XII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA
EVENTO ON-LINE
18 A 21 DE OUTUBRO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO DE SONDAS ARTESANAIS DE TDR PARA A ESTIMATIVA DA UMIDADE VOLUMÉTRICA DO SOLO

JUNIOR KOPP [1,2]*, DOUGLAS RODRIGO KAISER[2,3]

1 Introdução

O solo e a água são os recursos naturais que mais vêm preocupando a comunidade científica mundial que busca o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. O Brasil apresenta uma grande disponibilidade de recursos hídricos e seu uso correto é essencial para garantir a produção de alimentos e a sustentabilidade agrícola e ambiental.

Atualmente existem vários métodos indiretos para medir o conteúdo de água no solo, que fornecem instantaneamente os valores de umidade do solo, o que é uma grande vantagem em relação aos métodos diretos que são destrutivos, mais trabalhosos e demorados. Um dos métodos mais promissores para o monitoramento da água no solo é a técnica da reflectometria no domínio do tempo (TDR), que possibilita a obtenção instantânea da umidade volumétrica do solo, a repetitividade das leituras e a não destruição da região amostrada (SANTANA *et al.*, 2012). No entanto, os equipamentos utilizados para a medida do conteúdo de água no solo são importados, o que eleva o seu custo de aquisição, além de necessitarem de calibrações para as condições de solos tropicais do Brasil (REICHARTDT; TIMM, 2012). A alternativa que tem sido buscada para viabilizar o monitoramento da umidade do solo em um maior número de pontos é a construção artesanal de sondas de TDR.

As informações sobre a construção, utilização e validação de sondas artesanais ainda são incipientes, o que demostra a necessidade de se desenvolver tecnologias e processos para confecção de sondas com materiais nacionais de baixo custo, de forma a viabilizar mais estudos sobre a dinâmica da água no solo para o Rio Grande do Sul.

2 Objetivos

O objetivo do trabalho é construir sondas artesanais para um TDR (modelo 6050X3K5B MiniTrase), com materiais nacionais, e avaliar o seu desempenho para a obtenção da umidade volumétrica de um Latossolo Vermelho de textura argilosa.

1 Discente de Graduação em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, Rio Grande do Sul; Contato: 12junior.kopp29@gmail.com
2 Grupo de Pesquisa: Solos & Ambiente
3 Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, Rio Grande do Sul, **Orientador**.

3 Metodologia

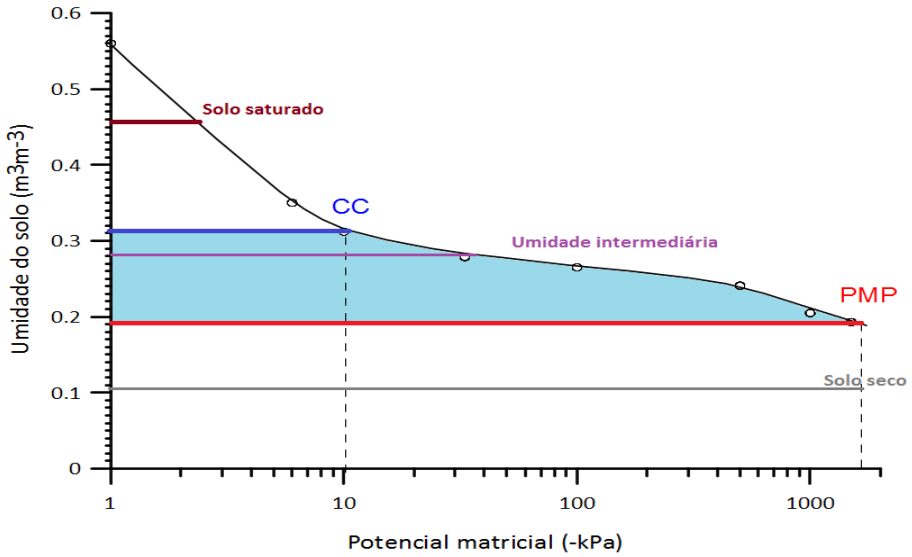
O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Pedologia e Física do solo da Universidade Federal da Fronteira Sul, c*ampus* de Cerro Largo. Para a construção das sondas foram utilizados os seguintes materiais: barras de aço inox de 4 mm de diâmetro, cabos coaxiais com 50Ω de impedância, conectores do tipo BNC, resina poliéster Isoftálica, catalisador de resina, solda elétrica e liga de estanho Sn 63/37, ácido fosfórico 1 %, alicate decapador e alicate de clipagem e moldes de silicone. Foram construídas 15 sondas com três hastes de aço inox com 20 cm de comprimento. O equipamento de TDR utilizado foi o 6050X3K5B MiniTrase. Tal equipamento gera a constante dielétrica (Ka) do meio em que a sonda está em contato, sendo Ka incluído em modelo matemático embutida em sua memória, fornecendo valor de θ do meio amostrado.

Após a confecção das sondas, elas foram testadas e calibradas para um Latossolo Vermelho de textura muito argilosa conforme metodologia descrita em Kaiser *et al.*, (2010) e Gubiani *et al.*, (2015). Para isso, as amostras de solo foram coletadas nos primeiros 30 cm da camada superficial, secas ao ar, destoroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm. Após, as amostras de solo foram acondicionadas em tubos de PVC com 30 cm de altura e 20 cm de diâmetro. As amostras de solo foram preparadas com diferentes conteúdos de água, de forma a manter uma variação de umidade, desde uma umidade muito alta com solo saturado, umidade na capacidade de campo (CC) até o ponto de murcha permanente do solo (PMP) e ainda umidade abaixo da CC, conforme a curva de retenção de água do solo estudado (Figura 1). Para cada condição de umidade, foi montado um tubo com solo. Essas amostras de solo foram pesadas com balança digital e depois foram realizadas as medidas da constante dielétrica com o equipamento de TDR, utilizando-se as sondas originais e as sondas construídas artesanalmente. A umidade volumétrica real (Uv) foi obtida pela pesagem das amostras de solo úmidas dos tubos de PVC e após a sua secagem, conforme a metodologia descrita em Embrapa (2011).

O experimento em laboratório foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram: 1 – a umidade real do solo; 2 – a umidade do solo obtida com a sonda original; e 3 – a umidade do solo obtida com as sondas artesanais. Para as análises e ajustes foi utilizado o software estatístico SAS. Esses dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de

significância.

Figura 1: Curva de retenção de água do solo utilizado nas avaliações e respectivas umidades avaliadas.



Fonte: Autores, 2022.

4 Resultados e Discussão

As sondas apresentaram diferentes comportamentos de acordo com a umidade em que as amostras de solo foram submetidas (Figura 2). Para a condição de solo saturado, tanto a sonda original como a artesanal não diferiram significativamente da Uv real da amostra, ambas se demonstrando eficazes em condições de umidade muito alta.

Tabela 1: Desempenho dos métodos de avaliação da umidade do solo.

Condição de umidade	UV - Sonda original	UV - Sonda artesanal	UV - Real	CV (%)
Solo saturado	0,42 a	0,47 a	0,46 a	5,33
Solo na CC*	0,25 b	0,23 b	0,30 a	6,55
Intermediária	0,25 ab	0,24 b	0,28 a	7,16
Solo no PMP**	0,19 b	0,15 c	0,24 a	5,46
Solo seco ao ar	0,08 b	0,05 c	0,13 a	4,75

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.
*CC: Capacidade de Campo; ** PMP: Ponto de murcha permanente.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Fonte: Autores, 2022.

Para a condição de umidade do solo na capacidade de campo (CC), a sonda artesanal não diferiu significativamente da original, porém ambas sondas diferiram estatisticamente da Uv real da amostra. De forma que ambas as sondas apresentaram desempenho equivalente, porém não suficiente para determinar a Uv real.

Em condição de umidade intermediária da amostra (entre a CC e o PMP), ambas sondas não diferiram estatisticamente entre si, porém a sonda artesanal diferiu significativamente da Uv real, enquanto a sonda original se mostrou mais eficaz nessa condição de umidade, não diferindo significativamente da Uv real.

Na umidade do ponto de murcha permanente (PMP), a sonda artesanal diferiu estatisticamente da sonda original, e ambas diferiam significativamente da Uv real. Ao passo que a sonda original apresentou um pouco mais eficiência em relação a artesanal, porém ambas diferiram da Uv real.

Para a umidade representando a condição de solo seco ao ar, ambas sondas diferiram entre si e diferiram estatisticamente da Uv real. As duas sondas apresentam necessidade de calibração, sendo que ambas subestimaram a Uv real.

5 Conclusão

As sondas artesanais confeccionadas com materiais nacionais se apresentaram eficientes, porém são necessárias mais avaliações e novas calibrações para que estas sondas possam ser mais eficazes. As sondas originais se mostraram um pouco mais eficientes em relação às artesanais, porém elas também exigem mais testes e calibração para as condições de solo e umidade utilizadas neste trabalho. Desta forma, as sondas artesanais e as originais precisam de calibração e ajustes, pois ambas subestimaram a Uv real em todas as condições de umidade utilizadas.

São necessários mais testes com as sondas artesanais e novas calibrações, o processo de elaboração também pode ser aperfeiçoado para verificar se ocorrem melhorias no desempenho das sondas artesanais.

É possível observar o potencial de uso que as sondas artesanais apresentam. Mesmo em fase inicial de testes apresentaram desempenho próximo ao das sondas originais. Considerando que uma sonda original custa em média R$1.015,00 atualmente, e o custo médio para confecção de uma sonda artesanal é de R$50,00, é possível obter uma economia de, em média, R$ 965,00 por unidade. Essa diferença é bastante expressiva, pois além de gerar uma grande economia, é possível utilizar um número muito maior de sondas com um orçamento significativamente mais baixo.

Referências Bibliográficas

GUBIANI, P. I.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Condição de contorno para calibração de reflectômetro usado para medição de água no solo. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1412-1417, 2015.

KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; MINELLA, J. P. G. Dielectric constant obtained from TDR and volumetric moisture of soils in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 649-658, 2010.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera.** 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. 500p.

SANTANA, J. A. D. V.; COELHO, E. F.; SILVA, J. J. D.; SANTANA, J. E. B.; VEINROMBER J. L. A. D. A. Desempenho de sondas de TDR manufaturadas de diferentes comprimentos de hastes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1123-1130, 2012.

Palavras-chave: Água no solo, Constante dielétrica do solo, Reflectometria no domínio do tempo, Calibração de TDR.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES – 2021 - 0423

Financiamento: Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS.