

# SENSOR AUTÔNOMO PARA MEDIÇÃO DE UMIDADE NO SOLO

CARLOS A. R. PINTO<sup>1</sup>, ANDREA C. A. BORIM<sup>2</sup>, GILBERTO A. CARRIJO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, Prof. Faculdade Politécnica de Jundiaí, Jundiaí – SP, (0XX11) 4521-7835, e-mail: *carlos.ramos@unianhanguera.edu.br*.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, Profa. Doutora da Faculdade Comunitária de Campinas – Unidade III – Campinas - SP.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia - MG.

**Escrito para apresentação no**

**XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**

**31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB**

**RESUMO:** É desenvolvido um sistema autônomo de aquisição computacional da quantidade de água presente no solo, utilizando sensor capacitivo. Utiliza-se um canal digital de comunicação sem fio para transmissão dos dados gerados pelo sensor até a placa de aquisição computacional. Um programa de tratamento e análise dos dados é aplicado para monitorar a situação instantânea da umidade presente no solo. Ensaios experimentais, com condições de umidade controlada foram realizados para calibrar os sensores e também para aferir a precisão do sistema de transmissão de dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** umidade no solo, telemetria

## AUTONOMUS SENSOR FOR SOIL HUMIDITY MEASUREMENT

**ABSTRACT:** An independent computer data acquirement to measure ground humidity in the soil is developed using capacitive sensor. A digital radio link was used to transmit the data sensor for the computer, wherever the measure is studied by computer analysis. Software for data treatment is applied for analysis of the ground humidity in real time. Experimental research with known wet conditions was developed to calibrate the sensors and to measure the data transmission precision.

**KEYWORDS:** ground humidity, telemetry

**INTRODUÇÃO:** A irrigação aplicada na agricultura é uma atividade que melhora os níveis de produção das culturas através do fornecimento artificial de água. Proporciona assim um rendimento estável da plantação e um melhor aproveitamento da área agricultável, uma vez que torna a produção independente da ocorrência natural de chuvas. A título de exemplo, culturas como o tomate e a alface têm seu desempenho comprovadamente relacionado com a quantidade de água disponível ao longo de todo desenvolvimento da cultura. Estudos mostram que, particularmente, para estas duas espécies se desenvolverem idealmente é necessário que se mantenha o solo com no mínimo 80% de umidade útil. Sua aplicação, no entanto, responde pelo maior consumo de água e de energia em qualquer sistema agrícola. Assim, como a área irrigada tem aumentado consideravelmente, surge naturalmente, a preocupação de se preservar os recursos hídricos e energéticos disponíveis. Basicamente, os trabalhos científicos desenvolvidos com o objetivo de melhorar as técnicas de irrigação dividem-se em três grupos principais que podem ser classificados de acordo com os recursos utilizados para caracterizar a situação da cultura estudada e de acordo com o processo de otimização da irrigação. Existem trabalhos de controle do processo de irrigação que se baseiam nas características meteorológicas e climáticas. Em outras, a irrigação é controlada através de informações geradas através de grandezas obtidas diretamente nas plantas ou através de informações obtidas por medidas realizadas a partir do solo

utilizado para a cultura. Uma abordagem baseada em parâmetros atmosféricos, realiza a estimativa da evapotranspiração ocorrida na cultura. Dentro desta linha de abordagem muitos métodos foram desenvolvidos e testados utilizando-se as características atmosféricas como fonte de informação (Jensen e Wright,1978). O valor obtido pelo modelo indica que a umidade perdida pelas plantas orientando a irrigação. Outra abordagem utilizada para otimizar os processos de irrigação parte de informações medidas diretamente na planta, decidindo assim o melhor momento para se irrigar a cultura considerada. As principais grandezas analisadas nestes trabalhos são a medida da temperatura da folha utilizando termômetros infravermelhos e a medida do fluxo de seiva no caule através da aplicação de anemometria à fio quente (Jackson,1993). Finalmente, existe o grupo de trabalhos que se baseiam em propriedades medidas diretamente no solo para que as informações das características do mesmo sejam obtidas e a irrigação seja aplicada de forma eficiente. Diversos tipos de sensores são aplicados para caracterizar a umidade disponível no solo para a cultura, utilizando como princípio de funcionamento, a transferência de calor, a resistência elétrica, entre outros. No entanto, a maioria das técnicas aplicadas apresenta dificuldades quando se deseja automatizar completamente o processo. Desta forma, este trabalho baseia-se na construção de um sensor para medir a umidade presente no solo, de forma a monitorar a situação encontrada a cada instante. Utilizou-se a capacitância elétrica como princípio de funcionamento do sensor devido às características interessantes de estabilidade e tempo de resposta. Um canal digital de radiocomunicação foi utilizado para coletas do dado. Um programa foi construído para analisar e adequar os dados para a apresentação.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O sensor utilizado para monitorar a umidade no solo trabalha com base na variação da capacitância elétrica do sensor de acordo com a variação da quantidade de água presente no substrato de gesso utilizado. Um capacitor não lacrado, dotado de um meio dielétrico poroso, a variação da capacitância depende exclusivamente do tipo e da quantidade de matéria presente entre as placas, uma vez que os demais parâmetros que influenciam no valor da capacitância podem ser considerados constantes para este caso. Desta forma, a medida que o solo ao redor do sensor se torna mais úmido, o meio poroso que compõe o dielétrico, absorve uma determinada quantidade de água, proporcional à umidade presente no substrato. Analogamente, quando o solo se torna mais seco, o meio dielétrico perde água em função da umidade presente ao redor do sensor. Este comportamento se deve ao fenômeno de difusão da água através de meios porosos. Sabe-se que a umidade na maioria dos tipos de solo pode ser variável de acordo com a profundidade considerada. Assim, a posição em que o sensor é colocado depende da cultura que está sendo analisada, uma vez que cada planta desenvolve a maior parte das suas raízes em profundidade específica. O sensor deve ser colocado na zona da raiz da planta analisada para que ele apresente uma resposta significativa da quantidade de água disponível para a mesma. O sistema de transmissão digital foi implementado a partir de circuitos comerciais de comunicação.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para realizar os experimentos necessários à calibração do sensor, foi necessário construir um sistema onde a quantidade de água presente na amostra de solo fosse o único parâmetro variável na experiência. Logicamente, esta variação deveria ser monitorada através de um método bastante preciso. Com este sistema construído, tornou-se viável levantar uma curva que relaciona a tensão elétrica do sensor como uma função da massa relativa de água contida no solo. O sistema descrito acima foi colocado em uma balança de precisão. Uma quantidade da amostra de solo seco foi colocado no recipiente, com o sensor devidamente instalado e energizado. A massa do sistema e a tensão elétrica inicial no sensor foram anotadas e em seguida, pequenas quantidades de água aplicadas, de forma homogênea, foram introduzidas em intervalos de dois minutos, suficientes para que o sistema atingisse o estado de equilíbrio. Nesta situação foi medida novamente a massa do sistema e a tensão fornecida pelo sensor. Com os dados obtidos construiu-se uma tabela de calibração para o sensor capacitivo com meio dielétrico de gesso. A calibração do sensor foi realizada com 522,5 g de amostra de solo. As medidas apresentadas na Tabela 1 foram obtidas com a adição gradual de água.

$m_{\text{Sistema}} - [\text{g}]$	$V_{\text{sensor}} - [\text{v}]$	$m_{\text{Sistema}} - [\text{g}]$	$V_{\text{sensor}} - [\text{v}]$
1126,50	1,560	1254,00	0,110
1151,50	1,235	1279,00	0,087
1173,00	0,945	1298,50	0,072
1190,50	0,618	1321,50	0,049
1213,00	0,386	1350,50	0,036
1232,00	0,184	1359,00	0,028

Tabela 1. Relação entre a massa do sistema e a tensão elétrica no sensor de gesso.

Neste experimento, também é possível observar a partir da tabela, que a tensão elétrica no sensor varia de forma coerente com a massa de água contida no sistema. A Tabela 2 mostra as propriedades que definem as características relativas ao sensor.

$V_{\text{sensor}} - [\text{v}]$	$m_{\text{Água}} - [\text{g}]$	$m_{\text{R}} - (\%)$	$V_{\text{sensor}}/V_{\text{s}}$	$C - [\text{F}]$	$\rho - [\text{F/m}]$	$\rho_{\text{R}}$
1,560	0,00	0,000%	8,67E-02	5,24E-11	1,41E-09	159,697
1,235	14,50	2,700%	6,86E-02	6,75E-11	1,82E-09	205,711
0,945	30,00	5,429%	5,25E-02	8,98E-11	2,42E-09	273,489
0,618	55,00	9,523%	3,43E-02	1,40E-10	3,77E-09	426,218
0,386	79,50	13,205%	2,14E-02	2,27E-10	6,12E-09	691,498
0,184	105,50	16,799%	1,02E-02	4,82E-10	1,29E-08	1467,278
0,110	127,50	19,615%	6,11E-03	8,09E-10	2,18E-08	2464,550
0,087	152,50	22,593%	4,83E-03	1,02E-09	2,76E-08	3120,104
0,072	172,00	24,766%	4,00E-03	1,24E-09	3,34E-08	3773,283
0,049	195,00	27,178%	2,72E-03	1,82E-09	4,91E-08	5551,529
0,036	224,00	30,007%	2,00E-03	2,48E-09	6,69E-08	7561,720
0,028	232,50	30,795%	1,56E-03	3,19E-09	8,61E-08	9726,540

Tabela 2. Principais características do sensor de gesso.

A Figura 1, apresenta a relação existente entre percentagem relativa de água presente no solo e a tensão de saída normalizada do sensor de gesso.

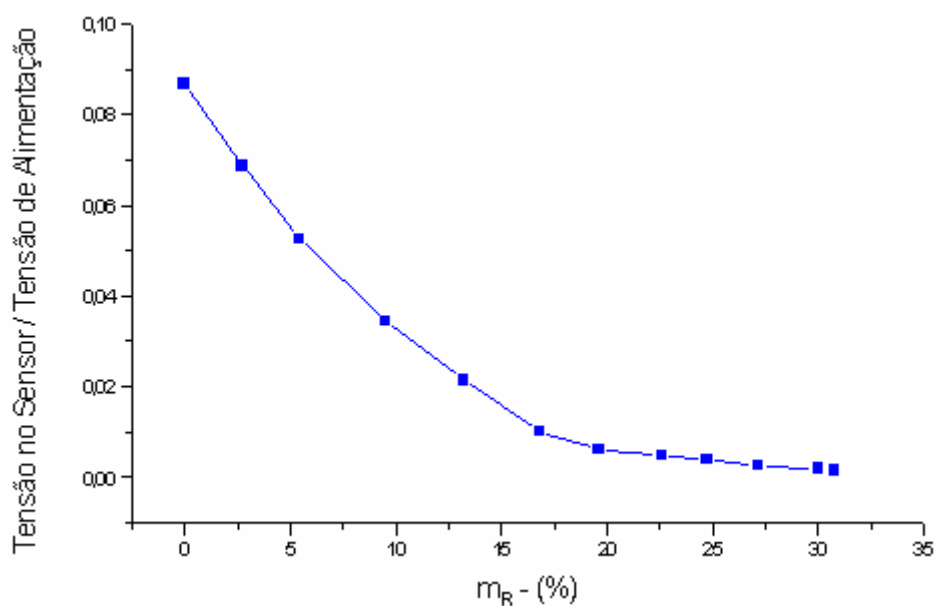


Figura 1. Relação entre  $m_{\text{R}}$  e  $V_{\text{sensor}}/V_{\text{s}}$  para o sensor de gesso.

Deseja-se verificar também a variação da capacitância do sensor com a massa de água no solo. Este gráfico é apresentado na Figura 2.

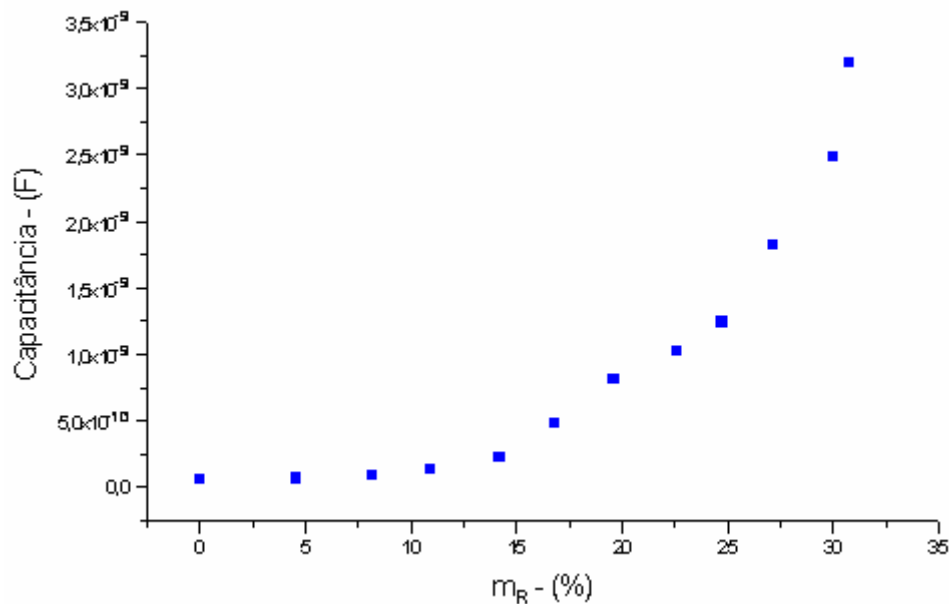


Figura 2. Relação entre massa de água e a capacitância para o sensor de gesso.

Observa-se que existe uma relação suave, porém não linear entre a capacitância elétrica e a massa de água presente no solo. Por ser suave, esta curva pode ser usada como parâmetro de calibração para o sensor. A aquisição dos dados através de canal de rádio digital permite a monitoração da umidade do solo à distância e permite que futuramente seja desenvolvida uma malha de controle para atuar adequadamente em equipamentos de irrigação, permitindo que a aplicação de água e o consumo de energia seja otimizado.

**CONCLUSÃO:** Foi possível verificar a viabilidade deste tipo de abordagem aos problemas ligados à aquisição de dados referentes à umidade no solo sem a utilização de fios. Sugere-se, como a implementação do laço completo de controle onde o programa de análise dos dados atue diretamente sobre um dispositivo de irrigação sempre que for necessário, para manter a melhor condição possível para as plantas. Finalmente, é interessante implementar o esquema de transmissão digital para monitorar diversos sensores simultaneamente, através da introdução de cabeçalhos protocolares na forma de onda gerada pelo sensor, melhorando desta forma a eficiência do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JACKSON, Ray D. **Canopy Temperature and Crop Water Stress**. Advances in Irrigation, Volume I, 1993.
- JENSEN, M. E. e WRIGHT, J. L. **The Role of Evapotranspiration Models in Irrigation Scheduling**. ASAE 21, 1978