em Neossolo Flúvico*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 13(2), pp. 177 – 187.
- MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N.; MIRANDA, J. L. F. (Org.). (2005). “*Projeto de cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Sertânia, estado de Pernambuco*”. CPRM/PRODEEM – Recife, 12 p.
- MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N.; MIRANDA, J. L. F. (Org.). (2005). “*Projeto de cadastro de fontes de*

abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco". CPRM/PRODEEM – Recife, 11 p.

MONTENEGRO, A. A. A.; RAGAB, R. (2010). "*Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to diferente land use and climate change scenarios:a modelling study*". Hydrological Processes 24, pp. 2705 – 2723.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; RAGAB, R. (2012). "*Impact of possible climate and land use changes in the semi arid regions: A case study from North Eastern Brazil.*" Journal of Hydrology 434 - 435, pp.55 – 68.

SILVA, J. F. da; FERREIRA, P. dos S.; GOMES, V. P.; SILVA, E. R. A. C.; GALVÍNCIO, J. D. (2015). "*Mapeamento do potencial geoclimático da fruticultura do abacaxi na microrregião de Araripina – PE*". Revista Brasileira de Geografia Física 8(1), pp. 196 – 210.