

Implantação de sistemas inteligentes de irrigação para a melhoria da produção da agricultura familiar em plantações cultivadas em estufas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Campus Osório

Rua Santos Dumont, 2127 - Bairro Albatroz - Osório

CEP: 95520-000

Estudantes: Cauã Ferraz Jacques

Vitor Emmanuel de Mello Siqueira Bittencourt

Orientador: Josias Neubert Savóis

Coorientador: Roger Gonçalves Urdangarin

Período de desenvolvimento do projeto:

De 01/06/2022 à 31/01/2023

Osório, 11 de setembro de 2022

SUMÁRIO

RESUMO	3
1-INTRODUÇÃO	4
2- OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	7
2.1- Internet das Coisas	7
2.2- Ciência de Contexto	8
2.3- Sistemas inteligentes	8
2.4- Arduino	9
2.5- Raspberry Pi	9
3- DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	11
3.1- Componentes	12
3.2- Protótipo 1	14
3.3- Protótipo 2	15
4- RESULTADOS PARCIAIS DO PROJETO	17
5- CONCLUSÕES	19
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMO

Esta pesquisa surge da necessidade de aprimorar alguns sistemas utilizados na agricultura familiar da região do litoral norte gaúcho, com objetivo de melhorar a produtividade e qualidade das plantações cultivadas por estas famílias e otimizar o tempo de trabalho dos agricultores. Neste sentido, nosso projeto apresenta uma abordagem de sistema ciente de contexto baseado na teoria da Computação Autonômica para realizar o monitoramento, análise, planejamento e execução dos ciclos de irrigação para os cultivos indoor, ou seja, plantações cultivadas em estufas. Através da coleta dos dados em tempo real das condições do ambiente dos cultivos, decisões serão tomadas para a obtenção de uma irrigação inteligente de modo que não haja a necessidade da intervenção humana. Esta coleta de dados será realizada com o auxílio de sensores para leitura da umidade do solo, que serão implantados próximo às raízes das plantas, sensores de temperatura e sensores de monitoramento da umidade do ar. A tomada de decisão ficará a cargo de placas Raspberry pi, Arduíno ou NodeMCU ESP 32 que serão ligadas ao sistema de irrigação convencional, produzindo uma parametrização de umidade que ativará o sistema de irrigação quando a umidade do solo estiver baixa, e desligar o sistema quando a umidade estiver no seu limite máximo, fornecendo água na quantidade exata que a cultura necessita, melhorando assim a produtividade da plantação e evitando desperdícios de água e otimizando a adubação do sistema de fertirrigação, muito utilizado nos cultivos em estufas agrícolas. Dentre os principais objetivos desta pesquisa, além de implantar um sistema de irrigação inteligente e eficiente em plantações cultivadas em estufas agrícolas., aumentando a produção e melhorando a qualidade de vida dos agricultores, podemos afirmar que a ideia de levar a tecnologia de ponta existente na área da computação ao campo, com custo acessível aos agricultores locais, aprimorando a produção da agricultura familiar é um dos fatores que motivam o desenvolvimento deste projeto, pois poderá proporcionar um aproveitamento maior do tempo de trabalho dos agricultores, propiciando maior tempo para o lazer e maior rentabilidade na lavoura, influências significativas no seu bem-estar social. A pesquisa contará com a participação de um docente e um estudante bolsista da área da Computação, um docente da área da Física, um docente da área da Matemática e um técnico agrícola da Emater do município que será campo da pesquisa, possibilitando assim um domínio completo de todos os objetos e ramos da pesquisa, como programação, softwares e hardwares, componentes elétricos e eletrônicos, parametrização de valores e implementação de sistemas de irrigação em estufas agrícolas.

1-INTRODUÇÃO

Em contato com alguns agricultores da região, que têm suas rendas baseadas na produção e comércio através da agricultura familiar, os mesmos relatam que há a necessidade de aprimorar e melhorar a produtividade das lavouras cultivadas em estufas agrícolas, para que seja possível escoar a produção no comércio local com um preço competitivo e com uma lucratividade que dê conta da manutenção das estufas, da cobertura dos investimentos iniciais e que seja fonte de renda suficiente para a manutenção da família na atividade agrícola.

Alguns agricultores relatam que, com o aumento dos preços dos insumos agrícolas, é preciso aproveitar cada vez mais os produtos investidos durante a safra para que seja possível manter uma renda que equilibre o poder aquisitivo de compra das famílias, caso contrário o cultivo de alguns produtos agrícolas ficará inviável, como por exemplo as culturas de tomate e pimentão, que exigem um alto investimento inicial e também durante o manejo. Deste modo, analisando os fatores que influenciam na produção de hortaliças e leguminosas em geral cultivados em estufas agrícolas, além de uma adubação correta via solo e via foliar e do clima e temperatura ambiente, percebeu-se que um fator de alto impacto no manejo das plantações cultivadas indoor é a administração correta da irrigação das plantas, pois tanto o excesso como a falta de água interferem negativamente na quantidade e qualidade da produção agrícola.

Além disso, nas plantações em estufas é comum a utilização de substrato orgânico distribuídos em vasos ou calhas plásticas para realizar a plantação das mudas a serem cultivadas, evitando assim o contato das raízes com o solo, que por sua vez pode estar contaminado e transmitir doenças para as plantas. Neste tipo de manejo, a adubação via solo é aplicada através da diluição dos adubos no sistema de irrigação, conhecido como manejo de por fertirrigação, tornando ainda mais importante o manejo correto da irrigação das plantas, pois a escassez de água pode causar a desnutrição e baixa produtividade da planta, e o excesso de água pode causar o apodrecimento das raízes e o desperdício de adubos.

Alguns agricultores comentam que usam aparelhos chamados timers pré-programados para fazer o acionamento dos motores que irrigam a lavoura nas horas e por períodos pré-determinados, tecnologia esta que auxilia bastante o trabalho visto que este acionamento normalmente era realizado manualmente, ocupando o tempo de uma pessoa em vários momentos do dia. O problema relatado por um dos agricultores é que, mesmo o sistema sendo eficiente na maior parte do tempo em que está ativo, em alguns momentos é necessário o acionamento ou desligamento manual, de acordo com as variações climáticas que ocorrem

ao longo do dia. Como exemplo, o agricultor cita que em dias de calor excessivo é necessário ligar o motor da irrigação de 2 a 3 vezes além das programadas no *timer*, principalmente no intervalo das 11h até por volta das 15h, para evitar que o substrato fique muito seco e venha a causar danos e estresse na planta. Já nos dias chuvosos um nublados, ele afirma que deve desligar o sistema de irrigação, reduzindo em alguns dias em até 80% do tempo total de acionamento do motor naquele dia. Desses diálogos com os agricultores surgiu a ideia de tentar elaborar um sistema de irrigação 100% automatizado e inteligente, ou seja, que seja capaz de se auto programar de acordo com as necessidades instantâneas e particulares de cada espécie cultivada. Neste sentido, no intuito de solucionar o problema descrito acima, propomos com esta pesquisa desenvolver um protótipo de sistema ciente de contexto com foco no monitoramento autônomo do ambiente e irrigação automática dentro das estufas utilizadas para produção agrícola.

A ciência do contexto é o ponto chave para as aplicações deste domínio, devido a mobilidade e as mudanças inesperadas do contexto e preferências do usuário [5,7]. Os principais desafios a serem atacados neste projeto de pesquisa são em primeiro lugar, o gerenciamento de dispositivos embarcados, uma vez que muitos destes são pequenos e com poucos recursos. Em segundo lugar, o tratamento de ambientes dinâmicos nos quais as aplicações rodam, e por fim a definição de um protótipo de sistemas inteligente que torne capaz a irrigação autônoma de baixo custo de ambientes de cultivos agrícolas. Pelo fato do contexto determinar o ambiente onde o sistema irá executar, o tratamento do contexto pode ser usado para a tomada de decisão das funcionalidades do sistema de irrigação sem a supervisão humana. De tal forma que, a aplicação possa ser capaz de ativar ou desativar funcionalidades, as quais sejam sensíveis aos fatores internos e externos.

Alinhado a isto, o objetivo desta estação de monitoramento inteligente será realizar a leitura da temperatura, umidade do solo e umidade do ar entre outras informações capturadas via um conjunto de sensores interligados a placa de processamento Raspberry Pi [11], ou, dependendo da eficiência e andamento da pesquisa, placa Arduíno [1] ou NodeMCU ESP 32 [8]. Os sensores de umidade que serão instalados próximos às extremidades das raízes de algumas plantas que servirão como amostras para testagem, permitirão uma leitura precisa da quantidade exata de água que esta necessita para um bom crescimento e uma boa produção, ativando ou desativando o sistema de irrigação de acordo com a interpretação da leitura de umidade. Para que os resultados obtidos sejam os melhores possíveis, a equipe de execução buscará realizar parcerias com a Emater e a Secretaria da Agricultura do município, a fim de obter informações técnicas sobre o cultivo e manejo de certas culturas cultivadas em estufas.

2- OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O principal objetivo deste projeto é produzir um sistema de irrigação inteligente de baixo custo baseado na ciência do contexto e auto-adaptação de acordo com as informações coletadas no ambiente de modo a automatizar completamente o sistema de irrigação de plantações cultivadas em estufas agrícolas, através do uso de sensores de umidade e microcontroladores como Arduino, NodeMCU ESP 32 e Raspberry Pi, que formaram um conjunto de monitoramento e execução da irrigação de acordo com a necessidade de cada espécie cultivada na estufa. Pretende-se também, com a implantação e aperfeiçoamento deste sistema, melhorar a produtividade das culturas desenvolvidas em sistemas indoor que utilizam substrato orgânico distribuído em vasos e calhas plásticas e levar a tecnologia de ponta existente no mercado com baixo custo para o campo, aprimorando a produção da agricultura familiar. A seguir apresentamos os principais aspectos teóricos das tecnologias a serem trabalhadas durante esta pesquisa.

2.1- Internet das Coisas

O termo IoT (Internet das Coisas) não é novo, já existiram diversas formas de se chamar, tal como: “Internet of Infinite things”, o mundo onde todas as coisas podem se comunicar. Atualmente, há um grande número de entidades físicas interconectadas e integradas no campo da informação trocando dados através de tecnologias de comunicação. Existe entre as pessoas uma percepção geral de que em um futuro próximo as cidades estarão repletas de sensores e atuadores, muitos destes embarcados em “coisas” criando o que se batizou como “mundo inteligente” [7].

O ponto chave é o grau da densidade do sensoriamento e atuação em termos de cobertura. Os estudiosos nesta área acreditam no que chamam ponto de transição, onde a cobertura de hoje irá triplicar ou até mesmo quadruplicar. Por exemplo, muitos edifícios já contam com alguns tipos de sensores que visam promover a economia de energia e também de outros recursos. A automação, especialmente, das casas já é uma tendência. Existem diversas aplicações hospedadas na Nuvem, que estão sob o guarda-chuva da Internet das Coisas. A IoT é a tecnologia disruptiva dos últimos anos, e está alterando nossa forma de pensar e construir sistemas de informação, modificando sobretudo a interação destes com os seres-humanos.

2.2- Ciência de Contexto

O contexto desempenha um papel fundamental para a construção de sistemas cientes de contexto. Dey [5] propõe uma das definições mais usadas na literatura, segundo o qual contexto refere-se a qualquer informação que possa ser útil para caracterizar a situação de uma entidade. A entidade poderá ser tanto uma pessoa quanto um objeto ou ainda uma localização geográfica. Loke [7] comprehende que o contexto e a situação compartilham uma importante relação a qual consiste no fato da informação contextual poder ser agregada o que determinaria uma situação contextual. Neste sentido, a ciência de contexto corresponde a capacidade do sistema em oferecer comportamentos mais adequados às diferentes situações do contexto. Uma aplicação ciente de contexto possui funcionalidades sensíveis ao contexto, mas também pode possuir funcionalidades que não dependam do contexto. Além disso, aplicações cientes de contexto têm diminuída sua necessidade de intervenções humanas.

2.3- Sistemas inteligentes

Devido aos recentes avanços tecnológicos, os sistemas de informação sofreram um considerável acréscimo na complexidade. Uma gama de tomadas de decisão precisam ser disparadas somente após a instalação do sistema no ambiente de produção, forçando que a complexidade da aplicação seja tratada somente em tempo de execução. Mais além, estas aplicações podem estar embarcadas em dispositivos móveis, microcontroladores, sistemas robóticos e nas plataformas da Nuvem. Todas necessitam de meios otimizados para tratar adequadamente ambientes cada vez mais dinâmicos, além de disponibilizar meios de comunicação para interfacear com outros sistemas.

A possibilidade de monitorar o contexto dos sistemas vem transformando cada vez mais a forma como pensamos e projetamos sistemas de software. Funcionalidades que antes raramente podiam ser exploradas por razão de empecilhos antes existentes na plataforma ou na infraestrutura do ambiente de execução tornaram-se viáveis de serem implementadas. O motivo deste novo paradigma disruptivo de construção de sistemas de computadores deve-se ao advento em larga escala das novas tecnologias, em especial os microcontroladores de baixo custo e seus sensores, citamos: Raspberry Pi e o Arduino. A partir disto, surge um novo leque de possibilidades no âmbito das áreas de engenharia de software e ciência de contexto, a última em particular. Com o emprego de tecnologias recentes tornou-se possível obter e monitorar volumes massivos de dados em tempo real, ou ainda, por meio da análise do

histórico de operações realizadas via sistema prever o melhor momento de tomar uma decisão perante a uma nova situação contextual. Tais informações podem ser capturadas através de diferentes sensores de medição de fatores do ambientes tais como: temperatura, pressão atmosférica, umidade do solo, posição geoespacial, nível de água e luminosidade. Com a presença dos sistemas inteligentes e cientes de contexto nos mais variados ambientes de convívios e de trabalho das pessoas, boa parte das atividades tidas como tediosas e massantes desempenhadas diariamente serão migradas para uma inteligência artificial que as executarão durante 24 horas por dia e 7 dias da semanas. Neste intuito, tais inovações reforçam a importância da ciência do contexto como área estratégica no apoio ao projeto de software para resolução de problemas e tomada de decisão do mundo contemporâneo que até então não encontram-se satisfatoriamente satisfeitas. Podemos citar alguns exemplos como as atividades relacionadas às áreas da saúde, segurança e educação. Associado a isto, novos desafios surgem face a este avanço tecnológico, que já ocorre em diversos setores da indústria, movimento conhecido como “Indústria 4.0”.

2.4- Arduino

Arduino é uma placa de prototipagem que, em suma, visa fornecer com baixo custo a possibilidade de desenvolver projetos relacionados à eletrônica, robótica e programação. Importante ressaltar que além do hardware da placa, o qual será detalhado posteriormente, o Arduino faz um conjunto também com Software através do Arduino IDE, programa que permite que sejam enviados à placa os códigos que guiarão seu funcionamento. Contando com diversos pinos para entrada e saída, a placa pode fazer conexão com diversos sensores e atuadores responsáveis por fazer a comunicação com o meio externo, recebendo ou enviando informações, basicamente, o arduino serve de base para a construção de outros sistemas, estruturas e projetos.

Os comandos recebidos e enviados pela placa Arduino são gerenciados por um microcontrolador, o ATmega328 no caso do Arduino Uno, sendo possível encontrar outros em diferentes versões, como o ATmega32U4 no Arduino Leonardo ou o ATmega2560 no caso do Arduino Mega. Além disso, vale ressaltar que os pinos do Arduino podem ser digitais, sendo entradas e saídas de valor binário, ou analógicos, que são capazes de identificar e transmitir valores dentro de um intervalo, isso ocorre através da tensão aplicada sobre eles, no caso da programação, os valores das entradas analógicas podem ir de 0 a 1023.

A alimentação, por sua vez, pode ser feita através da conexão com um computador, feita pela entrada USB, assim como pode também ocorrer alimentação externa pelo conector Jack, embora possa receber por essa conexão tensões entre 6v e 20v, o ideal é que se mantenha entre 7v e 12v, abaixo disso a tensão de funcionamento da placa de 5v pode ficar instável e acima pode ser que o regulador de tensão sobreaqueça e cause danos ao equipamento. Além disso, o Arduino pode fornecer alimentação ao restante do circuito através dos pinos 3.3v, 5v e GND.

Quanto à programação do Arduino, faz-se necessário a menção de que é feita em c++ e, embora seja um linguagem tradicional e bastante conhecida, o Arduino IDE conta com algumas modificações na mesma para facilitar sua utilização ao construir os códigos para a placa. Há presença de funções para realizar certas tarefas específicas necessárias para que o projetista possa fazer uso da placa, por exemplo, a função “analogRead(pino)”, que faz com que a placa leia um valor que está sendo entregue por determinado pino analógico, o qual pode estar conectado em algum sensor.

2.5- Raspberry Pi

O Raspberry Pi é um minicomputador constituído de uma única placa. Seus componentes são um processador, memória, driver gráfico e entradas e saídas tais como a porta USB e HDMI. A placa do Raspberry necessita de uma distribuição de sistema operacional especialmente desenvolvida para ela. A familiarização com o hardware e com o seu processo de instalação ocorre de forma simples e bastante rápida de realizar.

Uma vez instalado o sistema operacional no Raspberry Pi, imediatamente, o mesmo já poderá ser capaz de executar inúmeras tarefas, como por exemplo: escrever em arquivos, coletar dados de sensores, transmitir dados, acessar câmeras para detecção de padrões em imagens, ou ainda funcionar como uma console de jogos para computador. O minicomputador Raspberry Pi possui uma desvantagem que é o seu espaço de armazenamento interno, o qual pode ser mitigado através de um cartão de memória SD, necessariamente do tipo ultra rápido classe 10, a fim de se obter respostas mais rápidas as chamadas dos programas que executam no seu sistema operacional. Esta flexibilidade de modificar seu espaço interno usando cartões de memória permite a testagem de diferentes sistemas operacionais ou versões dos mesmos, especialmente nos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de novas soluções tecnológicas que exijam ambientes de execução dinâmicos e particulares.

Com relação a programação da placa Raspberry Pi, ela pode ser acessada usando uma conexão de rede via SSH ou por transferência de arquivos via FTP devido a sua conectividade independente de rede. Entretanto, a conexão via servidor VNC é uma das formas mais fáceis de utilizar a interface gráfica do sistema operacional do Raspberry Pi. Além disso, ele pode ser programado utilizando diferentes linguagens de programação, tal como o Python [9], amplamente empregado na implementação de algoritmos de aprendizagem de máquina e computação visual.

3- DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Este projeto será desenvolvido com características de uma pesquisa experimental no que refere-se aos procedimentos técnicos que serão utilizados, e explicativa no que se refere aos objetivos. De acordo com Gil [6], “o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica. Essencialmente, a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.” Sobre a classificação da pesquisa em explicativa, Gil [6] argumenta que “essas pesquisas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas.” Para implementar o protótipo proposto neste projeto, iremos adotar os seguintes procedimentos:

- (1) Programar a placa microcontroladora Arduino (ou outra, como Raspberry Pi 3 ou NodeMCU ESP 32) que será interligada a um conjunto de sensores que farão a leitura de dados no interior das estufas. Estas informações compreendem o nível de umidade no ar, temperatura e umidade do solo;
- (2) Realizar a coleta dos dados a partir dos sensores, onde será desenvolvida uma lógica de programação usando a linguagem Python;
- (3) Instalar os equipamentos e configurar suas conexões nas estufas. Os sensores de umidade do solo serão instalados próximos às extremidades das raízes de algumas plantas que servirão como amostras para testagem e os sensores de umidade do ar e temperatura serão distribuídos pelo interior das estufas;
- (4) Definir os mecanismos da irrigação autônoma dos cultivos tendo como foco implementar as funcionalidades de acionar e desligar o motor de direcionamento d’água para os encanamentos distribuídos no ambiente da estufa;
- (5) Testar o protótipo do sistema via experimentos através de parcerias celebradas com a Emater e ou Secretarias da Agricultura dos municípios de domicílio dos agricultores que estejam participando desta ação, por meio da cedência de pequenos espaços nas estufas de suas propriedades;
- (6) avaliar os resultados obtidos nos experimentos com auxílio de corpo técnico da área agrícola, a fim de fornecer informações pertinentes ao manejo correto de cada cultura. Além disso, realizar junto com a equipe de execução deste projeto o acompanhamento de campo e a

validação dos dados sobre a eficiência do protótipo.

Vale ressaltar que inicialmente serão realizados testes com um protótipo de estação de controle criados em um ambiente reduzido, com características de laboratório de testagem inicial, simulando as condições de uma estufa agrícola convencional. Somente a partir do momento em que a parametrização de dados estiver respondendo eficientemente aos objetivos do sistema, ou seja, produzindo uma irrigação correta e satisfatória das plantas, é que será realizado o trabalho de testagem in loco, nas estufas dos agricultores que demonstrarem interesse na parceria e disponibilidade de uma fração da estufa para a experimentação do sistema de irrigação inteligente.

Ao longo do desenvolvimento do projeto foram feitos testes utilizando alguns protótipos diferentes com algumas finalidades principais, dentre as quais estão: identificar valores relativos à umidade do solo que podem vir a ser utilizados como parâmetros, possíveis problemas ou brechas para melhorias em relação às peças e ao sistema como um todo, alterações a se fazer no código utilizado na placa microcontroladora envolvida no protótipo. Os protótipos da pesquisa têm seguido a mesma linha de funcionamento, contando apenas com algumas diferenças, em geral, o sistema recebe um valor de umidade do solo, processa a informação através do algoritmo utilizado e determina se deverá, ou não, ser feita a irrigação em tal situação. Abaixo encontram-se os componentes utilizados e os protótipos da pesquisa desenvolvidos até o presente momento, com seus respectivos ambientes de testagem:

3.1- Componentes

Arduino Uno: é o microcontrolador responsável por ser o cérebro do sistema nos protótipos desenvolvidos, conta com 14 pinos para entrada e saída de informação, nos quais é possível conectar o restante dos componentes utilizados no sistema. Além disso, o Arduino é capaz de receber programação através da linguagem C++, deste modo, é aplicado um algoritmo para o processamento da informação, através do qual se dará o gerenciamento da irrigação, bem como dos componentes eletrônicos envolvidos.

Sensor resistivo: responsável por fazer as leituras de umidade do solo, assim como o nome sugere, funciona através da resistividade do material com o qual está em contato (nesse caso, o solo), a umidade depende da água e, por conta de sua condutividade, quanto maior sua

presença, menor será a resistividade, o que será informado ao Arduino através de um pino analógico, não digital, isso significa que o sensor será capaz de transmitir um valor dentro de um intervalo, o que não seria possível no caso digital, onde a entrada seria binária. Com o Arduino a entrada analógica é interpretada através do intervalo de 0 a 1023, a entrada do sensor será, então, fornecida com um valor entre esses números.

Sensor capacitivo: tem a mesma função do sensor resistivo, mas com funcionamento diferente e maior durabilidade, enquanto o sensor resistivo mede a umidade pela resistividade, o capacitivo mede pela capacidade. O sensor opera com lógica semelhante à de um capacitor, mas quem desempenha a função de armazenar a energia nesse caso é o solo, o qual fica entre dois terminais do sensor assim como a zona dielétrica de um capacitor. O sensor gera um campo elétrico e o solo carrega como se fosse um capacitor, assim é possível determinar a capacidade em função do tempo de carga. Quanto à água, tem-se que quanto maior sua quantidade no solo, maior será o tempo de carga, assim sendo possível identificar a umidade.

Relé 220v: tal componente tem a função de ser um interruptor para o circuito que será responsável pela irrigação. O funcionamento do relé se dá pelo seguinte: o componente contém um eletroímã e uma alavanca que pode se ligar com dois contatos diferentes, os quais se conectam com diferentes circuitos, sendo assim, quando uma corrente elétrica percorre o eletroímã, esse gera um campo eletromagnético que muda o contato da alavanca, assim fechando o circuito ligado à parte do sistema responsável pela irrigação, o que gera sua conexão com a corrente elétrica da tomada e o aciona. A distinção entre os contatos do relé se dá por 3 conexões, a comum, a normalmente fechada (NF) e a normalmente aberta (NA), o que ocorre é que quando fechado o relé mantém sua alavanca conectada ao circuito da conexão NF e quando aberto ao circuito da conexão NA.

Protoboard: é uma placa de ensaio utilizada para montar projetos em fase inicial, ela permite gerenciar as conexões de forma prática, sem necessidade de soldagem ou qualquer tipo de ligação fixa, sendo assim, é extremamente útil para a realização de testes.

Bomba d'água: fica submersa em um recipiente com água e tem como função levar essa água até as fitas gotejadoras que farão a distribuição da água sobre o solo com as plantas. Funciona da seguinte maneira: possui dois orifícios, um para que a água possa entrar na

bomba e outro para a saída. A bomba é dotada de impulsores movidos por um motor de indução que fazem com que a água seja transferida através da bomba e saia com maior pressão, além disso, conta também com uma válvula anti retorno que mantém a água fluindo em apenas um sentido e auxilia na manutenção da pressão.

Fita gotejadora: é basicamente um fita com orifícios utilizada para realizar a irrigação visando a economia de água, pois sua vazão é menor do que, por exemplo, uma mangueira, assim a água é distribuída de forma controlada e sem exagero.

3.2- Protótipo 1

Componentes: 1 Arduino Uno, 1 sensor resistivo, 1 relé 220v, 1 protoboard.

Circuito do sistema: inicialmente, os pinos 5v e GND do Arduino são ligados à protoboard para assim levar a alimentação de, como sugere a identificação do pino, 5v aos outros componentes. O sensor faz 3 conexões com o sistema: duas para alimentação (VCC e GND), as quais são ligadas à protoboard, e uma para a saída analógica (AUOT) que se destina a enviar os valores das leituras para o Arduino, conectada ao pino A0. O relé, assim como o sensor, tem duas ligações para alimentação conectadas à protoboard e uma para comunicação com o Arduino, ligada ao pino 8, sendo importante ressaltar que essa terceira é a responsável por receber do Arduino a corrente que indicará ao relé que sua alavanca deverá mudar o contato e acionar o componente responsável pela irrigação, o qual, como mencionado anteriormente, ainda não está presente nesse protótipo.

Funcionamento do sistema: os valores e instruções relativos ao que ocorre aqui são todos definidos pelo algoritmo no Arduino (Figura 1). O sensor mantém-se fazendo as leituras e as entregando para o Arduino através da conexão com o pino A0. O Arduino, por sua vez, processa essas leituras e identifica se o valor está mais baixo do que o limiar de umidade que interpreta o solo como seco, caso esteja, o algoritmo enviará ao relé através da conexão com o pino 8, o sinal necessário para que seja acionado o componente da irrigação e o manterá fazendo a irrigação pelo tempo determinado no algoritmo.

Ambiente de testagem: testado com pequenos potes de terra (Figura 2).

```

1 const int sensorPin = A0; //pino do sensor
2 const int valvPin = 8; //pino do relé
3 const int ledPin = 13; //pino do led de saída
4 const int waterTime = 10; //tempo de irrigação
5 int moisture; //variável de umidade
6
7 void setup()
8 {
9     pinMode(valvPin, OUTPUT); //definindo o pino do relé como saída
10    digitalWrite(valvPin, HIGH); //desliga o relé
11    Serial.begin(9600); //define a taxa de transferência para comunicação serial
12}
13 void loop() {
14    //leitura da umidade e passa um valor a cada x segundos (i < x, agora está como 5)
15    for(int i=0; i < 5; i++)
16    {
17        moisture = analogRead(sensorPin); //lê a umidade
18        Serial.println(moisture); //printa o valor da umidade no monitor serial
19        delay(1000); //espera um segundo
20    }
21    //se a umidade for menor que o limiar, liga o relé, que começa a regar
22    if(moisture < dry)
23    {
24        digitalWrite(valvPin, LOW); //liga o relé
25        delay(waterTime*1000); //regá pela quantidade de segundos determinada na variável waterTime
26        digitalWrite(valvPin, HIGH); //desliga o relé
27    }
}

```

Figura 1: primeiro código

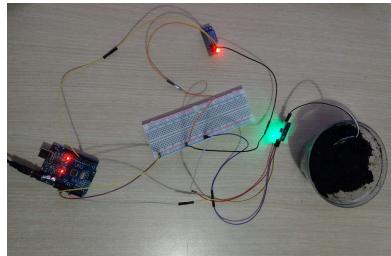


Figura 2: primeiro protótipo

3.3- Protótipo 2

Componentes: 1 sensor capacitivo, 1 Arduino Uno, 1 relé 220v, 1 bomba d'água, 1 fita gotejadora.

Estrutura do sistema: as diferenças em relação ao primeiro protótipo são o tipo de sensor e a presença da bomba d'água, que realiza a irrigação. As conexões são as mesmas, o sensor é conectado à alimentação e ao pino A0, o relé também à alimentação e ao pino 8. Ademais, é feita a conexão entre a bomba d'água e o relé, que se dá pelo seguinte: o circuito da bomba d'água tem um fio cortado, um lado é ligado a conexão comum e o outro a conexão que está com o circuito aberto, sem passagem de corrente.

Funcionamento do sistema: o funcionamento deste protótipo se dá através do algoritmo do Arduino presente na Figura 3. Ao contrário do primeiro protótipo que matinha a irrigação por um tempo predeterminado no código, aqui a irrigação é feita, também quando se atinge o limiar de umidade seco, mas ela se mantém até que outro limiar de umidade, o qual indica que o solo já está molhado, seja atingido. Sendo assim, quando o Arduino recebe do sensor um valor que indique umidade baixa, ele envia um sinal para o relé que garantirá a passagem da corrente necessária para a bomba d'água fazer a irrigação. O monitoramento das leituras continuará enquanto a bomba estiver ligada e, assim que uma delas registrar um valor que indique umidade suficiente, o Arduino indicará para o relé e a água irá parar.

Ambiente de testagem: testado inicialmente com 5 vasos de terra os quais foram colocados dentro de uma estrutura de madeira a qual era anteriormente usada como galinheiro (Figura 4). Após a construção da estufa no IFRS - Campus Osório, o sistema foi transferido para lá (Figuras 5 e 6).

```

1 const int sensorPin = A0; //Pin do sensor
2 const int valvePin = 8; //Pin do relé
3 const int limit = 31; //Límite de umidade - seco
4 const int limit2 = 31; //Límite de umidade - úmido
5
6
7 void setup() {
8   pinMode(valvePin, OUTPUT); //definindo o pino do relé como saída
9   digitalWrite(valvePin, HIGH); //desliga o relé
10  Serial.begin(9600); //define a taxa de comunicação serial
11}
12
13 void loop() {
14   //lê os dados e passa o valor a cada x segundos (i < x, agora está como 5)
15   for(int i=0; i < 5; i++) {
16     moisture = analogRead(sensorPin); //lê o sensor
17     moisture = map(moisture, 1023, 0, 0, 100); //mapa os valores de 0 a 1023 para 0 a 100
18     Serial.println(moisture); //printa o valor da umidade no monitor serial
19   }
20
21   //x é usado para monitor que o limiar, liga o relé, que começa a regar
22   if(moisture < dry) {
23     digitalWrite(valvePin, LOW); //liga o relé
24     //moisture caindo só a umidade passar do limite
25     while(moisture < dry) {
26       moisture = analogRead(sensorPin); //lê a umidade
27       moisture = map(moisture, 1023, 0, 0, 100); //mapa os valores de 0 a 1023 para 0 a 100
28       delay(1000); //espera um segundo
29     }
30     digitalWrite(valvePin, HIGH); //desliga o relé
31   }
32 }

```

Figura 3: segundo código



Figura 4: segundo protótipo



Figura 5: protótipo na estufa



Figura 6: estufa construída

4- RESULTADOS PARCIAIS DO PROJETO

A partir dos testes feitos com os protótipos constatamos alguns resultados iniciais. Começaremos pela descrição dos resultados obtidos através da testagem do Protótipo 1: o principal fator de importância destes testes foi reparar que o sensor resistivo tem, de fato, durabilidade baixa, ocorrendo a constatação de que seus terminais metálicos se desgastam facilmente, isso acarreta em más leituras e até mesmo ausência delas, por conta de tal situação, optou-se assim pela utilização de sensores capacitivos nos próximos protótipos.

Em decorrência da mudança no tipo de sensor, os valores anteriormente definidos como limiares de umidade não mais poderiam ser utilizados, pois como mencionado na descrição dos componentes a medição é feita de maneira diferente pelos sensores. Deste modo, os testes com o sensor capacitivo começaram no ambiente da Figura 4, entretanto pôde ser observado o fato de que as leituras do sensor não estavam sendo precisas, percebeu-se após análise que isso se dava pela falta de uma conexão com uma das peças do componente, um resistor, assim foi necessário fazer uma solda para transpor tal óbice, como mostra a Figura 8. Após a resolução deste problema com o sensor, foi possível medir de forma precisa os limiares que então passamos a utilizar no código do sistema (inicialmente 26 para seco e 31 para úmido).

Além disso, também averiguou-se a necessidade de manter uma leitura ainda mais precisa do solo em geral, caso contrário ocorrem problemas como, por exemplo, um lado do solo acabar encharcado enquanto o outro está recém úmido, isso nos leva ao presente desenvolvimento de algoritmos com maiores funcionalidades, como realizar a leitura da umidade através de vários sensores distribuídos pelo solo por determinado tempo, armazenando essas leituras e calculando uma média delas, para assim não haver dependência de valores únicos de um ponto só no espaço e no tempo. Alterações como essa começaram a ser feitas no código através de, por exemplo, funções que leem a umidade por certo tempo e calculam uma média desses valores, como a função *getMoistureAvg*, mostrada na Figura 9 e que pretende aproveitar melhor as leituras feitas pelo sensor, assim sendo alcançados resultados de maior precisão.

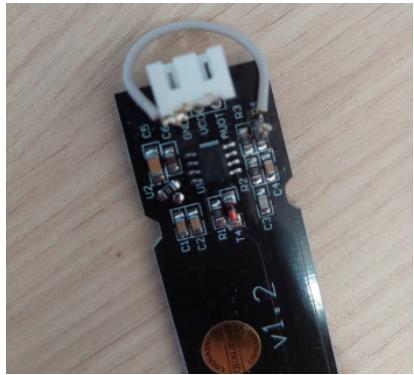


Figura 8: sensor capacitivo com
solda para o resistor.

```
28 double getMoistureAvg(int seconds) {
29     double sum = 0.0;
30     double mo = 0.0;
31     double avg = 0.0;
32     double result = 0.0;
33
34     for(int i = 0; i < seconds; i++) {
35         mo = myround(analogRead(sensorPin), 1023, 0, 0, 100);
36         Serial.println(mo);
37         if (mo == 0) {
38             continue;
39         } else{
40             sum = myround(sum + mo);
41             delay(1000);
42         }
43     }
44
45     if (sum > 0){
46         result = sum/seconds;
47     }
48
49     return result;
50 }
51
52 void setup() {
53     pinMode(valvPin, OUTPUT);
54     digitalWrite(valvPin, HIGH); //desliga o relé
55     Serial.begin(9600);
56 }
```

Figura 9: função que calcula
média dos valores lidos em
determinados segundos

5- CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentamos um protótipo de sistema inteligente baseado em dispositivos para a prototipagem de sistemas baseados em Internet das Coisas (IoT). O protótipo desenvolvido buscou diminuir os custos com a supervisão direta dos agricultores nas áreas de produção agrícola, em particular em estufa “*indoor*” de morangos e alfaces. O protótipo elaborado do sistema não possui interface gráfica para a interação do usuário final, porém realiza a tomada de decisões baseada na leitura de sensores de medição das condições internas da estufa, ou seja, a umidade relativa do solo. A solução desenvolvida teve como objetivo construir um sistema ciente de contexto o qual pudesse demonstrar resultados inteligentes no monitoramento dos ciclos de irrigação dos cultivos experimentados. Tal feito descreve uma alternativa viável para a elaboração de serviços autônomos de baixo custo capazes de gerenciar com segurança a irrigação de plantações sem comprometer a produção, o gasto energético e o consumo dos insumos investidos.

Em suma, a partir de uma arquitetura simples para a implementação de um sistema de informação ciente de contexto, a coleta de dados via sensores de umidade foi tratada através de um algoritmo de programação escrito na linguagem C + +, a qual descreveu a tomada de decisão para o ciclo de irrigação dos cultivos.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARDUINO,2022. **Plataforma de prototipagem de Hardware Arduíno.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. (Acesso realizado em setembro de 2022).MIT, 2022.
- [2] Bernardo, S., Soares, A.A., Mantovani, E.C. **Manual de Irrigação**, 8a. ed. atualizada e ampliada, Viçosa, Editora UFV, 2006, 625 p.
- [3] Christofidis, D. **Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos**, Revista ITEM, Brasília, no. 54, p. 46-55, 2002.
- [4] Christofidis, D. **Água irrigação e segurança alimentar**, Revista ITEM, Brasília, no. 77, p. 16-21, 1o. trimestre 2008.
- [5] Dey, A. K. **Understanding and using context. Personal and ubiquitous computing 5**, (2001), 4–7.
- [6] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo, Editora Atlas, 2002.
- [7] Loke, S. **Context-aware pervasive systems: architectures for a new breed of applications**. CRC Press, 2006.
- [8] NodeMCU ESP32, Disponível em: <https://esphome.io/devices/nodemcu_esp32.html> .(Acesso realizado em setembro de 2022).ESP Home, 2022
- [9] Paiva, F. et al. **Introdução a Python com aplicações de sistemas operacionais**. (2021).
- [10] Ramos, M. M. **Hidráulica aplicada à irrigação e drenagem**, ABEAS, Viçosa - UFV, 1998. 140p. (Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação - Módulo 1)
- [11] Richardson, M.; Wallace, S. **Raspberry Pi 3 Model B+ Setup**. In Primeiros Passos com o Raspberry PI. novatec, 2013.
- [12] Telles, D. D., Vieira, D. B., Ollita, A. F. L., Scaloppi, E.J., **Curso básico de irrigação**, Brasília, ABIDCODEVASF, 1990. 300 p.
- [13] Testezlaf, R.(org). **Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações**. São Paulo, Feagri, Campinas, 2017.