



SENSOR DE ÁGUA NO SOLO POR RELEXÃO DE LUZ EM PARTÍCULAS DE VIDRO COM GRANULOMETRIA CONTROLADA

C.M.P. Vaz¹, A.G. Calbo¹, L.F. Porto²

(1) Embrapa Instrumentação, Rua Quinze de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, carlos.vaz@embrapa.br, adonai.calbo@embrapa.br

(2) TECNICER Tecnologia Cerâmica, Rua Salomão Assef, 51, 13570-382, São Carlos, SP, contatotecnicer@gmail.com

Resumo: Sensores para a medida da água nos solos e substratos são importantes ferramentas para a aplicação da água na medida certa em sistemas de irrigação. Entretanto, apesar do grande número de sensores disponíveis no mercado, existem ainda muitas lacunas e dificuldades técnicas, o que faz com que essas tecnologias não sejam ainda amplamente utilizadas no Brasil. Neste trabalho, foram desenvolvidos e avaliados protótipos de sensores da umidade do solo baseados na reflexão da luz na superfície de partículas de vidro com granulometria controlada em frações granulométricas de 20 a 250 μm . Os resultados mostraram respostas muito diferenciadas das frações mais grosseiras, entre 100 e 250 μm , daquelas mais finas, entre 20 e 100 μm , mas com excelentes sensibilidades para faixas específicas de tensão da água ou umidade do solo, indicando grande potencial de inovação dessa nova classe de sensores de umidade do solo.

Palavras-chave: sensor de água no solo, reflexão de luz, partículas de vidro, sensor IG, irrigação.

SOIL WATER SENSOR BY LIGHT REFLEXION ON GLASS BEADS OF CONTROLLED SIZE

Abstract: Sensors for measuring water in soils and pot substrates are important tools for water application at the correct amount in irrigation systems. However, although a great number of sensors are available commercially worldwide there are still many technical difficulties for a large adoption of these technologies in Brazil. In this work, sensor prototypes were developed based on the light reflection on glass particle surfaces of controlled sizes, in granulometric fractions varying from 20 to 250 μm . Results showed a very different pattern response for the coarser fraction, from 100 to 250 μm , when compared to the finer fraction, from 20 a 100 μm , indicating a great potential of this new class of soil water sensors to generate innovations.

Keywords: soil water sensor, light reflection, glass beads, IG sensor, irrigation.

1. Introdução

A água é um bem precioso do planeta e a sua utilização tem sido cada vez mais controlada e disputada pelos diversos segmentos da sociedade. A agricultura, por meio da irrigação utiliza grande volumes de água, sendo, portanto, imperativo o seu uso racional para que não haja desperdícios. Nesse sentido a utilização de sensores para o monitoramento da água no solo tem papel importante no manejo da irrigação, auxiliando na indicação do melhor momento de irrigar.

De um modo geral, os sensores de umidade do solo não são ainda empregados de forma generalizada para o manejo da irrigação. Entre os sensores de umidade de solo mais conhecidos estão a sonda de nêutrons, o bloco de gesso, os tensiômetros de cápsula porosa, a reflectometria no domínio do tempo (TDR) e sensores capacitivos baseados em propriedades dielétricas. Alguns sensores como os capacitivos e TDR determinam o conteúdo volumétrico da água no solo (θ , m^3m^{-3}), enquanto que outros como os tensiômetros determinam o potencial da água no solo (ψ , kPa). Apesar de diferentes, esses dois parâmetros são importantes e se interrelacionam por meio da chamada curva característica da retenção da água no solo. Enquanto ψ indica o estado energético da água no solo e pode, portanto, auxiliar para indicar o momento de se irrigar, θ fornece também informações sobre o volume de água a ser aplicado na irrigação.

Apesar da diversidade de sensores de água no solo disponíveis no comércio, há ainda grande interesse no desenvolvimento de novos dispositivos, pois existem diversas limitações práticas como a dependência da salinidade (blocos de gesso, sensores capacitivos), pequena faixa de operação e dificuldades de manutenção (tensiômetro), complexidade de uso e alto custo (TDR) e utilização de radiação ionizante (sonda de nêutrons), dentre outras. Visando sanar algumas dessas dificuldades a Embrapa tem desenvolvido sensores de umidade do solo como o Irrigas (Calbo e Silva, 2006), sensores de diedro e sensores de núcleo não sinterizado (Calbo, 2013). Esse último,

denominado de sensor IG é constituído de um material particulado com granulometria conhecida que retém e libera água quando o solo molha ou seca. Durante a secagem o meio permeia ar, possibilitando o uso de sistemas pneumáticos para a determinação da tensão da água no solo. O sensor IG é de fácil construção e possui excelente reprodutibilidade com o uso de materiais particulados padronizados. Uma das possibilidades previstas na patente do sensor (Calbo, 2013) é a utilização de sistemas ópticos com a medida da luz refletida na superfície do meio poroso durante o processo de secagem e molhamento.

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e testar sensores de núcleo não sinterizado (sensores IG), de baixo custo, utilizando fontes de luz de LEDs e fototransistores encontrados no mercado nacional e avaliar o seu potencial para o desenvolvimento de futuros produtos de interesse comercial com diversas faixas de medidas e diferentes aplicações.

2. Material e Métodos

O sensor IG é composto de uma cápsula porosa que realiza o contato hidráulico com o solo ou substrato e um núcleo de partículas com granulometria conhecida. Esferas de vidro são materiais muito interessantes para uso no sensor IG, pois são de composição e geometrias definidas, podem ser encontradas comercialmente com diversas faixas de granulometrias e são de baixo custo. Além disso possibilitam a construção de sensores com meios altamente reprodutíveis. Com o solo saturado as esferas de vidro mantêm-se também saturadas e não há permeação de ar no interior do sensor. Com a secagem do solo, o mesmo ocorre no interior do sensor IG, havendo a permeação do ar no seu interior e, dessa forma, possibilita o uso de sistemas pneumáticos para a determinação do nível de umidade, bem como acionamento de dispositivos de irrigação acoplados ao sensor.

Alterações nas propriedades ópticas na superfície das esferas de vidro em função da umidade no interior do sensor IG podem ser também utilizadas como princípio de transdução para a indicação da umidade. Dessa forma, foram construídos sensores IG com operação no modo de transdução óptica, utilizando LEDs de diversas cores (vermelho, branco, azul e verde) e um fototransistor (PT204-6C) para a detecção da luz refletida nas esferas de vidro. Os testes iniciais realizados mostraram um melhor desempenho do LED de luz branca (LL-504WC2E-W2), o qual foi selecionado para as avaliações em laboratório.

A montagem experimental utilizada é apresentada na Figura 1, consistindo de uma câmara de sucção, sugador de fluidos e manômetro de mercúrio para o ajuste da tensão da água no interior do sensor. Um voltímetro é utilizado para registrar a variação da voltagem no fototransistor em função da luz branca do LED refletida pela superfície das partículas das esferas de vidro, sendo que quanto menor o valor da voltagem maior a quantidade de luz que alcança o fototransistor. Observa-se no alto um detalhe do topo da capsula porosa com as esferas de vidro e a parte inferior da tampa de PVC com o LED e o fototransistor.

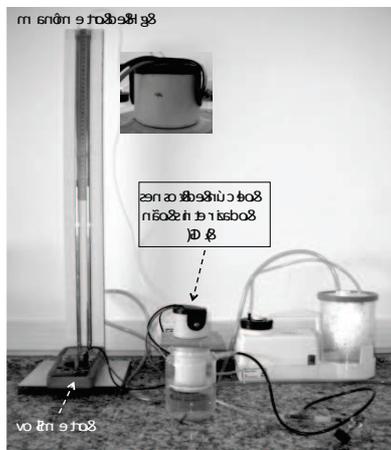


Figura 1. Montagem experimental para teste do sensor IG com transdução óptica no modo de reflexão da luz pela superfície das partículas de esfera de vidro.

Utilizou-se nesse trabalho esferas de vidro com granulometria entre 20 e 250 μm e os testes foram realizados com a amostra inteira ($< 250 \mu\text{m}$) e também com as seguintes frações: $< 50 \mu\text{m}$, 50-100 μm , 100-150 μm , 150-200 μm e 200-250 μm , com o objetivo de se verificar a influência do tamanho das partículas na curva de resposta do sensor de luz em função da tensão ou umidade da água. Inicialmente as amostras foram saturadas em uma bandeja com água e posteriormente colocadas sobre a superfície da câmara de sucção para a aplicação de tensões crescentes, entre 1 e 76 kPa (limites obtidos com a montagem experimental). Para cada uma das tensões, a voltagem do sensor de luz foi registrada em função do tempo até que se atingisse o equilíbrio da resposta do sensor que, em princípio, é devido ao equilíbrio do movimento da água no interior do sensor IG.

3. Resultados e Discussão

Os resultados dos testes realizados são apresentados na Figura 2 e 3 para as diversas frações de esferas de vidro avaliadas. Observa-se, de um modo geral, um aumento nos valores da voltagem com o aumento da tensão da água (diminuição da umidade) para as frações mais grosseiras (200-250 μm , 150-200 μm e 100-150 μm) e também para a amostra inteira (< 250 μm), conforme verificado na Figura 2. Dessa forma, há uma diminuição da luz refletida com a secagem do meio. Isso ocorre até uma tensão máxima de cerca de 20 kPa, onde a partir desse valor há pouca mudança no padrão de reflexão. Apenas no caso da fração inteira (< 250 μm) ocorreu uma pequena diminuição da voltagem indicando um aumento da luz refletida para tensões superiores a 30 kPa, o que provavelmente se deve à presença de material mais fino na amostra inteira. Esses resultados indicam uma alta sensibilidade do sensor para a medida da tensão da água no solo, para uma faixa de até cerca de 10 kPa, utilizando frações granulométricas de esferas de vidro entre 150 e 250 μm e até 20 kPa com a fração inteira (< 250 μm).

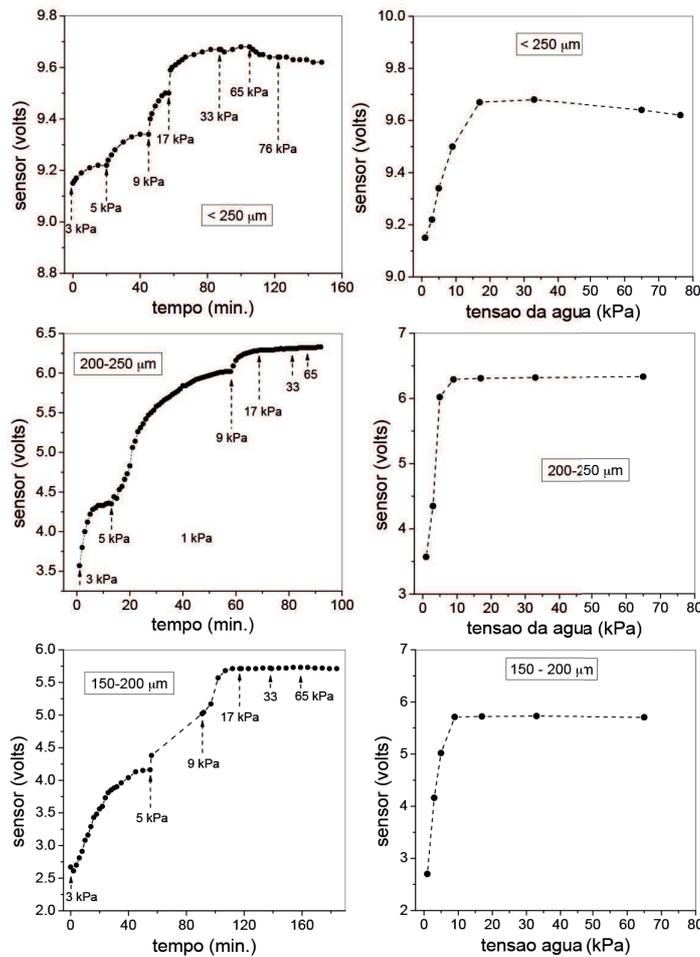


Figura 2. Voltagem medida no fototransistor em função da tensão da água para as amostras de esferas de vidro nas frações < 250 μm , 200-250 μm e 150-200 μm .

No caso das frações mais finas, abaixo de 100 μm (50-100 μm e < 50 μm), há um efeito contrário do observado para as frações mais grosseiras, com o aumento da luz refletida (diminuição da voltagem) na superfície das esferas de vidro com a secagem do material que equivale às tensões de água maiores (Figura 3). Na fração 50-100 μm a maior sensibilidade se deu entre 5 e 15 kPa e na fração < 50 μm entre 10 e 76 kPa. Para a fração 100-150 μm o comportamento foi similar ao das frações mais grosseiras, mas com baixa sensibilidade para tensões entre 1 e 5 kPa.

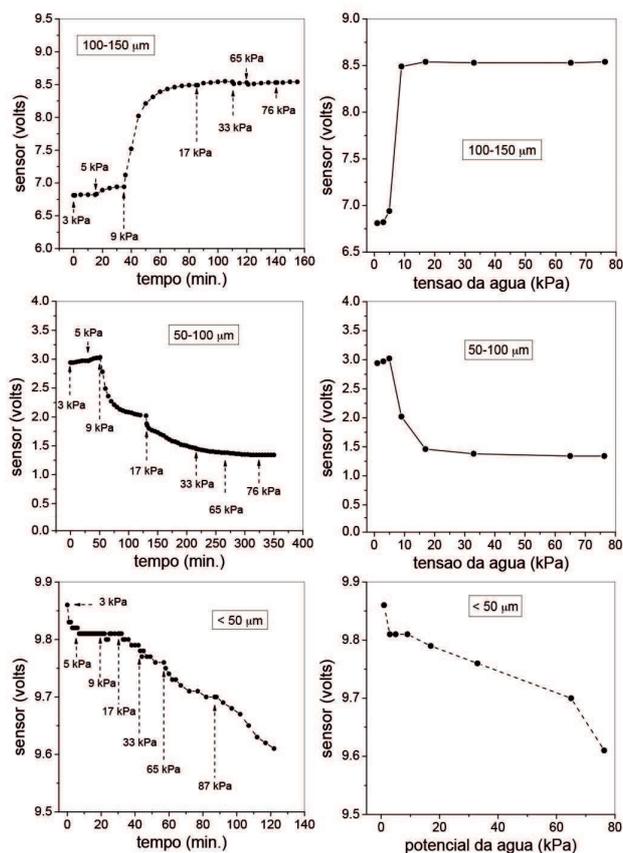


Figura 3. Voltagem medida no fototransistor em função da tensão da água para as amostras de esferas de vidro nas frações 100-150 µm, 50-100 µm e < 50 µm.

4. Conclusões

Percebe-se, pelos resultados obtidos, grande potencial de uso da transdução óptica no sensor IG utilizando LEDs e fototransistores de baixo custo. A resposta do sistema óptico indica grande influência da granulometria das esferas de vidro na resposta e sensibilidade do sensor à variação da umidade ou tensão da água. Como próximas etapas pretende-se: i) testar esferas de vidro com granulometrias mais finas em sistemas que utilizam pressão positiva, permitindo avaliações para potencial da água entre -100 a -500 kPa; ii) realizar avaliações mais detalhadas nas partículas com granulometrias mais grosseiras, para a confecção de sensores de grande sensibilidade para faixas entre 0 e 20 kPa e 20-100 kPa; iii) avaliação da reprodutibilidade dos sensores; e iv) avaliação do desempenho em medidas com solos e em campo.

Agradecimentos

Ao CNPq (304951/2013-7, 375121/2014-5) e Embrapa pelo apoio financeiro. Ao técnico José Ferrazini Júnior pela montagem dos sensores com LEDs.

Referências

- CALBO A.G.; SILVA, W.L.C. Gaseous irrigation control system: description and physical tests for performance assessment. *Bragantia*, v. 65, p.501-510, 2006.
- CALBO, A.G.; VAZ, C.M.P.; PORTO, L.F.; MAROUELLI, W.A. Sensor de tensão de água, sistema para caracterização e medições contínuas de água no solo, sistema de indicação de tensão crítica no solo e haste de irrigação. Patente BR 0097721, 2013.