

## AVALIAÇÃO DA MEDIÇÃO DA SONDA TDR TRIME-PICO/IPH T3

*Róbson Ilha<sup>1</sup>\* & João Batista Dias de Paiva<sup>1</sup> & João Pedro Roos Wilhelm<sup>1</sup> & Danrlei de Menezes<sup>1</sup>*

**Resumo** – A quantidade de água que infiltra no solo ou que será perdida por escoamento superficial é responsável pelo controle de diversos processos hidrológicos. Um modo de se quantificar a água presente no solo é por meio do uso de sondas TDR (*Time Domain Reflectometry*) que, verticalmente, podem investigar uma parte significativamente maior de um perfil do solo, diminuindo os erros de análise em virtude da extrapolação. O objetivo deste estudo foi avaliar uma estratégia de medição do conteúdo de água no solo com o uso da Sonda TDR do tipo TRIME-PICO IPH/T3 a fim de se obter os melhores resultados possíveis em ensaios de campo subsequentes. Foram realizadas medições com 5, 3 e sem repetições (5R, 3R e 0R, respectivamente) e em 12, 6, 3 e 1 posição em cada profundidade do solo (12P, 6P, 3P e 1P, respectivamente). O número de repetições da medição com a sonda TRIME-PIKO IPH/T3 em cada posição não influenciou os dados obtidos. A medição com 6 posições por profundidade foi a que apresentou o melhor resultado em comparação com a amostra com 12 posições.

**Palavras-Chave** – conteúdo de água no solo, monitoramento, sondas TDR

## MEASUREMENT EVALUATION OF TDR PROBE TRIME-PICO/IPH T3

**Abstract** – The amount of water that infiltrates the soil or that will be lost by surface runoff is responsible for the control of several hydrological processes. One way of quantifying the water present in the soil is through the use of Time Domain Reflectometry (TDR) probes that vertically investigate a significantly larger part of a soil profile, reducing analysis errors due to extrapolation. This study aims to evaluate a soil water content measurement strategy with the use of the TRIME-PICO IPH / T3 TDR probe in order to obtain the best possible results in subsequent field experiments. Measurements were performed with 5, 3 and no repetitions (5R, 3R and 0R, respectively) and at 12, 6, 3 and 1 positions at each soil depth (12P, 6P, 3P and 1P, respectively). The number of repetitions of the measurement with the TRIME-PIKO IPH/T3 probe at each position did not influence the obtained data. The measurement with 6 positions per depth was the one that presented the best result in comparison with the sample with 12 positions.

**Keywords** – Soil water content, Monitoring, TDR probes.

## INTRODUÇÃO

A crise hídrica e a degradação dos recursos naturais têm se tornado uma grande preocupação nos últimos anos. O conteúdo de água no solo é responsável pelo controle de diversos processos hidrológicos, influenciando a quantidade de água que irá infiltrar no solo e que será perdida por escoamento superficial. Consequentemente, o conteúdo de água no solo possui influência significativa na engenharia, agronomia, geologia, e no comportamento ecológico, biológico e hidrológico da massa de solo (SU et al, 2014) e mais recentemente seu impacto sobre as mudanças climáticas tem sido amplamente estudado (Lu et al., 2015).

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
\*ilha.robson@gmail.com

Lisímetros de pesagem tem sido um método confiável para medições do balanço de água no solo, porque eles podem medir o conteúdo de água no solo com alta precisão e continuamente. No entanto, possuem a desvantagem de ser um método com elevado custo financeiro, assim medidas alternativas são procuradas.

Uma possibilidade são as sondas TDR (do inglês *Time Domain Reflectometry*) que determinam a umidade do solo. O uso horizontal das Sondas TDR no solo é o mais usual, entretanto essa configuração tem a desvantagem de cobrir apenas um pequeno volume do solo estudado, sendo essa medida extrapolada para volumes maiores. Essa extrapolação pode superestimar ou subestimar as informações obtidas pelas sondas, pois há um atraso na resposta dessas sondas inseridas horizontalmente aos componentes do balanço hídrico (precipitação, evaporação, transpiração e drenagem) porque a frente de molhamento ou secagem do solo precisa alcançar o sensor para ser registrada. Por outro lado, utilizando sondas TDR verticalmente no solo é possível investigar uma parte significativamente maior de um perfil do solo diminuindo os erros de análise em virtude da extrapolação.

No mercado existem sondas TDR que promovem as medições de forma integrada no perfil do solo, por meio de tubos de acesso de acrílico que são inseridos verticalmente no perfil do solo. Desse modo diferentes profundidades podem ser medidas sucessivamente com a mesma sonda, de modo que as medidas não precisam ser extrapoladas. No entanto ainda são poucas as informações sobre o uso desse tipo de sonda TDR. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar uma estratégia de medição do conteúdo de água no solo com o uso da Sonda TDR do tipo TRIME-PICO IPH/T3 afim de se obter os melhores resultados possíveis em ensaios de campo subsequentes.

## METODOLOGIA

### Local do Estudo e Caracterização da Sonda TDR utilizada

O estudo foi desenvolvido na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul (latitude 29°37'49.7"S e 53°48'39.8"W, em local com 205 m de altitude em relação ao nível do mar). A sonda TDR utilizada nesse estudo é do modelo TRIME-PIKO IPH/T3 da marca IMKO (Figura 1). A sonda é do tipo móvel e determina o conteúdo volumétrico de água no solo (%volume) ao longo de seu comprimento de 18cm com penetração do sinal de 15cm no solo. Tubos de acrílico são instalados verticalmente no perfil do solo, para que a sonda seja operada no interior desses tubos. Assim é possível realizar medições da umidade do solo em todo o seu perfil, sem necessidade de extrapolar os dados para camadas maiores, como nos casos dos TDR's tradicionais que são instalados de forma horizontal em apenas alguns pontos.

O sinal de medição da sonda não é circular, e sim elíptico, sendo que a sensibilidade do sinal diminui com a distância a partir da sonda (Figura 2), e a sensibilidade da medição maior é ao redor do tubo de acesso. Desse modo, a porosidade do solo que está em contato com o tubo tem papel importante nos resultados da medição. Esse é um problema particular no processo de instalação dos tubos, porque esse processo pode compactar o solo ao redor do tubo, ou criar vazios. Isso implica nas posições de amostragem da sonda em cada profundidade, quanto maior o número de posições menor será a interferência desses fatores e mais confiáveis os dados, porem um grande número de posições em cada profundidade podem deixar as medições a campo muito demoradas. Dessa forma é importante saber qual o mínimo de posições necessárias para se ter dados confiáveis.



Figura 1 – Sonda Trime PIKO IPH/T3  
Fonte: IMKO

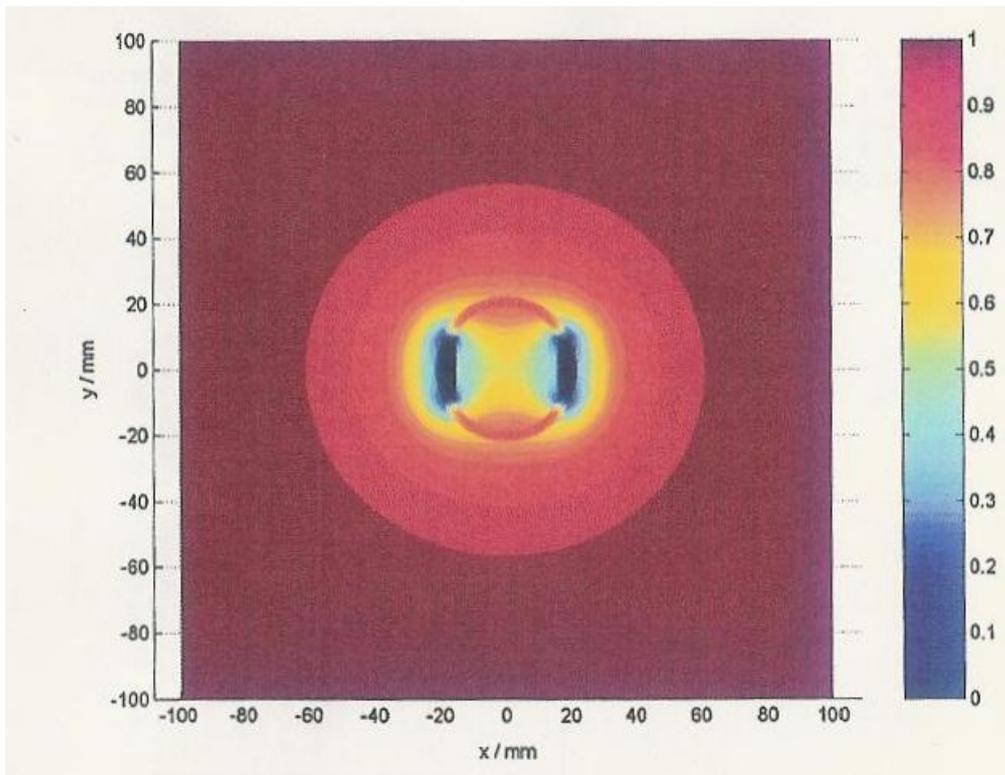


Figura 2 - Campo elétrico de distribuição do sinal da sonda e aproximação do volume medido.

Foram avaliadas as medições da sonda sob dois aspectos: (i) Número de repetições em cada posição; e (ii) número de posições da sonda em cada profundidade no solo.

**(i) Número de Repetições em cada Posição.**

Foram realizadas medições com 5, 3 e sem repetições (denominadas: 5R, 3R e 0R, respectivamente). Como instrumento de análise, para verificar a necessidade de repetições em cada leitura da sonda foi definido que a condição com 5R é a amostragem ideal.

**(ii) Número de Posições em cada Profundidade.**

Devido ao sinal de medição da sonda ser ligeiramente elíptico e sua sensibilidade diminuir com a distância, e considerando a heterogeneidade dos solos, pode-se assumir que uma mudança na posição da sonda em uma mesma profundidade possa gerar um resultado diferente. Para verificar isso foram realizadas medições com 12, 6, 3 e 1 posição em cada profundidade do solo (denominadas 12P, 6P, 3P e 1P, respectivamente). Em 12P a sonda foi rotacionada a cada 15°, em 6P a cada 30°, em 3P a cada 45° e em 1P a sonda não foi rotacionada. Como instrumento de análise foi considerada a condição 12P como ideal, e realizado o comparativo com as demais condições.

### **Monitoramento**

As medições foram realizadas em área de campo nativo, localizada nas cabeceiras da bacia do arroio Vacacaí Mirim em Santa Maria-RS (Tabela 1). O tubo utilizado para o experimento possui 1,0m de comprimento, sendo medidas as camadas de 0-0,18; 0,18-0,36; 0,36-0,54; 0,54-0,72 e 0,72-0,90m de profundidade. Foram realizados 11 trabalhos de campo ao todo, em diferentes dias.

Tabela 1 – Caracterização dos pontos de medição.

<b>Ponto</b>	<b>Tipo de solo</b>	<b>Cobertura vegetal</b>
P1	Neossolo Litólico	Campo nativo

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Número de Repetições em cada Posição.**

A primeira análise realizada foi com relação ao número de repetições em cada posição da sonda no solo. Essa informação é importante para verificar se há perda na qualidade dos dados na realização de amostragem simples, sem repetições. Para isso foram comparados os dados obtidos do conteúdo de água no solo (%.vol) com 5, 3 e sem repetições em cada posição. Na figura 3 são apresentados os dados medidos com 5 repetições (5R) e sem repetição (0R) nas profundidades de 0,18m e 0,90m.

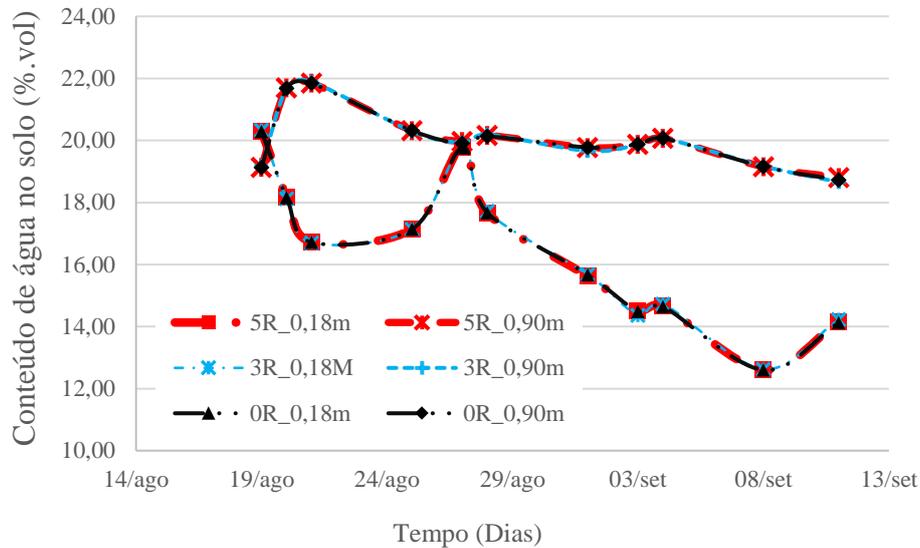


Figura 3 – Variação do conteúdo de água no solo a 0,18m e 0,90m obtidas com 5 repetições por posição (5R) e sem repetição (0R).

Os dados mostram que as repetições em cada posição não alteram a qualidade da amostra. Na figura 4 são apresentados os dados em gráfico de diagrama de caixas com indicação da média para cada conjunto de dados. A análise colabora com o verificado na figura 2 e mostra que não há variação nos dados obtidos, ou seja, não há necessidade de realizar repetições de leitura para cada posição da sonda no perfil do solo.

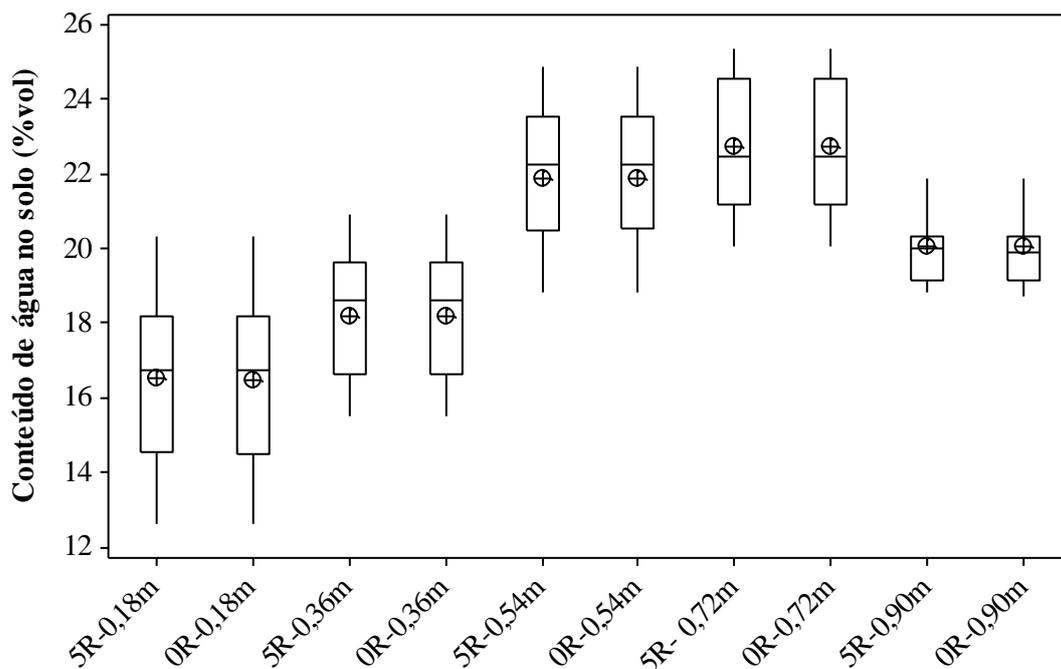


Figura 4 – Dispersão dos dados de conteúdo de água no solo para diferentes profundidades obtidas com 5 repetições por posição da sonda (5R) e sem repetição (0R).

## Número de Posições por Profundidade

Devido ao sinal de medição da sonda ser ligeiramente elíptico, na qual a sensibilidade diminui com a distância a partir da sonda, e considerando que os solos não são completamente homogêneos se assume que uma mudança de posição na mesma profundidade pode apresentar diferentes resultados. Para verificar isso foram medidas o conteúdo de água no solo e analisadas quatro situações diferentes, sendo elas: 12 posições, 6 posições, 3 posições e 1 posição.

A figura 5 ilustra os resultados para a medição 1 para as camadas de 0-0,18; 0,18-0,36; 0,36-0,54; 0,54-0,72 e 0,72-0,90m de profundidade. Verificou-se uma superestimação de 2% no conteúdo de água no solo nas camadas acima de 0,36m com 1P com relação aos demais procedimentos.

Na figura 6 são apresentados os dados do conteúdo de água no perfil do solo (mm), para as 11 medições com as diferentes posições. Verifica-se que a superestimação nas camadas mais superficiais, gera também, uma superestimação nos dados do conteúdo total de água no perfil do solo ( $\theta_{total}$ ). Essa informação é importante, pois em estudos que necessitam monitorar a umidade do solo na zona radicular das plantas, se o procedimento de coleta dos dados não for correto, podem existir inconsistências em toda a pesquisa e em estudos futuros. Na figura 7 é apresentado que a variação de  $\theta_{total}$  do procedimento com 12P para 1P pode ser de até 3mm em um perfil de solo de 0,90m.

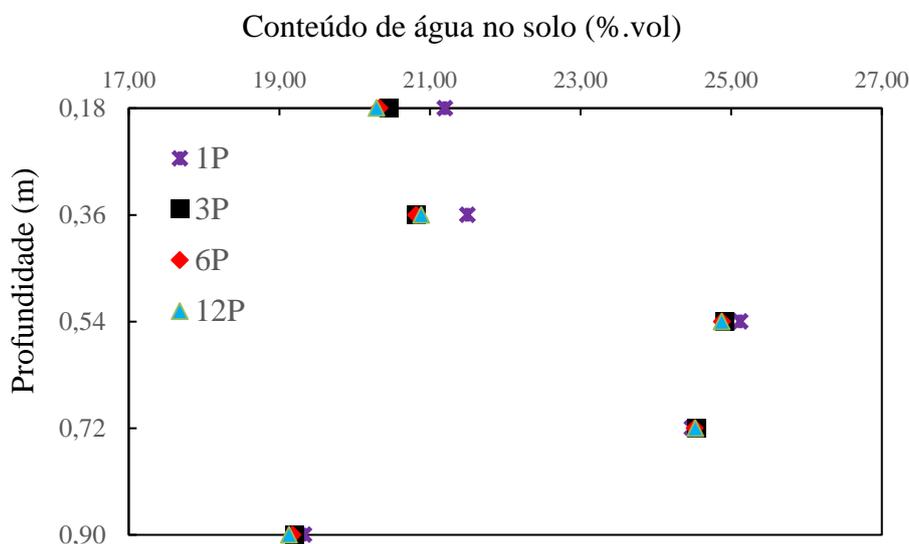


Figura 5 –Variação do conteúdo de água no solo no perfil do solo.

Para se obter um valor confiável do conteúdo de água no solo, é preciso mais que uma posição seja amostrada em cada profundidade. Os dados mostram que realizar medidas em 1 posição em cada profundidade podem trazer erros significativos, principalmente pelos solos não serem perfeitamente homogêneos, e a existência de raízes, rochas no entorno do tudo de acesso a sonda em camadas mais profundas, podem trazer erros adicionais ao monitoramento. Dessa forma constata-se que a medição no mínimo aceitável é a com 3 posições por cada profundidade, sendo com 6 posições a ideal.

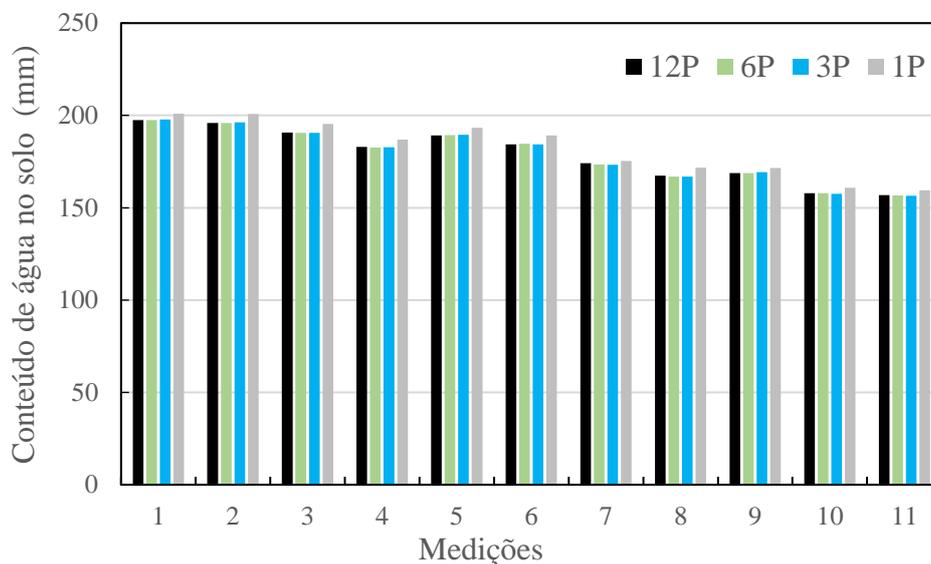


Figura 6 – Conteúdo total de água no perfil do solo para as 11 medições em função das posições de amostragem.

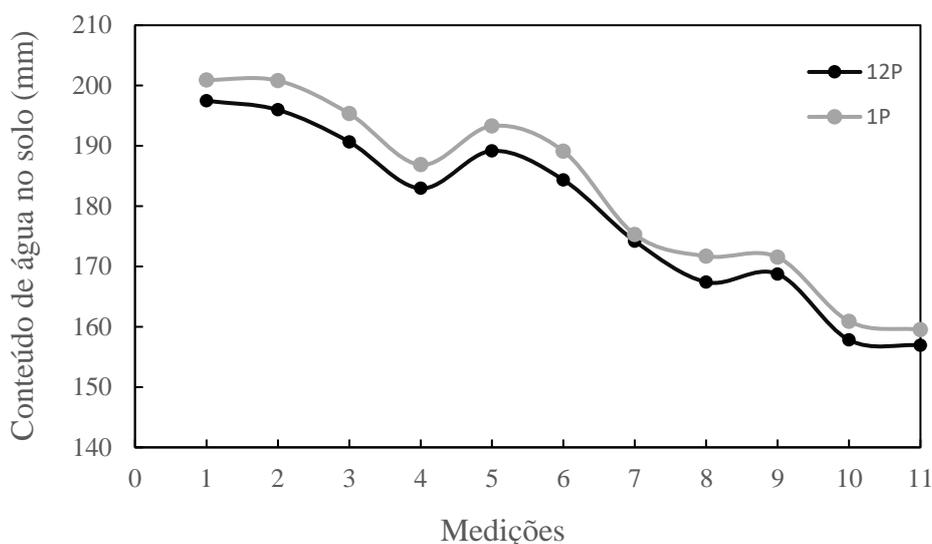


Figura 7 – Variação do conteúdo total de água no perfil do solo para as 11 medições com 12 posições e 1 posição de amostragem da sonda.

## CONCLUSÃO

O número de repetições da medição com a sonda TRIME-PIKO IPH/T3 em cada posição não influenciou os dados obtidos, mostrando que a amostragem, nesse aspecto, pode ser realizada de forma simplificada, ou seja, sem repetições para uma mesma posição da sonda.

A amostragem com 1 posição por profundidade superestimou o conteúdo de água no solo, trazendo inconsistências à medição, e em análises que fossem resultar desses dados. Com 3 Posições os resultados foram melhores, sendo o mínimo aceitável para as condições desse estudo. A medição com 6 posições por profundidade foi a que apresentou o melhor resultado em comparação

com a amostra com 12P. Desse modo, para o local do estudo se recomenda que seja adotada o procedimento de amostragem com 6 posições por profundidade, sem a necessidade de repetições para cada posição.B

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de pesquisa cedidas e pelo fomento dessa pesquisa por meio do Projeto de Cooperação Científica e Tecnológica aprovada pelo Edital CNPq N° 72/2010.

## **REFERENCIAS**

LU, Mi.; KAPILARATNE, J.; KAIHOTSU, I. (2015). A data-driven method to remove temperature effects in TDR-measured soil water content at a Mongolian site. **Hydrological Research Letters**, v. 9, n. 1, p. 8-13.

SU, SushaLekshmi; SINGH, D. N.; BAGHINI, M. S.  
. (2014).A critical review of soil moisture measurement. **Measurement**, v. 54, p. 92-105.