

## APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO DA UMIDADE DOS SOLOS

Moisés Medeiros dos Santos<sup>1</sup>; Osvaldo Nogueira de Sousa Neto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal Rural do Semi-Árido, moisesmede@hotmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal Rural do Semi-Árido, osvaldo.neto@ufersa.edu.br*

**Resumo:** É muito frequente encontrar em áreas de grande produção agrícola e, principalmente de pequenos irrigantes a prática da irrigação sem a adoção de qualquer critério para o manejo da quantidade de água aplicada. Em muitos casos, não se leva em consideração os fatores relacionados ao solo, planta, atmosfera, bem como as limitações e potencialidades do sistema de irrigação adotado e em muitos casos, não se verifica a adoção de qualquer sistema de monitoramento da umidade do solo. Tendo em vista a necessidade de tecnologias acessíveis para auxiliar o manejo da irrigação nos diversos sistemas irrigados, o presente trabalho desenvolveu um protótipo, utilizando tecnologias de baixo custo, capaz de monitorar a umidade dos solos. Beneficiando significativamente a qualificação do sistema de produção irrigada, visando, a viabilidade de aplicação no manejo da irrigação. A indicação da quantidade de água presente em uma parcela do solo é mostrada pela estação de monitoramento e armazenagem de dados (EMAD). Ela é responsável por obter os parâmetros da umidade aparente do solo usando sensores e possibilitar a visualização das informações ao usuário. As curvas geradas, utilizando o modelo potencial, a partir da calibração dos sensores foram satisfatórias, apresentando um bom ajuste quando a linha de tendência coincide com as leituras realizadas após o período em que os solos atingiram a capacidade de campo. Sendo recomendado o uso do sistema na faixa entre capacidade de campo e as condições hídricas mínimas para a sobrevivência das culturas.

**Palavras-chave:** Agricultura, Arduino, Controle de irrigação.

## Introdução

Com o passar do tempo, o homem vai se desenvolvendo e, junto com ele, a necessidade de transformação do contexto onde está inserido, buscando sempre a melhoria em todos os aspectos. E para tal finalidade, busca-se utilizar de procedimentos cada vez mais sofisticados capaz de ampliar sua capacidade de produzir melhor, com qualidade significativa e com a máxima eficiência do uso principalmente dos recursos de água e solo.

A prática da irrigação é uma alternativa extremamente importante para o desenvolvimento da agricultura, principalmente em regiões onde a disponibilidade de água é reduzida tanto em quantidade, como em qualidade, como é o caso do semiárido brasileiro. A irrigação busca proporcionar umidade do solo suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas, buscando economia de água, energia, aumento da produtividade e melhoria na qualidade do produto (BONOMO et al., 2013).

Segundo dados apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se que 73% do consumo de água são destinados para a irrigação; 21% para a indústria e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico. A quantidade de água utilizada na irrigação é elevada, no entanto, boa parte dessa água é desperdiçada por evaporação, drenagem e perdas no sistema de condução, principalmente por fornecer água ao solo além da sua capacidade de retenção. De acordo com Medeiros et al. (2016), nos últimos anos, a necessidade de produzir mais alimentos está aumentando rapidamente devido ao acelerado crescimento demográfico. O autor ainda comenta que as zonas áridas e semiáridas foram impulsionadas pelo uso da irrigação para torná-las produtivas, bem como suprir as necessidades hídricas das regiões úmidas.

Ainda é muito frequente encontrar em áreas de grande produção e, principalmente de pequenos irrigantes a prática da irrigação sem a adoção de qualquer critério para o manejo da quantidade de água aplicada. Em muitos casos, não se leva em consideração os fatores relacionados ao solo, planta, atmosfera, bem como as limitações e potencialidades do sistema de irrigação adotado. Além disso, é comum não se observar em sistemas de produção familiar que se utiliza da irrigação, a adoção de qualquer sistema de monitoramento da umidade do solo.

A utilização de novas tecnologias no âmbito agrícola nos últimos anos vem se intensificando cada vez mais, tendo em vista a importância de implementar equipamentos autônomos, que permitam o monitoramento em tempo real da umidade do solo e conseqüentemente, auxiliando no manejo racional da irrigação, garantindo o uso eficiente de água por parte da cultura, economia de energia e insumos. Para Figüredo et al. (2008) esse

controle é um dos aspectos mais importantes para o sucesso do cultivo, o que reforça a necessidade de manejar a quantidade certa, no momento certo da água aplicada para cultura.

Existem vários tipos de hardware para a confecção do sistema de aquisição de dados, a exemplo o microcontrolador PIC da Microchip ou as placas Arduino que utilizam microcontroladores da Atmega. O Arduino é uma excelente plataforma para o desenvolvimento de projetos, pois dispõem de uma linguagem de alto nível (simples e intuitiva) e de fácil entendimento. McRoberts (2011), comenta que a maior vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de prototipagem é a facilidade de sua utilização. Outro ponto importante na utilização do arduino para o desenvolvimento de projetos é a possibilidade de poder modificá-lo depois de pronto.

Sendo assim, ressalta-se a importância de pesquisas que busquem o desenvolvimento de tecnologias que possam beneficiar significativamente a qualificação do sistema de produção irrigada por meio de recursos tecnológicos sofisticados e de baixo custo, que tenha viabilidade de aplicação no manejo da irrigação, especialmente para a produção familiar.

## **Metodologia**

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Campus Angicos. O município de Angicos está localizado na região central do estado do Rio Grande do Norte, limitando-se com os municípios de Ipanguaçu (oeste), Afonso Bezerra e Pedro Avelino (norte), Lajes (leste), Fernando Pedroza e Santana do Matos (sul) e Itajá (sul e oeste). A sede do município está situada a 5° 39' 56" de latitude sul e 36° 36' 04" de longitude oeste.

A caracterização climática da região é do tipo: clima quente e semiárido, com período chuvoso de fevereiro a abril, tendo como Umidade Relativa Média Anual 70% e 2.400 horas de Insolação, as Temperaturas Médias Anuais são de: máxima de 33,0 °C, média de 27,2 °C e mínima de 21,0 °C (IDEMA, 2008). Os dados do posto pluviométrico de Angicos indicam uma precipitação média anual de 530 mm em uma série histórica de 1911-2004 (Morais et al, 2005).

Utilizando o modelo de Thornthwaite e Mather (1955), Szilagyi (2007), classificou o tipo climático da região de Angicos como Dwa'a', sendo este, clima tipo semiárido, com deficiência d'água moderada no inverno (Maio, Junho e Julho), megatérmico, com evapotranspiração potencial anual de 1.391,7 mm, sendo esta, concentrada nos meses de setembro a dezembro (76%) e excesso hídrico nulo ao longo do ano.

Foram coletadas duas amostras de solos de texturas distintas em áreas irrigadas do perímetro irrigado Baixo Assú, na camada de 0 a 0,40 m. Depois da coleta das amostras representativas, os solos foram expostos ao ar livre sob proteção de chuva e de incidência solar para secarem de forma natural. 73 horas após o início da exposição, os solos foram retirados do local de secagem, destorroado e peneirados por meio da utilização de peneira com malha de 2 mm de abertura.

As características físicas do solo foram determinadas a partir da metodologia descrita pela Embrapa, (2009). As frações granulométricas foram determinadas a partir de proporções de areia grossa, areia fina, silte e argila pelo método da pipeta e expressas em  $\text{kg kg}^{-1}$ . A densidade de partículas do solo ( $D_p$ ) foi determinada pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo ( $D_s$ ) determinada pelo método da proveta para amostra deformada, ambas expressas em  $\text{kg dm}^{-3}$ . A porosidade total ( $P_{total}$ ) será determinada a partir da relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas expressa em (%).

Na tabela 1 encontra-se a caracterização física das amostras coletadas no perímetro irrigado Baixo Assú, onde o Latossolo foi classificado como Areia franca e o Cambissolo como Franco Argilo Arenosa através do “Triângulo Textural” de Lemos e Santos, 1996.

**Tabela 1:** Resultado da caracterização física do solo

Solo	Fração granulométricas (Kg/Kg)					Densidade (Kg/dm <sup>3</sup> )		Classe Textural
	A. Grossa	A. Fina	Areias	Silte	Argila	Aparente	Real	
Latossolo	0,27	0,57	0,84	0,05	0,11	1,48	2,5	12
Cambissolo	0,18	0,33	0,51	0,21	0,28	1,37	2,56	7

Os processos da preparação dos vasos para a calibração foram divididos em três etapas. Na primeira etapa foram feitos cinco furos em cada um dos vasos; na segunda etapa cada vaso foi preenchido com uma camada de brita com espessura de 2 cm e colocado sobre a brita um tecido de TNT para evitar a perda de solo; por último, 18 cm das amostras dos solos foram acrescentados aos vasos sendo que no processo de preenchimento os sensores de temperatura e de umidade do solo higrômetro foram alocados nos vasos a uma altura de 15 cm a baixo da

superfície do solo. Foram utilizados 6 vasos para a calibração sendo que 3 vasos contendo amostras do solo Latossolo e 3 contendo amostras do solo Cambissolo.

Os vasos preenchidos com as amostras de solo foram colocados em uma caixa d'água vazia e posteriormente preenchida com água, de forma que a altura da lamina de água fosse  $1/3$  da altura do solo que estava dentro dos vasos. Furos no fundo dos vasos permitiram que todo o conteúdo de solo fosse umedecido por meio da ascensão capilar. Após 48 horas do preenchimento da caixa com água, os vasos foram retirados da caixa e colocados para drenar em um local protegido da chuva e do sol. Esse processo foi aplicado aos vasos com o intuito de acomodar bem o solo, tentando deixá-lo mais coeso e mais próximo da sua condição natural.

Três semanas após a retirada dos vasos do reservatório, os tensiômetros foram instalados conforme os cuidados de instalação sugerido por Azevedo, et. al.1999. O centro da cápsula porosa foi instalado na mesma profundidade dos demais sensores proporcionando as mesmas condições para todos, possibilitando a comparação qualitativa, avaliando qual deles tem o melhor desempenho.

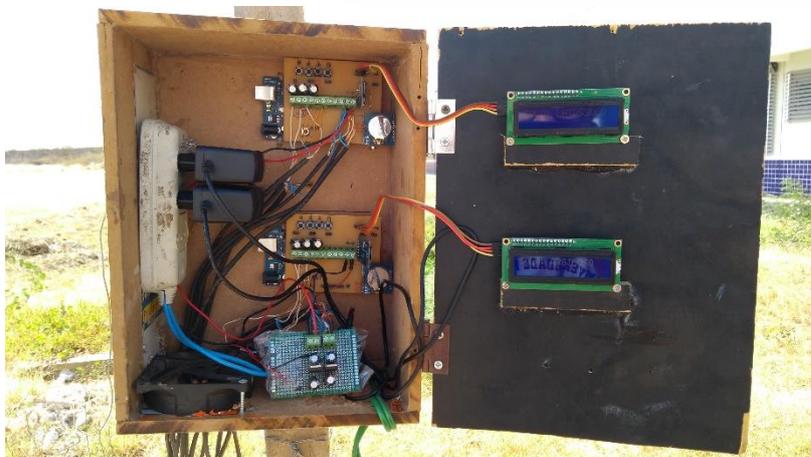
Após a instalação dos tensiômetros todos os sensores dos vasos foram conectados a estação de monitoramento e armazenamento de dados (EMAD) (Figura 2) na qual é responsável por obter os parâmetros da umidade aparente do solo, usando sensores, e possibilitar a visualização das informações ao usuário. Em seguida os vasos foram colocados novamente na caixa d'água seguindo o mesmo procedimento que foi utilizado para a acomodação do solo, porém, a caixa d'água foi preenchida com  $2/3$  da altura do solo que estava dentro dos vasos (Figura 1).

**Figura 1:** Detalhe do processo de saturação dos solos.



Fonte: Autoria própria

**Figura 2:** Detalhe da estação de monitoramento e armazenamento de dados



Fonte: Autoria própria

Após a saturação dos solos, os vasos foram cobertos com um plástico (Figura 3) para evitar a perda de água por evaporação no processo de drenagem. Quando os solos pararam de drenar, os vasos começaram a ser pesados três vezes ao dia durante 32 dias para determinar a curva de calibração dos sensores.

**Figura 3:** Detalhe do processo após a saturação dos solos.



Fonte: Autoria própria

## Resultados

O sensor de umidade do solo higrômetro, mesmo sendo um dos fortes concorrentes para compor o sistema ECD, por seu baixo custo de aquisição, foi recusado após testes de durabilidade feito em vasos com solos saturados. Visto que após 15 dias de testes percebeu-se um alto índice de desgaste das hastes feitas de estanho (Figura 4). Mesmo sendo muito barato, não é viável a aplicação desse sensor para o monitoramento da umidade do solo, tendo em vista que ele apresentou um alto índice de corrosão e com o tempo as leituras ficaram cada vez mais imprecisas. Assim, o problema de desperdício de água pela pratica de irrigação inadequada não iria ser solucionada.

**Figura 4:** Detalhe do sensor umidade do solo higrômetro após quinze dias de teste

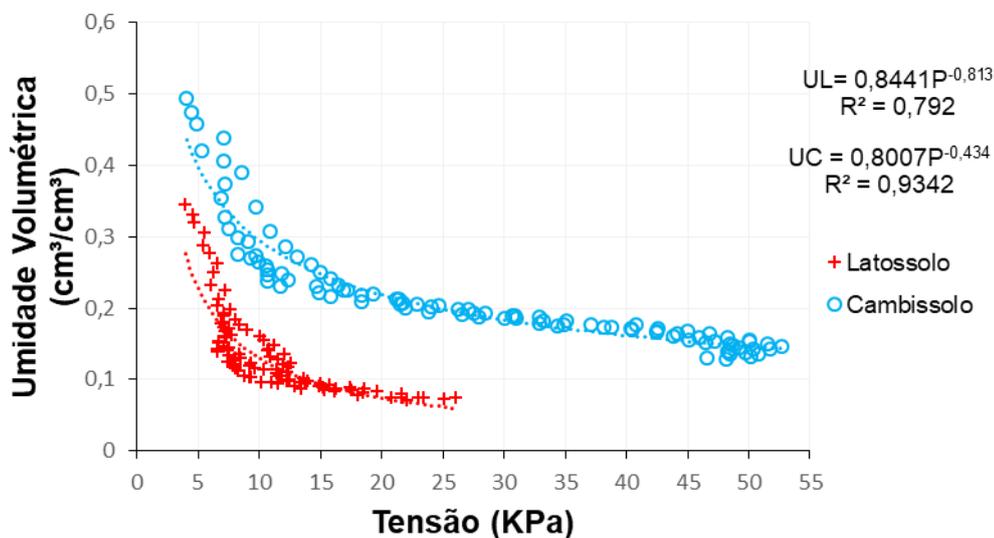


Fonte: Autoria própria

Os resultados que permitiram a determinação da curva de calibração para os dois solos estudados estão na Figura 5, onde as curvas foram determinadas a partir da correlação entre os valores, em kPa, registrados pelos transdutores de pressão nos horários de 8, 12, e 17 horas, com o peso de cada amostra solo, medida no mesmo período.

A correlação entre os sinais de resposta dos sensores em kPa e os respectivos valores da umidade volumétrica das amostras de solo, bem como as equações de ajuste e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). De acordo com as curvas de calibração houve uma elevada correlação entre as leituras de umidade do solo com os sinais de resposta dos transdutores de pressão, indicando uma boa precisão do modelo potencial.

**Figura 5:** Curvas de calibração das amostras dos solos.



Segundo Coelho e Teixeira (2004) o ponto de inflexão da curva é associado ao momento em que o solo atinge a sua capacidade de campo. Assim, observou-se que os solos Latossolo e Cambissolo pararam de drenar, atingindo a capacidade de campo, com leituras próximas de 10 e 15 kPa, respectivamente. Sendo estes os momentos definidos como o instante em que o excesso de água é drenado e a água armazenada no solo se perde mais lentamente.

Ainda em relação à Figura 5, a linha de tendência fica mais próxima dos dados quando os sinais são compatíveis com a capacidade de campo. Assim, verificou-se que o tenciômetro funciona melhor em condições abaixo da capacidade de campo do solo. Deste modo, pode-se inferir que as curvas de calibração podem ser aplicadas aos sistemas de monitoramento da umidade do solo, uma vez que o objetivo do monitoramento contínuo da umidade do solo é reduzir o desperdício de água. Assim, a faixa de operação do sistema de monitoramento para o uso destes sensores deve estar entre a capacidade de campo e a quantidade mínima de água para as culturas.

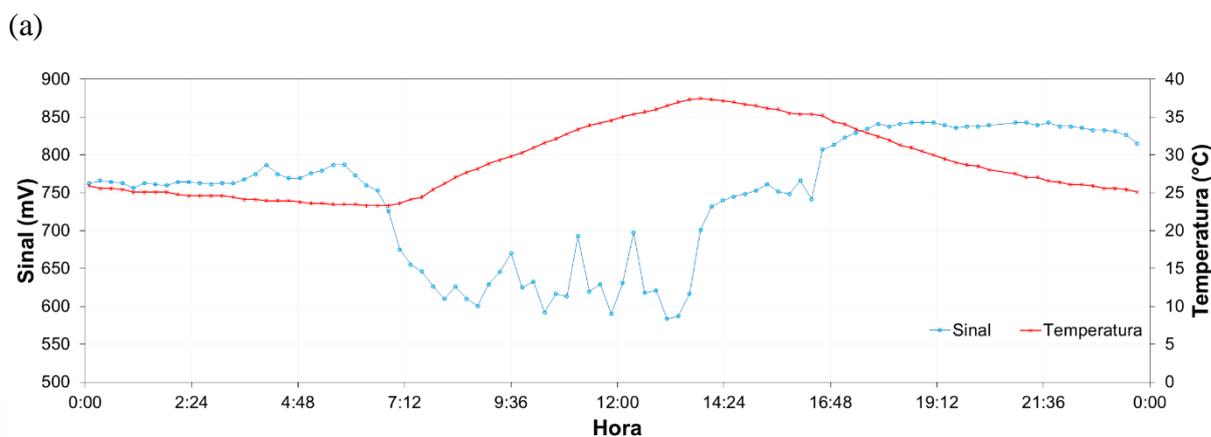
As variações da temperatura podem explicar pequenas oscilações das leituras dos tensiômetros da Figura 5. Segundo Watson & Jackson (1967) as mudanças de pressão registradas pelo transdutor se dão por duas suposições. A primeira é um aumento no volume do espaço disponível ao fluido em decorrência da expansão das paredes do tubo, que resulta na diminuição da pressão interna em relação à pressão atmosférica. A segunda, diz respeito à mudança de temperatura da água. À medida que a temperatura ambiente aumenta, a temperatura

da água se eleva resultando na expansão do fluido, aumento na carga hidráulica e em decorrência disso o aumento de pressão em relação à pressão atmosférica.

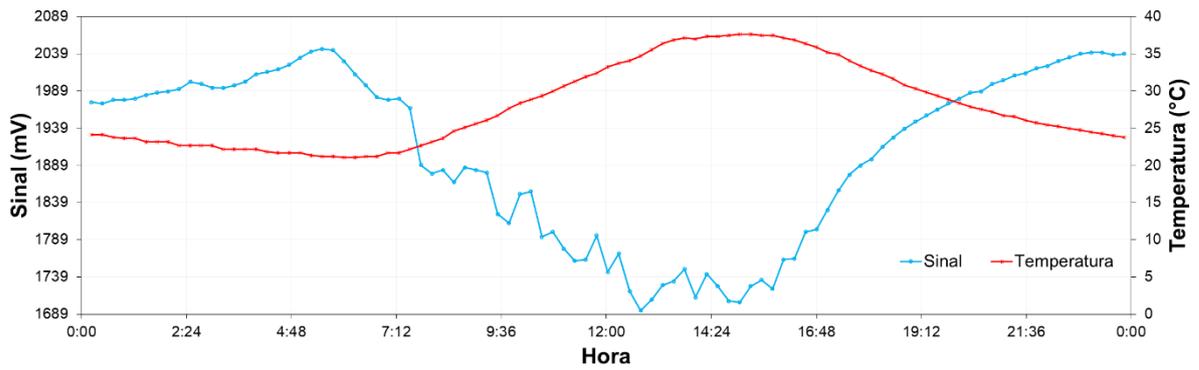
Na Figura 6 estão evidenciadas as variações dos sinais de tensão em decorrência das flutuações da temperatura ao longo do dia. Foram analisadas a influências da temperatura em três estágios da calibração, na qual foram analisados nos dias 1/08/2018, 15/08/2018 e 21/08/2018.

No primeiro estágio (Figura 6 a), observou-se que o intervalo entre 6:00 e 8:00 existe uma diminuição quase que linear nos sinais, já entre 8:00 e 17:00, onde foram registradas as maiores temperaturas do dia ocorreu muitas variações nas leituras apresentando picos de oscilações entre 11:00 e 13:00, isso também foi observado nos demais estágios. No estágio dois (Figura 6 b), as instabilidades nas leituras começaram a ocorrer também as 8:00 e, por volta da 15:30 as oscilações dos sinais foram reduzindo e, conseqüentemente houve um aumentando suave das leituras, sem muitas variações. Na terceira fase (Figura 6 c) observou-se que as variações dos sinais entre 6:00 e 9:30 não apresentaram o mesmo comportamento dos estágios anteriores. Porém, as oscilações entre 9:00 e 15:30 tiveram comportamentos semelhantes a segunda fase. Buchter et al. (1999) relatou em seus estudos problemas de instabilidade nas leituras nos horários entre 10:00 e 18:00 e recomenda que as leituras sejam efetuadas fora deste período.

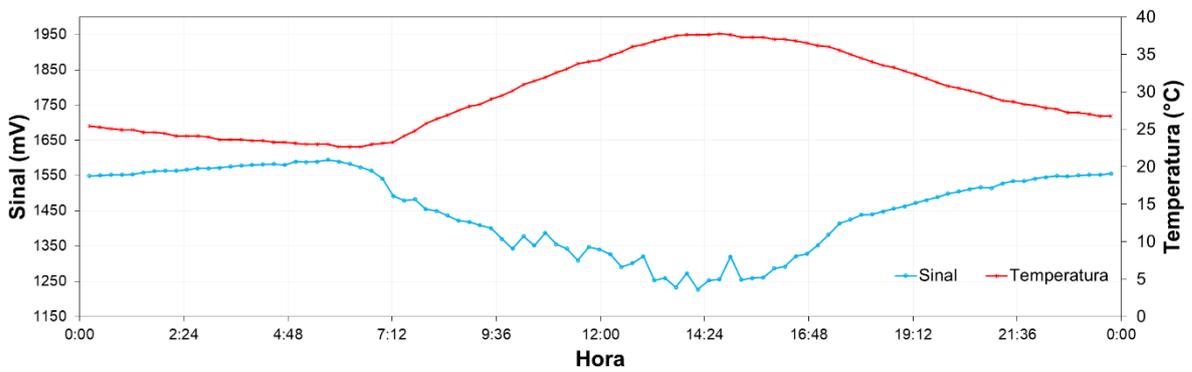
**Figura 6:** Influência da temperatura nas leituras do tensiômetro, (a) dia 1/08/2018, (b) dia 15/08/2018 e (c) 21/08/2018.



(b)

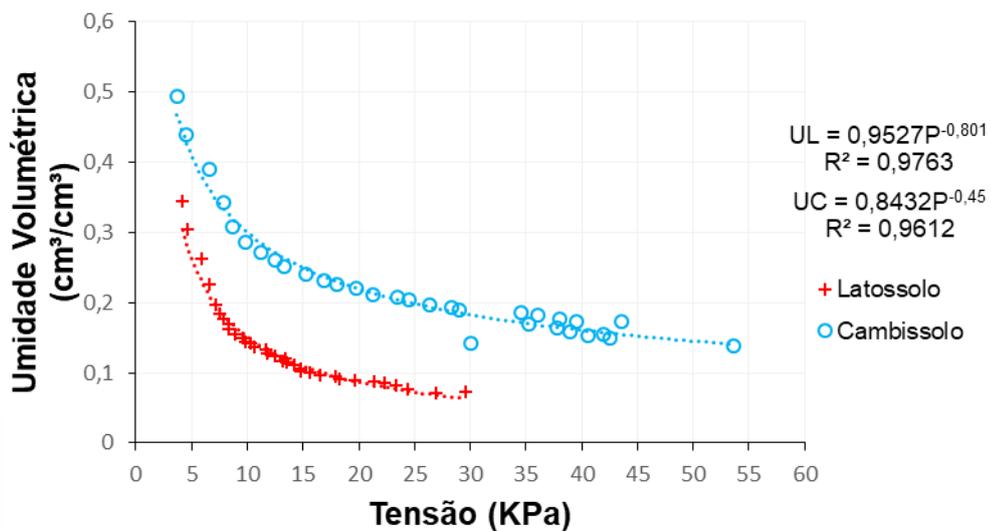


(c)



A correlação entre os dados da umidade volumétrica medidos no período das 17 horas com os sinais provenientes dos sensores no horário de 6 da manhã, indicou pouca influência da temperatura na leitura dos sinais (Figura 7).

**Figura 7:** Curvas de calibração para o manejo de irrigação



Ainda em relação à Figura 7 percebe-se uma grande correlação entre a umidade volumétrica do período de 17 horas e a resposta do sensor. Como os valores de  $R^2$  ficaram próximos de 1, isso mostra que a variação da umidade do solo pode ser determinada pela variação do sinal dos sensores.

Os resultados indicaram que as leituras dos transdutores podem variar muito ao longo do dia, principalmente nos horários mais quentes do dia. No entanto, é recomendado que as leituras para o manejo de irrigação sejam feitas em horários mais frios do dia, por exemplo, nas primeiras horas da manhã onde percebemos que as leituras não variam bruscamente.

## **Conclusões**

Esse trabalho mostrou que é viável a utilização de tecnologias de baixo custo para o monitoramento da umidade dos solos de baixo custo a fim de aumentar a eficiência da utilização da água de irrigação. Tendo em vista que os resultados de obtidos pela EMAD foram bastantes satisfatórios.

É importante ressaltar que a qualidade dos sensores utilizado para a determinação da umidade do solo é muito importante para o bom funcionamento desse sistema. A utilização do sensor de umidade do solo higrômetro, como foi mostrado anteriormente, não é recomendado para mensurar a umidade do solo devido a sua baixa qualidade dos sinais em decorrência da corrosão das sondas. Já o tensiômetro se mostrou eficiente na determinação do teor de água no solo, apresentando um bom ajuste das curvas de calibração para os solos Latossolo e Cambissolo. Assim recomenda-se a utilização do tensiômetro ao invés do sensor de umidade do solo higrômetro.

## **Referências**

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica,001).  
BONOMO, D. Z. et al. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.

BUCHTER, B.; HINZ, C.; WYDLER, H., FLUHLER, H. Evaluation of temperature and by-pass flow sensitivity of tensiometers in field soil. *Geoderma*, Amsterdam, v.87, p. 281-291, jan. 1999.

COELHO, Silvana L.; TEIXEIRA, Adunias dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. in: *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 536-545, set./dez. 2004.

FIGUERÊDO, S. F. et al. Gerenciamento da irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos no cerrado. *Irriga*, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 378-391, 2008.

IDEMA. Perfil do seu município: Angicos. Natal: IDEMA, 2008. 23 p. Disponível em: <[http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio\\_economicos/arquivos/Perfil%202008/Angicos.pdf](http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Perfil%202008/Angicos.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2017.

MCROBERTS, Michael. *Arduino básico* / Michael McRoberts; [tradução Rafael Zanolli]. São Paulo, Novatec, 2011.

MEDEIROS, José F.; GHEYI, Hans R.; COSTA, Andréa R. F. C.; TOMAZ, Halan V. de Q. Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, Hans Raj.; DIAS, Nildo da Silva; LACERDA, Claudivan Feitosa; FILHO, Enéas Gomes. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados*. 2. ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. p. 321-335.

SZILAGYI, Gustavo. *Diagnóstico Ambiental do Processo de Desertificação no município de Lages/RN*. 114 f. Dissertação. UFRN – Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Natal, 2007.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. *Publication in Climatology*, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n.1. 1955.

WATSON, K.K.; JACKSON, R.D. Temperature effects in a tensiometer-pressure transducer system. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, v.31.