



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MOISÉS MEDEIROS DOS SANTOS

**SISTEMA INTELIGENTE DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO AUTO-
MATIZADO DA UMIDADE DO SOLO**

ANGICOS-RN

2018

MOISÉS MEDEIROS DOS SANTOS

**SISTEMA INTELIGENTE DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO AUTO-
MATIZADO DA UMIDADE DO SOLO**

Projeto apresentado ao Conselho de Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito de obtenção do título de Bacharel em ciências e tecnologia

Orientador: Profº. Dr. Osvaldo
Nogueira de Sousa Neto

ANGICOS-RN

2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

S237s Santos, Moises Medeiros dos.
SISTEMA INTELIGENTE DE BAIXO CUSTO PARA MONITORA-
MENTO AUTOMATIZADO DA UMIDADE DO SOLO /
Moises Medeiros dos Santos. - 2018.
F 44. : il.

Orientador: Osvaldo Nogueira de Sousa Neto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Administração,
2018.

1. Agricultura. 2. Arduino. 3. Controle de irri-
gação. I. Sousa Neto, Osvaldo Nogueira de , orient.
II. Título.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

MOISÉS MEDEIROS DOS SANTOS

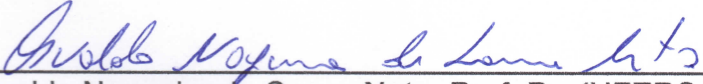
SISTEMA INTELIGENTE DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DA UMIDADE DO SOLO

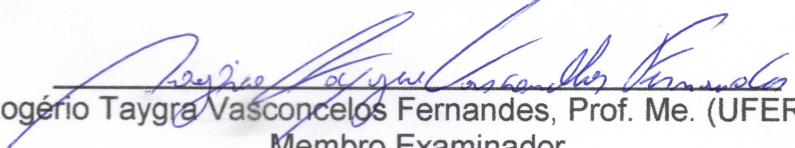
Projeto apresentado ao Conselho de Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito de obtenção do título de Bacharel em ciências e tecnologia

Orientador: Profº. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto

Defendida em: 15 / 09 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Osvaldo Nogueira de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador



Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para não desistir nos momentos mais difíceis dessa jornada, por me fazer acreditar que sempre conseguiria dar mais um passo à frente.

Sou grato por ter nascido num meio familiar na qual sempre acreditaram, até mais do que eu, na minha capacidade mesmo quando meus sonhos pareciam inalcançáveis. Sou grato por ter dois grandes pedagogos dentro de casa, meu Pai Manoel Bernardo (Famoso BEBA) e minha mãe Maria Nazaré que sempre fizeram de tudo para que eu pudesse estudar.

Até meus sete anos de idade ir para à escola e estudar eram as coisas que eu mais odiava e, incrivelmente, consegui reprovar a segunda série do fundamental menor. Quando consegui fazer essa façanha, fui convocado para uma reunião com o conselho pedagógico familiar. Nessa reunião estavam presentes Beba e Nazaré, na qual chegaram com uns métodos de ensino inovador que acabariam de uma vez por toda minha vontade de não estudar.

Lembro-me como se fosse hoje “mainha” foi a primeira a apresentar seu método. Ela levantou-se com uma chinela na mão e falou: “MOISÉS, SE VOCÊ CONTINUAR A DAR TRABALHO, NÃO QUERER ESTUDAR E REPROVAR NOVAMENTE VOU TE DAR UM PISA TÃO GRANDE QUE VOCÊ NÃO VAI CONSEGUIR NEM IMAGINAR!”.

Nunca tinha visto ela falando daquele jeito, fiquei até com medo de apanhar naquela hora, mas me livrei naquele dia. Para encerrar a reunião com chave de ouro “painho” se aproximou de mim e falou: “A partir de hoje vou começar a levar você para trabalhar comigo no sítio para você ver qual vai ser o seu futuro se não estudar”.

Comecei a ir para o sítio no dia seguinte. Nos primeiros dias não achava muito ruim, mas quando passei mais de um mês carregando ração de um lado para o outro e dando comida aos animais eu não aguentei e falei: “Painho descobri o que eu quero... nasci para ser engenheiro e não para trabalhar no sítio”. Mas mesmo assim, ele continuou a me levar para o sítio até o dia em que sai de casa e fui estudar em Angicos.

Agradeço imensamente o que vocês fizeram por mim, se não tivessem feito isso acho que não estaria onde estou hoje!

Agradeço aos meus irmãos Bruno, Adriana, Alexandre e minha a cópia Mateus, por terem me ajudado e me incentivado seguir meus sonhos e acreditar mais em mim. Agradeço a Bruno também por ter me dado uma moto de presente no momento em que estava mais precisando e por ter se disponibilizado sempre para ir me deixar em angicos. Não poderia deixar de agradecer a tia Cida por ter feito entender que estudar e ir para a escola era divertido e que eu poderia ganhar o mundo através dos estudos.

Este parágrafo é dedicado ao meu grande amigo Daniel, que desde os meus quinze anos vem me ajudando a tornar uma pessoa melhor a cada dia e por ter sempre abdicado do seu tempo me ouvir quando os problemas da vida chegavam. Por ter abdicado de muitos sábados para me dar aulas de redação, por sempre se disponibilizar para corrigir meus trabalhos.

Não poderia deixar de agradecer aos amigos companheiros de casa e aqueles que se dispuseram a me ajudar com a pesquisa quando precisei deles. A Sergio, Allan, Francis, Caio, Pedro, Kalliane, Ytalo, Israel e Nildo muito obrigado por me ajudarem a concluir este trabalho muito importante, tanto para mim quanto para a sociedade.

Agradeço aos professores Nildo Dias e José Francismar, por ter fornecido os recursos para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também ao meu amigo e orientador Osvaldo Nogueira por ter me dado a oportunidade de ser seu bolsista de IC e de trabalhar contigo desde o meu segundo período.

Por fim agradeço a UFRSA Campus Angicos por todo o apoio e por todas as oportunidades oferecidas durante a Graduação em Ciência e Tecnologia.

*“As pessoas que são loucas o suficiente
para achar que podem mudar o mundo
são as que, de fato, mudam”*

Steve Jobs

RESUMO

É muito frequente encontrar em áreas de grande produção agrícola e, principalmente de pequenos irrigantes a pratica 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. Com R\$192,00 foi desenvolvido a primeira versão do sistema de monitoramento inteligente. O sistema é composto por duas estações na qual a estação de coleta de dados (ECD) é responsável por obter os parâmetros da umidade aparente do solo usando sensores e transmiti-la para estação central de processamento de dados (ECPD) que recebe os dados provenientes das culturas e os envia para um banco de dados na internet. As curvas geradas, utilizando o modelo potencial, a partir da calibração dos sensores foram satisfatórios, 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.

ABSTRACT

It's very common to find irrigation practice in areas of large agricultural production, and especially of small irrigators, without the adoption of any criterion for the management of the amount of water applied. In many cases, the issues and aspects related to the soil, plant, atmosphere, as well as the skills and potentials of the irrigation system adopted in many cases not checked for any monitoring system for soil moisture. Considering the need for accessible technologies to assist the management of irrigation in the various irrigated systems, the present work developed a prototype using low cost technologies capable of monitoring soil moisture. Significantly benefiting the qualification of the irrigated production system, seeing, the viability of application in irrigation management. The first version of the intelligent monitoring system was developed with \$ 46.96. The system consists of two stations in which the data collection station (ECD) is responsible for obtaining the soil moisture parameters using sensors and transmitting it to the central data processing station (ECPD) which receives the data from and sends them to a database on the internet. The curves generated, using the potential model, from the calibration of the senses were satisfactory, presenting a good fit when the trend line coincides with the readings performed after the period when the soils reached the field capacity. The use of the system is recommended in the range between field capacity and minimum water conditions for crop survival.

Keywords: Agriculture, Arduino, Irrigation control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Utilização de transdutores de pressão acoplados à tensiômetros para manejo da irrigação.....	19
Figura 2: Imagem do sensor umidade do solo higrômetro	20
Figura 3: Sistema de aquisição de dados (Estação coletora)	23
Figura 4: Detalhe da estação de monitoramento e transmissão de dados.....	23
Figura 5: Desenho esquemático do sistema de monitoramento da umidade do solo.....	26
Figura 6: Detalhe da estação central de processamento de dados (ECPD) montada na PCB.....	27
Figura 7: Detalhe da estação de coleta de dados (ECD) montada na PCB	27
Figura 8: Detalhe da estação de calibração	28
Figura 9: Detalhe do processo de saturação dos solos.....	31
Figura 10: Detalhe do processo após a saturação dos solos.	32
Figura 11: Detalhe do sensor umidade do solo higrômetro após quinze dias de teste	33
Figura 12: Curvas de calibração das amostras dos solos.	34
Figura 13: Influência da temperatura nas leituras do tensiômetro, (a) dia 1/08/2018, (b) dia 15/08/2018 e (c) 21/08/2018.	36
Figura 14: Curvas de calibração para o manejo de irrigação	37
Figura 15: Variação da pressão ao longo da calibração	38
Figura 16: Disposição dos vasos e posição da balança.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DIBA	Distrito Irrigado Baixo Assú
ECD	Estação de Coleta de Dados
ECPD	Estação Central de Processamento de Dados
EMAD	Estação de Monitoramento e Armazenamento de Dados
FDR	Reflectometria no Domínio da Frequência
IP	Protocolo de internet
IoT	Internet das Coisas
PCB	Placa de Circuito Impresso
RF	Radio Frequência
TDR	Reflectometria no Domínio do Tempo
TNT	Trinitrotolueno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 UMIDADE DO SOLO	16
3.2 MÉTODOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO	16
3.2.1 Gravimétrico	16
3.2.3 Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR)	17
3.2.4 Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR)	18
3.2.5 Tensiômetro	18
3.2.6 Sensor umidade do solo higrômetro	20
3.4. MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 LOCAL E DESCRIÇÃO DA PESQUISA	22
4.2 DESENVOLVIMENTO DAS ESTAÇÕES DE AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS	22
4.2.1 Idealização do sistema	22
4.2.2 Prototipagem	24
4.4. DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO DE CALIBRAGEM DOS SENSORES	27
4.5. CALIBRAÇÃO DOS SENSORES	29
4.5.1 Coleta e caracterização do solo	29
4.5.2 Processo de calibração	30
4.5.3 Instalação e calibração dos sensores	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 SISTEMA DE MONITORAMENTO	32
5.2 ANÁLISES DA CALIBRAÇÃO DOS SENSORES	33
5.2.1 Curvas de calibração	33
5.3 MANEJO	37
5.4 FALHAS OCORRIDAS DURANTE O PROCESSO DE CALIBRAÇÃO	38
6 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICE	43

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, o homem vai se desenvolvendo e, junto com ele, a necessidade de transformação do contexto aonde 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 pratica 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 pratica 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 Figuéredo 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 modifica-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.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver um sistema inteligente de baixo custo capaz de mensurar em tempo real a umidade dos solos tendo em vista o uso racional da água em áreas irrigadas.

2.2 ESPECÍFICOS

- Calibrar o tenciometro e o sensor umidade do solo higrômetro utilizando Arduino

- Verificar a operacionalização do monitoramento remoto da umidade do solo a partir da integração entre o Arduino e Dispositivo de conexão com a Internet (WIFI ESP2866) e Dispositivo de rádiotransmissão (NRF24L01);

- Desenvolver e montar um sistema capaz de mensurar a umidade do solo utilizando como ferramenta de prototipagem o Arduino

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 UMIDADE DO SOLO

O estudo do teor de umidade do solo é de suma importância para a agricultura porque influencia diretamente no desenvolvimento das culturas agrícolas. Em áreas de cultivos agrícola, a quantidade de água no solo disponível para as plantas está diretamente interligada com a capacidade do solo em reter água. Assim, para um bom desenvolvimento das culturas é necessário conhecer as condições hídricas do solo de forma que a água retida no solo seja capaz de suprir a demanda de água que uma cultura necessita para se desenvolver.

Segundo Testezlaf (2017) os meios de aplicação artificial de água no solo têm como finalidade disponibilizar água a fim de suprir as necessidades hídricas das plantas possibilitando o seu melhor desenvolvimento e visando a produção ideal para o seu usuário.

Nesse sentido, torna-se necessário o conhecimento dos diferentes métodos de monitoramento da umidade no solo a fim de que se possa desenvolver e aplicar tecnologias de baixo custo, de fácil operacionalização e que auxiliem no manejo racional da irrigação nos mais diversos sistemas de produção.

3.2 MÉTODOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

3.2.1 Gravimétrico

O método de secagem em estufa é uma das técnicas mais utilizadas dentre os procedimentos gravimétrico para a medição do teor de umidade do solo e serve de modelo padrão para a calibração de outras técnicas de determinação umidade do solo. Esse método consiste em recolher amostras do solo úmido e determinar a diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra após um período mínimo de 24h em uma estufa, a uma temperatura constante de 105°C, fazendo com que a água contida na amostra, seja evaporada por completo (PARIVA et al., 2012). A quantidade de água em uma amostra de solo pode ser calculada e expressa como uma porcentagem do peso do solo seco utilizando a Equação 1.

$$U = \left(\frac{Au - As}{As} \right) \cdot 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: U é o teor de umidade do solo em porcentagem, Au é a massa da amostra úmida e As é a massa da amostra seca (EMBRAPA, 1997).

Muitos métodos para a determinação do conteúdo volumétrico foram desenvolvidos ao longo da história. Dentre eles, o método gravimétrico é denominado o padrão, porém, é demorado, destrutivo e impede a repetição da amostragem no mesmo local.

3.2.3 Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR)

A princípio, a tecnologia TDR (Time Domain Reflectometry) é muito utilizada pela indústria de telecomunicações na identificação de falhas em cabos. Basicamente o funcionamento do sistema para detecção de falhas em cabos se dá pela emissão de um sinal eletromagnético em um ponto do cabo, juntamente, em outro ponto, existe uma reflexão típica desse sinal. Usando a análise de percurso de tempo o operador pode detectar defeitos no cabo avaliando o tempo com base no comprimento eletromagnético da sonda que é caracterizado na tela de saída do TDR por diagnóstico de mudanças da onda (Scott et. al., 2002).

Utilizando o mesmo princípio do testador de cabos, podemos determinar o teor de umidade do solo tomando como amostra de teste o solo. O equipamento TDR funciona emitindo um pulso eletromagnético de alta frequência no solo por sondas em forma de haste. O pulso ao chegar ao final da haste é refletido de volta ao TDR onde ele com base na velocidade de propagação do pulso pelo solo determina a constante dielétrica do solo (Santos et. al., 2009). Segundo (Topp et. al., 1984) o principal fator para a mudança da constante dielétrica do solo é a água na forma líquida. Assim, a aplicação da ferramenta TDR é utilizada para medir o teor de água no solo.

3.2.4 Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR)

A técnica de reflectometria no domínio da frequência ou Frequency-Domain Reflectometry (FDR) é bastante semelhante ao TDR, porém o teor de umidade do solo é estimado tomando como base a variação da frequência dos sinais em relação às propriedades dielétricas do solo (Robock et. al.,2000).

Fazendo analogia com a capacitância de um capacitor, o solo na técnica FDR, é usado como um dielétrico onde a variação de sua capacitância depende da quantidade de água no solo. Hastes ou placas de metal são embutidas no solo e conectados a um oscilador formado por um circuito elétrico onde a umidade do solo pode ser detectada por mudanças na frequência de operação do circuito. Essas mudanças compõem a base da técnica de Domínio de Frequência (FD) (Carpena,2005).

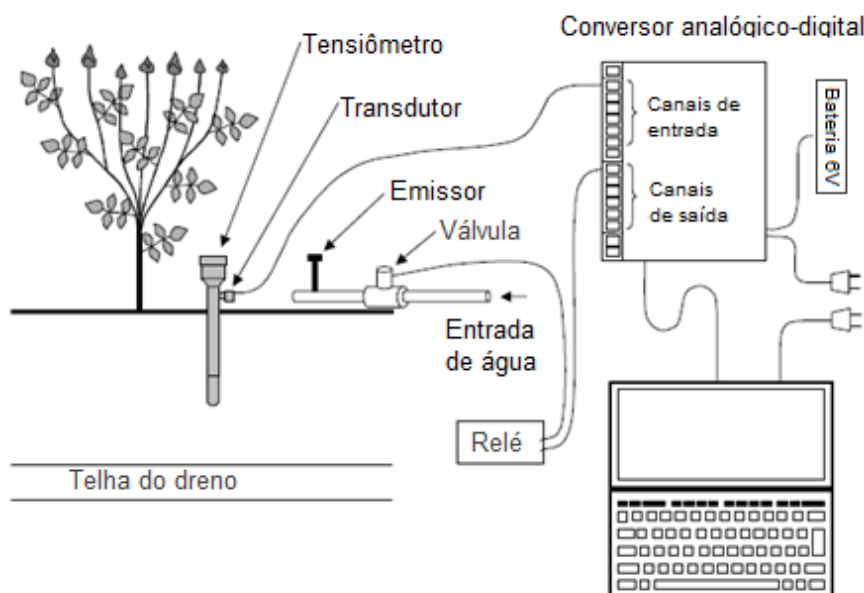
3.2.5 Tensiômetro

O tensiômetro é um dispositivo que mede a tensão com que a água é retida no solo. O tensiômetro é constituído de um tubo, onde existe em sua extremidade inferior, uma cápsula porosa de cerâmica e na sua outra extremidade contém um dispositivo capaz de medir pressão negativa. A cápsula porosa em contato com o solo permite que a água, contida no tubo, consiga mover-se em direção ao solo, e vice e versa, seguindo um gradiente de potencial.

Dessa forma, a medida que a água flui do tensiômetro para o solo, desenvolve-se na extremidade superior um vácuo onde é registrado a tensão de retenção da água no solo. Caso o solo seja umedecido novamente a água retorna ao tensiômetro através cápsula porosa, reduzindo o vácuo dentro do tensiômetro.

O tensiômetro (figura 1) é empregado na agricultura para determinar a energia com que a água está retida na matriz do solo. Segundo Azevedo et. al., (1999), a tensão que está sendo imposta para que a água permaneça no solo está diretamente ligada ao teor de água contido no mesmo. Ou seja, quanto mais água estiver no solo mais fácil será retirar água dele, pois, a tensão de retenção é menor e vice-versa.

Figura 1: Utilização de transdutores de pressão acoplados à tensiômetros para manejo da irrigação.



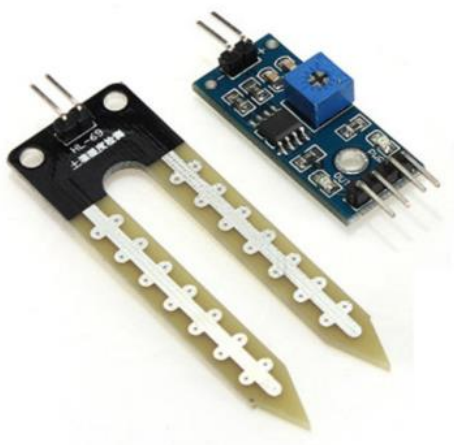
Fonte: Adaptado de Lorence et al., (2001).

Existem diferentes métodos para medir o vácuo gerado no tensiômetro, o qual pode ser realizado manualmente utilizando-se de vacuômetros, manômetros de mercúrio ou de forma automatizada utilizando dispositivos eletrônicos. É comum acoplar aos tensiômetros transdutores de pressão modelo MPX5100DP, pois funcionam numa faixa de 0 a 100 KPa com autocompensação de temperatura entre 0 e 85°C. O MPX5100DP é muito utilizado porque sua capacidade de medição está na faixa de interesse para a atividade agrícola comercial. Segundo Brito et al. (2009) a faixa de 0 a -100 KPa é onde a densidade de fluxo da solução no solo é apreciável para a maioria dos solos cultivados.

3.2.6 Sensor umidade do solo higrômetro

O sensor de umidade do solo Higrômetro (figura 2), como é encontrado no comercialmente, é um componente utilizado para medir a capacidade que o solo tem em conduzir eletricidade, possui uma sonda com duas hastes a qual uma tem a função de emitir uma corrente que ao entrar em contato com solo encontra uma resistência no percurso entre uma haste e outra. O sinal varia de acordo com a quantidade de água que se encontra o solo, ou seja, quanto mais água estiver no solo menos resistência a corrente elétrica será submetida.

Figura 2: Imagem do sensor umidade do solo higrômetro



Fonte: Filipeflop

Esse sensor é composto por duas partes sendo elas uma sonda e a outro módulo contendo um chip comparador LM393 que faz a leituras provenientes da sonda e transfere esses sinais para o Arduino. Os sinais podem ser emitidos para o Arduino na forma digital, que fica em nível 0 ou 1 de acordo com a umidade do solo ou na forma analógica que faria de 0 a 1023 bits, sendo este o mais preciso para medir variações.

3.3 PLACA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO UNO

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software de fácil utilização. McRoberts (2011), fala que a maior vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de prototipagem é a facilidade de sua utilização mesmos pessoas leigas e que não são da área técnica podem aprender o básico e criar seus próprios projetos rapidamente.

A placa Arduino UNO é constituída por um microcontrolador ATMEL ATMEGA328, com 28 pinos, sendo que 23 podem ser utilizados como I/O. Destes 23, 14 são portas digitais (6 com saída PWM), operando a 5V, onde cada pino pode fornecer no máximo 40mA e 6 entradas analógicas com resolução de 10 bits cada. Por padrão, a referência do conversor analógico/digital é 5V. Ou seja, quando a entrada estiver em 5V o valor da conversão será de 1023

Para se programar a placa Arduino é necessário utilizar a IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino para escrever o código logico com o conjunto de instruções e passo a passo que o Arduino precisa executar. A linguagem de programação do IDE é a linguagem C++ modificada considerada de alto nível por ser intuitiva e de fácil compreensão.

3.4. MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO

O teor de água no solo é um parâmetro muito importante quando se trata de uso eficiente da água, pois, esse parâmetro é influenciado constantemente pelas chuvas, irrigação, drenagem ou evaporação. Dessa forma, sabendo-se o conteúdo de água no solo, sua dinâmica temporal e espacial torna-se uma ferramenta importante para o uso eficiente da água na agricultura (Souza et. al.,2016).

O monitoramento da umidade do solo é o processo que utiliza ferramentas de medição que estima a quantidade de água contida no solo. Essas ferramentas podem ser manuais, necessitando de um técnico para realizar a medição ou podem ser métodos que utilizam tecnologias mais avançadas, possibilitando o monitoramento de forma pratica e fácil.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL E DESCRIÇÃO DA PESQUISA

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 (Moraes 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.

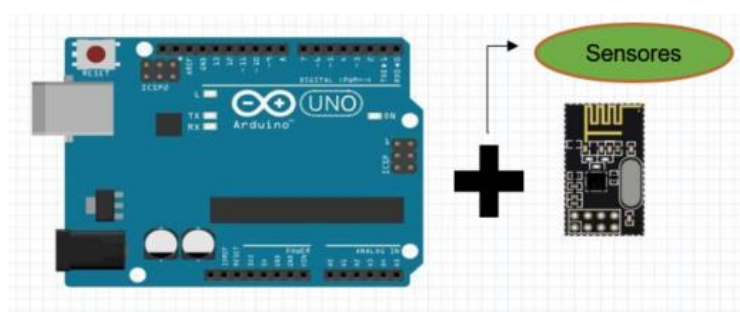
4.2 DESENVOLVIMENTO DAS ESTAÇÕES DE AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS

4.2.1 Idealização do sistema

O sistema foi idealizado para funcionar em duas partes: uma estação coletora de dados (ECD), para obter parâmetros de umidade do solo e uma estação central de processamento de dados (ECPD), para fazer a comunicação das informações de umidade do solo com a internet. A estação ECD é composta por um Arduino Uno que foi utilizado para receber as leituras dos sensores instalados nos vasos conten-

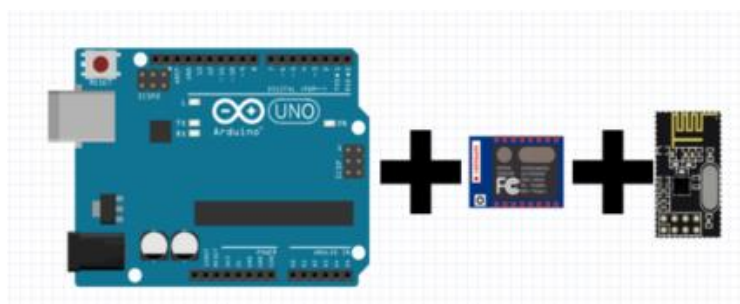
do as amostras de solo do perímetro irrigado Baixo Açu, e uma antena de rádio transmissão (NRF24L01) para enviar os dados das amostras para a estação de monitoramento (Figura 3). A ECPD, composta por: uma antena de rádio transmissão (NRF24L01) para receber os valores de umidade do solo enviados pela ECD, um Arduino Uno para processar os dados recebidos através da antena de rádio e um módulo WIFI ESP2866 conectado à internet para possibilitar a transmissão dos dados para a internet (Figura 4).

Figura 3: Sistema de aquisição de dados (Estação coletora)



Fonte: Autoria própria

Figura 4: Detalhe da estação de monitoramento e transmissão de dados.



Fonte: Autoria própria

A ECPD foi conectada a uma rede doméstica local para verificar a comunicação da estação com a internet, na qual os dados eram visualizados acessando o IP local em que o módulo WiFi ESP8266 estava conectado. Posteriormente a isso foi testada a primeira versão do sistema de monitoramento da umidade do solo (ECD + ECPDP) em uma residência próximo a UFERSA-campus Angicos para testar as co-

municações entre as estações e a visualização dos dados na internet. A ECD com os sensores de umidade do solo foi instalada em vasos com plantas e a ECPD foi instalada em um local da residência com disponibilidade de internet. Para testes, a ECPD foi conectada ao banco de dados da plataforma Thingspeak, onde os parâmetros de umidade dos solos eram enviados e visualizados virtualmente utilizando a ferramenta gráfica fornecida pela Thingspeak. A Thingspeak é uma plataforma destinada a oferecer vários serviços para a criação de aplicativos IoT (Internet of Things). Esta também fornece recursos de coleta de dados em tempo real, visualização gráfica dos dados coletados, dentre outras funções.

4.2.2 Prototipagem

O início da prototipagem foi embasado principalmente na busca de componentes com baixo custo de aquisição ao qual fosse possível a implementação do mesmo no projeto de monitoramento da umidade do solo. As buscas dos componentes se concentraram em duas áreas: a de transmissão de dados de uma estação para outra e a conexão da estação receptora com a internet. Os critérios de avaliação de escolha foram o preço do componente e sua viabilidade. Para o envio de dados entre as estações a transmissão de rádio foi a mais citada entre os especialistas de arduino, por apresentar um maior alcance de transmissão. Foram avaliados os módulos nrf24l01, XBee, nRF24L01 + PA + LNA com Transceiver de Antena 2.4GHz e o 433 Mhz RF. Na Tabela 3 no apêndice são exibidos os preços de aquisição de cada componente, seus respectivos alcances e seu custo-benefício.

O valor do custo-benefício é o preço do produto sobre o alcance de transmissão. Pode-se perceber que dentre os módulos de rádio o que mais se destacou em termos de custo benéfico foi nRF24L01 Antena 2.4GHz, pois esse módulo consegue transmitir dados a uma longa distância a um preço razoavelmente baixo comparado com os demais.

Na parte de escolha do módulo arduino para conexão com a internet foram avaliados: o Shield Ethernet W5100, o Módulo ethernet ENC28J60 e o Módulo ESP8266 WiFi. Os critérios de avaliação de escolha foram o preço e o meio de conexão com a rede de internet, pois tendo em vista os requisitos de que o sistema deve ter conexão com a internet, logo o meio de conexão deve ser levado em conta

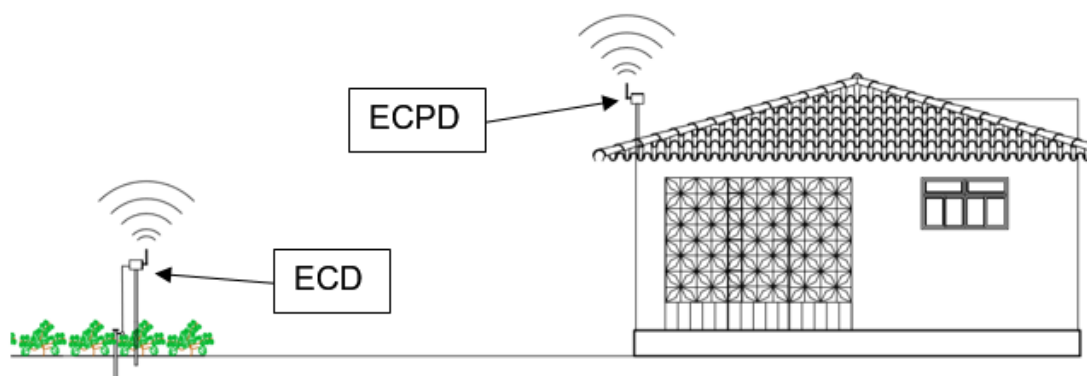
pela facilidade de instalação. Na Tabela 4 no apêndice estão os valores de cada componente e suas respectivas formas de conexões com a internet.

Verificou-se que os módulos Shiled Wiznet 5100 e ethernet ENC28J60 necessitam de cabos de internet Lan para que possam realizar a comunicação com a internet. Isso pode ocasionar um problema, pois, dependendo do local onde foi instalado a ECPD poderá ocorrer indisponibilidade do sinal internet via cabo lan, o que viria a comprometer a comunicação do sistema. Tendo em vista a possibilidade desse problema e o custo desses módulos, optou-se por utilizar o módulo ESP8266. Este último possui comunicação com a internet via sinal wi-fi, além disso, é fácil de operacionalizar e apresenta um custo de aquisição bem menor que o Módulo Shiled Wiznet 5100 e Módulo ethernet ENC28J60.

Com os componentes escolhido, as ações se concentraram na pesquisa e no embasamento teórico seguidos de ensaios práticos, com o intuito de desenvolver os algoritmos, bem como a determinação do layout da disposição dos componentes do sistema. O algoritmo desenvolvido buscou proporcionar ao sistema uma interação lógica e sistemática entre os periféricos e o núcleo de processamento (microcontrolador).

Nessa fase da pesquisa as ações também se concentraram no desenvolvimento dos protótipos iniciais das estações de coleta e processamento dos dados. Foi desenvolvida a Estação Central de Processamento de Dados (ECPD), e esta por sua vez, é responsável por receber os dados de umidade do solo e compartilhar com a internet. Já a Estação de Coleta de Dados (ECD) tem a função de medir a umidade do solo e transmiti-la para a estação central de processamento de dados. Os componentes da ECPD consistem num Arduino UNO, um módulo WIFI ESP8266 e uma antena de rádio transmissão (NRF24L01). A ECD foi equipada com uma antena de rádio transmissão (NRF24L01) para que esta permita a transmissão dos dados de umidade do solo em tempo real (Figura 5).

Figura 5: Desenho esquemático do sistema de monitoramento da umidade do solo

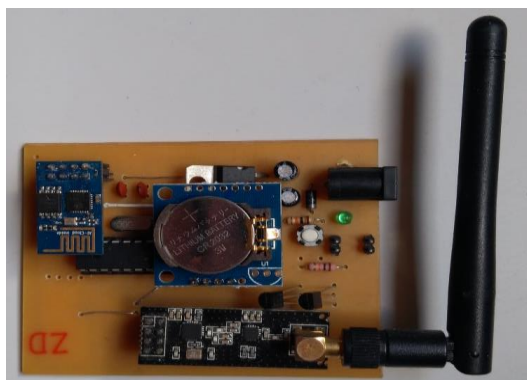


Fonte: Autoria própria

No teste do sistema de monitoramento em protoboard percebeu-se que as conexões entre os módulos de transmissão e o arduino por meio de jumpers estava apresentando mal contato e consequentemente o funcionamento das estações eram prejudicadas. Para resolver esse problema e deixar o sistema mais robusto e confiável, buscou-se ferramentas para auxiliar na redução de custos e na solução desse empecilho. A solução encontrada foi desenvolver placas de circuito impresso para fazer todas as ligações dos módulos com o microcontrolador. A ferramenta Fritzing foi utilizada para fazer a disposição e os trilhos para as conexões dos componentes com o núcleo de processamento. Essa solução além de resolver o problema de mal contato trouxe um benefício junto a ela, pois com a fabricação das estações em placas de circuito impresso conseguiu-se a redução de R\$ 45,20 no valor final dos sistemas, além de tornar seu funcionamento mais confiável. A tabela 5 e a tabela 6 no apêndice mostram o custo entres os dois modelos de sistema de monitoramento.

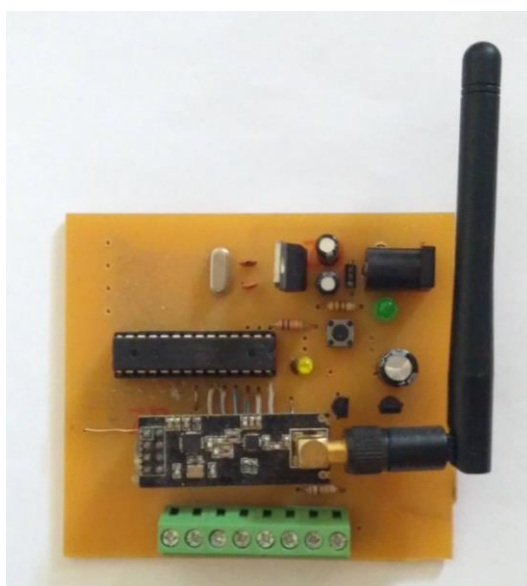
Após a comprovação do bom funcionamento dos protótipos da ECPD e da ECD em protoboard, foram desenvolvidas placas (Figura 6 e 7) de circuito impresso para a montagem das estações, buscando tornar o sistema de monitoramento mais robusto e confiável tendo em vista que um dos maiores problemas encontrados no desenvolvimento de projetos com arduino é o mal contato entre os sensores e o arduino.

Figura 6: Detalhe da estação central de processamento de dados (ECPD) montada na PCB



Fonte: Autoria própria

Figura 7: Detalhe da estação de coleta de dados (ECD) montada na PCB



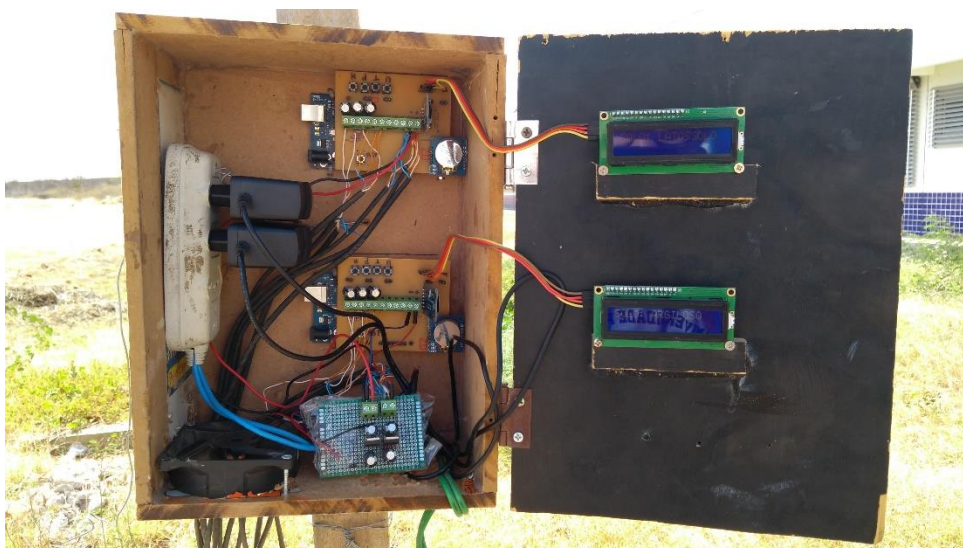
Fonte: Autoria própria

4.4. DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO DE CALIBRAGEM DOS SENSORES

Para a calibração dos sensores foram utilizados dois Arduino Mega para compor a estação de monitoramento e armazenamento de dados (EMAD) (Figura 8). A utilização desse tipo de Arduino surgiu da necessidade de se conectar mais sensores que o Arduino UNO suporta, assim, optou-se pela utilização daquele Arduino

por ter mais portas analógicas disponíveis para conectar os sensores. Essa estação serve somente para a calibração dos sensores, pois ela armazena os dados ao invés de transmiti-los, garantindo não haver perda dos dados durante o processo de calibração. Foram conectados três sensores de temperatura, três de umidade do solo higrômetro e três tensiômetros a cada Arduino Mega, sendo que um Arduino Mega ficou responsável por monitorar os vasos com solo Latossolo e o outro os vasos com solo Cambissolo.

Figura 8: Detalhe da estação de calibração



Fonte: Autoria própria

Cada EMAD é constituída por um Arduino Mega, um módulo de relógio RTC DS 1302, um módulo micro SD, um display e componentes básicos para operação do sistema. Vale salientar que as equações de calibração determinadas por essa estação podem muito bem ser implantadas no Arduino UNO, pois, ambos os Arduinos têm a mesma faixa de operação diferem apenas no número de portas e no tamanho a memória dos microcontroladores, porem o poder de processamento é o mesmo (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação entre os Arduinos UNO e MEGA

Especificações	Arduino UNO	Arduino MEGA
Microcontrolador	Atmega328	Atmega2560
Voltagem de operação	5V	5V
Portas digitais	10	54
Portas analógicas	6	16
Memória flash	32	256
Velocidade do relógio	16 MHz	16 MHz

4.5. CALIBRAÇÃO DOS SENSORES

4.5.1 Coleta e caracterização do solo

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 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 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 Latosso foi classificado como Areia franca e o Cambissolo como Franco Argilo Arenosa através do “Triângulo Textural” de Lemos e Santos, 1996.

Tabela 2: Resultado da caracterização física do solo

Solo	Fração granulométricas (Kg/Kg)					Densidade (Kg/dm ³)		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

4.5.2 Processo de calibração

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 higrometro 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 2/3 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.

4.5.3 Instalação e calibração dos sensores

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 de-

mais sensores para proporcionar 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 EMAD e 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 9).

Figura 9: Detalhe do processo de saturação dos solos.



Fonte: Autoria própria

Após a saturação dos solos, os vasos foram cobertos com um plástico (Figura 10) 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 10: Detalhe do processo após a saturação dos solos.



Fonte: Autoria própria

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 SISTEMA DE MONITORAMENTO

A relação custo benefício é um dos critérios importante para o sucesso desse projeto, o que visa torná-lo robusto e bem acessível para que os pequenos e médios agricultores possam adquiri-lo para auxiliar no manejo racional da irrigação com base na simplicidade da operação e na confiabilidade dos dados de umidade do solo obtidos pelo sistema.

Os resultados foram considerados satisfatórios, visto que o kit do sistema contendo uma ECPD e uma ECD custou R\$192,00 em materiais para a confecção do sistema de monitoramento. Além do baixo custo, testes utilizando a plataforma Thingspeak mostraram que o sistema é robusto, prático e confiável. Pois, não apresentou defeitos enquanto estava transmitindo informações para o banco de dados.

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 hastas feitas de estanho (Figura 11). 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 11: Detalhe do sensor umidade do solo higrômetro após quinze dias de teste



Fonte: Autoria própria

5.2 ANALISES DA CALIBRAÇÃO DOS SENSORES

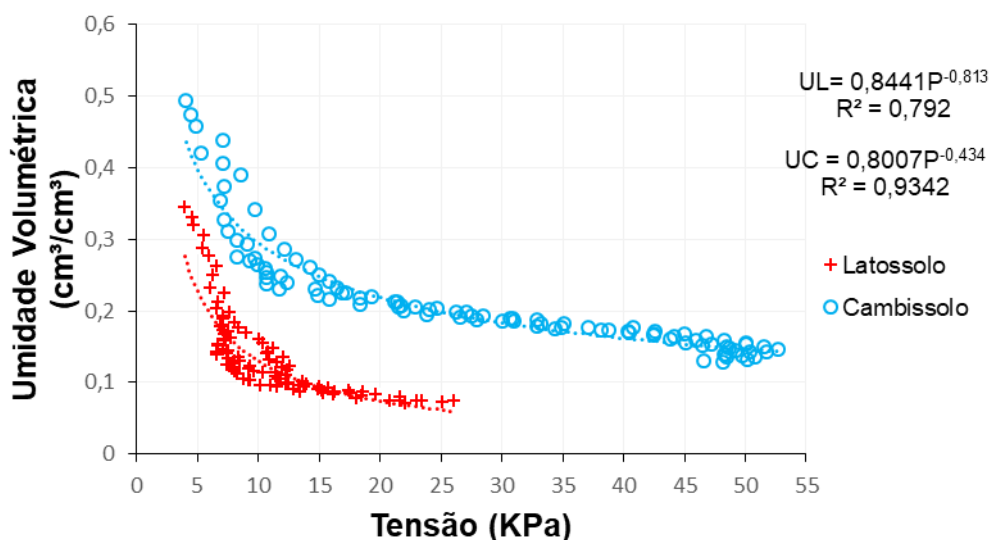
5.2.1 Curvas de calibração

Os resultados que permitiram a determinação da curva de calibração para os dois solos estudados estão na Figura 12, 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 leitura de umidade do solo com os sinais de resposta dos trasdutores de pressão, indicando uma boa precisão do modelo potencial.

Figura 12: 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 lentamente o excesso de água é drenado e a água armazenada no solo se perde mais

Ainda em relação à Figura 12, 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.

5.2.2 Influência da temperatura nas leituras dos sensores

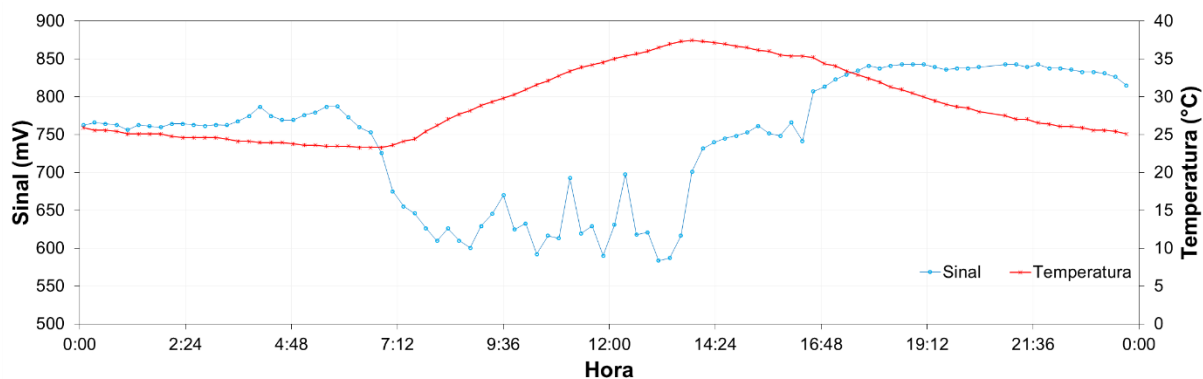
As variações da temperatura podem explicar pequenas oscilações das leituras dos tensiômetros da Figura 12. Segundo Watson & Jackson (1967) as mudanças de pressão registradas pelo transdutor se dão por duas suposições. A primeira é um aumento no volume do espaço disponível ao fluido em decorrência da 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 13 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 os dias 1/08/2018, 15/08/2018 e 21/08/2018.

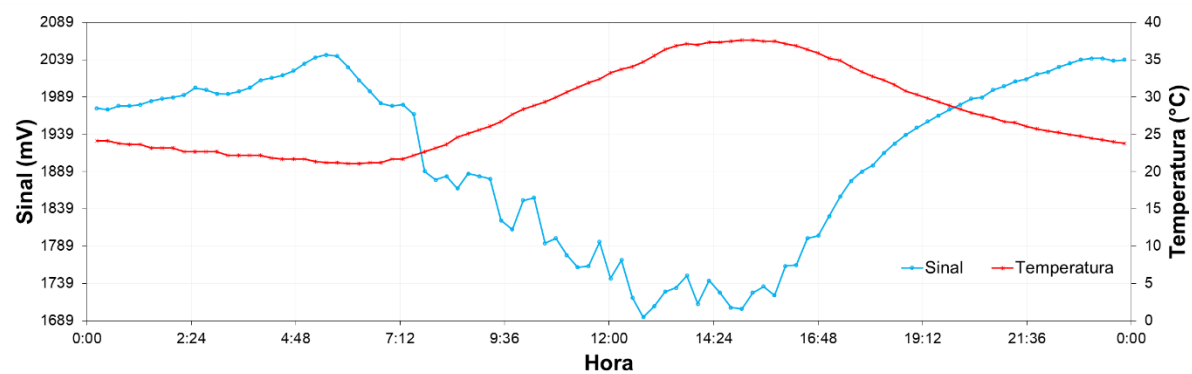
No primeiro estágio (Figura 13 a), observou-se que o intervalo entre 6:00 e 8:00 existe uma diminuição quase linear nos sinais, já entre 8:00 e 17:00, onde foram registradas as maiores temperaturas do dia ocorreu muitas variações nas leituras apresentando picos de oscilações entre 11:00 e 13:00, isso também foi observado nos demais estágios. No estágio dois (Figura 13 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 aumento suave das leituras, sem muitas variações. Na terceira fase (Figura 13 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 13: Influência da temperatura nas leituras do tensiômetro, (a) dia 1/08/2018, (b) dia 15/08/2018 e (c) 21/08/2018.

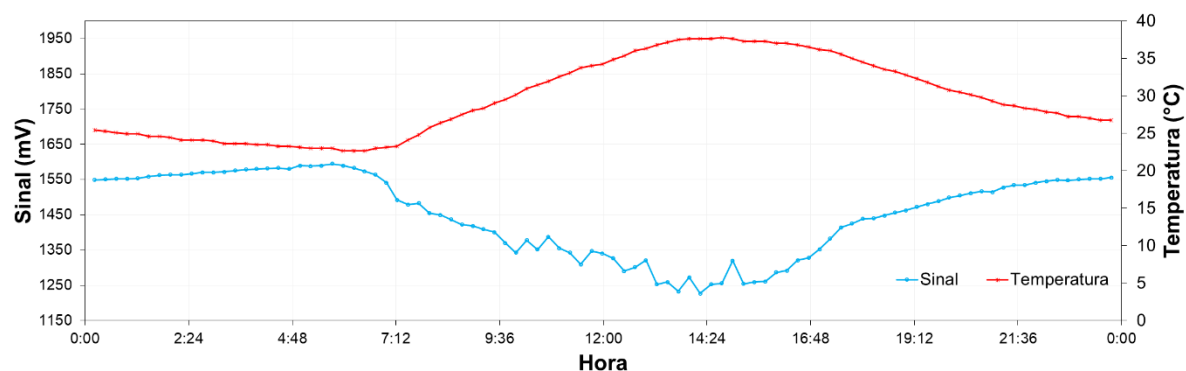
(a)



(b)



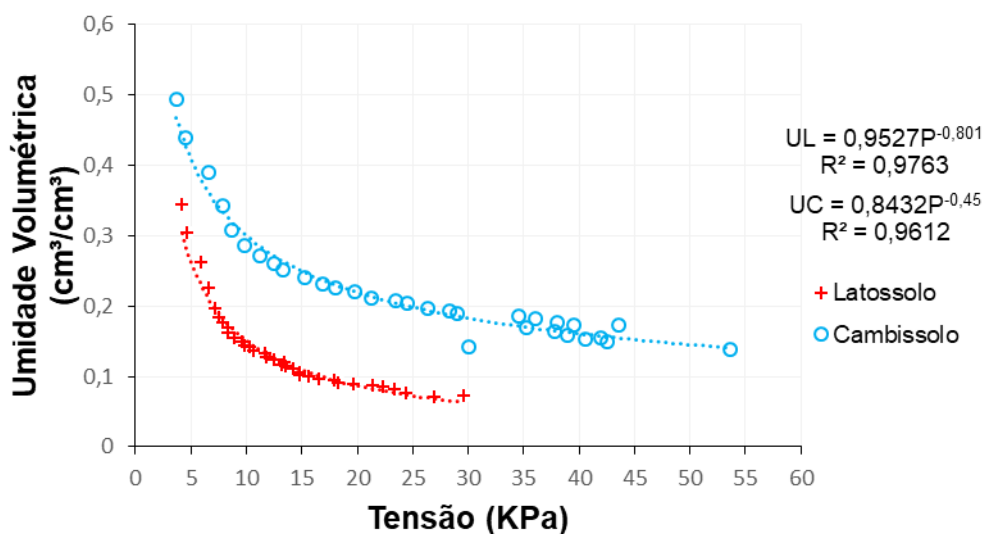
(c)



5.3 MANEJO

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 14).

Figura 14: Curvas de calibração para o manejo de irrigação



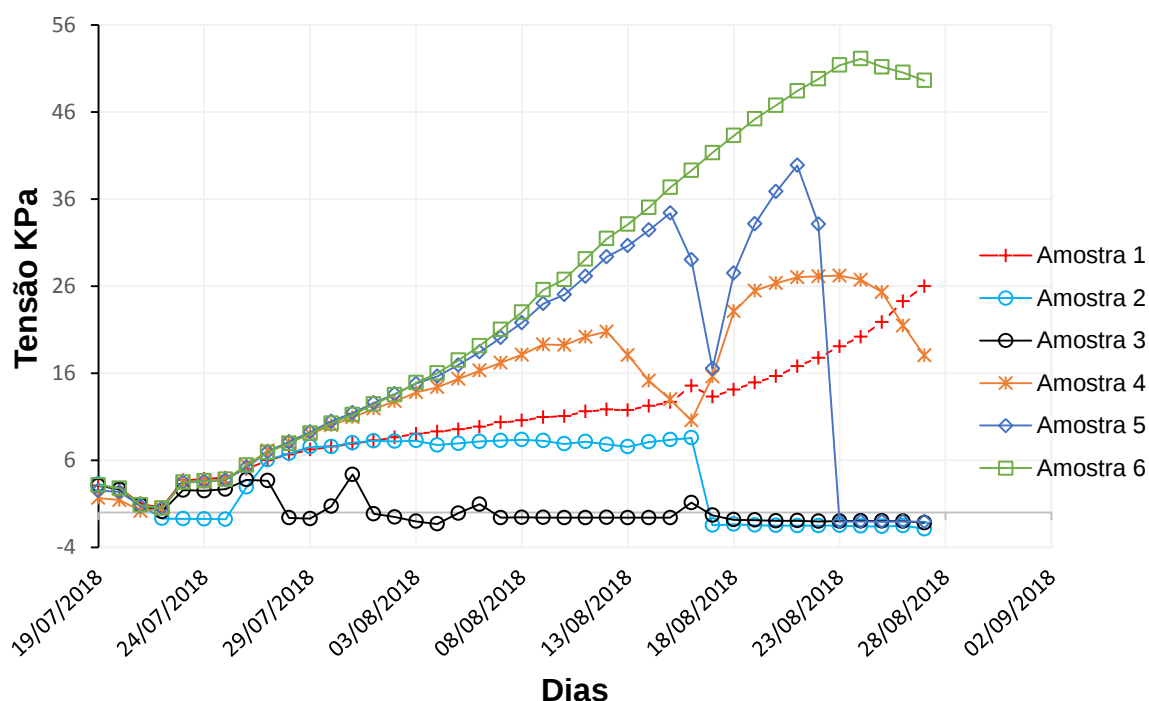
Ainda em relação à Figura 14 percebe-se uma grande correlação entre a umidade volumétrica do período de 17 horas e a resposta do sensor. Como os valores de R^2 ficaram próximos de 1, isso mostra que a variação da umidade do solo pode ser determinada pela variação do sinal dos sensores.

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.

5.4 FALHAS OCORRIDAS DURANTE O PROCESSO DE CALIBRAÇÃO

Problemas durante o processo de calibração são bastante comuns quando se está calibrando tensiômetros, principalmente quando a calibração é feita em vasos com amostras de solo. Pois, é necessário movimentar os vasos de um local para outro para executar a pesagem.

Figura 15: Variação da pressão ao longo da calibração



A Figura 15 mostra a media das presões em cada dia durante o periodo que ocorreu a calibração. Pode-se observar que do periodo do dia 26/07 ao dia 10/08/2018 com exeção da Amostra 3, as leituras foram bastante satisfatorias, havendo uma boa correlação entre os valores da umidade volumetrica das amostras de solo. No periodo do dia 10 em diante, as leituras das amostras 2, 4 e 5 começaram a perder a qualidade das leituras, porém as amostras 1 e 6 continuaram mantendo a sua qualidade nas leituras.

Observou-se que as leituras perderam a qualidade por alguns fatores no manejo de calibração, pois percebeu-se uma leve deformação lateral em decorrência da movimentação dos vasos para a pesagem, que resultaram em rachaduras nas amostras de solo. Essas rachaduras podem ter entrado em contato com a cápsula de cerâmica diminuindo a aderência entre a cápsula e o solo, proporcionando a entrada de ar no tenciometro comprometendo assim a leitura dos sensores. Outro fator que influenciou negativamente na qualidade das leituras das amostras 2, 3, 4 e 5, foi a necessidade de deslocá-las, cerca de 2 m até a balança para realizar a pesagem. Já as amostras 1 e 6 não foi necessário um deslocamento tão grande quanto os demais, isso pode ter sido um fator pelo qual estas amostras terem mantido a qualidade das leituras até o final da calibração. Na figura 16 mostra a disposição dos vasos e o local onde a balança ficava para realizar a pesagem dos vasos.

Figura 16: Disposição dos vasos e posição da balança



Fonte: Autoria própria

6 CONCLUSÕES

É viável a utilização de sistemas inteligente para o monitoramento da umidade dos solos de baixo custo a fim de aumentar a eficiência da utilização da água, de irrigação.

O desenvolvimento do sistema de monitoramento inteligente custou R\$ 192,00 (Apêndice Tabela 4), mostrando-se bastante eficiente na determinação da umidade do solo, além de possibilitar o acompanhamento remoto da umidade do solo em dispositivos com acesso à internet.

Vale 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 BIBLIOGRÁFICAS

- ANIPINDI, KRISHNA. An Introduction to ThingSpeak. 2014. Disponível em: <<https://www.codeproject.com/Articles/845538/An-Introduction-to-ThingSpeak>>. Acesso em: 1 jul. 2018.
- Arduino Uno. [online] (2017) (arduino.cc). Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da. 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.
- BRITO, A. S.; PAULO LEONEL LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n.1, p.17-24, 2009.
- 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 TENSIO-METRO 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>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- Medeiros, J. F. De, Lisboa, R. D. A., Oliveira, M. De, Silva Júnior, M. J. Da & Alves, L. P. (2003). Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 7(3), pp 469–472.

MEDEIROS, José F.; GHEYI, Hans R.; COSTA, Andréa R. F. C.; TOMAZ, Halan V. de Q. Manejo do solo-água-planta 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.

Morais, F.; Melo, J. G. de; Medeiros, J. I. de; Srivastava, N. K.; Diniz Filho, J. B.; Lopes, V. L.; Oliveira, J. A. de; Vasconcelos, M. B. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Avaliação do aquífero Açú na borda sul da bacia Potiguar – Trecho: Upanema-Afonso Bezerra. José Geraldo de Melo, José Ivan de Medeiros, Narendra Kumar Srivastava, José Braz Diniz Filho, Vera Lúcia Lopes, Josimar Alves de Oliveira, Mickaelon Belchior Vasconcelos. Recife: CPRM/FINEP, 2005.

OKI, LORENCE & HEINRICH LIETH, J & TJOSVOLD, STEVE. Irrigation of Rosa hybrida L. 'Kardinal' based on soil moisture tension increases productivity and flower quality. Acta Horticulturae. 547. 10.17660/ActaHortic.2001.547.25.

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.

THORNTON, 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,

APÊNDICE

Tabela 3: Preços e custo-benefício dos componentes

Componente	Preço	Alcance máx. (m)	Custo-benefício
RF 433MHz	R\$ 9,90	200	20,20
nRF24l01	R\$ 8,90	100	11,23
nRF24L01	R\$ 29,90	1000	33,44
XBee S2C ZigBee	R\$ 190,00	1200	6,31

Tabela 4: Preços e tipo de conexão dos componentes

Componente	Preço	Tipo de conexão
Módulo Shield Ethernet W5100	R\$ 53,00	Lan
Módulo ethernet ENC28J60	R\$ 29,90	Lan
Módulo Wifi ESP8266	R\$ 24,90	WiFi

Tabela 5: Os preços dos componentes e o custo do sistema de monitoramento com a placa Arduino UNO

Custo Para a Produção das estações com a placa do Arduino Uno			
Componentes	Quanti.	Valor uni.	Valor composto
Antenas nRf24 com antena externa	2	R\$ 29,90	R\$ 59,80
Módulo ESP8266 WiFi ESP-01	2	R\$ 24,90	R\$ 49,80
Relógio com o módulo RTC DS1307	2	R\$ 13,90	R\$ 27,80
Arduino UNO	2	R\$ 49,90	R\$ 99,80
Total			R\$237,20

Tabela 6: Os preços dos componentes e o custo de do sistema de monitoramento com montado em uma PCB

Custo Para a Produção das estações na PCB			
Componentes	Quant.	Valor uni.	Valor composto
Antenas nRf24 com antena externa	2	R\$ 29,90	R\$ 59,80
Regulador de tensão L7805	2	R\$ 1,28	R\$ 2,56
Capacitores ceramicos 22 pf	4	R\$ 0,05	R\$ 0,20
Ocilador de cristal de 16 MHz	2	R\$ 0,67	R\$ 1,34
Microcontrolador ATmega 328P-PU	2	R\$ 13,52	R\$ 27,04
Resistore de 10 K ohms	8	R\$ 0,13	R\$ 1,04
Capacitor Eletrolítico 10uF	4	R\$ 0,13	R\$ 0,52
Módulo ESP8266 WiFi ESP-01	2	R\$ 24,90	R\$ 49,80
Jack P4 2.1	2	R\$ 0,80	R\$ 1,60
Relógio com o módulo RTC DS1307	2	R\$ 13,90	R\$ 27,80
Placa de Fenolite Virgem 15x15cm	1	R\$ 7,50	R\$ 7,50
Regulador de tensão L78L33	4	R\$ 1,80	R\$ 7,20
Diodo 1N4007	2	R\$ 0,20	R\$ 0,40
Soquete 28 pinos estampado	2	R\$ 0,70	R\$ 1,40
Barra de soquete heder fêmea 40 vias 180 graus	2	R\$ 1,90	R\$ 3,80
Total			R\$ 192,00