

CALIBRAÇÃO DE SENSORES DE UMIDADE DE BAIXO CUSTO

Irlândio de Sá Santana, Ana Claudia Davino dos Santos, Mário Henrique Bento Gonçalves e Oliveira, Luiz Carlos da Silva Junior, Antônio Henrique Cardoso do Nascimento

RESUMO: O conhecimento e monitoramento do conteúdo de água no solo é fundamental para o manejo da irrigação e conservação da água, uma vez que o crescimento e o desenvolvimento adequado das plantas dependem do teor de água no solo. Objetivou-se desenvolver e analisar o desempenho de sensores de umidade de baixo custo por meio de estimativas de erros de medidas e comparação do teor de umidade estimado pelos sensores confeccionados, com sensores comerciais de mesmo princípio e o tensiômetro. O experimento foi conduzido no laboratório de engenharia de pesca, na unidade acadêmica de serra talhada, localizada no município de serra talhada-PE. Para confecção dos capacitores, utilizou-se placas paralelas compostas de alumínio e seus respectivos dielétricos de madeira e gesso. A comparação dos resultados foi realizada por meio do coeficiente “a” regressão linear, erro-padrão da estimativa (EPE), erro máximo (EMAX), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de correlação de Pearson (r) e do coeficiente de confiança (c), em que os teores de umidades pelo método gravimétrico foram tomados como padrões. Os sensores confeccionados mostraram ser efetivos para determinação de umidade no solo quando comparado com os sensores comerciais e com o tensiômetro.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação. Solo. Conservação da água.

CALIBRATION OF LOW COST MOISTURE SENSORS

ABSTRACT: Knowledge and monitoring of soil water content is critical for irrigation management and water conservation, as proper plant growth and development depends on soil water content. The objective was to develop and analyze the performance of low cost moisture sensors by estimating measurement errors and comparing the moisture content estimated by the manufactured sensors, with commercial sensors of the same principle and the tensiometer. The experiment was carried out in the fishery engineering laboratory, in the academic unit of Serra Talhada, located in the municipality of Serra Talhada-PE. To make the

capacitors, parallel plates composed of aluminum and their respective dielectrics of wood and plaster were used. Results were compared using the coefficient “a” linear regression, standard error of estimate (EPE), maximum error (EMAX), Willmott agreement index (d), Pearson correlation coefficient (r) and confidence coefficient (c), where the moisture content by gravimetric method were taken as standards. The made sensors were effective to determine soil moisture when compared to commercial sensors and tensiometer.

KEYWORDS: Irrigation. Ground. Water conservation.

INTRODUÇÃO

Com as frequentes variações climáticas nos últimos anos e o aumento constante da população mundial, os recursos hídricos potáveis estão se tornando cada vez mais escassos. Tal escassez agravada pelo mal-uso de manejo de irrigação que decorre principalmente da habilidade, experiência e nível de conhecimento educacional do produtor (CARVALHO, 2016).

No mundo, a agricultura é o setor que mais consome tais recursos, responsável por cerca de 70% do consumo de água potável, sendo que o uso doméstico fica com menos de 10% do total (CARVALHO, 2016; APUD FAO, 2012). Diante desse contexto, alguns equipamentos aliados a tecnologia têm funções importantes no auxílio a irrigação.

Os sensores são equipamentos utilizados para monitorar o teor de umidade no solo. Ele consiste em duas placas paralelas formando um campo elétrico constante, e um dielétrico entre as placas de um material diferente e poroso (SILVA, 2006).

Tendo em vista tais estratégias tecnológicas voltadas para a agricultura irrigada, é importante o conhecimento acerca dos equipamentos que estimem de forma satisfatória a umidade no solo. No entanto, torna-se importante avaliar o desempenho dos sensores e efetuar sua calibração, em especial para os sensores de baixo custo, para que os mesmos possam se tornar uma opção viável e mais uma boa alternativa para os produtores (PIZETTA, 2015).

Diante de todo contexto, entende-se que o uso da tecnologia da automação a partir dos sensores de umidade, podem auxiliar no monitoramento e manejo adequado dos recursos hídricos e ambientais, tornando o seu uso mais eficiente, de modo a alcançar um manejo de irrigação mais adequado.

Portanto, objetivou-se com este projeto, desenvolver e analisar o desempenho de sensores de umidade de baixo custo através de estimativas de erros de medidas e comparação

do teor de umidade estimado pelos sensores confeccionados, com sensores comerciais de mesmo princípio e o tensiômetro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de engenharia de pesca na unidade acadêmica de serra talhada (UAST), localizada no município de serra talhada-PE.

A calibração dos sensores consistiu na determinação do teor de pelo método gravimétrico como padrão para calibração de todos os sensores. Utilizou-se de instrumentos, como tensímetro digital de agulha que é utilizado junto com o tensiômetro para realizar as leituras de tensão de água no solo, sensores capacitivos manufaturados e comerciais, reservatório com solo e sistema de aquisição de dados.

Quanto aos reservatórios, utilizou-se quatro, cada um foi revestido internamente com uma manta geotêxtil bidim para drenagem, seguida por uma camada de 3 cm de brita e mais 3 cm de areia grossa (com diâmetros superiores a 2 mm). Sobre a brita e a areia grossa, foi depositado outra camada com manta geotêxtil, seguido por uma camada de solo com 8,5 cm de espessura, camada essa que foram instalados os sensores, de forma que cada recipiente possuía quatro sensores (dois confeccionados, o sensor de umidade do solo Arduino comercial e o tensiômetro), totalizando 16 sensores. Em seguida adicionou-se mais uma camada de solo com espessura de 13,5 cm, para que os sensores e o reservatório estivessem totalmente cobertos.

No sistema de aquisição de dados dos sensores, foram usados dois Arduinos Uno, a tela serial disponibilizada no software (acessada no computador), duas protoboard, dois módulos com cartão SD, um para cada placa respectivamente. Além de doze chips comparadores LM393 (um por sensor). Também foi necessário à implementação de botões no sistema, usados para iniciar e salvar as leituras de umidade no cartão SD.

Para calibrar os diferentes sensores de umidade, determinou-se inicialmente o valor da capacidade de campo (C_c), saturando-se o solo até que a drenagem profunda iniciasse nos drenos de cada reservatório. Logo após, cobriu-se a superfície do solo com uma lona plástica, com o intuito de evitar a evaporação superficial, forçando a água exclusivamente a drenar, e quando a drenagem se tornou desprezível, o que ocorreu em três dias, obteve-se a umidade do solo na capacidade de campo, tendo como base a metodologia sugerida por (REICHARDT, K. e TIMM, L C. 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se estimar a umidade através do tensiômetro, foi necessário determinar a curva de retenção ou curva característica de água no solo. Foram confeccionadas seis curvas características pelo método direto e indireto utilizando os modelos de Van Genuchten (1980), Durner (1994), Kosugi (1996), Brooks and Corey (1964), Seki (2007) e Fredlund and Xing (1994) aos dados experimentais.

Os ajustes dos pontos foram obtidos utilizando o programa Soil Water Retention Curve (SWRC), o qual permite escolher o melhor modelo através de dados estatísticos, dentre eles os coeficientes de determinação R^2 e o critério de informação de Akaike (AIC).

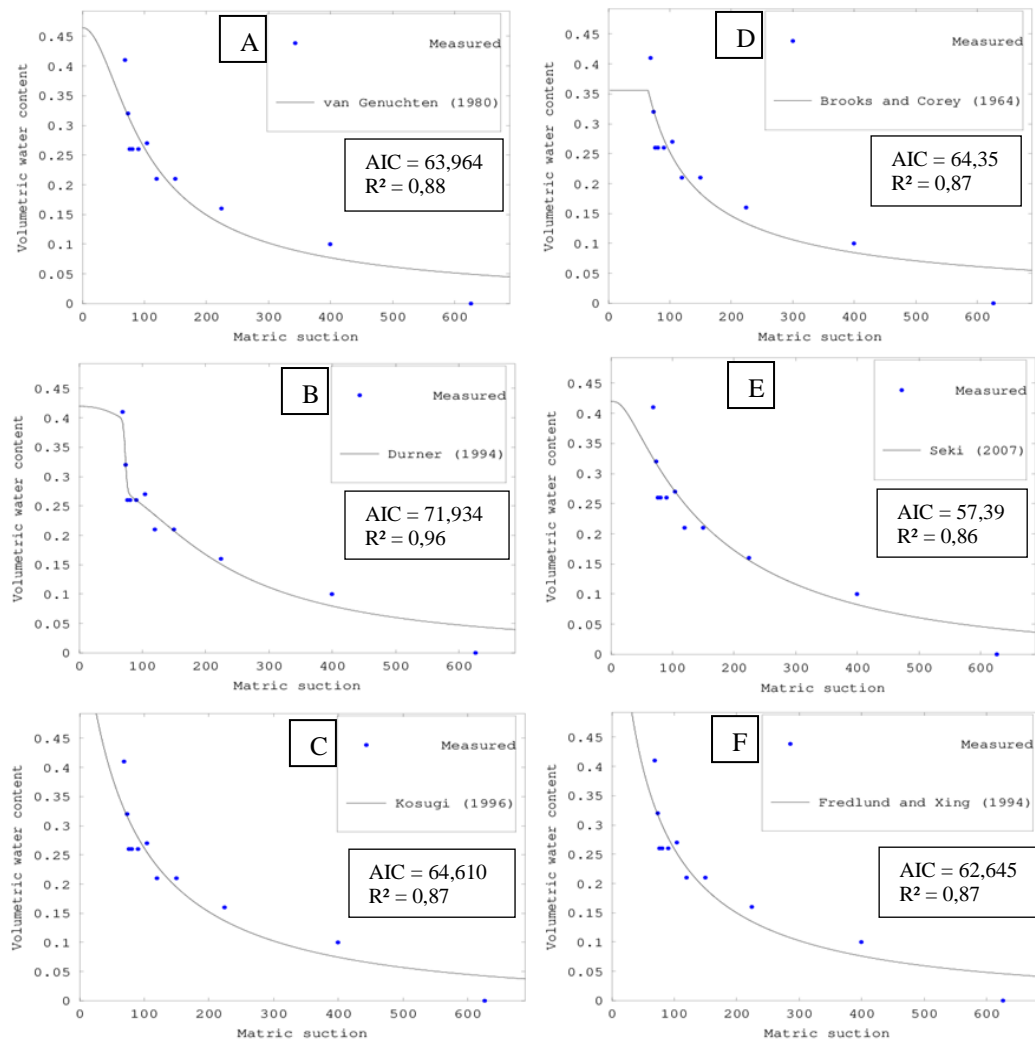


Figura 1. Curvas características por diferentes modelos matemáticos pelo método direto.

Para a análise comparativa das diferentes curvas característica de retenção de água no solo foram utilizados os parâmetros estatísticos, afim de determinar o melhor resultado com base nos dados disponibilizado por cada modelo de equação.

Verifica-se que o modelo de equação sugerido por Durner (1994), foi o que obteve os melhores parâmetros estatísticos, em razão do conteúdo de água do solo adequa-se a um modelo linear, com R^2 de 96,28% indicando que apenas 3,72% do conteúdo de água do solo observado não são explicadas pela variação do conteúdo de água do solo estimado pela equação de Durner (1994).

Também foi verificado um AIC de 71,93 (Modelo B), sendo adotado como modelo para determinar o teor de umidade pelo tensiômetro. Davison (2001) afirma que o critério AIC pode aumentar apreciavelmente a probabilidade de se escolher um modelo adequado de equação.

O modelo de Durner (1994) é uma função multimodal construída pela superposição de subcurvas de van Genuchten, é possível evidenciar trabalhos que também utilizaram tal modelo para as curvas de retenção de água no solo (GRAU, 2014; CHARGAS, 2014).

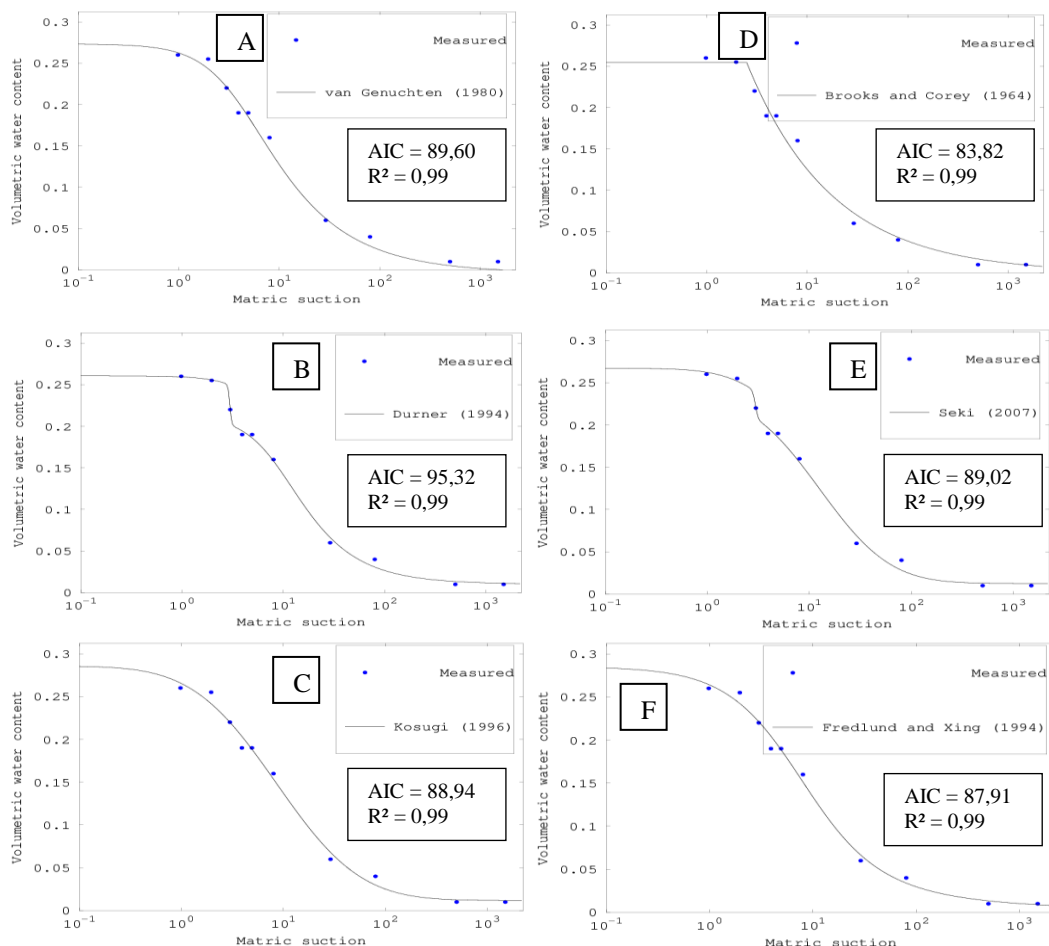


Figura 2. Curvas características por diferentes modelos matemáticos pelo método indireto.

De acordo com os parâmetros estatísticos obtidos pelos modelos de equações, o modelo sugerido por Durner (1994) foi o mais satisfatório com valor de AIC igual a 95.317 e R^2 0.99

respectivamente. O modelo sugerido por Van Genuchten (1980) teve AIC igual a 89.60 e R^2 0.99 indicando que apenas 0,01 do conteúdo de água do solo observado não são explicadas pela variação do conteúdo de água do solo estimado pela equação de van Genuchten (1980), Gomes et al. (2017) também chegou a resultados do coeficiente de determinação parecidos ($R^2 > 0,97$).

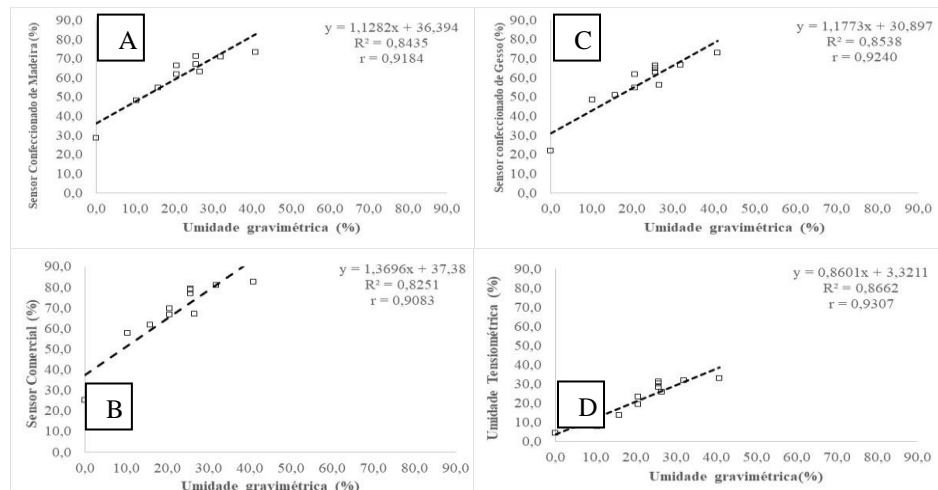


Figura 3. Conteúdo de água no solo observado em função do sensor e do conteúdo de água no solo (sensor) na profundidade de 13,5cm.

Em relação aos índices estatísticos foi obtido uma equação linear, com valores para a variável dependente, dos sensores confeccionados, em relação a umidade gravimétrica para variável independente. Sendo que, as equações apresentaram coeficientes de determinação de 0,84, 0,85 e 0,82 para o Sensor de madeira, Sensor de gesso e Sensor comercial, respectivamente, indicando que 0,16, 0,15 e 0,18 do conteúdo de água do solo observado não são explicadas pela variação do conteúdo de água do solo obtida pelos sensores, respectivamente.

No entanto, a partir dos valores do coeficiente linear é possível fazer uma comparação dos sensores confeccionados em relação ao comercial. Dessa forma, os sensores confeccionados (madeira e gesso) obtiveram os valores de coeficiente linear de 36,39% e 30,89%, quando comparados com o comercial que obteve 37,38%, dessa forma os sensores de gesso e madeira tiveram resultados melhores que o comercial. Destacando o sensor com dielétrico de gesso com diferença de 6,49% nos valores do coeficiente linear, quando comparado ao comercial.

Verifica-se que o coeficiente angular dos sensores de madeira e gesso tiveram valores de 1,13 e 1,17, respectivamente. Dessa forma podemos concluir que, o sensor de madeira

superestimou o teor de umidade gravimétrica em 13%, enquanto o sensor de gesso superestimou a umidade em 17%. Diante disso, é possível observar que os valores do coeficiente angular dos sensores confeccionados foram mais satisfatórios que o valor obtido pelo sensor comercial que superestimou a umidade gravimétrica em 37%, sendo estes melhores nas estimativas de umidade.

CONCLUSÕES

Os sensores mostraram ser efetivos para a determinação de umidade do solo, apresentando um desempenho satisfatório quando comparado com os sensores capacitivos comerciais e com o tensiômetro, sendo uma alternativa viável e de baixo custo para o pequeno produtor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1 p.89-97, 1997.

DAKER, A. **A água na agricultura; manual de hidráulica agrícola**, 3º vol. Irrigação e drenagem. 5. Ed. Rev. e ampl. Rio de Janeiro, 1976.

SILVA V. P. R.; CAMPOS J. H. B. C; AZEVEDO P. V. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. *Scientia Horticulturae* 102: 467-472. 2009.

Van Genuchten, M.T. Van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, p.892-898, 1980.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações**. 2.ed. Barueri: Manole, 2012. 524p.

PIZZETA, Samuel Cola. **Calibração de sensores de capacitância (FDR) para estimativa da umidade em diferentes solos** / Samuel Cola Pizzeta – Lavras: UFLA, 2015. 67p

Chagas, Juliana Verônica Ribeiro das. **Análise de deformabilidade do fosfogesso**. 2014. Xv, 130 f.: il., figs tabs.

GRAU, E.D.A. (2014). Efeito da Variação de Umidade no Empuxo em Solos Tropicais. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-240/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 105p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações. 2.ed. Barueri: Manole, 2012. 524p.