

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

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

Cauã Ferraz Jacques

Osório

11 de outubro de 2022

# **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

Estudante: Cauã Ferraz Jacques

Email: 08050482@aluno.osorio.ifrs.edu.br

Telefone: 51 99655-1100

Orientador: Josias Neubert Savóis

Email: josias.savoirs@osorio.ifrs.edu.br

Telefone: 51 99757-2042

Coorientador: Roger Gonçalves Urdangarin

Email: [roger.urdangarin@osorio.ifrs.edu.br](mailto:roger.urdangarin@osorio.ifrs.edu.br)

Telefone: 51 99135-1128

Osório, 11 de setembro de 2022

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

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

Cauã Ferraz Jacques

Aprovado em:

---

Josias Neuber Savóis

---

Roger Gonçalves Urdangarin

## **RESUMO**

No cenário do Litoral Norte Gaúcho, encontram-se muitas famílias com renda baseada na agricultura familiar, muitas vezes caracterizando negócios de micro e pequeno porte. A partir do diálogo com agricultores que têm sua produção realizada em estufas e vêm profissionalizando suas lavouras, foi constatada a demanda por incrementos na produção, principalmente no que diz respeito ao gerenciamento da irrigação. Os agricultores afirmam que a administração da aguagem realizada em suas estufas é um ponto de complicações, principalmente quando pensa-se na automação que poderia ser aplicada em tal tarefa e no custo que isso envolveria. O que ocorre é que sistemas inteligentes de irrigação que funcionem de forma satisfatória acabam por ser muito caros, o que torna sua aquisição uma má alternativa ao agricultor familiar, sistemas de mais baixo custo, todavia, acabam por representar problemas de desempenho. No caso, por exemplo, dos timers, equipamentos com a capacidade de serem programados para realizar a rega em determinados horários e/ou por determinada quantidade de vezes, porém precisam ainda assim de acompanhamento e trabalho manual, pois não são capazes de lidar com situações adversas, como as decorrentes da variação climática: em dias com temperaturas elevadas será necessária maior quantidade de água para as plantas, sendo o cenário contrário válido para dias úmidos, quando a irrigação deverá ocorrer em menor recorrência. Um quadro como esse acaba pode ocasionar alguns problemas, por exemplo, perda de tempo do agricultor, que precisará regular o sistema constantemente, desperdício de água e prejuízos ao bem estar das culturas. Deste modo, torna-se pertinente o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente, autônomo, preciso, de baixo custo e ciente de contexto, capaz de realizar a tomada de decisão quanto à rega de acordo com as variáveis do ambiente, como umidade do solo. Através de uma metodologia experimental, os protótipos estão sendo testados em ambientes reais com situações práticas, visando a busca por brechas de melhoria e possíveis problemas no funcionamento do sistema, para assim realizar as modificações necessárias de acordo com a análise dos dados obtidos.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

<b>Figura 1 - Primeiros testes do protótipo</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2 - Testes iniciais na estufa</b>	<b>13</b>
<b>Figura 3 - Estufa construída no IFRS - Campus Osório</b>	<b>13</b>

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Apresentação do Tema</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Justificativa</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Problema</b>	<b>7</b>
<b>1.4. Hipóteses</b>	<b>8</b>
<b>1.5. Objetivos</b>	<b>9</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>10</b>
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Materiais utilizados nos protótipos e testagem</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Funcionamento e estrutura do sistema</b>	<b>16</b>
<b>4. RESULTADO E DISCUSSÕES</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>20</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>21</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Apresentação do tema**

O presente trabalho propõe realizar o desenvolvimento de um sistema de irrigação ciente de contexto, capaz de atuar em estufas de modo automático, inteligente, preciso e com baixo custo. Tendo a última característica mencionada grande importância para viabilizar a disseminação de tal tecnologia para o maior número de agricultores possível, sanando problemas como o desperdício de água, o gasto indevido de adubo por fertirrigação e otimizando o tempo de trabalho dos agricultores familiares, o que beneficia, por conseguinte, seu bem estar financeiro e social.

### **1.2. Justificativa**

Através do contato com agricultores familiares da região Litoral Norte do Rio Grande do Sul, os quais mantêm renda baseada na venda de sua produção no comércio local, foram recebidos relatos que concordam em um ponto: a dificuldade na administração da irrigação, bem como da própria água envolvida no processo, que acarreta em problemas na produtividade agrícola das estufas, dificultando escoar a produção com preço competitivo suficiente para manter a lucratividade do negócio a ponto de gerar renda suficiente para a manutenção da família.

É ressaltado pelos agricultores que, por conta do aumento no preço dos insumos agrícolas, se torna cada vez mais central a importância do bom aproveitamento dos recursos investidos nas plantações de estufas e possa equilibrar as finanças da estufa, caso contrário, o cultivo de alguns produtos agrícolas ficará inviável, como tomate e pimentão, os quais exigem alto investimento, tanto inicial quanto durante o manejo. Deste modo, levando em consideração a menção por parte dos agricultores da problematização em relação à irrigação, percebe-se a necessidade do melhor aproveitamento da água, pois tanto seu excesso quanto sua falta pode interferir negativamente no bem-estar das culturas.

Ademais, é comum a utilização de substrato orgânico nas plantações em estufas, distribuído em vasos ou calhas ou calhas plásticas para realizar a plantação das mudas a serem cultivadas, evitando o contato das raízes com o solo, que pode estar contaminando e ser vetor para transmissão de doenças. Nesses casos a adubação ao solo é aplicada através da diluição dos adubos no sistema de irrigação, conhecido como manejo por fertirrigação,

cenário que torna ainda maior a importância do bom gerenciamento da água aplicada na aguagem.

Comentam alguns agricultores sobre uso de sistemas como timers, pois tem baixo custo no mercado. No caso dessa tecnologia, é possível fazer a programação para executar a irrigação em determinados horários e por períodos pré-determinados, o que, claramente, faz diferença na vida do agricultor principalmente na questão da economia de tempo, já que não mais se faz necessária a rega manual. Contudo, há um detalhe no funcionamento do dispositivo que passa por problemas, o fato de que ele não é capaz de lidar com adversidades fornecidas por situações inesperadas, ou seja, não é eficiente durante todo o tempo. Por exemplo, com a variação climática: em dias quentes as culturas precisarão de mais água, sendo o mesmo observável no caso de dias úmidos, porém, com a situação contrária e menor necessidade de água, sendo assim, os produtores acabam por ter ainda de administrar manualmente o sistema.

Como exemplo, o agricultor cita que em dias com altas temperaturas é preciso ligar o motor d'água de 2 a 3 vezes além das previamente programadas no timer, principalmente no horário das 11h às 15h, caso contrário, o substrato acaba ficando demasiado seco, danifica e causa estresse às plantas. Todavia, nos dias de grande umidade, chuvosos e nublados, afirma a necessidade de desligar o sistema diversas vezes, reduzindo em alguns dias até 80% do tempo total de acionamento do motor. Deste modo, a partir do diálogo com os agricultores e visualização dos problemas acima descritos é que se fez a idealização da presente pesquisa, a fim de realizar o desenvolvimento de um sistema ciente de contexto capaz de atuar em estufas de modo automático, inteligente, preciso, com baixo custo e foco no monitoramento autônomo do ambiente e irrigação automática dentro das estufas utilizadas para produção agrícola, sendo 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].

### **1.3. Problema**

Devido à situação encontrada com relação à irrigação das estufas envolvidas na agricultura familiar, pôde-se perceber alguns pontos importantes. Perante o cenário da produção agrícola familiar, pensa-se nas opções de sistemas de irrigação que o mercado disponibiliza, não há bom custo-benefício, contudo, em adquirir tecnologias com altos preços para realizar a automação e, em contrapartida, os sistemas mais baratos acabam por ser incapazes de representar uma solução plenamente funcional, visto que não se adaptam à diferentes situações ocorridas nas estufas, ou seja, podem e provavelmente irão sofrer com

imprevistos proporcionados pela variação das condições ambientes.

Indaga-se, portanto, sobre as alternativas cabíveis à situação, bem como a melhora da produção das estufas a partir da incrementação no gerenciamento da irrigação. Sendo assim, é buscado através da pesquisa, identificar e atingir os benefícios capazes de serem fornecidos por um sistema de irrigação inteligente, capaz de perceber, interpretar e processar os valores variáveis do contexto enquadrado, como umidade do solo e ar, de forma adequada e que se enquadre às condições do público em questão. Portanto, além de vencer os imbróglhos causados pelo mau gerenciamento da irrigação, apura-se a viabilidade dessa realização com um baixo custo, visando disseminar a tecnologia amplamente, aumentando, por consequência, a quantidade de agricultores beneficiados.

A partir daquilo já mencionado, nos vemos diante do espaço perfeito para estudar, pesquisar, desenvolver e aprimorar um sistema economicamente viável para os agricultores familiares, representando assim uma solução inteligente para o problema encontrado no gerenciamento da irrigação de estufas, possibilitando melhorias significativas no contexto em pauta. A otimização do tempo e trabalho do agricultor, que devido ao citado se mostra um problema no cenário atual, além da água, a qual em diversas situações se faz escassa, sem implicar em altos custos de investimento, traz a lacuna que pode ser preenchida com uma maior rentabilidade, lucratividade e ticket médio para as propriedades que são subsidiadas pela agricultura familiar.

Deste modo, o presente trabalho tem por base alguns desafios e problemas a serem atacados e transpostos, começando pelo gerenciamento dos dispositivos embarcados, visto que vários dos quais têm pequena dimensão e poucos recursos. Faz-se também necessário o tratamento de ambientes dinâmicos através dos quais as aplicações deverão ser executadas e, por fim, a definição de um protótipo de sistema inteligente capaz de executar a irrigação de forma precisa, inteligente e autônoma. Sendo o tratamento de contexto ferramenta útil para a tomada de decisão sem necessidade de supervisão humana, ativando e desativando o sistema de irrigação conforme a variação situacional.

#### **1.4. Hipóteses**

- a) É possível realizar o desenvolvimento do sistema através de placas de prototipagem, como Arduino e ESP 32;
- b) Através da automação inteligente da irrigação com um baixo custo, será possível melhorar a produtividade das estufas, evitar desperdício de água e beneficiar o bem-estar dos agricultores;

- c) A utilização de inteligência artificial no sistema poderá beneficiar o alcance dos resultados.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo Geral**

Realizar a produção de um sistema de irrigação inteligente, com baixo custo, baseado na ciência de contexto e auto-adaptação a partir das informações coletadas no ambiente até 31/01/2022.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Automatizar plenamente a irrigação das estufas;
- b) Atingir um baixo custo de produção do sistema;
- c) Montar um conjunto de monitoramento e processamento de dados que influencie positivamente a decisão de realizar ou não a irrigação;
- d) Melhorar a eficiência das plantações em estufas;
- e) Aumentar a produtividade das plantações em estufas que utilizam substrato orgânico distribuído em vasos e calhas plásticas;
- f) Possibilitar a disseminação de tecnologia de qualidade para a agricultura familiar.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Teltezlaf (2017, p. 10) nos identifica irrigação da seguinte forma: “as técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário”. Também: “para satisfazer as necessidades das plantas e obter a sua produção ideal, é necessário enxergar a irrigação como uma ciência e não simplesmente como um equipamento. E, como ciência, a aplicação de água mediante o uso da irrigação deve ser realizada de maneira correta, evitando-se desperdícios ou perdas e otimizando os possíveis impactos positivos e negativos do uso da técnica” (TESTEZLAF 2017, p. 10). Apresentado sobre o impacto do desenvolvimento de um bom sistema de irrigação nos resultados da lavoura, o autor ainda comenta que “a irrigação é uma tecnologia imprescindível no processo de aumento da produção de bens agrícolas” (Testezlaf, 2017 , p.11). Ainda, estudando sobre irrigação, melhor dizendo, sobre um sistema eficiente de irrigação é o manuseio e administração eficiente do volume de água nas culturas irrigadas. Consiste na prestabilidade da irrigação da lavoura focando no resultado. Observando o posicionamento da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) de toda a água consumida no mundo, 70% são consumidos pela agricultura (Pereira, 2014, p. 3). Assim sendo, é fundamental o desenvolvimento de sistemas de irrigação capazes de evitar o desperdício de água. 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” (Loke, 2006).

Já segundo Dey (2001) “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”. Seguindo esta linha de pesquisa, ciência de contexto constituem na capacidade do sistema em apresentar comportamentos corretos às diferentes situações do contexto. Uma funcionalidade ciente de contexto possui funcionalidades empáticas ao contexto, mas também que constituem funcionalidades que independem do mesmo contexto. Além disso, uma das características mais importantes, funcionalidade ciente de contexto, têm diminuído sua necessidade de intervenções humanas.

Diante disso, é extremamente relevante a busca por produzir um sistema de irrigação inteligente de baixo custo baseado na ciência do contexto de modo a automatizar completamente a irrigação de plantações cultivadas em estufas agrícolas. Segundo a Plataforma de prototipagem de Hardware Arduíno. (Acesso realizado em setembro de

2022). MIT, 2022. “O Arduino projeta, fabrica e suporta dispositivos eletrônicos e software, permitindo que pessoas de todo o mundo acessem facilmente tecnologias avançadas que interagem com o mundo físico”. Ainda “A missão do Arduíno é permitir que qualquer pessoa melhore suas vidas por meio de eletrônicos acessíveis e tecnologias digitais. Houve uma vez uma barreira entre o mundo da eletrônica, design e programação e o resto do mundo. O Arduino quebrou essa barreira. Neste posicionamento percebemos a execução com simplicidade de recurso, que responde para baixo custo na prática “em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somando uma quantidade incrível de conhecimento acessível”. Conforme ESPRESSIF, empresa que desenvolveu a ESP 32 [8] componente que também é utilizado nos protótipos apresenta eficácia, agilidade e acessibilidade econômica.

### **3. METODOLOGIA**

Considerando os procedimentos técnicos que serão utilizados o projeto será desenvolvido com características de uma pesquisa experimental e explicativa no que se refere aos objetivos. De acordo com Gil (2002, p. 47) "o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica. Em sua essência , a pesquisa experimental determina um objeto de estudo, selecionar variáveis que seriam capazes de moldá-lo, define as formas de dominar e observar os resultados que a variável produz no objeto."Por classificar a pesquisa em explicativa, Gil (2002. p. 42) nos mostra 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."

Conforme o cronograma do projeto, a pesquisa teve início em 01/06/2022 e seguirá até 31/01/2023, podendo ter continuidade após esta data caso os resultados mostrem necessidade de aperfeiçoamento, correção ou possibilidade de ampliação do projeto. A pesquisa tem sua realização no município de Osório RS (Litoral Norte Gaúcho), majoritariamente no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS Campus Osório, onde ocorrem semanalmente os encontros da equipe do projeto. Importante ressaltar que, para realização dos testes, foi construída no Campus Osório uma estufa (Figuras 2 e 3) a qual recebeu inicialmente plantio de morangos, alfaces e salsa. A estufa possui 5m de comprimento, 3m de largura, 2,10m de altura e 6 canteiros nos quais é feito o plantio, além disso, conta também com 5 galões de água, cada um com 20L. Os protótipos, contudo, foram antes testados em um local disponibilizado por um familiar de um dos membros da equipe, o qual possui uma casa no morro da Borussia, lá foi utilizado o espaço de um antigo galinheiro, agora vazio, para fazer a testagem do primeiro protótipo (Figura 1). Ademais, também serão realizados, assim que o protótipo tiver desempenho satisfatório o suficiente e respondendo aos objetivos da pesquisa, testes em espaços cedidos por agricultores parceiros em suas próprias estufas.

Na testagem e utilização prática dos protótipos são utilizados os seguintes procedimentos:

(1) Programar as placas Arduino, ESP 32 ou Raspberry Pi que se interliga a um conjunto de sensores que fazem a leitura de dados (inicialmente umidade do solo, podendo serem aplicadas outras medições) no interior das estufas.

(2) Instalar os equipamentos e configurar suas conexões nas estufas: os sensores de umidade do solo são instalados próximos às extremidades das raízes de algumas plantas que servirão como amostras para testagem;

(3) Registrar os dados coletados através da testagem dos protótipos no ambiente descrito: umidade, ciclos de irrigação, umidade de ligamento e desligamento e gasto de água;

(4) Definir os mecanismos da irrigação autônoma dos cultivos tendo como foco implementar o bom funcionamento da irrigação de acordo com os objetivos do projeto, são fatores importantes: lógica de programação e componentes eletrônicos utilizados nos protótipos;

(5) Avaliar os resultados obtidos nos experimentos com auxílio de técnico da EMATER do município, a fim de fornecer informações pertinentes ao manejo correto de cada cultura.



Figura 1 - primeiros testes  
do protótipo



Figura 2 - testes iniciais  
na estufa



Figura 3 - estufa construída no  
no IFRS - Campus Osório

### 3.1. Materiais utilizados nos protótipos e testagem

Arduino: assim como as outras placas de prototipagem utilizadas na pesquisa, é aplicada aos protótipos como cérebro do sistema. Sumariamente, visa gerar a possibilidade de desenvolver projetos de eletrônica, robótica e programação através de um investimento de baixo custo. Importante mencionar que o Arduino tem, além de hardware, grande ligação com software, pois pode ser programada através do Arduino IDE, ambiente de desenvolvimento que possibilita o envio de códigos para a placa. A placa pode, através de seus pinos de entrada e saída de informações, fazer diversas conexões tanto com sensores

quanto atuadores capazes de realizar comunicação com o meio externo através de leitura e envio de dados, basicamente, o Arduino serve como base para a construção de outros sistemas, estruturas e projetos.

O Arduino conta com um microcontrolador responsável por gerenciar os comandos recebidos e enviados pela placa , um detalhe é que, dependendo de qual for a placa Arduino, o microcontrolador pode ser diferente: ATmega328 no caso do Arduino Uno, ATmega32U4 no Arduino Leonardo, ATmega2560 no Arduino Mega. Além disso, vale ressaltar que o Arduino tem dois tipos de pinos: os digitais, entradas e saídas de valor binário e os 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, tem diferentes faces, pode ser realizada tanto através da conexão com um computador, feita pela entrada USB, quanto também pode ocorrer de forma externa, utilizando o conector Jack, embora possa receber por essa conexão tensões entre 6v e 20v, o ideal é que se mantenha entre 7v e 12v, caso esse limite seja violado, no caso de alimentação com tensão abaixo, a placa pode tanto ter instabilidade para sua tensão de funcionamento (5v) e no caso de alimentação com tensão acima, pode ser que o regulador de tensão sobreaqueça e cause danos ao equipamento. Ademais, a placa pode fornecer alimentação ao restante do circuito através dos pinos 3.3v, 5v e GND.

Sobre a programação do Arduino, é necessário mencionar que é feita com a linguagem C++ que, embora tradicional, conta no Arduino IDE com modificações para facilitar sua utilização na construção de códigos destinados à placa. Há certas funções que são aplicadas ao programar para realizar trabalhos específicos que o projetista necessita ao usar a 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.

ESP 32: assim como o Arduino, a ESP 32 é uma placa de prototipagem que visa possibilitar o desenvolvimento de projetos com baixo custo e acessibilidade ao público em geral. Conta também com pinos de entrada e saída digitais e analógicos, sendo o intervalo de valores interpretado nos pinos analógicos de 0 a 4095. A alimentação da ESP 32 pode ser feita de duas formas, com tensão de 5v através do conector micro USB e pelo pino 5v ou VIN, com até 12v, embora essa tensão maior seja aceita, o recomendável ao utilizar a placa é realizar a alimentação sempre com 5v, mesmo no pino VIN, caso contrário, podem ocorrer

danos ao circuito. Além disso, pode também fornecer alimentação a outros componentes através do pino 3.3v.

Um grande diferencial da ESP 32 é que a placa conta com a capacidade de fazer conexões tanto via wi-fi quanto bluetooth, artifício que pretende-se utilizar no projeto para envio e armazenamento dos dados do sistema, para assim realizar posteriormente sua análise. A programação da ESP 32, por sua vez, pode ser feita utilizando a linguagem Micropython, derivada do Python 3, através do ambiente de desenvolvimento uPCraft. No entanto, também há possibilidade de programar a placa utilizando o Arduino IDE e a linguagem C++ através da instalação de algumas bibliotecas no software, sendo este o método adotado no desenvolvimento do projeto.

Sensor resistivo: peça com função de fazer leituras da umidade do solo, como o nome sugere, tem seu funcionamento através da resistividade do material no qual está submerso (no contexto em questão, o substrato orgânico nas calhas da estufa), a umidade de uma material é decorrente da água presente nele e, devido a sua condutividade, quanto mais se fizer presente, menor será a resistividade encontrada pelo sensor. Esse valor será informado à placa de prototipagem (Arduino ou ESP 32) através de um pino analógico, ou seja, a placa receberá um valor dentro de um intervalo, no caso do Arduino entre 0 e 1023 e no caso da ESP 32 entre 0 e 4095, podendo esse valor ser mapeado em diferentes escalas durante a programação.

Sensor capacitivo: tendo a mesma função que o componente anterior, este sensor visa a leitura da umidade de determinado material no qual estiver submerso, seu funcionamento é, todavia, diferente. O que ocorre aqui é a medição através da capacitância do material no qual estará o sensor, opera com lógica semelhante à de um capacitor, mas utiliza o solo, o qual se localiza entre dois terminais, para armazenar energia. O sensor gera um campo elétrico e o solo é assim carregado, sendo possível determinar a capacitância 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: tem a responsabilidade de ser um interruptor para o circuito ligado ao motor ou bomba d'água que deverá levar a água até a plantação, realizando a irrigação. Seu funcionamento ocorre da seguinte forma: o componente conta em seu interior com um eletroímã e uma alavanca, a qual pode fazer ligação com dois contatos diferentes, os quais, por sua vez, se conectam com diferentes circuitos. Deste modo, quando uma corrente elétrica

é levada ao eletroímã, é gerado um campo magnético que muda a alavaca para o outro contato do relé, fechando assim o circuito ligado à alimentação do motor d'água e ligando-o. 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 alavaca conectada ao circuito da conexão NF e quando aberto ao circuito da conexão NA.

Protoboard: placa de ensaio com função de possibilitar a montagem de projetos em fase inicial, pois permite fazer o gerenciamento das conexões de forma prática, sem necessidade de ligações fixas ou solda dos componentes. Sendo assim, se mostra de extrema utilidade para a fase de testes, quando há modificações sendo feitas nos protótipos.

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. “A irrigação por gotejamento se caracteriza por aplicar pequenos volumes de água, na forma de gotas, com alta frequência (reduzido intervalo entre irrigações ou turno de rega), nas áreas localizadas na zona radicular das plantas, molhando uma fração da superfície do solo, reduzindo as perdas e apresentando maiores valores de eficiência de aplicação quando comparada aos sistemas de aspersão e superfície. Essa forma de aplicação de água determina uma distribuição de água no solo, abaixo do ponto de aplicação, na forma de um bulbo molhado onde somente uma pequena área saturada fica exposta na superfície do solo.” [13]

Motor e bomba d'água: tem como função levar a água do sistema até as fitas gotejadoras que irão distribuí-la pela plantação. Possui dois orifícios, um para a entrada da água e outro para a saída. Nos protótipos montados até o momento foram utilizados motores com alimentação de 220v, por conta da rede elétrica do município de Osório fornecer energia com essa tensão, em cenários diferentes, mas poderiam ser utilizados motores com diferente alimentação em localidades com redes elétricas diferentes, visto que isso não implica diretamente no funcionamento do sistema que administra a irrigação propriamente dita.

### **3.2. Funcionamento e estrutura do sistema**

O sistema é montado a partir da conexão dos componentes eletrônicos com a placa de prototipagem, seja ela ESP 32 ou Arduino e, posteriormente, a conexão do sistema de

gerenciamento em si com aquele que será responsável pela distribuição da água sobre o solo presente nas calhas ou vasos da estufa.

O primeiro passo é submergir os sensores de umidade no solo e conectá-los com a placa de prototipagem utilizada, até o presente momento os protótipos têm utilizado Arduino e ESP 32, mas também haverá verificação quanto a Raspberry Pi. A placa, por sua vez, recebe o algoritmo responsável por gerenciar o sistema como um todo, atualmente o algoritmo conta com uma lógica envolvendo limiares de umidade, os quais parametrizam valores de solo seco e úmido. O algoritmo instrui o sistema a se manter realizando leituras e, quando o valor da umidade atinge número menor ou igual ao que indica solo seco, é acionada a irrigação, as leituras se mantêm sendo feitas e, assim que atingido valor de umidade maior ou igual o limiar de aridez, é cessada a irrigação. Assim se repete o ciclo.

O controle da irrigação é feito pela placa de prototipagem através de um relé que se liga ao circuito de alimentação do motor d'água, o relé funciona como um interruptor, ou seja mantém a alimentação do motor cessada até que a placa de prototipagem envie um sinal que instrua o contrário, o que acontece, como mencionado anteriormente, quando é detectado valor de umidade indicativo de solo seco. O motor, no ambiente de testagem atual, leva a água de galões de 5 galões de 50 litros cada a um sistema de canos que se conecta com o motor e, consequentemente, com as fitas gotejadoras, as quais, por sua vez, estão estendidas sobre os canteiros das estufas, ao lado das plantas.

## **4. RESULTADO E DISCUSSÕES**

Os testes realizados serão analisados juntamente a um técnico da EMATER e secretaria de Agricultura Municipais, para uma melhor análise e que responda com mais fidelidade as necessidades das propriedades agrícolas da região.

A testagem inicialmente realizada em ambiente reduzido não foi satisfatória na questão de funcionamento do sistema, pois esse meio proporciona montagem de mini canteiros e torna possível desempenhar as leituras de umidade do solo, mas não contém condição de luminosidade ideal para testagem fiel à realidade dos ambientes de estufas. Sendo assim, passamos a pesquisa para uma ambiente adequado que reproduzisse em loco o ambiente real de plantio, assim começaram os testes na estufa do Campus Osório. Com o ambiente adequado, pode melhor se realizar a testagem e utilizar os dados obtidos em prol da melhora nos protótipos.

Algumas considerações sobre esta etapa e os testes realizados até o presente momento: constatamos que o sensor resistivo tem durabilidade baixa, em torno de 30 dias o primeiro sensor perdeu completamente sua precisão por não resistir ao contato direto com o solo durante todo esse tempo, acabou assim tendo danos em seus terminais metálicos, deste modo, a partir das opções presentes, passamos a utilizar sensores capacitivos nos protótipos. Porém, o seguimento com os testes mostrou falta de precisão dos sensores agora utilizados e, a partir disso, descobriram-se três problemas com o sensor capacitivo utilizado no projeto.

O primeiro problema do sensor capacitivo é a falta de uma conexão com um resistor de seu próprio circuito, o que dificultava o funcionamento e causava problemas de precisão, para resolver o problema foi realizada uma solda nesta parte do sensor, o que acarretou no aumento da precisão. O segundo problema se dá pela ausência de um regulador de tensão, o que impede que o sensor receba corrente instável, ou seja, não pode receber alimentação de uma bateria, por exemplo. O terceiro problema: por conta da troca de uma peça nesse modelo de sensor, ele somente pode receber alimentação com tensões entre 4,5v e 5v, quando deveria ser de 3,3v a 5v, tal situação causa problema para ligá-lo na ESP 32, que alimenta somente com 3,3v.

Percebeu-se também uma modificação que poderia ser feita no algoritmo do protótipo, devido ao fato de os sensores não serem completamente precisos, medir a umidade de segundo em segundo não se fazia satisfatório, visto que a oscilação de um segundo para o outro poderia ocorrer de forma a prejudicar a boa interpretação do valor da umidade do solo. Verificou-se, no entanto, que em intervalos de tempo maior, a imprecisão é compensada por

conta das leituras próximas ao real valor de umidade prevalecerem em quantidade, sendo assim, optou-se por fazer leituras de segundo em segundo por 1 minuto, calculando uma média dessas que é utilizada como umidade real.

Atualmente é reparado também um problema para o qual se busca solução: quando a placa é iniciada com novo código e o funcionamento é recente, o sensor faz as leituras da forma devida, com valores conforme os parâmetros. Contudo, após alguns dias, em torno de 3, o sensor se mostra impreciso, quando antes demorava 1 minuto para realizar uma leitura precisa, agora levará 20. É possível que seja um problema tanto do sensor quanto da placa de prototipagem ou programação, pois quando feito o “reset” da placa e consequentemente do sistema, volta ao normal. Testes estão sendo realizados para identificar precisamente a causa do problema.

Os resultados obtidos nesta fase, em suma, foram que a coleta de dados está em andamento medianamente satisfatória, houve uma melhor identificação de parâmetros de umidade do solo no que diz respeito aos valores que representam o solo como úmido e seco, mas ainda é preciso desenvolver a questão de armazenamento das informações através da ESP 32, atividade ainda em fase de desenvolvimento e é o próximo passo da pesquisa. Temos até o presente momento, então, trilhado um caminho com avanços no funcionamento do sistema através dos dados observados com a testagem e estamos seguindo para a próxima etapa com o objetivo, como citado acima, de melhor armazenar os dados coletados.

## **5. CONCLUSÃO**

Através da pesquisa apresentada, a qual está em desenvolvimento, podemos refletir acerca da importância do estudo, projeto e testagens que estão sendo executados em um sistema de automação para irrigação de estufas. Se visitarmos o Censo Agropecuário de 2017, que apontou mais de 5 milhões de propriedades rurais de todo o Brasil, vimos que 77% dos estabelecimentos agrícolas do país foram classificados como de agricultura familiar. Trazendo tal dado para o estado do Rio Grande do Sul percebemos que o mesmo senso menciona que 36% das propriedades rurais são de pequeno porte. Em nossa região, o Litoral Norte Gaúcho, segundo dados da Secretaria da Agricultura Estadual , mais de 88% da produção provém da agricultura familiar.

Outra constatação gritante é a necessidade de otimização e redução da utilização do recurso hídrico. Hoje, segundo a ONU, 70% de toda água consumida no mundo é destinada à agricultura. Este dado espelhado na realidade do Rio Grande do Sul, um estado que tem economia dependente em 88% do agronegócio [14] e gera 27% do PIB estadual, vemos que hoje, tratar e aperfeiçoar os sistemas de irrigação para cultivos em propriedades familiares torna-se não só importante, mas urgente. Neste contexto, o que mais nos remete é à necessidade que estas propriedades têm de aumentar, otimizar e rentabilizar mais seu negócio, contribuindo para o mercado alimentício local de forma benéfica e construtiva, mas de forma que não onere mais financeiramente as mesmas propriedades. Sem dúvida esta balança de argumentos é genuína para pautar nossa pesquisa e nos fazer refletir da necessidade de executá-la e investir na mesma.

Portanto, depois de todas as análises, correções, aplicações e monitoramento dos ambientes e dados provenientes destes, bem como a análise parcial dos quais, percebe-se que o projeto não só é importante por conta de sua demanda, mas também é executável e pertinente, principalmente no quesito de baixo custo, capaz de beneficiar grande quantidade de agricultores familiares. Fazendo a utilização de componentes de alto custo-benefício e tendo respostas positivas, apesar da ainda presente necessidade de alterações, é possível visualizar a validade tanto do investimento quanto do trabalho aplicado à pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS

- [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://www.espressif.com/en>> .(Acesso realizado em setembro de 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.
- [14] IBGE, **Censo Agropecuário 2017**.