

CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO ALTERNATIVO PARA AFERIÇÃO DO TEOR DE ÁGUA NO SOLO

P. S. Lobo Rodrigues¹; P. L. de Menezes²

RESUMO: Nos tempos atuais, a irrigação tornou-se ferramenta estratégica para o sucesso das produções. Dentre outros benefícios, está a possibilidade de plantio de entre safras, o que possibilita melhorar o aproveitamento da área agrícola. Uma maior produtividade também pode ser alcançada por meio do uso artificial de condução de água às lavouras. No entanto, deve-se buscar o equilíbrio entre os interesses da produção com os critérios socioambientais. Este trabalho foca na construção de protótipo de sensor de umidade do solo de baixo custo, com intuito de realizar leituras em pequenos espaços de tempo, vantagem não atribuída ao método gravimétrico. Experimentos em profundidades de 0 – 7 cm comprovaram a viabilidade técnica e econômica, gerando tabela de calibração e correspondendo a 4,2% do custo do sensor profissional Watermark utilizado, e com possibilidade de integração com sistemas de irrigação automatizada.

PALAVRAS-CHAVE: Sensor de umidade do solo; irrigação automatizada; sustentabilidade.

CONSTRUCTION OF ALTERNATIVE PROTOTYPE FOR ANALYSIS OF WATER CONTENT IN SOIL

SUMMARY: In the present times, irrigation has become a strategic tool for the success of productions. Among other benefits is the possibility of planting between harvests, which makes it possible to improve the utilization of the agricultural area. Higher productivity can also be achieved through the artificial use of water to the crops. However, a balance must be struck between the interests of production and the socio-environmental criteria. This work focuses on the construction of a low cost soil moisture sensor prototype with the purpose of performing readings in small time spaces, an advantage not attributed to the gravimetric method. Experiments at depths of 0 - 7 cm proved the technical and economic feasibility, generating a calibration table and corresponding to 4.2% of the cost of the professional Watermark sensor

¹ Mestrando, PPGTCA/UTFPR, Medianeira – Paraná. E-mail: paulinhofoz@yahoo.com.br

² Doutor, Coordenador do PPGTCA / UTFPR, Medianeira – Paraná. E-mail: plopes@utfpr.edu.br

used, and with the possibility of integration with automated irrigation systems.

KEYWORDS: Soil moisture sensor; automated irrigation; sustainability.

INTRODUÇÃO

A agricultura utiliza cerca de 70% da água doce mundial, seguido de 22% nas indústrias e 8% para o uso doméstico. No tocante à agricultura, a irrigação sem tecnologia é a modalidade que mais desperdiça água (Vieira et al., 2006).

De acordo com Setti et al. (2001), a irrigação auxilia no aumento da produção e possibilidade de aceleração de entressafras. No mundo, a agricultura irrigada corresponde a 80% das derivações de água. No Brasil, o uso ultrapassa a casas dos 60%. Diante disso, faz-se necessário que exista o uso consciente da água na irrigação, utilizando de técnicas que controle a aplicação, a quantidade necessária e o momento certo de conduzir água para as plantas (Lima et al., 1999).

Conforme lembrado por Lima et al. (1999), a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG realizou estudo onde comprovou que o uso racional da água economizaria em torno de 20% de água, bem como 30% de energia elétrica. Marouelli et al. (2010), ratifica o estudo da Companhia no tocante à economia de água, e amplia a afirmação alegando que a irrigação planejada pode proporcionar o aumento da produtividade em até 30%. Levando em consideração o uso de irrigação que faz o uso de motores (que geralmente utiliza um tipo de energia como elemento de propulsão), a redução do custo neste quesito também será contemplada de forma diretamente proporcional.

De acordo com Andrade (2001), o produtor deve verificar a necessidade de irrigar, observando os detalhes que permeiam sua produção e propriedade agrícola, ou seja, entre outros requisitos, deve-se analisar criteriosamente às condições climáticas, a temporalidade de chuvas na região, os períodos ociosos nas entressafras, bem com os riscos dos investimentos realizados para a produção agrícola.

O estudo das variáveis envolvidas no sistema solo-água-planta enriquece o processo de dimensionamento da irrigação, obtendo informações que podem influenciar no desenvolvimento da planta (Blainski et al., 2009).

O emprego de tecnologias na irrigação auxilia na diminuição do desperdício, tanto de água quanto de energia, uma vez que sensores podem monitorar o ambiente irrigado, realizando o controle efetivo da umidade do solo, bem como analisar a real necessidade da distribuição de

água para as plantas.

Reflexo disso, Araújo (2003) destaca que foi constatada a redução de aproximadamente 30% em sistemas de irrigação por aspersão convencional com o que opera em rotação variável (inteligente).

Embutido na gama de possibilidade que o processo de irrigação automatizada proporciona, existem formas de realizar a fertirrigação, enviando insumos juntamente com a água para as plantas. Para tanto, o processo geralmente é (são) composto (s) por controlador (es), o (s) qual (is) possui (em) funções programadas que executam determinadas funções (Guirra & Silva, 2010).

Determinar o momento certo para o manejo da irrigação é fundamental para economia da produção, para o bom desenvolvimento da lavoura e a para a busca incansável do bem-estar do meio ambiente (Marouelli et al., 2010).

O método gravimétrico, classificado como direto, padrão, é um método fundamentado na coleta manual de amostra do solo e analisado em laboratório (Damaceno, 2010). Trata-se de metodologia que utiliza estufa para mensuração, configurando à temperatura de 105 a 110 °C, com intuito de retirar todo o volume de água da amostra durante o período de 24 horas. Após esse processo, realiza-se o cálculo com o valor do peso originário da amostra úmida com o agora finalizado (amostra seca), determinando o teor de água que existia no meio (Freitas, 2014; Oliveira, 2010).

O método da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), método indireto, atualmente é muito utilizada para aferição do teor de água retida no solo. Baseia-se basicamente na emissão de pulso na frequência de micro-ondas por meio de hastes no interior do solo. Esse sinal interage com o meio e é registrado o seu comportamento, que sofre influência caso entre em contato com umidade encontrada no solo, determinando assim a constante dielétrica do solo (Lacerda, 2005; Souza et al., 2006).

O monitoramento do volume do teor de água no solo pode ser monitorado em tempo real e ainda possui a possibilidade de utilizar o TDR em locais diferentes (Santos et al., 2010), devido a precisão de sua leitura, a não utilização radiação ionizante (Teixeira et al., 2005). Acrescenta-se a indestrutibilidade da amostra, a qual pode ser usada em outros experimentos; bem como a possibilidade de interligação com sistemas automatizados e de monitoramento contínuo em tempo real, sendo muito útil para integração com sistemas de irrigação automatizados.

Este trabalho projetou-se na construção de protótipo de sensor de umidade do solo, utilizando o modelo indireto da TDR, tendo em vista a rápida leitura e preço acessível para

aquisição, não sendo necessário longas esperas e nem a degradação da amostra.

MATERIAL E MÉTODOS

O objetivo do estudo foi desenvolver um protótipo de baixo custo, constatando pela viabilidade técnica, como também o empenho financeiro na produção do mesmo. A comparação foi realizada com o sensor Watermark, modelo 200SS-5, sensor profissional.

Solo

O solo examinado foi de determinada área produtiva, localizada na região Norte da cidade de Foz do Iguaçu-PR, com 224 m². O material está classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico.

Na ocasião, a cultura cultivada neste solo foi a de alface.

O material foi distribuído em recipiente circular de PVC com diâmetro de 32 cm e profundidade de 9 cm. Opinou-se pelo recipiente pelo simples fato de que o mesmo possuir perfurações (fendas) nas partes laterais e inferior, facilitando a ventilação e o consequente escoamento da água adicionada ao meio.



Figura 4: Recipiente PVC.
Fonte: Autoria própria.

Sensor de Umidade do Solo Watermark

O sensor Watermark, modelo 200SS-5, de propriedade da Irrometer Company (EUA), é um tipo de tensiômetro que utiliza a resistência elétrica para obtenção do potencial matricial de água no solo, através da tensão de água registrada pelos dois eletrodos embutidos num meio poroso (Silva, 2013). Este equipamento foi empregado no experimento com intuito de servir como referência para a calibração do protótipo construído. Este sensor necessita de prévio umedecimento para o início das leituras. Nos experimentos deste trabalho, após a rega d'água

(na proporção de 1,8 litros), aguardou-se 12 horas para o início das primeiras medições. O equipamento em epígrafe possui níveis diferenciados de leitura, de acordo com o potencial hídrico detectado no solo, conforme especifica a figura 5.

Leitura (cbar)	Interpretação
0 – 10	solo próximo da saturação (capacidade de campo). Mais saturado que este valor (valores menores) o solo passa a perder água por drenagem, percolando para camadas mais profundas pela ação da gravidade
10 – 30	solo adequadamente úmido, exceto solos muito arenosos em que acima de 15-20 cbar já indica solo perdendo umidade tornando-se seco
30 – 60	faixa normalmente encontrada no campo em solos irrigados de textura média a argilosa.
maior que 60	solo tornando-se muito seco comprometendo desenvolvimento das plantas

Figura 5: Parâmetros para interpretação das leituras.
Fonte: TRACOM, 2017.

Protótipo

O protótipo foi construído com 2 (duas) hastes de aço inoxidável de 3 mm de diâmetro e 8,5 cm de comprimento, sendo que a parte que entrou em contato com solo possuía 7 cm. A parte restante (1,5 cm) ficou na parte interna do sensor, à qual foi revestida com acrílico e preenchida com resina automotiva. Na lateral esquerda foram colocados conectores, permitindo conexão rápida com a estação de controle/leitura.

A estação de leitura foi confeccionada em material de acrílico, tendo em seu interior um visor lcd, uma placa de prototipagem NodeMCU V3 e um módulo de controle de umidade do solo YL-38. Na lateral inferior direita possui um interruptor para ligar e desligar a estação. Na outra extremidade, entrada de cabos para conexão com o sensor do protótipo.

A intenção de possuir visor lcd foi simplesmente possibilitar a visualização no local das informações, como o percentual de umidade e a condição do solo.

A alimentação elétrica do protótipo deu-se por intermédio de 4 pilhas AA de 1,5 volts cada, totalizando 6 volts. Lembrando que o NodeMCU opera em tensão de 4,5 até 9 volts.

Leituras

Com o solo adicionado no recipiente, foi necessária a perfuração do solo para a inserção do sensor de umidade do solo Watermark. Logo após, considerou umedecer o solo com água potável na quantidade de 1,8 litros, em duas medidas iguais (900 ml) com intervalo de 10

minutos, para possibilitar a distribuição da água no meio. Após 12 horas, o protótipo foi inserido à amostra de solo.

As leituras foram realizadas com os equipamentos conectados ao mesmo recipiente e com distância de 1 cm do outro. A leitura no protótipo foi programada para ser realizada a cada 30 minutos, levando em consideração que a umidade do solo não ocasionava mudanças bruscas em tão pequeno espaço de tempo.

Com o protótipo, a coleta e armazenamento dos dados ocorreram de forma automática, por intermédio da conexão com a estação de leitura (leitor) e enviada, via rede sem fio, ao banco de dados Mysql, configurado no equipamento Banana Pi (microprocessador – minicomputador).

Já no sensor Watermark, as leituras só poderiam ser realizadas de forma manual, em virtude de o equipamento adquirido não disponibilizar comunicação automática por outros meios. Assim, a cada leitura o dado era vinculado manualmente ao dado registrado pelo protótipo no banco de dados, com o propósito de vincular o valor lido naquele momento (ou naquele intervalo de tempo) pelo Watermark com o valor registrado de forma automática pelo protótipo.

Oficialmente, foram realizados 8 ciclos de testes.

Por fim, no processo de calibração, a média foi utilizada como ferramenta para o estabelecimento dos limites de leitura com relação aos parâmetros dispostos pelo sensor Watermark, tendo em vista a geração da tabela de calibração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da construção e operação do protótipo

Projetou-se propiciar a ventilação no interior do equipamento por meio da criação de aberturas (frestas) na tampa traseira da estação de controle, com o intuito de permitir a saída de ar quente produzidos no seu interior, e conseqüentemente evitar o superaquecimento do microcontrolador e demais componentes. Ressalta-se que esses canais para ventilação auxiliam também na distribuição do sinal wireless que o equipamento produz, sendo que o chip da antena 802.11 estava localizado bem próximo das saídas de ventilação.

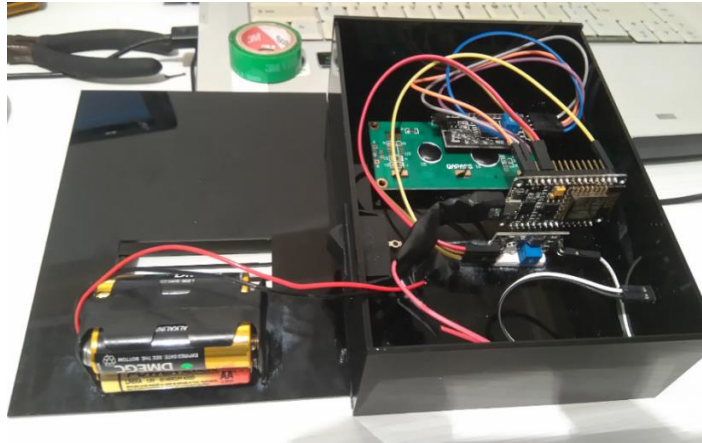


Figura 7. Interior da estação de leitura.
Fonte: Autoria própria.

Conforme vê-se na Figura 8, preocupou-se em criar pontas nas hastes do sensor para facilitar a inserção ao solo.

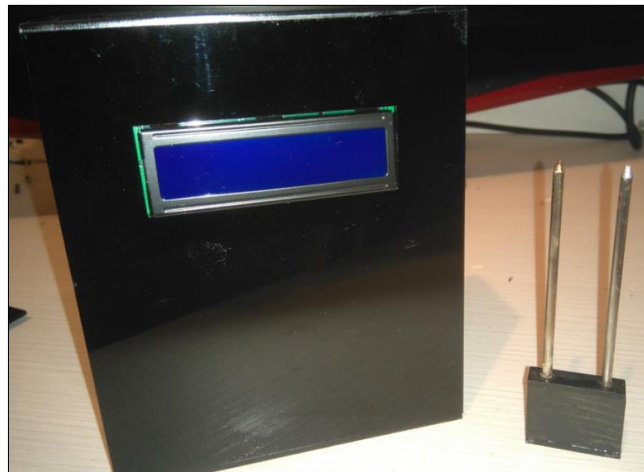


Figura 8. Estação de leitura (esquerda) e sensor de umidade do solo (direita).
Fonte: Autoria própria.

Como visto na Figura 8, o sensor do protótipo manteve-se íntegro até o período final do experimento (40 dias de leituras), mesmo energizado e conectado ao solo, ambiente totalmente favorável para ações do fenômeno da eletrólise.

Da calibração

Foram realizadas 8 (oito) repetições do experimento, frisando que as mesmas se deram com os equipamentos operando simultaneamente no mesmo recipiente. Cada repetição levou aproximadamente 5 dias para ser concluída, devido ao longo espaço de tempo que o sensor Watermark levava para se adaptar ao meio e iniciar as primeiras leituras (aproximadamente 12 horas).

Os dados eram coletados pelo protótipo e enviados automaticamente à base de dados MySQL no microprocessador Banana PI (minicomputador). Após, manualmente, eram

realizadas as coletadas de dados com o sensor Watermark, fazendo a vinculação dos dados de ambos equipamentos pelo horário de leitura.

Foram realizados os cálculos para as 3 (três) faixas de valores do Watermark (0 – 10; 10 – 30; 30 – 60 cbar). A média possibilitou fixar (calibrar) os intervalos de acordo com cada nível dos parâmetros fornecidos pelo sensor Watermark.

Quadro 1. Dados para calibração Watermark X Protótipo

Watermark (cbar)	Protótipo	Leituras
0 - 10	551 até 720	8
10 - 30	720 até 768	6
30 - 60	768 até 817	7
Total		21

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Figura 5, a fabricante do Watermark considera que a partir de 60 cbar (817 no protótipo), o solo torna-se seco demais e pode comprometer o desenvolvimento da planta. Assim, o protótipo limitou-se a essa derradeira faixa para fixar o ponto em que um suposto sistema de irrigação poderia ser acionado.

A cada leitura, o protótipo foi configurado para emitir no visor o percentual de umidade no solo mais a informação da situação do solo no momento, levando em consideração os parâmetros descritos na tabela de calibração exemplificada no Quadro 1, os quais são referenciados com as informações abaixo:

- * Solo SATURADO => para a primeira faixa;
- * Umidade ADEQUADA => para a segunda;
- * Umidade REGULAR => para a terceira e,
- * S. SECO – IRRIGAR! => quando for necessário irrigar.

Para fins de atribuição do valor percentual, foi necessário buscar a leitura dos valores do protótipo emergido em água, bem como em ambiente seco, delimitando sua propriedade máxima de saturação no primeiro, e simulando o stress hídrico por meio do segundo, respectivamente, conforme equação abaixo:

Quadro 2. Parâmetros para formação do valor percentual da umidade do solo.

$\text{Percentual} = (((L.A. - S.Sat.) \div \text{Diferença } S.Sat. \text{ com } S.Se.) \times 100) - 100) \times (-1)$
<p>Onde:</p> <p>L.A. = Leitura Atual</p> <p>S.Sat. = Solo Saturado</p> <p>S.Se. = Solo Seco</p>

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Rossato et al. (2013), Altoé (2012), Guimarães (2011), Macedo (2008), a temperatura e alterações climáticas são fatores que influenciam diretamente na medição do teor de água no solo, uma vez que as mesmas permitem que haja movimentação das moléculas de água.

Nos experimentos, foi observado essa influência em ambos sensores estudados. No entanto, convergindo com Macedo (2008) de que essa variação nem sempre é ocasionada por causa da calibração (ausência) dos sensores, mas sim pela variabilidade espacial sofrida pelo solo por causa da elevação ou diminuição da temperatura, o que permite que o teor de água no solo em um dado momento sofra alterações devido o fluxo de água ali existente, o que neste estudo, acarretou ajustes e novas medições com o objetivo de calibrar o equipamento.

Da análise dos custos

O Quadro 3 declara os custos para a construção do protótipo, tendo em vista a comparação com vários sítios eletrônicos que comercializam os componentes, preferiu-se o Mercado Livre por ser amplamente conhecido e de grande abrangência no território nacional. O valor final ficou por menos de R\$ 200,00, conforme demonstrado no quadro abaixo.

Quadro 3. Tabela de custos para construção do protótipo.

Placa Nodemcu V3	R\$ 50,00
Visor LCD 16X2	R\$ 33,00
Módulo YL-38	R\$ 20,00
Vergalhão para Hastes de Aço Inox	R\$ 25,00
CASE em acrílico	R\$ 50,00
Cabos e conectores	R\$ 11,00
Resina (uso proporcional)	R\$ 4,00
	R\$ 193,00

Fonte: Autoria própria.

Na eventualidade da compra ser realizada por sítios internacionais, como o AliExpress por exemplo, o custo do protótipo seria menor ainda, mesmo levando em consideração os desembaraços aduaneiros (impostos de Importação e ICMS). No entanto, a demora poderia ser um fator negativo, tendo em vista o período de 30 a 60 dias para o recebimento das mercadorias em frete econômico.

Por fim, comparando ao sensor Watermark que no seu período de compra custou R\$ 4.600,00 (dez/2015), o protótipo possui grande vantagem econômica.

CONCLUSÕES

O protótipo desenvolvido, de posse da tabela de calibração gerada, possui viabilidade técnica e econômica para ser implantado em culturas rasteiras, como às hortaliças que possuem sistema radicular no entorno de 0 - 7 cm de profundidade.

O protótipo possui facilidades para comunicação com plataformas externas, devido a flexibilidade de condução desses dados para a web, o que pode auxiliar no controle e manejo da irrigação. No tocante ao dimensionamento da lavoura, percebe-se que as ferramentas aqui estudadas podem contribuir para o direcionamento inteligente de água e economia de energia elétrica.

De acordo com o cálculo do custo do protótipo, este representou 4,2% do valor desembolsado para a compra do sensor comercial. Assim, ao invés de implantar restrita quantidade de sensores Watermark em virtude do alto investimento, o agricultor teria condições de utilizar uma maior quantidade de sensores do protótipo, e ainda selecionar pontos estratégicos para formação de redes / setores, com intuito de obter em maior escala, informações que podem gerar economia e maior produtividade à um custo muito menor.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, M. A. C.; Sistema automatizado de irrigação para culturas específicas. Brasília, 2012. 56p. Monografia (Graduação em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília. 2012.

ANDRADE, Camilo de L. T. de. Seleção do Sistema de Irrigação. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 14. Sete Lagoas, 2001. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circular_14-selecao_do_sistema_de_irrigacao.pdf>. Acesso: 16 set.2015.

ARAÚJO, J. A. B. Aplicação de inversor de frequência para economia de energia elétrica, em sistema de irrigação por aspersão. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho – UNESP. Botucatu, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/103454/araujo_jab_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 nov.2015.

BACCI, D. de La C.; PATACA, E. M. Educação para a água. Estudos Avançados, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a14.pdf>>. Acesso em: 16

set.2015.

BLAINSKI, E.; GONCALVES, A. C. A.; TORMENA, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; GUIMARAES, R. M. L. Intervalo hídrico ótimo num nitossolo vermelho distroférico irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.33, n.2. p.273-281, 2009.

DAMACENO, J. M. F. Sistema para avaliação da umidade relativa do solo utilizando a análise de impedância e técnicas de ultrassom. 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

FREITAS, W. A. de. Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo capacitivo para manejo de irrigação. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas. Universidade Federal de Lavras – UFLA. 2014.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: Estado das Águas no Brasil – 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA. p. 73 – 82, 1999.

GUIRRA, A. P. P. M.; SILVA, E. R. da. Automação em Sistemas de Irrigação. Comunicado Técnico 08. Faculdades Associadas de Uberaba. Uberaba, 2010. Disponível em: <http://www.fazu.br/Imagens/publicacoes/documentos/comunicado_08.pdf>. Acesso em: 16 set.2015.

LACERDA, C. F. de. Relações solo-água-planta em ambientes naturais e agrícolas do nordeste brasileiro. Parte I. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007. p. 78. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/APOSTILA_-_RELA__ES_SOLOS__GUA_PLANTA.pdf>. Acesso em: 01.mai.2017.

MACEDO, A. B. M.; Produção e eficiência de uso da água da bananeira CV. Pacovan Ken sob diferentes tensões de água no solo. 2008. 63p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia Agrícola.

MARQUELLI, W. A.; FREITAS, V. M. T.; JUNIOR, A. D. C. Guia Prático para Uso do Irrigação na Produção de Hortaliças. Embrapa Hortaliças. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/guia_irrigas_000gull1eg9u02wx7ha0g934vgtpy9xo.pdf> Acesso em: 16 set.2015.

OLIVEIRA, R. de M. Desenvolvimento de elementos sensores de cerâmicas porosas de ZrO₂-TiO₂ para aplicação no monitoramento do conteúdo de água em solos. 2010. 176p. Tese

(Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais – Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

ROSSATO, L.; ANGELIS, C. F.; ALVALÁ, R. C. S. Impacto das características da superfície terrestre no algoritmo de inferência da umidade do solo no Brasil, utilizando observações do Sensor AMSR-E/Aqua. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 18, n. 4, p. 137-156. 2013.

SANTOS, M. R. dos; ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.2, p.299-307, 2010.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M; PEREIRA, I. de C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. Agência Nacional de Energia Elétrica. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. 2ª Ed. Brasília, 2000. 207p.

SILVA, A. P. da. Umidade e temperatura do solo. Atributos físicos e químicos do solo. Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA. 2013. Disponível em: < <http://www.ccta.ufcg.edu.br/admin.files.action.php?action=download&id=1846> >. Acesso em: 07.jun.2017.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, E. F.; OR, D. Sondagens de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. *Irriga*, v.11, n.1, p.12-25, 2006.

TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A. Desempenho do Tensiômetro, TDR e Sonda de Nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.2, p.161-168, 2005.

VIEIRA, A. de R., COSTA, L.; BARRÊTO, S. R. Cadernos de Educação Ambiental Água para a Vida, Água para todos: Livro das Águas. WWF-Brasil. Brasília, 2006. 68p.