

## **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE SENSORES PARA A DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO**

IZABELLE DE PAULA SOUSA<sup>1</sup>, FERNANDA LAURINDA VALADARES FERREIRA<sup>1</sup>, SIDNEY PEREIRA<sup>2</sup>, FRANCIELLE DE CÁSSIA COELHO VIEIRA<sup>1</sup>, FILIPE DINIZ GUEDES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG, Montes Claros – MG

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola, Professor Doutor, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG, Montes Claros – MG. Fone: (38) 21017762, [sidney@ica.ufmg.br](mailto:sidney@ica.ufmg.br)

<sup>3</sup>Discente do curso de Engenharia Floresta, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG, Montes Claros – MG

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** Um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento e produção de uma cultura é a quantidade de água disponível no solo. Diversos equipamentos foram desenvolvidos para este fim. O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência dos sensores TDR PRIME PICO IHP T3, YL-69, e MO750 empregados na medição da umidade do solo. O solo foi coletado da área do pivot central do Instituto de Ciências Agrárias-UFMG, Campus Montes Claros. Após a coleta o solo foi peneirado e seco em estufa, foi acondicionado em colunas e umedecido gradualmente até a saturação em seguida foram feitas as leituras dos equipamentos nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm, com três repetições cada. As leituras foram obtidas em diferentes umidades, determinadas gravimetricamente nos valores 0,7 %, 7,2 %, 10,2 %, 15,7 %, 30,1 % e 34,9 %. Os dados foram submetidos à regressão e ajustados para modelos com o maior coeficiente de representatividade. Observou-se que na profundidade de até 5 cm a TDR não obteve resultados satisfatórios como os demais sensores. De maneira geral, a partir de 10 cm de profundidade e para umidade acima de 10 % os sensores apresentaram alto coeficiente de representatividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** arduino, tdr, teor de água

## **EFFICIENCY ANALYSIS OF SENSORS FOR THE DETERMINATION OF SOIL MOISTURE**

**ABSTRACT:** One of the major factors affecting the development and production of a culture is the amount of water available in the soil. Several devices have been developed for this purpose. The objective of this study was to analyze the efficiency of sensors TDR PRIME PICO IHP T3, YL-69, and MO750 employed in measuring soil moisture. The soil was collected from the central pivot area of the Institute of Agricultural Sciences, UFMG, Montes Claros Campus. After collecting the soil was sieved and dried in an oven, was packed in columns and gradually moistened to saturation then were made readings of equipment at depths of 0-5 cm, 5-10 cm and 10-15 cm, with three repetitions each. Readings were taken at different humidities, the values determined by gravimetry 0.7%, 7.2%, 10.2%, 15.7%, 30.1% and 34.9%. Data were submitted to regression and adjusted for models with the highest coefficient of representativeness. It was observed that at a depth of 5 cm TDR has not obtained satisfactory results as the other sensors. Generally, from 10 cm deep and humidity above 10% sensors showed high coefficient representation.

**KEYWORDS:** arduino, tdr, water content

**INTRODUÇÃO:** A determinação da umidade do solo é de fundamental importância para um bom desenvolvimento das culturas agrícolas, sendo um dos fatores indispensáveis para uma agricultura sustentável e sem prejuízos ao meio ambiente, uma vez que se refere às propriedades do sistema água-planta-solo (Souza; Matsura, 2002). Diversos são os métodos para determinar a umidade do solo. Entre os métodos diretos a gravimetria é considerado padrão e os indiretos baseiam-se em propriedades químicas ou físicas do solo (SANTOS et al., 2006). Vários sensores foram desenvolvidos para determinação da umidade, mas requerem algum tipo de calibração. O sensor TDR (reflectometria no domínio do tempo) baseia-se no efeito da umidade do solo sobre a velocidade de propagação de pulsos de micro-ondas em cabos condutores envoltos por solo (Noborio, 2001). Outro equipamento para o mesmo fim, mas com menor precisão é sensor YL-69 desenvolvido para o microcontrolador Arduino-UNO onde determina a umidade através da condutividade elétrica do solo (Hsu et al, 2013). Também com princípio elétrico existe o sensor MO750, projetado para ser utilizado em atividades de olericultura. O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência dos sensores TDR PRIME PICO IHP T3, YL-69, e MO750 empregados na medição da umidade do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado no laboratório de física da Universidade Federal de Minas Gerais no Instituto de Ciências Agrárias, *campus* Montes Claros – MG, no mês de fevereiro de 2015. Utilizou-se um solo com textura franco siltoso, coletado na camada de 0-20 cm da área do pivot central da própria instituição. Após o processo de coleta, o solo foi peneirado em malha de 2 mm, seco em estufa, por um período de 48 horas sob temperatura constante de 105°C. Os equipamentos utilizados para realizar as medições de umidade foram o TDR PRIME PICO IHP T3 produzido pela fábrica alemã INKO Micromodultechnik GmbH, o sensor de umidade YL-69 da marca E-BEST e o sensor MO750 fabricado pela Extech Instruments Corporation. As amostras foram preparadas colocando-se sucessivamente pequenas quantidades de solos seco em cilindros de PVC de 150 mm de diâmetro e 50 cm de altura, mantendo-se uma uniformidade no processo de compactação. O solo foi umedecido gradualmente até a saturação enquanto eram realizadas as leituras com os sensores e retiradas amostras para determinação da umidade real por gravimetria. Foram realizadas as leituras com os sensores e determinações da umidade por gravimetria nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm, com três repetições cada. Os dados foram submetidos à regressão e determinado o coeficiente de representatividade do ajuste.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Após ajuste dos dados verificou-se que para a camada de 0-5 cm (figura1), o sensor YL-69 apresentou ajuste com maior coeficiente de representatividade  $r^2 = 0,93$ . A sonda TDR não teve respostas satisfatórias, pois apresentou  $r^2 = 0,51$ . Entretanto este resultado esta coerente com a informação do fabricante da sonda, pois este afirma que a profundidade de penetração eficaz é cerca de 15 cm (IMKO, 2012). Esta variação pode estar relacionada devido ao incompleto contato solo sonda causando assim um menor tempo de viagem (constante dieletrica do ar é muito menor do que a do solo), especialmente quando o solo se encontra úmido (Serrarens, 2000). O sensor MO750 foi eficiente até o solo atingir 20% de umidade, pois acima deste valor o aparelho não obteve leitura.

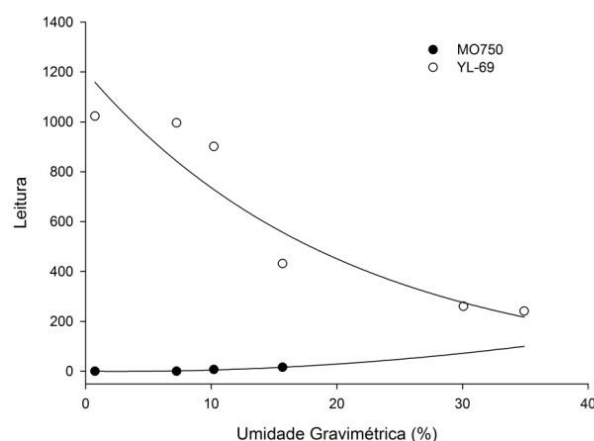


FIGURA 1. Umidade do solo na profundidade 0-5 cm.

Nas profundidade de 5-10 cm (figura2) e 10-15 cm (figura 3) os sensores apresentaram alto coeficiente de representatividade como pode ser observado na tabela 1.

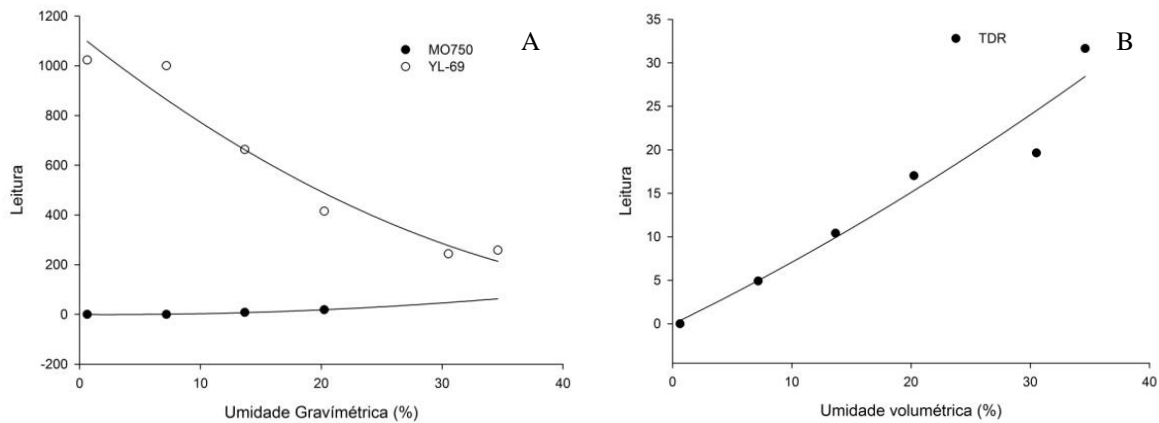


FIGURA 2. Umidade do solo na profundidade 5-10 cm. (A) Curva com sensor MO750 e sensor YL-69; (B) Curva com o sensor TDR.

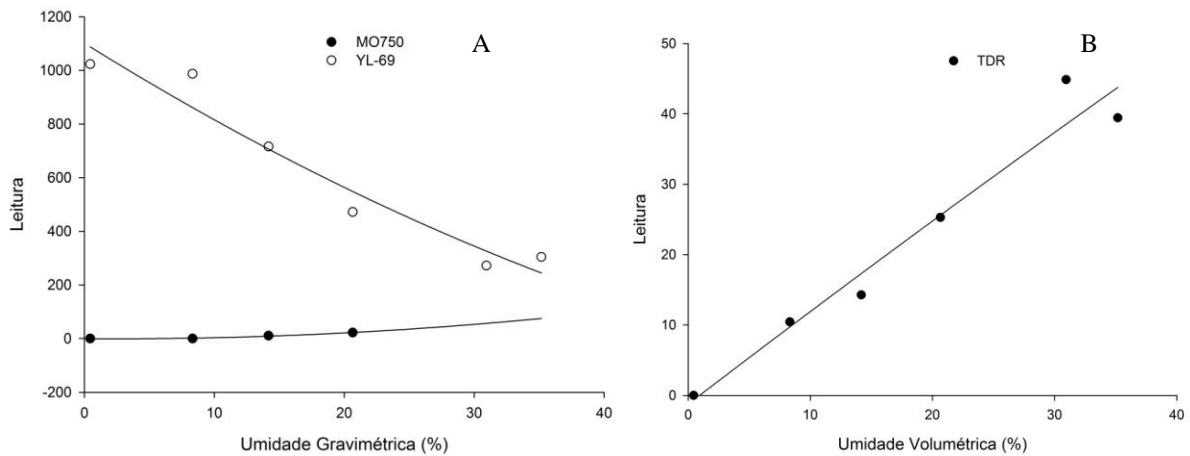


FIGURA 3. Umidade do solo na profundidade 10- 15 cm. (A) Curva com sensor MO750 e sensor YL-69; (B) Curva com o sensor TDR.

TABELA 1. Curva de regressão e coeficiente de representatividade dos sensores.

Profundidade (cm)	Sensores	Curva de regressão	R <sup>2</sup>
0-5	MO750	$y = 0,0949x^2 - 0,4412x - 0,0341$	0,961
	SENSOR YL-69	$y = 1201,5e^{-0,049x}$	0,927
	TDR	$y = 0,0118x^2 - 0,1644x + 0,864$	0,512
5-10	MO750	$y = 0,0614x^2 - 0,3013x - 0,1249$	0,993
	SENSOR YL-69	$y = 0,3531x^2 - 38,488x + 1122,5$	0,948
	TDR	$y = 0,0045x^2 + 0,6674x - 0,0451$	0,942
10-15	MO750	$y = 0,0708x^2 - 0,3415x - 0,3153$	0,978
	SENSOR YL-69	$y = 0,166x^2 - 30,189x + 1101,2$	0,941
	TDR	$y = -0,0014x^2 + 1,3288x - 1,2424$	0,954

**CONCLUSÕES:** Conclui-se que no solo estudado, que possui textura predominante franco siltoso, o sensor MO750 foi eficiente na indicação da umidade até no limiar de 20%. A sonda TDR foi mais eficiente para leitura de profundidade acima de 10 cm . O sensor YL-69 apresentou menor precisão na determinação da umidade necessitando de mais testes para avaliar sua eficiência para manejo de irrigação.

#### **REFERÊNCIAS:**

HSU, D.; PARK, J. S.; VAHABZADEH, M.; ZHANG, Y. School of Engineering Science Simon Fraser University Burnaby, **British Columbia**, vol. 5 A 1S6, 2013.

IMKO Micromodultechnik GMBH, 2012. Disponível em: <  
<http://www.imko.de/en/products/soilmoisture/soil-moisture-sensors/trimepicoipht3> > acesso em:  
27/05/06.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry : a review. **Computers and electronics in agriculture**, vol. 31, n. 3, p. 213-237, 2001.

SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, A. S. O; VELLAME, L. M.; FLÁVIA JANAÍNA CARVALHO BRANDÃO, F. J. C. Montagem e acurácia de um sistema experimental de pesagem para calibração de sensores de umidade do solo. **Ciênc. Agrotec**, vol. 30, n. 6, p. 1162-1169, 2006.

SERRARENS, D.; MACINTYRE, J. L. ; HOPMANS, J.W., BASSOI, L. H. Soil moisture calibration of TDR multilevel probes. **Scientia Agricola**, vol.57, n.2, 2000.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. M. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.6, no.1, 2002.