

## DESENVOLVIMENTO DE UM SENSOR DE UMIDADE PARA SOLOS

**MARLON SOARES SIGALES<sup>1</sup>; JEAN CARLOS SCHEUNEMANN<sup>2</sup>; MARIANO BERWANGER WILLE<sup>3</sup>; MATEUS BECK FONSECA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [marlonsigales@gmail.com](mailto:marlonsigales@gmail.com)*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [jeancarsch@gmail.com](mailto:jeancarsch@gmail.com)*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [marianobw@hotmail.com](mailto:marianobw@hotmail.com)*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [mateus.fonseca@ufpel.edu.br](mailto:mateus.fonseca@ufpel.edu.br)*

### 1. INTRODUÇÃO

Com o advento da revolução da informação e a agricultura de precisão, as atividades agrícolas começaram a ter focos no aumento da produção e na minimização dos desperdícios de recursos (CAMPOS BERNARDI, 2014).

Dentre tais recursos está a água, utilizada na irrigação. Um dos principais elementos para o desenvolvimento das formas de vida e o principal constituinte dos vegetais (DUARTE, 2012).

A má utilização deste recurso pode, além de aumentar os gastos e a compactação dos solos, causar contaminação dos aquíferos por produções mal manejadas com defensivos agrícolas, contaminações por salinização ou lixiviação (CETESB, 2013).

Metodologias que busquem utilizar apenas o necessário para não se saturar o solo além da profundidade radicular são buscadas de inúmeras maneiras, sejam elas automáticas ou não, como a tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA em MARQUELLI (2010) que apenas mostra de forma visual não automática se o solo está úmido ou não e ainda assim promete ganho na produção e diminuição do uso de água. Porém a baixa difusão desta tecnologia faz com que poucas pessoas tenham acesso ao manejo facilitado pelas mesmas.

Tecnologias *In situ* (locais) automáticas focadas em sensores eletrônicos reduzem problemas com logística, tempo e mão de obra, se comparadas com os métodos destrutivos de análise do teor de água no solo. Porém sensores confiáveis em geral possuem custos elevados, demonstrando uma demanda no segmento (SIGALES, 2018).

Visto isso, esse trabalho tem por objetivo expor a técnica do desenvolvimento de um sensor de umidade para solos de baixo custo, que atenda as demandas de todos os nichos deficientes desta tecnologia, aliado à confiabilidade na leitura e longo tempo de vida útil do sensor.

### 2. METODOLOGIA

O solo é trabalhado como um composto de partículas, ar e água, segundo os modelos mais trabalhados BRANDELIK; KRAFFT (1991). Nas técnicas de medição de umidade do solo, se trabalha com variáveis que possamos inferir o teor de água presente neste.

Existem inúmeras técnicas para extração do teor de água do solo. Em SMITH-ROSE (1934) os autores explicam que a umidade do solo está amplamente relacionada com a condutividade e a permissividade.

São extraídas modelagens elétricas do solo em WOBSSHALL (1977), a partir de polinômios obtidos através de espectrometrias em várias frequências, como visto na Figura 1. No ano seguinte o mesmo autor demonstra que trabalhando na

mesma frequência, o modelo pode ser simplificado, pois as perdas são as mesmas para todos os níveis de umidade do solo (WOBSHALL, 1978).

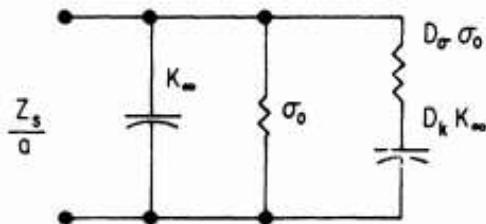


Figura 1: Circuito equivalente do solo (WOBSHALL, 1978)

Inúmeros fatores influenciam nas medidas de condutividade e permissividade do solo, pelo fato de o mesmo ser composto por uma parte sólida de aglomerados minerais e matéria orgânica (ABNT, 1989), uma parte líquida que envolve nutrientes da decomposição da matéria orgânica, água e ar. Cada solo possuirá particularidades próprias dependendo da porosidade, níveis de metais presentes na parte sólida, salinidade, temperatura, entre outros (SMITH-ROSE, 1934).

Estudos que demonstram estas influências em função da frequência foram feitos verificando as respostas de espectrometrias no solo. Em PANDEY; KUMAR; WEBER (2013) são demonstradas as influências da salinidade nos parâmetros elétricos do solo em função da frequência. Já em SCOTT; SMITH (1992) são demonstradas as influências do teor de água sobre os parâmetros elétricos do solo, onde verificamos que para efeitos capacitivos quanto maior a frequência, mais estável e menor a influência dos fatores do solo, porém quanto maior a frequência, a condutividade é afetada pelos modos de propagação e efeito pelicular, sendo necessária a seleção de frequências corretas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui é apresentado o desenvolvimento de um sensor de umidade para solos, analisando a impedância do solo. Este método leva em conta o aspecto resistivo e o capacitivo do solo, verificando as perdas, tanto em amplitude como em desvio de fase, ocasionando uma medida mais completa, que sensores apenas capacitivos ou resistivos.

As equações elétricas a seguir foram rearranjadas pensando na obtenção do circuito para medir o valor da impedância do solo e assim poder inferir a umidade do solo (SIGALES, 2018). A Equação 1 é uma equação genérica de impedância, dada pela divisão da tensão aplicada no solo dividida pela corrente que passa pelo mesmo. A Equação 2 utiliza o circuito da Figura 1 e mostra a tensão sobre o solo como sendo a diferença entre a tensão da fonte  $V(t)$  medida em  $V_1$  e a tensão sobre o Resistor conhecido medida em  $V_2$ , dividido pela corrente no solo que foi substituída pela relação do circuito em série com o solo pois estão no mesmo ramo, a Equação 3 mostra uma representação fasorial genérica para a impedância do solo e a Equação 4 representa o sistema presente no diagrama em blocos da Figura 1.

$$Z_{\text{sol}} = V_{\text{sol}} / I_{\text{sol}}; \quad (1)$$

$$Z_{\text{sol}} = (V_1 - V_2) / (V_2 / R_{\text{conhecido}}); \quad (2)$$

$$Z_{\text{sol}} = \text{Amplitude}_Z_{\text{sol}} \angle \text{Fase}_Z_{\text{sol}}; \quad (3)$$

$$Z_{\text{sol}} = (R_{\text{conhecido}} * (V_1 - V_2) / V_2) \angle (V_1 - V_2) \quad (4)$$

Sendo  $R_{\text{conhecido}}$  o resistor conhecido da Figura 1 e  $V_2$  a tensão sobre ele.

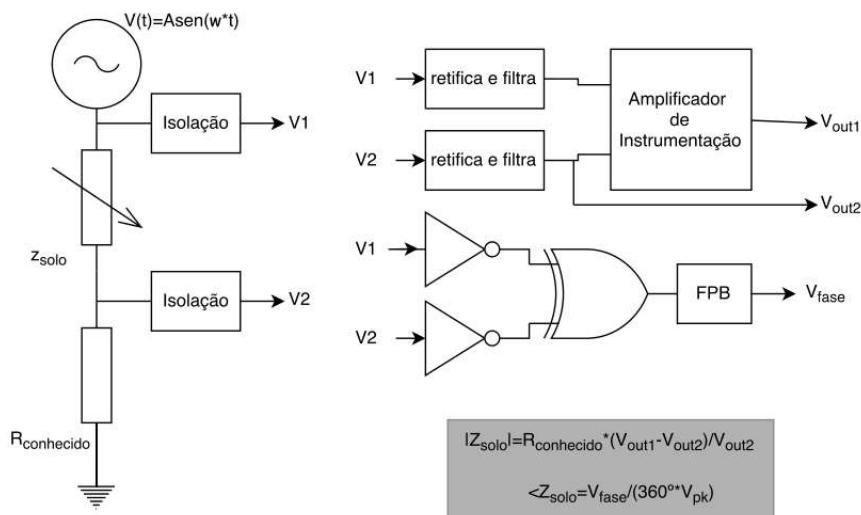


Figura 1: Diagrama em blocos (SIGALES, 2018)

O diagrama proposto consiste em comparar a fase e a amplitude, entre um gerador tomado como referência e um ponto pós eletrodos, sendo a corrente que passa o circuito fornecida pela tensão no último ponto e um resistor conhecido. Isso tudo trabalhando em frequências elevadas o suficiente para que a medida não sofra influência das particularidades dos solos e baixa o suficiente para não ter problemas com efeito perigoso.

Os circuitos de instrumentação utilizados devem ser isolados do circuito para que não influenciem nas medidas. Preferencialmente desenvolvidos de forma discreta com transistores bipolares para que os efeitos das frequências elevadas não influenciem no funcionamento dos circuitos.

#### 4. CONCLUSÕES

Pode-se observar neste trabalho que é possível o desenvolvimento de um sensor de umidade para solos, baseado nas bibliografias coletando informações mais completas, se implementado com circuitos de baixo custo pode ser produzido em larga escala e atingir setores que necessitem desta solução.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS BERNARDI, A. C. de. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** 2a edição.ed, DF: EMBRAPA, 2014. ISBN 978-85-7035-352-8.

Duarte, Andréia Luciane M. **EFEITO DA ÁGUA SOBRE O CRESCIMENTO E O VALOR NUTRITIVO DAS PLANTAS FORRAGEIRAS**, ISSN 2316-5146 Pesquisa & Tecnologia, vol. 9, n. 2, APTA, Sorocaba, Jul-Dez 2012, acessado em 02 set. 2018. Especiais. Online. Disponível em: <http://www.aptaRegional.sp.gov.br/acessos-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/julho-dezembro-2/1301-efeito-da-agua-sobre-o-crescimento-e-o-valor-nutritivo-das-plantas-forrageiras/file.html>

CETESB. **Poluição das águas subterrâneas**, São Paulo, 2013, acessado em 12 jun. 2017. Especiais. Online. Disponível em: <http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/poluicao-das-aquas-subterraneas/>

MARQUELLI, W. A. **Guia prático para uso do Irrigas® na produção de hortaliças.** 1a edição.ed, DF: EMBRAPA Hortaliças, 2010, 32 p.. ISBN 978-85-86413-21-6.

SIGALES, M. S. **Sensor de umidade para solos.** 2018. 76f. monografia (Graduação em Engenharia Eletrônica) - Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

BRANDELIK, A.; KRAFFT, G. Frost calibrated soil moisture measuring. In: **GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 1991. IGARSS '91. REMOTE SENSING: GLOBAL MONITORING FOR EARTH MANAGEMENT., INTERNATIONAL**, 1991. Anais... [S.l.: s.n.], 1991. v.3, p.1191–1194.

SMITH-ROSE, R. L. Electrical Measurements on Soil with Alternating Currents. **Wireless Section, Institution of Electrical Engineers - Proceedings of the**, [S.I.], v.9, n.27, p.293–309, September 1934.

WOBSCHALL, D. A Theory of the Complex Dielectric Permittivity of Soil Containing Water: The Semidisperse Model. **IEEE Transactions on Geoscience Electronics**, [S.I.], v.15, n.1, p.49–58, Jan 1977.

WOBSCHALL, D. A Frequency Shift Dielectric Soil Moisture Sensor. **IEEE Transactions on Geoscience Electronics**, [S.I.], v.16, n.2, p.112–118, April 1978.

ABNT. **NBR 10703: Degradção do solo.** Rio de Janeiro, p.45 .1989.

PANDEY, G.; KUMAR, R.; WEBER, R. J. Real Time Detection of Soil Moisture and Nitrates Using On-Board In-Situ Impedance Spectroscopy. In: **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS**, 2013., 2013. Anais... [S.l.: s.n.], 2013. p.1081– 1086.

SCOTT, W. R.; SMITH, G. S. Measured electrical constitutive parameters of soil as functions of frequency and moisture content. In: **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, [S.I.], v.30, n.3, p.621–623, May 1992