



**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA  
CAMPUS CAMPINA GRANDE  
CURSO DE GRADUAÇÃO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**MATEUS BARBOSA DE MOURA  
THALLYS LIMA NOBRE**

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE INTELIGENTE NO PROCESSO  
DE IRRIGAÇÃO USANDO IOT NO CULTIVO DA ALFACE**

**CAMPINA GRANDE**

**2022**

**MATEUS BARBOSA DE MOURA**  
**THALLYS LIMA NOBRE**

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE INTELIGENTE NO PROCESSO  
DE IRRIGAÇÃO USANDO IOT NO CULTIVO DA ALFACE**

Trabalho apresentado ao Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Engenheiro da Computação.

Orientador: Prof. Dr. George Sobral Silveira

**CAMPINA GRANDE**  
**2022**

M929s Moura, Mateus Barbosa de.  
Sistema de automação e controle inteligente no processo de irrigação usando IOT no cultivo da alface. - Campina Grande, 2022.  
48 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia de Computação) - Instituto Federal da Paraíba, 2022.

Orientador: Prof. Dr. George Sobral Silveira.

1.Automação rural 2. Agricultura familiar 3.Tecnologia na irrigação I.Nobre, Thallys Lima II.Silveira, George Sobral III. Título.

CDU 004

## **AGRADECIMENTOS**

### **Thallys Lima Nobre**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que durante todo esse curso me sustentou com sua destra fiel, em meio a tantos percalços nesse trajeto Ele me fez forte para chegar até aqui. Agradeço, em especial, aos meus pais Chagas e Sueli, que acreditaram nos meus estudos desde sempre, confiaram a mim essa oportunidade de ter uma graduação e sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos. Agradeço também a minha esposa Renatta, que tanto me apoiou e me aconselhou nesta reta final. Agradeço também ao meu parceiro e amigo Mateus que fez parte desse projeto incrível.

### **Mateus Barbosa de Moura**

Agradeço primeiramente a Deus, único e soberano, Criador do início e fim, autor de todas as coisas, responsável por me sustentar, capacitar e cuidar de mim durante toda essa trajetória!

Agradeço aos meus pais, Luíz Gonzaga e Meire Camelo, minha base, por investirem seus esforços em minha formação intelectual e profissional, por me ajudarem sempre, independente de qualquer situação, bem como minha estimada e querida avó materna, a Sra. Margarida Barbosa Camelo a qual, com imensa saudade, me recordo do seu amor e carinho por nós e pelo nobre papel desempenhado em nossa família.

Agradeço à minha noiva e companheira Eudiane Santos, minha maior apoiadora e incentivadora sobre não desistir nas diversas situações. Aos professores que sempre ouviam minhas idealizações e me orientavam, em especial, ao professor Katyusco Santos, um grande cultivador de ideias.

Agradeço a todos que acreditaram no meu potencial, creram que eu alcançaria altos voos, vocês foram meu combustível para chegar até aqui, aos demais familiares, amigos e meu parceiro de graduação Thallys (que esteve presente nesse projeto) que sempre me ajudaram com o que lhes foram possíveis, e a mim mesmo agradeço, pela fé e perseverança, por nunca desistir dos meus sonhos, acreditando sempre que no final tudo daria certo.

## RESUMO

A cultura da alface é explorada em todo o território nacional, constituindo uma parcela de grande importância no mercado, sendo bem aceita e consumida pela população, tanto pelo seu sabor, valor biológico e seu baixo custo. O solo para a plantação da alface deve ser controlado com o nível de irrigação adequado para garantir o crescimento e desenvolvimento saudável da hortaliça. Diante disso, o estudo obteve como objetivo, desenvolver um sistema de automação de irrigação, com acionamento automático para o cultivo da alface, que possa ser monitorado e controlado por um aplicativo para celulares *Android*, com o intuito de melhorar o aproveitamento e controle de água na irrigação da cultura. O sistema de automação e controle inteligente na irrigação da cultura da alface foi desenvolvido com equipamentos e componentes disponíveis no mercado, e sua validação foi realizada em campo. Esse sistema implementado, mostrou-se satisfatório, atendendo os requisitos iniciais do projeto como: facilidade de operação e redução de custos com mão de obra para controle do ambiente protegido, visto que, o acionamento é de forma automática, sem a interferência do produtor rural na programação ao longo do ciclo da cultura; controle eficiente da irrigação, deixando a umidade do solo de forma adequada em todos os horários do dia, no qual garante o desenvolvimento saudável da alface; controle de doenças ocasionadas com o excesso ou baixa umidade do solo e consequentemente diminuição do uso de pesticidas.

**Palavras chave:** Agricultura familiar, automação rural, tecnologia na irrigação, controle de água.

## ABSTRACT

The lettuce crop is explored throughout the national territory, constituting a portion of great importance in the market, being well accepted and consumed by the population, both for its flavor, biological value and its low cost. The soil for planting lettuce must be controlled with the proper irrigation level to ensure the healthy growth and development of the vegetable. In view of this, the study aimed to develop an irrigation automation system, with automatic activation for the cultivation of lettuce, which can be monitored and controlled by an application for Android phones, in order to improve the use and control of water. in crop irrigation. The automation and intelligent control system in the irrigation of the lettuce crop was developed with equipment and components available on the market, and its validation was carried out in the field. This implemented system proved to be satisfactory, meeting the initial requirements of the project, such as: ease of operation and reduction of labor costs to control the protected environment, since the activation is automatic, without the interference of the rural producer. in programming throughout the crop cycle; efficient control of irrigation, leaving soil moisture adequately at all times of the day, which ensures the healthy development of lettuce; control of diseases caused by excessive or low soil moisture and consequently reduced use of pesticides.

**Keywords:** Family farming, rural automation, irrigation technology, water control.

**LISTAS DE FIGURAS**

Figura 01: Visita externa da plantação da alface .....	13
Figura 02: Pesquisadores Mateus e Thallys, junto com o proprietário do local, José.....	14
Figura 03: Preparação e montagem para o local de coleta de dados.....	15
Figura 04: Plantio do agricultor.....	15
Figura 05: Centrais de controle e Internet.....	16
Figura 06: Fluxo de funcionamento.....	17
Figura 07: Diagrama da central de controle e Internet.....	18
Figura 08: Diagrama da central de coleta de dados.....	18
Figura 09: Mapa do campo .....	19
Figura 10: Arduino pro Mini.....	20
Figura 11: ESP8266 NodeMcu ESP-12.....	21
Figura 12: Sensor de temperatura e umidade DHT11.....	22
Figura 13: Sensor de umidade do solo.....	23
Figura 14: Painel solar.....	24
Figura 15: Placa de expansão base V1.0 NODEMCU .....	25
Figura 16: Válvula Solenóide.....	25
Figura 17: Relé.....	26
Figura 18: Módulo RTC.....	27
Figura 19: Conversor bidirecional.....	28
Figura 20: Fonte de alimentação.....	29
Figura 21: Receptor e transceptor NRF24I01 .....	30
Figura 22: Tela inicial do aplicativo.....	31

## LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 01: sensor 1 – irrigação automática.....	36
Gráfico 02: sensor 2 – irrigação manual.....	37
Gráfico 03: tempo de acionamento da irrigação do primeiro ao sétimo dia.....	38
Gráfico 04: níveis de luminosidade durante os 07 dias .....	41
Gráfico 05: níveis de temperatura do ar durante os 07 dias do estudo.....	43
Gráfico 06: níveis de umidade do ar durante os 07 dias do estudo.....	45

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>13</b>
2.1 USO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA .....	13
2.2 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	13
2.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA ALFACE .....	14
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
3.1 LOCAL DA COLETA E LEVANTAMENTO DOS DADOS DA PESQUISA .....	16
3.2 PREPARAÇÃO E MONTAGEM DO LOCAL PARA COLETA DE DADOS .....	17
3.3 HARDWARE UTILIZADO .....	19
3.3.1 ARDUINO PRO MINI .....	21
3.3.2 MICROCONTROLADOR ESP8266 NODEMCU ESP-12 .....	22
3.3.3 SENSOR DHT11 .....	23
3.3.4 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO HIGRÔMETRO .....	24
3.3.5 FONTE DE ALIMENTAÇÃO .....	25
3.3.6 PLACA DE EXPANSÃO BASE V1.0 NODEMCU .....	26
3.3.7 VÁLVULA SOLENÓIDE .....	26
3.3.8 MÓDULO RELÉ .....	27
3.3.9 MÓDULO REAL TIME CLOCK RTC DS1302 .....	28
3.3.10 CONVERSOR DE NÍVEL LÓGICO BIDIRECIONAL .....	28
3.3.11 FONTE DE ALIMENTAÇÃO MB-102 .....	29
3.3.12 TRANSCEPTOR NRF24L01 .....	30
3.4 SOFTWARE UTILIZADO .....	30
3.4.1 APLICATIVO PARA SMARTPHONE .....	30
3.4.2 SOFTWARE EMBARCADO NA CENTRAL DE COLETA .....	31

3.4.3 SOFTWARE EMBARCADO NA CENTRAL DE COLETA.....	32
3.4.4 FIREBASE .....	32
3.4.5 INTERFACE DE DESENVOLVIMENTO E LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADOS .....	32
3.5 COMPONENTES E FUNCIONAMENTO DA CENTRAL DE COLETA DE DADOS .....	33
3.6 COMPONENTES E FUNCIONAMENTO DA CENTRAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS E ACIONAMENTO.....	34
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional é um assunto evidente nos dias atuais, a ONU em 2012, já destacava que, em 2024, a estimativa que o planeta ultrapasse 8 bilhões de pessoas. E, com o crescimento da população, a demanda por produtos alimentícios tornam-se cada vez maior, fazendo com que o número de produtores rurais cresçam exponencialmente em conjunto com a procura por plantios e colheitas mais eficientes, aliados com o uso de tecnologias que agreguem na produção em larga escala (GRAH et al., 2012).

Dentre os alimentos de maior produção agrícola, a alface ganha destaque por suas diversas variações e por ser considerada a hortaliça mais consumida no mundo (LIN et al., 2013). A cultura da alface é explorada em todo o território nacional, constituindo uma parcela de grande importância no mercado de exportação, sendo bem aceita e consumida pela população, tanto pelo seu sabor, valor biológico e seu baixo custo (BATISTA et al., 2012).

O solo para a plantação da alface deve ser controlado com o nível de umidade adequado para garantir o crescimento e desenvolvimento saudável da hortaliça. Segundo Guimarães (2011), uma importante ferramenta de auxílio ao agricultor, é a irrigação, porém, o que se torna imprescindível é determinar a quantidade de água que se deve aplicar no plantio, para evitar desperdícios e reduzir custos.

Em qualquer atividade agrícola, seja de pequena ou de grande produção, é de suma importância controlar a umidade do solo, a fim de garantir o aproveitamento eficiente da água para as culturas. Em atividades agrícolas de pequeno porte, como é o caso do plantio da alface, este cuidado é essencial para garantir uma boa produção e renda para os produtores, evitando perdas e prejuízos para os mesmos (BAYER et al., 2013).

A automação da irrigação pode ser considerada hoje como um método de maior eficiência no uso da água na ótica da agricultura sustentável. Possuindo como objetivo, o monitoramento do solo através de sensores, onde os dados climáticos são processados, no qual permitem o acionamento do sistema de irrigação presente nos cultivos, ofertando somente a quantidade de água necessária. Desse modo, são minimizadas as perdas de água por infiltração, por não ocorrer o molhamento tanto das partes do solo onde não há cultura plantada, e/ou evaporação, no qual evita a irrigação da parte aérea das plantas, como

ocorre na irrigação por aspersão, que pode provocar doenças fúngicas (GRAH et al., 2012).

Isto permite que a quantidade de água utilizada seja menor quando comparado aos demais métodos de irrigação, sendo vantajosa sua aplicação em locais onde há limitação ou escassez de recursos hídricos ou ainda que enfrentem conflitos pelo uso d'água. (GRAH et al., 2012).

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolvimento de um sistema de automação de irrigação, com acionamento automático para o cultivo da alface, que possa ser monitorado e controlado por um aplicativo para celulares *Android*, com o intuito de melhorar o aproveitamento e controle de água na irrigação da cultura.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolver uma unidade de hardware para coletar e condicionar os dados dos sensores;
- b) Desenvolver uma central de coleta de dados para acionamento da liberação da água e enviar os dados coletados para Internet;
- c) Desenvolver um software para plataforma *Android* para monitorar e controlar o sistema de irrigação remotamente.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico será tratado o embasamento teórica que foi utilizada para criação do projeto.

### 2.1 USO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA

Com o passar dos anos, o mundo está cada vez mais conectado com a tecnologia e na agricultura não poderia ser diferente. A tecnologia digital tem ganhado bastante espaço na produção alimentícia, sendo aplicada em diferentes processos agrícolas, incluindo o uso de máquinas modernas de nova geração, instalações de manejo de gado, software avançado para o controle da produção e automação do processo de irrigação, com o intuito de garantir uma produção eficiente, e entregar ao consumidor um alimento de qualidade (VIANA et al., 2020).

Segundo Nunes (2016), utilizar a tecnologia a favor do agricultor pode proporcionar inúmeros benefícios, como facilitar o dia-a-dia do produtor, garantir o aumento da produtividade, reduzir custos com insumos e mão de obra, melhorando o processo produtivo como um todo.

Segundo Andrade (2019), “a tecnologia na agricultura tem como objetivo agregar praticidade e facilidade na execução de tarefas”. Tornando-se notório que, a busca por inovações tecnológicas, que visem a diminuição de custo e consequentemente aumentem os lucros é fundamental, para que o gestor agrícola possa exercer suas funções de forma eficiente e precisa (STABELINE, 2020)

### 2.2 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma técnica essencial, pois garante ao produtor agrícola uma safra uniforme mesmo em períodos de seca. Esse processo se caracteriza pela aplicação artificial da água no solo, visando garantir a umidade necessária para o desenvolvimento do alimento plantado, com a finalidade de suprir a falta ou a má distribuição de água de forma local e temporal (CARVALHO, 2010).

De acordo com Prá (2009), a irrigação é um processo que envolve captação, a condução e o fornecimento de água ao alimento, sendo fundamental que o uso adequado da irrigação requeira um conhecimento das relações que existem entre vários elementos como: o solo, a água, a planta e o clima.

### 2.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA ALFACE

A irrigação é uma técnica fundamental para o cultivo eficiente da alface, entretanto a utilização de um sistema de irrigação inadequado ou insuficiente, pode inviabilizar o processo de produção da cultura (BILIBIO et al., 2010).

Para o cultivo desta hortaliça, os principais métodos de irrigação empregados são o de irrigação por aspersão, em que a água é aplicada ao solo através da subdivisão de um jato de água lançado sob pressão, e irrigação localizada, no qual a aplicação da água é feita por emissores que operam sob baixa pressão, permitindo que o volume de água seja necessário para o desenvolvimento da cultura (FAVARATO; GUARÇONI, 2022).

A utilização da técnica de irrigação por aspersão, faz com que a sua aplicabilidade seja quase universal para a maior parte das condições topográficas e climáticas (PEREIRA, et al., 2010).

Entretanto, possui desvantagens como a distribuição irregular da água por efeito de ventos fortes e a possibilidade do desenvolvimento de algumas doenças no plantio, devido ao desenvolvimento da alta umidade no dossel das plantas e molhamento foliar. Além de que, o aproveitamento de águas com elevados teores de salinidade contraindicado em virtude das queimaduras graves que podem ocorrer nas folhas e caules das plantas (MANTOVANI et al., 2009).

Na cultura da alface, é essencial escolher o método correto e eficiente de irrigação, pois a hortaliça necessita de umidade e temperatura ideal para o seu crescimento, parâmetros nos quais, estão interligados. A temperatura média mais indicada para o crescimento saudável e boa produção da alface varia de 15 a 18°C, com máximo de 21 a 24°C e mínimo de 7°C. Expor a hortaliça a altas temperaturas pode ocasionar alteração da qualidade do produto, devido a uma rápida acumulação de látex amargo nas nervuras (FILGUEIRA, 2008).

Cada cultura, possui uma faixa termoclimática ideal para o desenvolvimento, sendo que temperaturas abaixo das recomendações afeta de forma direta o ciclo vegetativo ou provoca o florescimento prematuro. Já temperaturas acima do ideal, afeta a qualidade final do produto (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Marengo e Lopes (2013), o estresse ocasionado por falta de água com um solo com umidade insuficiente, ocasiona o fechamento dos estômatos nas plantas, sendo responsável por prejudicar a absorção de dióxido

de carbono, afetando de forma direta o crescimento dos tecidos vegetais. Assim, as plantas com estresse hídrico em algum momento de seu ciclo, apresentam índices menores de crescimento em comparação com plantas que possuem disponibilidade de água adequada em todas as fases de desenvolvimento, o que torna essencial o controle da umidade do solo em todas as fases de produção.

### 3 METODOLOGIA

Nesse capítulo será tratado com detalhes todos os passos realizados para chegarmos ao produto final proposto, a automação.

#### 3.1 LOCAL DA COLETA E LEVANTAMENTO DOS DADOS DA PESQUISA

Foi realizado um levantamento de como era o desenvolvimento da produção da alface no plantio localizado na cidade de Lagoa Seca (Figura 01), região metropolitana de Campina Grande no estado da Paraíba, com um grande produtor referência no cultivo de hortaliças. No primeiro momento, foi realizado uma entrevista informal com o agricultor, com o intuito de entender as dificuldades e necessidades que o mesmo possuía na sua produção do dia-a-dia. Para a implantação da automação, foram considerados a montagem do canteiro de teste, no qual foi montado na cidade de Barra de São Miguel/PB.

O local de plantação do agricultor possuía a mão de obra dentro das normas trabalhistas, alto custo de produção, devido ao número elevado de funcionários, produção em larga escala, consumo de água exacerbado levando ao processo de irrigação falho.

**Figura 01:** Visita externa da plantação da alface



Fonte: os autores (2022).

Após reconhecer boa parte das necessidades existentes na produção do agricultor (Figura 02), o sistema de automação de irrigação na cultura da alface foi uma estratégia implementada, para que esse sistema facilitasse a produção, de forma que a tecnologia possa servir e facilitar a vida do mesmo, evitando

desperdícios e melhorando o crescimento, produção e faturamento do produtor agrícola.

**Figura 02:** Pesquisadores Mateus e Thallys, junto com o proprietário do local, José.



Fonte: os autores (2022).

### 3.2 PREPARAÇÃO E MONTAGEM DO LOCAL PARA COLETA DE DADOS

Foi separada uma área de 25m<sup>2</sup> em uma propriedade particular na zona rural de Barra de São Miguel no estado da Paraíba, para instalação do campo de testes, onde foram feitos 2 canteiros para serem realizados o plantio de mudas de alface, seguindo um padrão de 1,5 metro por 5 metros, com 1 metro de espaçamento entre os canteiros, como demonstrado na Figura 03.

**Figura 03:** Preparação e montagem para o local de coleta de dados



Fonte: os autores (2022).

O proprietário já dispunha de materiais usados na irrigação, nos quais foram utilizadas mangueiras de 32mm para canalizar a água da caixa até os canteiros, conexões e fita gotejadora (Figura 04).

**Figura 04:** Plantio do agricultor



Fonte: os autores (2022).

A instalação do sistema de irrigação respeitou a seguinte configuração: usar apenas um canteiro para funcionar de forma automática e coletar os dados gerados com a tomada de decisão do sistema; e, coletar os dados do comportamento da irrigação feita de forma manual pelo agricultor, deixando isoladas as centrais de controle.

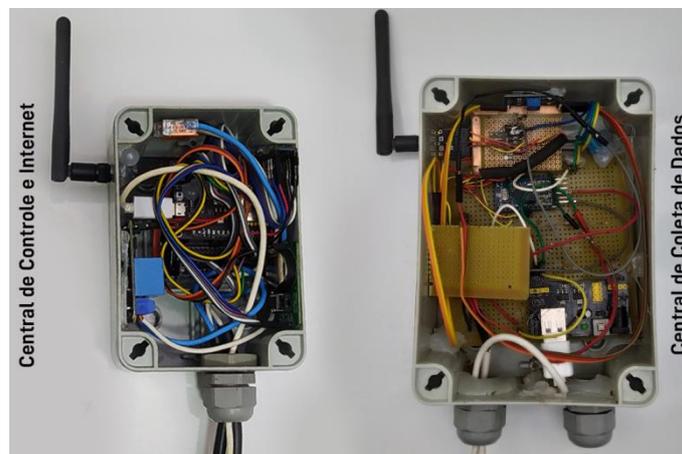
Para instalação do sensor de umidade do solo, foi introduzido o sensor em meio as linhas de irrigação, atingindo 10cm de profundidade do solo, onde após a instalação, foi necessário fazer a calibração do sensor para o solo que os canteiros dispunham via software.

Primeiro foi deixado que o solo chegasse ao seu nível mais seco, o sistema foi ligado para que fosse possível obter os valores lidos pelo sensor de umidade do solo, onde foi lido um valor analógico de 80, representando 0% de umidade do solo.

Após confirmação do valor mínimo do solo, o mesmo foi encharcado ao máximo na sua capacidade de absorção de água, onde foi lido um valor analógico de 540, chegando assim, no valor máximo que representa 100% de umidade do solo.

### 3.3 HARDWARE UTILIZADO

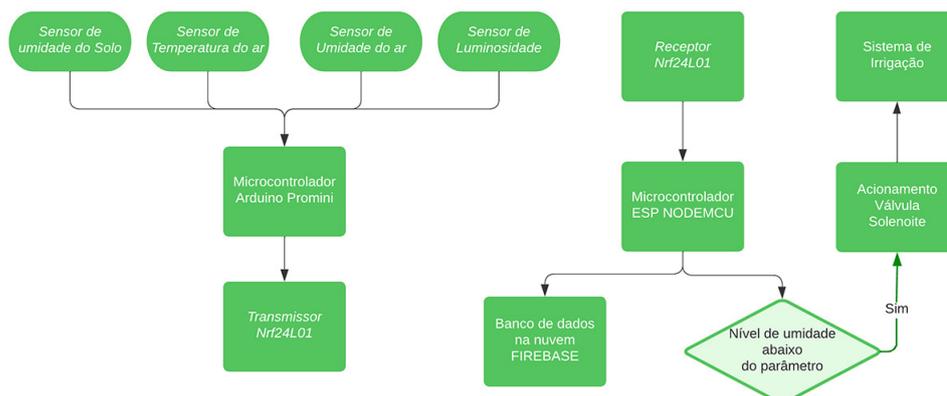
**Figura 05:** Centrais de controle e Internet



Fonte: os autores (2022).

Como ilustrado na Figura 05, o *Hardware* está dividido em 2 partes: central de coleta de dados, central de controle e Internet e ambos precisam trabalhar em conjunto para poder desempenhar o seu propósito. Na Figura 06 pudesse observar como estão interligados os componentes na automação.

**Figura 06:** Diagrama de blocos



Fonte: os autores (2022).

A central de coleta ficou responsável por realizar a leitura dos sensores e enviar até a central de controle e Internet, a qual é responsável pelo

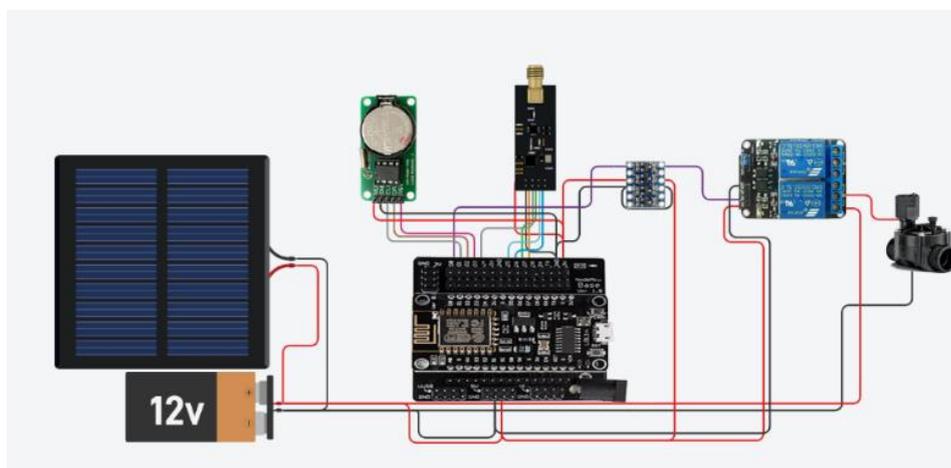
processamento e tomada de decisões, enviando os dados dos sensores para o banco de dados.

As centrais se comunicavam através de um transmissor *Wireless* que permitia a comunicação em distâncias de até 1km sem barreiras.

Em se tratando dos circuitos, a alimentação era feita através de um painel fotovoltaico de 20W, que alimentava uma bateria 12v, garantindo o funcionamento durante o dia e a noite, considerando o fato que geralmente não há disponibilidade de energia elétrica no campo onde as alfaces são cultivadas.

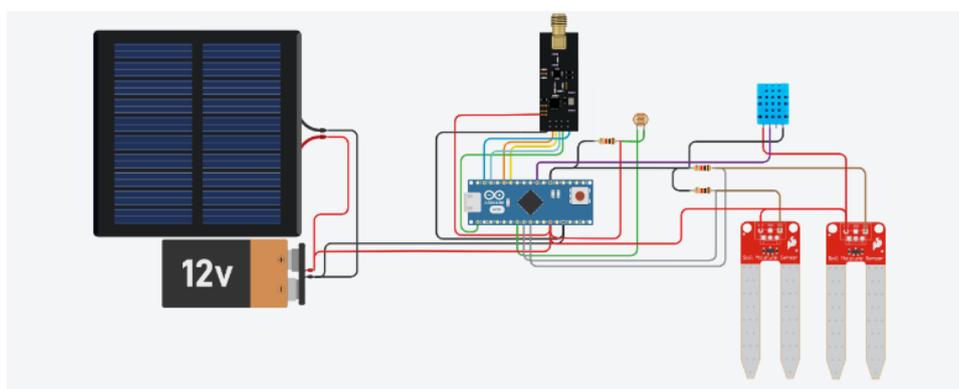
Com o diagrama de blocos e as Figuras 07 e 08 podemos entender melhor sobre as conexões que existem em cada uma das centrais

**Figura 07:** Diagrama da central de controle e Interne



Fonte: os autores (2022).

**Figura 08:** Diagrama da central de coleta de dados



Fonte: os autores (2022).

A central de controle, necessitava estar próximo a fonte de acionamento da irrigação, seja por meio de válvulas solenóides ou eletrobombas, no caso da

pesquisa, o produtor já dispunha de um encanamento que interligava uma caixa de água em um ponto alto da propriedade ao campo, no qual possibilitou usar uma válvula solenóide 12v, para fazer o controle da irrigação, onde foi utilizado o mesmo sistema de alimentação através do painel solar e bateria 12v. Na Figura 09 podemos ter noção da geolocalização do local implantado a automação.

**Figura 09:** Mapa do campo



Fonte: os autores (2022).

### 3.3.1 ARDUINO PRO MINI

O Arduino pro mini (Figura 10) foi escolhido por suas portas analógicas disponíveis, seu *design* no qual possibilitava a montagem em um case menor e a sua compatibilidade entre os sensores utilizados.

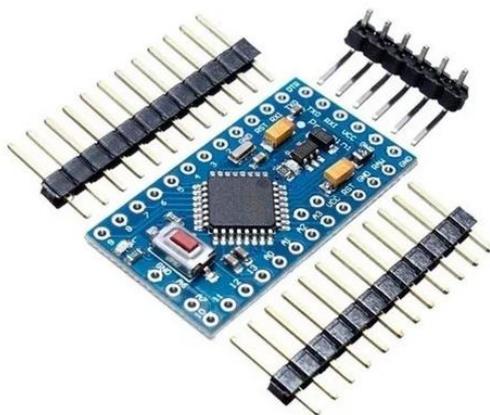
“O Arduino Pro Mini, é uma placa de microcontrolador baseado no ATmega328P (*Datasheet*). Possui 14 entradas e saídas digitais (das quais 6 podem ser usadas como saídas PWM), 8 entradas analógicas, um ressonador *on-board*, um botão de *Reset*, e os furos para fixação de pinos *Header*. Os seis pinos *Header* podem ser conectados a um cabo FTDI ou placa *Sparkfun breakout* para fornecer energia USB e comunicação com a placa.” (BAÚ DA ELETRONICA, 2022)

Além de ter portas analógicas suficiente outro motivo da escolha desse equipamento foi por possuir baixo custo para o estudo e arquitetura reduzida, já que ocupa menos espaço e não era necessário o uso de todas as saídas e entradas que um Arduino UNO oferece. Sendo importante mencionar que, o Pro

Mini possui o mesmo núcleo processador ATmega328P que o arduino UNO, assim, não abrimos mão do poder de processamento que a placa oferece, além de que, o mesmo consome menos energia que o UNO e a utilização dessa placa tem maior recomendação para projetos que não necessitam de atualizações constantes de *firmware*. Por isso, se encaixou perfeitamente no projeto com seu excelente custo benefício.

Com esse microcontrolador, foi integrado todos os sensores que eram necessários para formar a central de coleta de dados, com a função de ser responsável por alimentar os sensores e captar os dados a serem enviados pela antena transceptora NRF2410 para a central de controle e internet.

**Figura 10:** Arduino Pro Mini



Fonte: (ELETROGATE, 2022).

### 3.3.2 MICROCONTROLADOR ESP8266 NODEMCU ESP-12

Diante da necessidade de conexão *TCP/IP* para o envio de dados à Internet, o ESP (Figura 11) foi utilizado por possuir em seu circuito um chip integrado que permitia esta conexão sem a necessidade de adição de módulos para operações distintas. O mesmo apresentava também, o poder de processamento e o tamanho físico do microcontrolador que possibilitava a montagem em cases menores.

O ESP8266, é um microcontrolador composto por um núcleo de processamento, memória, periféricos de entrada/saída e recursos de comunicação sem fio *Wi-Fi* através de uma conexão *TCP/IP*. A escolha desse microcontrolador foi feita devido sua confiabilidade em projetos IOT para conectar automações a internet.

O ESP8266, é produzido pela fabricante chinesa *Espressif*. Esse microcontrolador conta com uma arquitetura de 32 bits, incluindo um núcleo microprocessador *Tensilica* L106, no qual funcionava na frequência-padrão de 80 MHz, podendo chegar a 160 MHz. A memória disponível para os dados dos programas tem cerca de 50 kB, já descontado o espaço necessário para o padrão *WiFi*. A memória disponível para o programa principal é de 4MB (OLIVEIRA, 2017).

Nesse projeto, o ESP8266 foi responsável pelo compartilhamento de dados e informações recolhidos pela central de coleta, dados esses que eram enviados ao *Firebase*, o banco de dados, onde eram registrados os *Logs* de execução do projeto.

**Figura 11:** ESP8266 NodeMcu ESP-12



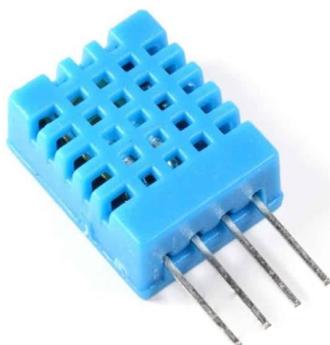
Fonte: (ELETROGATE, 2022).

### 3.3.3 SENSOR DHT11

O sensor DHT11 (Figura 12) foi utilizado para aferição de temperatura e umidade do ar para, através dessa leitura, os dados servirem para validar a eficácia da irrigação automática, verificando as condições climáticas no decorrer do dia. Mesmo composto por um microcontrolador que tem como função transmitir as informações detectadas por somente um pino para as transmissões de dados, sendo considerado de excelente custo e benefício.

O DHT11 trazia como benefício para o estudo, conseguir ler temperaturas entre 0 e 50 °C, com 2 °C de precisão, e umidade entre 20% e 80% com 5% de precisão (OLIVEIRA, 2017). Mais uma ressalva para essa escolha é a facilidade e disponibilidade de encontrar o mesmo no mercado.

**Figura 12:** Sensor de temperatura e umidade DHT11.



Fonte: (FILIPEFLOP, 2022).

### 3.3.4 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO HIGRÔMETRO

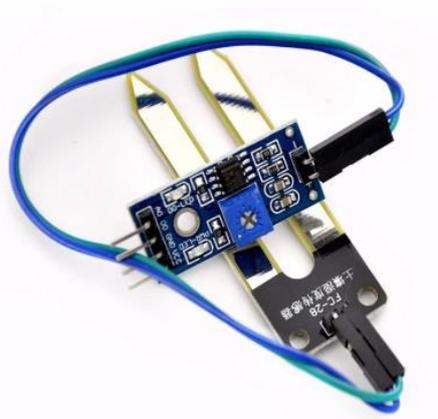
O sensor de umidade do solo (Figura 13) é considerado ferramenta útil nas aplicações agrícolas, possuindo em sua estrutura duas interfaces: uma digital e outra analógica. Foi uma ferramenta essencial no estudo, pois disponibilizava os valores de umidade do solo de forma direta além de fácil montagem e baixo custo.

Vale salientar que não existe unidade de medida com tamanha precisão padrão, cada solo tem uma determinada resolução por parte do sensor, alguns fatores que alteram esses dados são: pH, salinidade e tipo do solo, por isso se vê a necessidade de realizar uma série de testes no solo, sendo que quando o solo está seco, a saída do sensor fica em estado alto (valores maiores), e quando úmido em estado baixo (valores menores).

A escolha desse sensor, tem como base o baixo custo, economia no consumo de alimentação, já que o mesmo funciona com tensão de 3,3V a 5V e a sua configuração ser de fácil manuseio e ajustável, podendo operar com saída digital ou analógica, e nesse projeto, ele funcionava em modo analógico, já que a prioridade para ele consistia na captação mais precisa da leitura dos dados colhidos do solo.

Através da leitura do sensor da umidade do solo, era possível obter informações de que o solo estava consideravelmente seco e que a irrigação deveria ser acionada, assim como quando o solo estava úmido para pausar o processo de irrigação. As condições para acionamento da irrigação são configuradas via software, quando a leitura do sensor chegar à determinado limiar, o acionamento da irrigação aconteceria automaticamente através do ESP.

**Figura 13:** Sensor de umidade do solo



Fonte: (IMPACTOCNC, 2022).

### 3.3.5 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação utilizada, foi um painel fotovoltaico de 20w (Figura 14), alimentando uma bateria de 12v que por sua vez, era responsável por alimentar o microcontrolador e garantir a funcionalidade de toda a automação.

A alimentação via painel solar e bateria era de suma importância na região na qual os testes foram realizados, pois a área geográfica é de abrangência do semiárido brasileiro, sendo predominante de temperaturas elevadas durante boa parte do ano, favorecendo o uso da energia renovável solar, trazendo sustentabilidade para o uso dessa automação de irrigação.

**Figura 14:** Painel solar



Fonte: os autores (2022).

### 3.3.6 PLACA DE EXPANSÃO BASE V1.0 NODEMCU

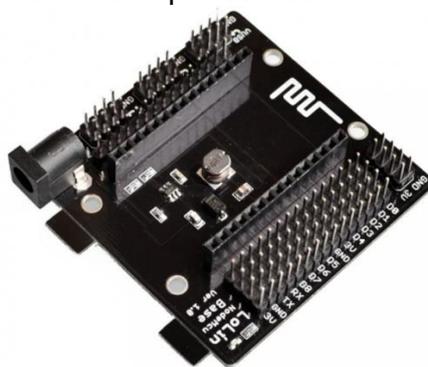
A base de expansão (Figura 15) foi utilizada, proporcionando o encaixe do microcontrolador ESP NODEMCU e a fácil conexão dos periféricos. A placa possuía seu próprio regulador de tensão, onde era alimentando com 12V proveniente da bateria, disponibilizando saída de 3.3V para alimentar o ESP e 5V que alimentava o Relé, dispensando assim, duas fontes de saídas diferentes, ofertando ao projeto um baixo custo.

O Módulo NODEMCU Base é uma placa de expansão construída para aumentar e proporcionar diversos tipos de aplicação a placa de desenvolvimento IOT Esp8266.

Muito prático e eficiente, ele possui amplas combinações de pinos de forma a proporcionar facilidade nas ligações da placa microcontroladora, lembrando que em alguns casos, as portas chegam a ser triplicadas.

O módulo base possui formato de *Shield*, permitindo facilmente o encaixe, sem a necessidade de soldas ou utilização de *jumpers* para agregar o Esp8266 a base.

**Figura 15:** Placa de expansão base V1.0 NODEMCU



Fonte: (ALIEXPRESS, 2022).

### 3.3.7 VÁLVULA SOLENOÍDE

A válvula solenoide (Figura 16) é utilizada em sistemas de irrigação e projetos que envolvam o controle de fluxo de fluidos. A válvula é do tipo NC (Normal Fechada) e quando aplicado 12V nos terminais da solenoíde a válvula é aberta, permitindo a passagem do fluido, como mostra a Figura 16.

A válvula solenoide foi utilizada como registro, acionada de forma automática pelo Relé, com a função de liberar a passagem de água através do sistema de irrigação.

**Figura 16: Válvula Solenóide**



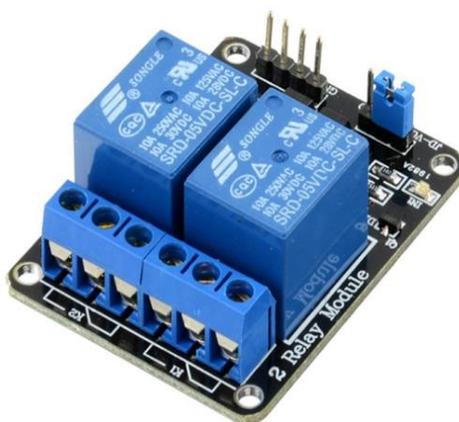
Fonte: (CASA IRRIGA, 2022).

### 3.3.8 MÓDULO RELÉ

O Relé (Figura 17) é o dispositivo de acionamento da válvula solenóide através do ESP, no qual possibilitava o acionamento de cargas maiores e em tensões diferentes, possibilitando o acionamento de cargas que iam de 250VAC com correntes de até 10A.

Este módulo possui dois canais, permitindo ser integrado a fim de controlar até 2 relés, porém, foi utilizado apenas um canal. O módulo é equipado de um relé com carga nominal 10A/250VAC, 10A/125VAC, 10A/30VDC. Cada canal possui um LED para indicar o estado da saída de ligado ou desligado.

**Figura 17: Relé**



Fonte: (USINAINFO, 2022).

### 3.3.9 MÓDULO REAL TIME CLOCK RTC DS1302

O circuito integrado DS1302 foi utilizado através da necessidade de um acionamento do sistema de segurança para o produtor durante a irrigação. Seu funcionamento fornecia ao microcontrolador minutos e segundos, os quais eram utilizados para não permitir que o sistema de irrigação ultrapassasse 20 minutos de acionamento, esse parâmetro foi escolhido afim de proteger o recurso hídrico do agricultor. Identificando a falha, o microcontrolador encerrava o processo de irrigação.

O módulo é composto pelo RTC DS1307 (Figura 18), e por um compartimento de bateria, que ajudava a manter a contagem, mesmo se não houvesse alimentação, motivo no qual foi utilizado, pois essa função tornava-se essencial em casos de acidente com perda de alimentação na automação.

O RTC funciona como watchdog, onde se passado os 20 minutos e o sistema estivesse atuando e não respondesse, o mesmo desligaria o módulo Relé, para que a irrigação parasse e não ocorresse a irrigação exacerbada, no qual podia ocasionar o esgotamento das reservas de água do local que geraria desperdícios. A adição desse componente ao projeto traz segurança contra possíveis acidentes em relação a panes no sistema durante a irrigação.

**Figura 18:** Módulo RTC



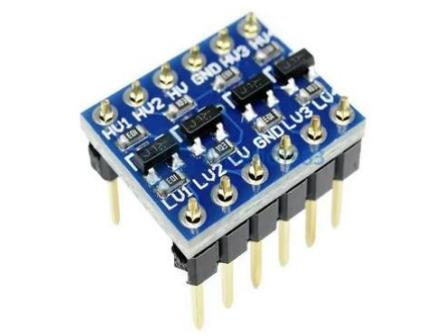
Fonte: (GEARBEST, 2022).

### 3.3.10 CONVERSOR DE NÍVEL LÓGICO BIDIRECIONAL

Utilizado para possibilitar que o ESP acionasse o módulo Relé, levando em consideração que os dois operavam em tensões diferentes, se fez necessário a utilização do conversor (Figura 19) para converter a saída de nível lógico do ESP de 3.3v para 5v, voltagem de nível lógico alto do módulo Relé.

O Conversor de Nível Lógico Bidirecional foi utilizado para o acionamento do Relé. Através do conversor de nível lógico I2C 5V para 3.3V com 4 canais bidirecional, com a capacidade de realizar a conversão de nível lógico entre 3V e 5V, foi possível realizar a comunicação dos dispositivos que trabalhavam com tensões diferentes.

**Figura 19:** Conversor bidirecional



Fonte: (ALIEXPRESS, 2022).

### 3.3.11 FONTE DE ALIMENTAÇÃO MB-102

O módulo MB102 (Figura 20) é uma fonte de alimentação para matriz de contatos, fabricado pela empresa YwRobot, na China. Ele é capaz de fornecer duas linhas de alimentação, de 5V e 3,3V, e possui um conector USB para saída de tensão, assim como um conector de entrada para adaptador de energia. A fonte de alimentação foi necessária para o estudo, pois era responsável por alimentar a central de coleta de dados, pois o arduino Pro Mini funcionava a uma tensão de 5V, enquanto a tensão fornecida para essa central é 12V vinda da bateria do painel solar. Para a central de controle e internet, a placa de expansão do NODEMCU já fazia essa conversão de 12V para 5V.

**Figura 20:** Fonte de alimentação



Fonte: (MERCADO LIVRE, 2022).

### 3.3.12 TRANSCEPTOR NRF24L01

O NRF24L01 (Figura 21) foi utilizado para realizar a comunicação de dados entre a central de coleta de dados e a central de controle e Internet. Com o NRF24L01, foi possível mandar os dados coletados pelos sensores, que se localizavam na central de dados, para o ESP8266, para que o mesmo pudesse enviar informações para o banco de dados. O transceptor NRF24L01 utiliza a interface de comunicação *Serial Peripheral Interface* (SPI), que usa o conceito de mestre e escravo.

Com esse módulo, era possível conseguir uma transmissão de longa distância. O mesmo acompanha uma antena de 2.4GHz (2Db), com taxa de transmissão de 250Kbps ao ar livre, a distância de comunicação pode chegar até 1Km (ELETROGATE, 2022).

**Figura 21:** Receptor e Transceptor NRF24L01



Fonte: (CASA DA ROBOTICA, 2022).

## 3.4 SOFTWARE UTILIZADO

Para esse projeto foram utilizados softwares para configurar os Hardwares e o aplicativo criado, nesse capítulo será exposto as linguagens de programação utilizadas.

### 3.4.1 APLICATIVO PARA SMARTPHONE

Para facilitar o dia-a-dia do agricultor e obter melhor eficácia da implementação do projeto, foi desenvolvido um aplicativo para smartphone, disponível para download em celulares Android, que possibilita ao usuário a visualização dos dados em tempo real através de um *dashboard* (Figura 22) de fácil compreensão.

O aplicativo permite ao usuário, acompanhar o funcionamento do sistema, mostrando em tempo real os valores lidos pelos sensores com o aplicativo conectado à rede de Internet.

**Figura 22:** Tela inicial do aplicativo



Fonte: os autores (2022).

### 3.4.2 SOFTWARE EMBARCADO NA CENTRAL DE COLETA

Foi desenvolvido um *software* na linguagem C, com o intuito de controlar o microcontrolador do circuito instalado na central de coleta de dados, onde foram implementadas instruções para realizar a leitura dos sensores assim instalados, armazenando os dados coletados em um vetor, o qual é enviado através de um transmissor sem fio após a leitura de todos os sensores para a central de envio e acionamento.

### 3.4.3 SOFTWARE EMBARCADO NA CENTRAL DE COLETA

Para essa central houve desenvolvimento também de um software em linguagem de programação C, afim de que o microcontrolador possa processar os dados vindo da central de coleta, foram implementadas instruções para receber os dados que chegavam através do transmissor sem fio.

Os dados recebidos eram reorganizados em um vetor, onde seriam processados e analisados os dados referentes a umidade do solo, até que os valores atingissem seus limiares máximo ou mínimo, assim acionando o sistema responsável por fazer a irrigação. Após feita essa análise, os dados eram encaminhados para o banco de dados e hospedado no *firebase*.

### 3.4.4 FIREBASE

O *Firestore* é uma ferramenta do *Google* que dispõe de vários serviços *online* (ROCK CONTENTE, 2022). Entretanto, para o estudo este banco de dados foi utilizado para guardar em sua plataforma os dados coletados de temperatura e umidade do ar, umidade do solo e níveis de luminosidade, proporcionando ao usuário o acompanhamento em tempo real das condições do campo, através do *dashbord* do aplicativo, que foi desenvolvido com o intuito de exibir esses dados, como também, armazenar os mesmos para que em trabalhos futuros seja possível acessar o banco de dados coletados em determinado campo, para que assim, possa ser realizados estudos e intervenções futuras diante dos dados.

### 3.4.5 INTERFACE DE DESENVOLVIMENTO E LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADOS

O ambiente de desenvolvimento utilizado para programação do *hardware* foi a IDE Arduino, para inserção de códigos nos microcontroladores. Através do mesmo, foi implementado os códigos na linguagem de programação C, para que todas as peças de *hardware* conversem entre si.

O *software* foi de autoria própria, desenvolvido de acordo com as funcionalidades de cada uma das centrais, respeitando o funcionamento de cada microcontrolador usado e a compatibilidade entre eles e os sensores.

Para desenvolvimento do aplicativo, foi utilizado o editor de códigos *Visual Studio Code*, nele foi utilizada a linguagem de programação *JavaScript* para o seu desenvolvimento.

Foi utilizado o *Framework React Native*, uma estrutura de aplicativo móvel popular, baseada na linguagem *JavaScript*, que permite criar aplicativos móveis renderizados nativamente para *iOS* e *Android*.

A estrutura permite criar um aplicativo para várias plataformas usando a mesma base de código, porém disponibilizamos o aplicativo apenas para *Android* devido curto tempo hábil para funcionamento em sistemas *iOS*.

Com o código de autoria própria, utilizamos ferramentas disponíveis pela própria plataforma do *React* para criação do aplicativo, utilizamos extensões como: *React Navigation*, *Style Components* e *React Recharts*.

### 3.5 COMPONENTES E FUNCIONAMENTO DA CENTRAL DE COLETA DE DADOS

Abaixo serão listados os componentes utilizados na central de coleta:

- a) Circuito montado em placa de fenolite perfurada
- b) Caixa de montagem à prova d'água
- c) Prensa Cabos
- d) Cabos de alimentação
- e) Cabos de dados
- f) Jumpers
- g) Arduino pro mini
- h) Dht11
- i) LDR
- j) Sensor de Umidade do Solo
- k) Resistores
- l) Fonte de alimentação 3.3v
- m) Pinos para conexão

A central de coleta de dados era responsável por coletar os dados do conjunto de sensores disponíveis na aplicação através das portas analógicas do *Arduino*, no qual eram feitas leituras dos sensores de luminosidade (*LDR*) e sensor de umidade do solo (*Higrômetro*).

Os valores encontrados foram armazenados em uma variável interna do microcontrolador e, em seguida, lidos os sensores de temperatura e umidade do ar (*DHT11*), através de uma entrada digital, e armazenado em uma variável interna do microcontrolador.

Após realizar todas as leituras, os dados eram encaminhados para o envio da central de processamento e acionamento, através do rádio NRF24L01, operando na frequência de 2.4Ghz com uma taxa de transmissão de 250kbps para atingir um alcance maior.

Era enviado um vetor contendo as respectivas leituras dos sensores e, após o envio, o microcontrolador entrava em modo de espera até voltar a repetir todo o processo novamente.

A automação foi programada para fazer leituras a cada 30 segundos, o principal sensor é o de umidade do solo, através desse dado a automação ativará a irrigação ou não.

Vale salientar que a central de coleta apenas faz as leituras dos sensores, e o comando para acionar a irrigação é realizado pela central de processamento de dados e acionamento.

Devido à quantidade de componentes ligados na central durante a montagem da mesma, foi utilizada uma placa de fenolite para fixar dos componentes para evitar possíveis curto circuitos.

A escolha da case para comportar o circuito foi para que não houvesse comprometimento dos componentes, já que a central fica exposta no campo a sol, chuva e adversidades climáticas. A case é composto de plástico resistente e a saída dos cabos isolada com material emborrachado.

### 3.6 COMPONENTES E FUNCIONAMENTO DA CENTRAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS E ACIONAMENTO

Abaixo serão listados os componentes utilizados na central de processamento de dados e acionamento:

- a) Caixa de montagem à prova d'água
- b) Prensa Cabos
- c) Cabos de alimentação
- d) Jumpers
- e) Esp8266 NodeMcu
- f) Placa expansora
- g) Relé
- h) RTC
- i) Conversor de nível lógico

A central de processamento de dados e acionamento foi a responsável por fazer toda a inteligência da automação. Ao receber os dados através do rádio NRF24L01 os valores respectivos do sensor de umidade do solo foram analisados e comparados com o limiar pré-estabelecidos de acordo com o solo e a cultura, mantendo a umidade do solo sempre dentro do intervalo proposto.

O acionamento da irrigação era feito com a ativação de uma carga através do relé, que acionava a abertura da válvula solenóide, permitindo que a água percorresse o sistema de irrigação presente na plantação. Durante esse processo, os dados referentes a umidade do solo continuavam sendo checados em tempo real, para garantir que a irrigação acontecesse de forma ideal.

O próximo passo após o recebimento dos dados, era o envio dos mesmos para o banco de dados, usando o recurso disponível na placa ESP8266, a conexão *TCP/IP* a redes *WI-FI*, o *hardware* se conectava na rede de Internet local para realizar o envio para o banco de dados.

Algumas ações do sistema também foram repassadas ao banco de dados, usando um *Ping* que mostrava a última conexão do sistema com a Internet, demonstrando o início, fim e estado da irrigação.

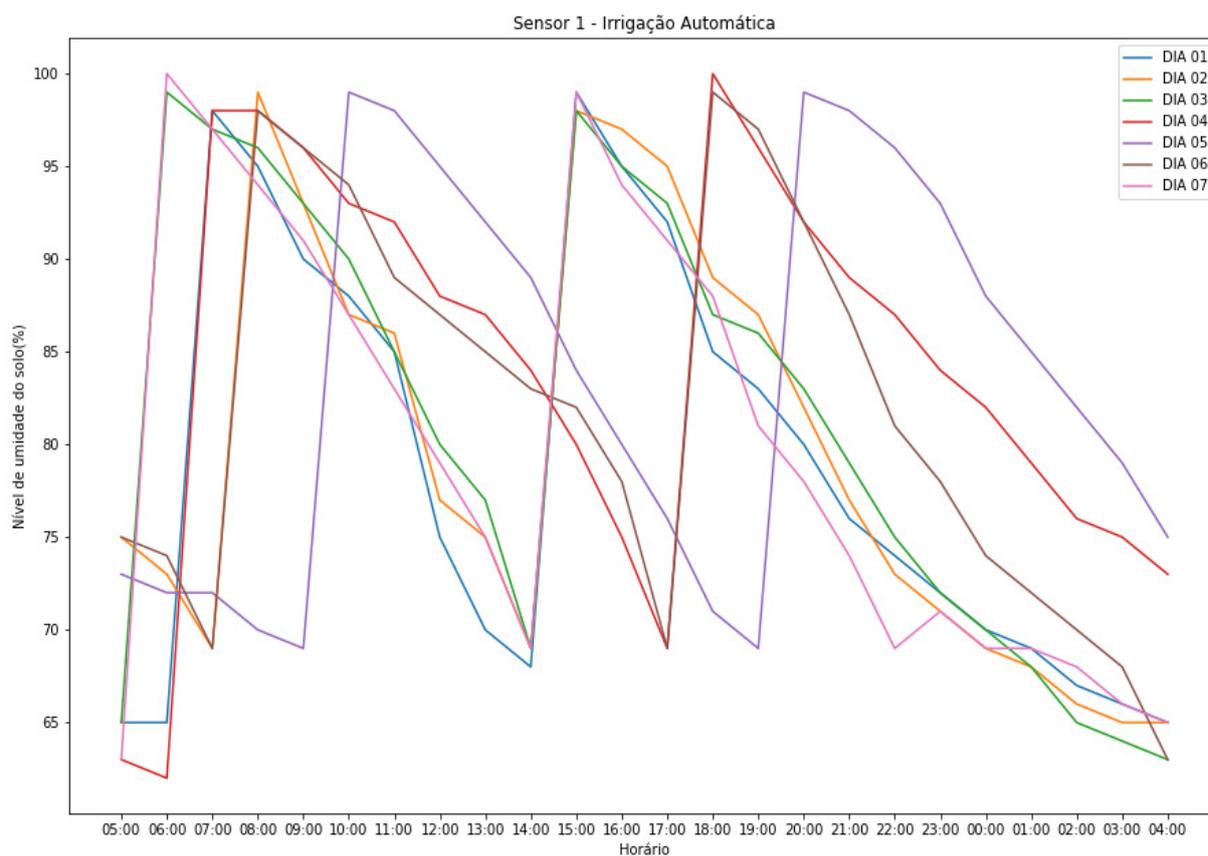
O *hardware* também possuía informações vindas do banco de dados para alterar sua funcionalidade. Alguns controles poderiam ser alterados de forma remota, como o intervalo para manter a umidade, resetar o sistema, tempo de descanso entre as leituras dos sensores e tempo de segurança de irrigação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

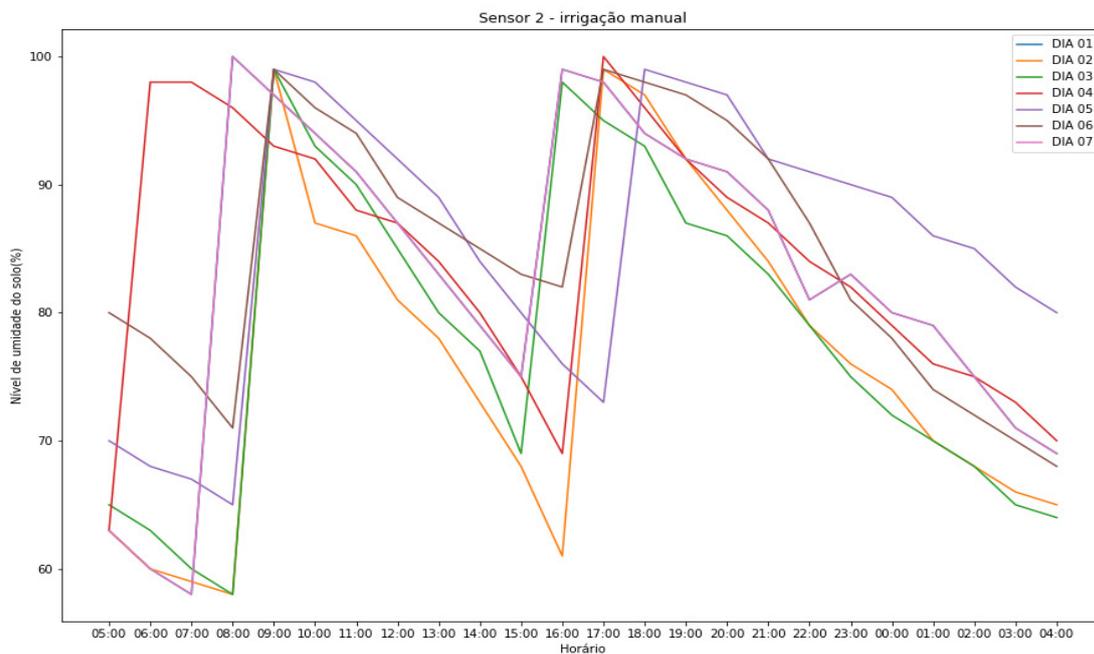
A alface é uma hortaliça extremamente exigente quanto ao nível de água para a sua irrigação, necessitando que o solo esteja com o nível de umidade adequado para o seu desenvolvimento, devido a sua expressa área foliar e evapotranspiração intensa em dias com elevadas temperaturas (FILGUEIRA, 2008).

Após sete dias de análise de umidade do solo com o sistema de automação de irrigação implantando, foram obtidos os dados descritos nos seguintes gráficos:

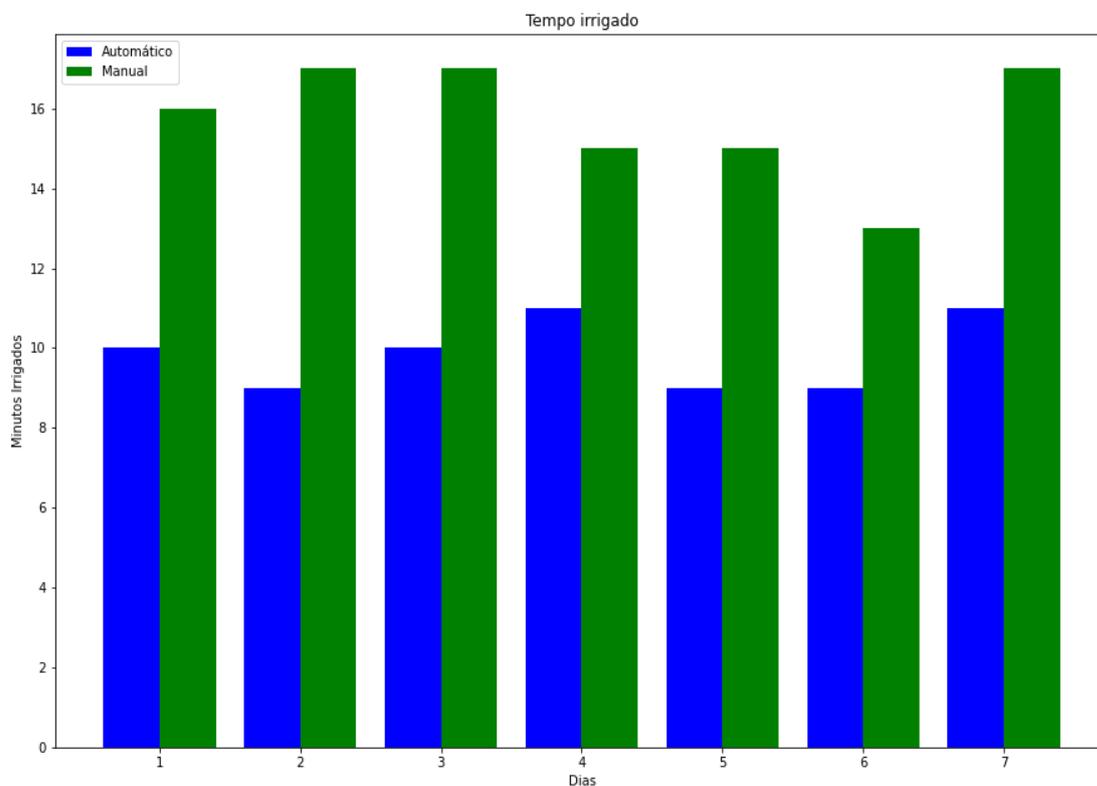
**Gráfico 01:** Sensor 1 – irrigação automática



Fonte: os autores (2022).

**Gráfico 02:** sensor 2 – irrigação manual

Fonte: os autores (2022).

**Gráfico 03:** tempo de acionamento da irrigação do primeiro ao sétimo dia

Fonte: os autores (2022).

Os dados nos Gráficos 01 e 02 demonstram os sensores que foram utilizados para coletar os dados, onde o sensor 1, instalado na irrigação de forma automatizada, coletou a umidade do solo enquanto o sistema controlava de forma automática a irrigação.

Analisando a representação dos dados do Gráfico 01, o DIA 01 deu início às 05h da manhã com um nível de umidade em 65%, às 06h da manhã, o processo de irrigação foi ativado, passando de 65% a 100% em um intervalo de 10 minutos, tempo decorrido até a identificação dos níveis de umidade do solo desejáveis, como demonstrado no Gráfico 03. Isto trouxe benefícios, pois foi possível proporcionar um padrão de tempo do acionamento do sistema, que seguiu os níveis de umidade, reduzindo o tempo de irrigação e consequentemente a redução do uso de água.

Foi possível observar claramente a redução do tempo de irrigação entre o sistema de irrigação utilizado de forma manual e automática, viabilizando o objetivo do estudo e o desenvolvimento da solução, acarretando economia de recursos hídricos, como também, a padronização dos níveis de umidade do solo, para que a cultura da alface não sofra grandes variações nos quais venham prejudicar seu desenvolvimento.

Analisando a representação do DIA 05, pode-se perceber que os níveis de umidade do solo permaneceram dentro do intervalo aceitável pré-configurado por um período de tempo maior, chegando às 09h da manhã em níveis abaixo de 70%, iniciando assim o processo de irrigação, passando de 69% a 100%, com um intervalo de 09 minutos como mostra o Gráfico 3, tempo necessário até atingir a umidade do solo desejável, mantendo sua umidade dentro do intervalo aceitável até as 19h, onde se iniciou novamente o processo de irrigação durante 09 minutos até atingir a umidade do solo desejável.

Neste mesmo dia, pelo fato de a temperatura estar mais baixa, a umidade do solo permaneceu mais tempo e o sistema de irrigação ativou mais tarde em comparação aos demais dias, ocasionando benefícios ao agricultor, pois a demanda hídrica varia de acordo com o ciclo fenológico das culturas e com as temperaturas impostas a cada dia, onde foi observado que, o sistema de automação implantado, se encaixou perfeitamente para este controle, pois os sensores eram ativados de acordo com o nível de temperatura, sendo ativado apenas quando o solo não estivesse mais com condições ideais, permitindo que a água chegasse na planta no momento exato em que ela necessitava, o que

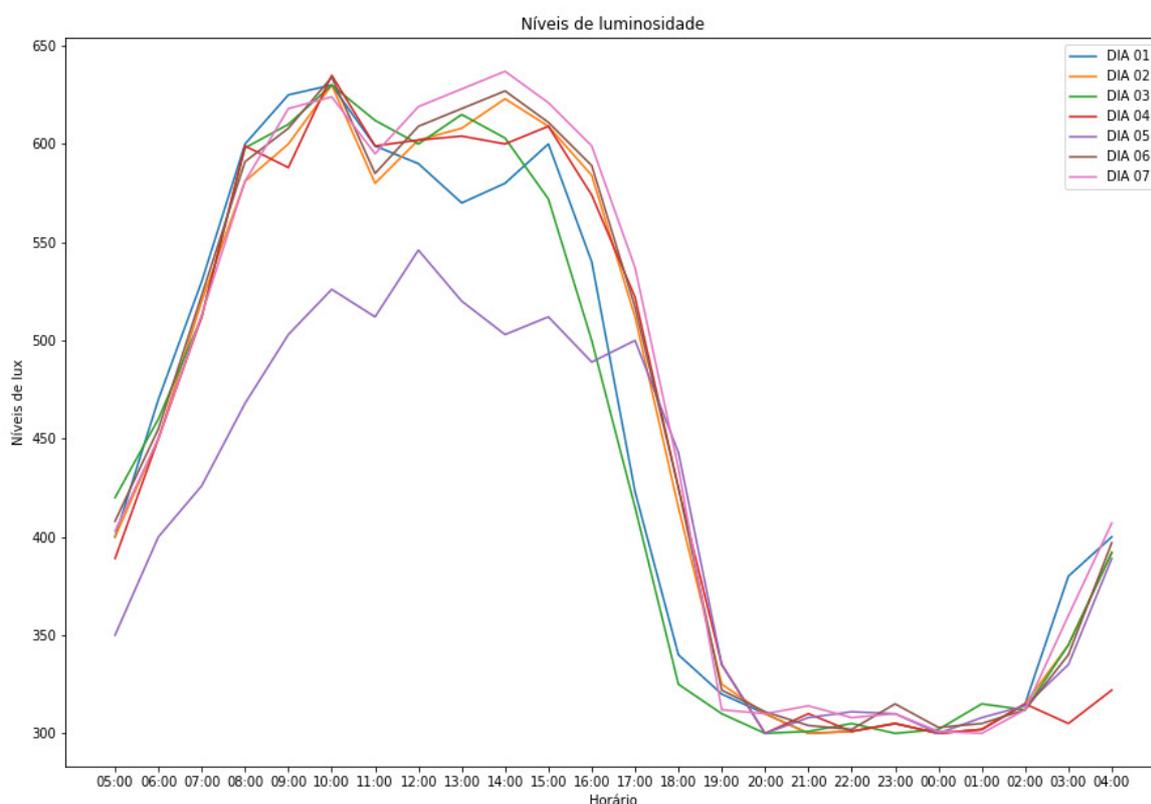
representa melhor crescimento e produtividade da cultura, e maior economia de água e de recursos.

Nos demais dias, as temperaturas variaram de 20°C a 34°C, com uma média de temperatura de 28°C e os sensores permaneceram sendo ativados de forma eficiente, somente quando o solo necessitava de mais umidade, mantendo-se constante durante todos os dias do estudo.

Em contrapartida, o Gráfico 02, representa a leitura do sensor 2, instalado no campo irrigado de forma manual, onde o produtor realizou a irrigação como de costume, e foi percebido que a umidade do solo se manteve em constante, como aconteceu no sistema de forma automática, representado pelo Gráfico 01, o que pode acarretar prejuízos para o agricultor, como o desperdício de água e baixo controle da umidade do solo e conseqüentemente, custos elevados na produção.

Em se tratando dos níveis de luminosidade, o Gráfico 04 demonstra os seguintes dados.

**Gráfico 04:** níveis de luminosidade durante os 07 dias



Fonte: os autores (2022).

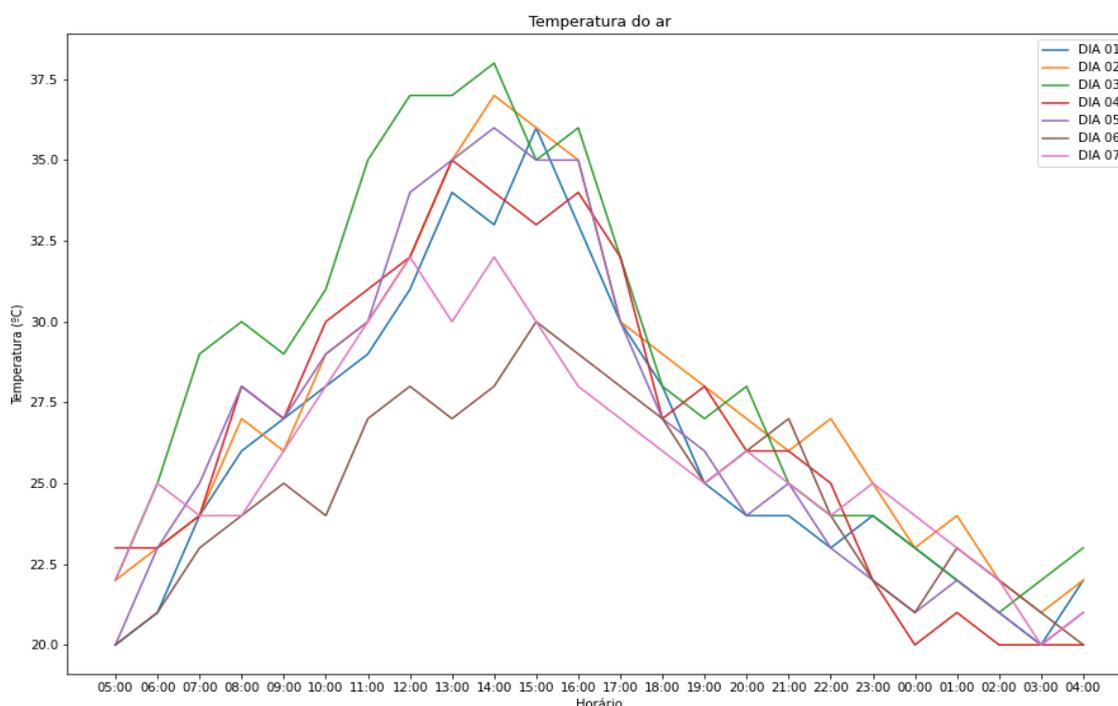
A representação do Gráfico 04, é referente aos níveis de luminosidade coletados no campo, afim de identificar o tempo de insolação recebido pelas culturas. Os dados foram coletados através do sensor de luminosidade LDR.

No Gráfico 4, percebe-se que no dia 05, os níveis de luminosidade foram abaixo dos demais dias, devido ao fato que este dia não foi considerado um dia tão quente, pelo fato de ter recebido menor incidência de raios solares, acarretando também, em um dia com temperaturas mais baixas e níveis de umidade mais altos, mostrados nos gráficos 05 e 06, observando um padrão de atuação definido para início com valores abaixo de 70%, trazendo como benefício, a constância na umidade do solo, não permitindo o estresse hídrico na planta.

É perceptível também que os níveis de insolação estão ligados diretamente com os níveis de temperatura e umidade do ar, onde interferem diretamente no tempo em que o solo permanecerá em níveis de umidade aceitável, ressaltando parâmetros de níveis bem elevados entre as 07h da manhã até às 17h no decorrer da maioria dos dias, mostrando pouca incidência de nuvens.

Cermeño (1990) afirma que, analisar os níveis de luminosidade na plantação é de grande importância, pois para o desenvolvimento satisfatório da planta, as principais funções metabólicas estão relacionadas à energia luminosa. Assim, a luz afeta diretamente a fotossíntese, o fototropismo, o crescimento dos tecidos, a floração e o amadurecimento dos frutos entre outras funções.

A temperatura do ar também foi analisada, através do sensor de umidade e temperatura DHT 11, como demonstra no Gráfico 05.

**Gráfico 05:** níveis de temperatura do ar durante os 07 dias do estudo.

Fonte: os autores (2022).

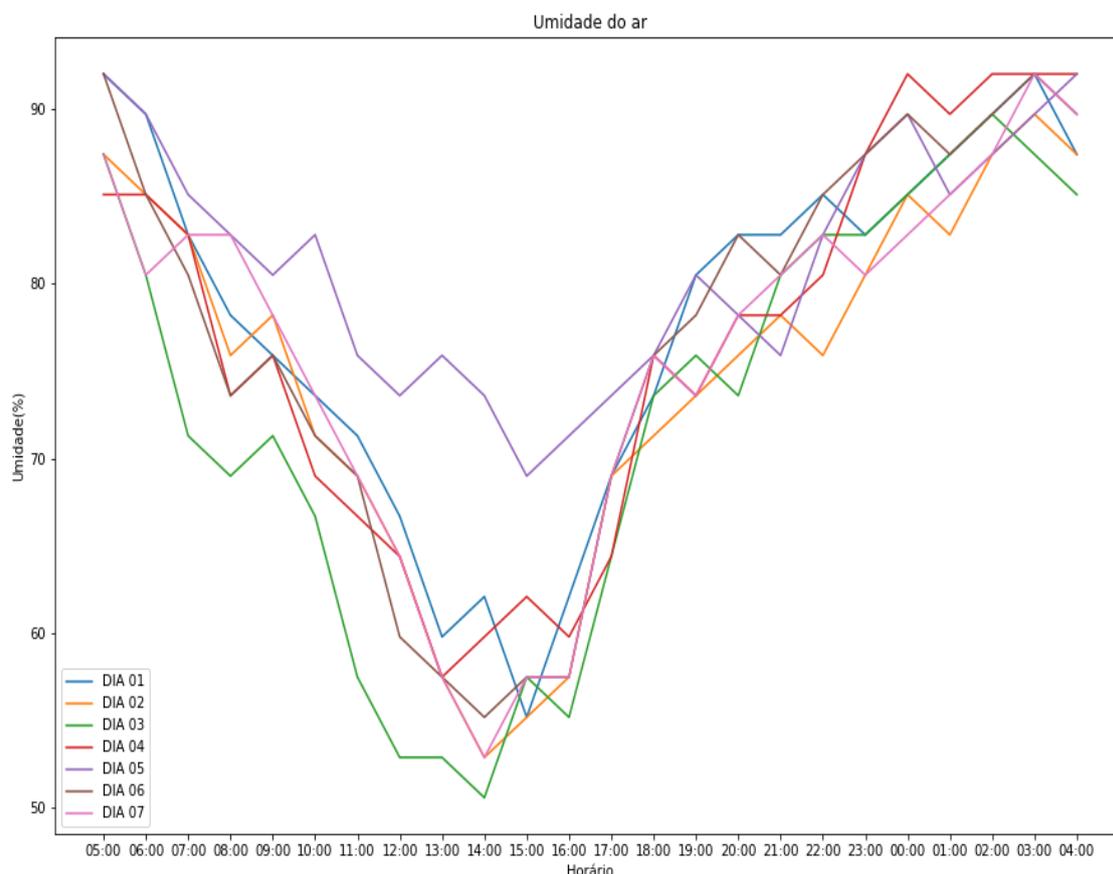
Para avaliação da temperatura do ar, o dia mais quente foi considerado o DIA 01, o que acarretou em uma diminuição mais acelerada da umidade do solo, ocasionando a necessidade da irrigação precoce como podemos observar no Gráfico 01 no DIA 01.

Neste mesmo dia, as temperaturas chegaram em uma mínima de 20°C e máxima de 36°C. Já no dia 05, obteve-se o registro de uma máxima de 30°C, comparando com os demais dias, foi a menor máxima do dia registrada durante o experimento, fazendo com que o sistema se comportasse de modo a considerar as baixas temperaturas e readequar a irrigação as condições climáticas.

Dados semelhantes foram demonstrados no estudo de Filho (2017), que apresentava como objetivo implementar um sistema de automação e controle inteligente no cultivo da alface, onde encontrou em seu estudo faixas de temperaturas mínimas e máximas registradas pela estação experimental local, registrando temperaturas na faixa de 13,9°C até 31,8°C, no qual o sistema de irrigação implantado realizava o acionamento baseado nas temperaturas: frente a baixas temperaturas, seu acionamento era com menor frequência, e em dias de temperaturas mais altas, era acionado com um intervalo de tempo mais curto.

A irrigação influencia diretamente a umidade relativa do ar no cultivo da cultura da alface, sendo que, esta deve ser realizada corretamente, através de monitoramento por tensiometria ou por sensores específicos. O Gráfico 06 demonstra os níveis de umidade do ar observados nos 07 dias de estudo, no qual foi coletado através sensor DHT11.

**Gráfico 06:** níveis de umidade do ar durante os 07 dias do estudo.



Através do gráfico, pode-se perceber que os níveis de temperatura estão correlacionados com os níveis de umidade do ar, onde quanto mais alta for a temperatura, menor será a taxa de umidade do ar.

No dia 01, foi observado que no ponto de maior temperatura, foi registrado o menor nível de umidade, sendo 36°C para 55% de umidade, já no dia 05 foi perceptível um comportamento diferente, onde foram registados máxima de 30°C e uma umidade mínima de 60%, o que resultou em um tempo maior para acontecer a intervenção da irrigação, gerando economia de água para o produtor, e suprindo a cultura de forma mais aceitável possível de acordo com a necessidade da plantação.

A umidade relativa do ar, no interior de uma estufa agrícola, varia ao longo do dia de acordo com a presença de radiação em amplitudes que podem oscilar entre 30 a 100%, estando vinculada ao equilíbrio hídrico das plantas, onde um déficit pode alterar a evapotranspiração, ocasionando prejuízos no sistema radicular de absorção do soluto nutricional. Segundo Cermeño (1990), cada plantio exige níveis de umidade do ar específicos e ideais para seu crescimento e desenvolvimento e, quando este valor de umidade aumenta ou decresce em valores significantes, os vegetais sofrem sérios desequilíbrios fisiológicos, que afetam seu crescimento e produtividade.

Um efeito do excesso de umidade do ar no interior dos ambientes protegidos é a condensação na face interna do filme plástico de cobertura e consequente redução na transmitância da radiação solar e isto, pode interferir no desenvolvimento da cultura da alface, visto que, a queda dessas gotas é capaz de promover o aparecimento de manchas nas plantas. Portanto, torna-se essencial o manejo adequado da umidade do ar, afim de evitar a incidências de doenças no plantio, reduzindo consequentemente o uso de defensivos agrícolas e diminuindo o custo da produção (PURQUERIO; TIVELLI, 2009).

## 5 CONCLUSÃO

Diante do estudo, foi possível concluir que, a cultura da alface é altamente exigente em se tratando de água, dessa forma, o uso da irrigação torna-se imprescindível para o sucesso da produção. Entretanto, é fundamental a utilização correta do sistema de irrigação e da aplicação de um manejo adequado, tanto para suprir as necessidades hídricas da cultura, quanto para minimizar os gastos desnecessários e problemas com doenças, deste modo a implementação de um sistema de irrigação automático torna-se essencial.

O sistema de automação e controle inteligente no processo de irrigação no cultivo da alface no qual foi implementado mostrou-se satisfatório, atendendo os requisitos iniciais do projeto como: facilidade de operação e redução de custos com mão de obra para controle do ambiente protegido, visto que o acionamento é de forma automática, sem a interferência do produtor rural na programação ao longo do ciclo da cultura; controle eficiente da irrigação, deixando a umidade do solo de forma adequada em todos os horários do dia, no qual garante o desenvolvimento saudável da alface, bem como redução das taxas de prejuízos durante o ciclo; e, controle de doenças ocasionadas pelo excesso ou baixa umidade do solo e conseqüentemente diminuição do uso de pesticidas.

Dado isso, o sistema mostra-se eficiente também, não só para a implantação no cultivo da alface, bem como para as hortaliças de modo geral, devido aos inúmeros benefícios mostrados no estudo.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, M. A. V.; VIEIRA, L.A.V.; SOUZA, J.P \*; FREITAS, J.D.B; NETO, F.B. **Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-CE.** Revista Caatinga, v. 25, n. 3, p. 8-11, 2012.

ANDRADE, Cezar. **Qual A Importância Da Tecnologia Na Agricultura? Negócios Softfocus.** 2019. Disponível em: <https://softfocus.com.br/qual-a-importancia-da-tecnologia-na-agricultura/>. Acesso em: 10 de nov 2022.

BAYER, A; MAHBUB, I.; CHAPPELL, M.; RUTER, J.; IERSEL, M. **Water Use and Growth of Hibiscus acetosella 'Panama Red' Grown with a Soil Moisture Sensor-controlled Irrigation System.** HortScience, vol. 48, 980-987, 2013.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. **Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 730-735, 2010.

CARVALHO, D. F. de. **Engenharia de água e solo.** 2010. 66 f. Dissertação - Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica-RJ, 2010.

CERMEÑO, Z. S. **Estufas instalação e manejo.** Lisboa: Litexa. 1990. 355p. FAVARATO; GUARÇONI. MANEJO DA irrigação. Disponível em [\(PDF\) MANEJO DA IRRIGAÇÃO - CULTURA DA ALFACE \(researchgate.net\)](#). acesso em: 9 de out 2022.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** UFV, Viçosa – SP. 2008. 402p.

MARQUES FILHO, A.C.M. **sistema de automação e controle inteligente para cultivo protegido – tecnologia acessível ao pequeno produtor.** / Aldir Carpes Marques Filho; orientação de Jean Paulo Rodrigues – Florianópolis, 2017.

GUIMARÃES, V. G.; **Automação e monitoramento de sistema de irrigação na agricultura**, Trabalho de Graduação, Engenharia Mecatrônica, Universidade de Brasília, 2011.

GRAH, V. F. et al. **Solução alternativa para bombeamento de água e automação da irrigação sem o uso de energia elétrica.** Irriga, Botucatu, p.309-323, 2012.

LIN, K. H.; HUANG, M. Y.; HUANG, W. D.; HSU, W. D.; YANG, Z. W.; YANG, C. M. **The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*).** Scientia Horticulturae, v.150, p. 86–91, 2013.

MANTOVANI, E. C. BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.

MARENCO, R. A., LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa – MG. 3º ed. UFV. 2013. 486p.

NUNES, J. L.da S.. **Agricultura de precisão.** Agrolink, 2016. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao\\_361504.html](https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html). Acesso em: 18 de nov de 2022.

PRÁ, B. R. DaI. **Desenvolvimento de sistema para controle de umidade de solo em pequenas propriedades rurais.** 2009. 66 f. Departamento de Prodetec – Programa De Pós-graduação Em Desenvolvimento De Tecnologia, Lactec – Instituto De Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2009.

PEREIRA, L. S.; VALERO, J. A. J.; BUENDÍA, M. R. P.; MARTÍN-BENITO, J. M. T. **El riego e sus tecnologías. Albacete: CREA-UCLM**, 2010. 296 p.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. **Manejo do ambiente em Cultivo Protegido**. Piracicaba – SP: IAC, Instituto Agrônômico de Campinas. 2010.

STABELINI, Delton. **Gestão Agrícola: a administração aplicada à produção rural**. Blog Texaco. Disponível em: <https://blog.texaco.com.br/ursa/gestao-agricola/>. Acesso em: 10 de nov 2022.

OLIVEIRA, Sérgio. Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi. Novatec Editora, 2017.

VIANA et al. **A tecnologia como ferramenta de gestão na agricultura**. Goiânia, 2020.

ELETROGATE, Pro Mini Atmega328p 5v 16MHz. Disponível em: [https://www.eletrogate.com/pro-mini-atmega328p-5v-16mhz?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAy\\_CcBhBeEiwAcoMRHB9WnPWdBXAUtE6BjXvMvhqvfj2YVBwE\\_GgwQU0k9t-W4\\_kDqsFRoCmBoQAvD\\_BwE](https://www.eletrogate.com/pro-mini-atmega328p-5v-16mhz?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAy_CcBhBeEiwAcoMRHB9WnPWdBXAUtE6BjXvMvhqvfj2YVBwE_GgwQU0k9t-W4_kDqsFRoCmBoQAvD_BwE). Acesso em: 16 dez. 2022.

ELETROGATE, Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu v3 – Lolin. Disponível em: [https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-v3-lolin?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAy\\_CcBhBeEiwAcoMRHCqisaskpCwxLnvYmd6QkNcDSFfRDvUuwD7Yo0\\_y0m0rSS-orQkcXxoCft4QAvD\\_BwE](https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-v3-lolin?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAy_CcBhBeEiwAcoMRHCqisaskpCwxLnvYmd6QkNcDSFfRDvUuwD7Yo0_y0m0rSS-orQkcXxoCft4QAvD_BwE). Acesso em: 16 dez. 2022

FILIFELOP, Sensor de Umidade e Temperatura DHT11. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

IMPACTOCNC, Módulo Sensor de Umidade Solo. Disponível em: <https://www.impactocnc.com/modulo-sensor-de-umidade-do-solo>. Acesso em: 16 dez. 2022.

ALIEXPRESS, 10 pçs nodemcu nó mcu base esp8266 teste diy breadboard basics tester adequado para nodemcu v3. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/i/32718286548.html>. Acesso em: 16 dez. 2022.

USAINFO, Módulo Relé 5V 10A 2 canais com Optoacopladores. Disponível em: <https://www.usainfo.com.br/rele-arduino/modulo-rele-5v-10a-2-canais-com-optoacopladores-2300.html>. Acesso em: 16 dez. 2022.

GEARBEST, DS1302 Módulo Relógio em Tempo Real para Arduino UNO MEGA Placa de Desenvolvimento DIY Starter Kit - Verde-Mar Claro. Disponível em: <https://www.gearbest.com/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

ALIEXPRESS, Módulo de placa bidirecional, 5v 3.3v dc ogic conversor de nível para arduino com pinos diy eletrônico placa pcb iic i2c. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/32890488553.html>. Acesso em: 16 dez. 2022.

CASA DA ROBOTICA, Módulo Wireless NRF24I01 com Antena 1km. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/internet-das-coisas/comunicacao/radio-frequencia/modulo-wireless-nrf24i01-com-amplificador-antena-1km>. Acesso em: 16 dez. 2022.

MERCADO LIVRE, Fonte De Alimentação 3.3v 5v Mb102 Protoboard Arduino Pic. Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1233462105-fonte-de-alimentaco-33v-5v-mb102-protoboard-arduino-pic-\\_JM?matt\\_tool=56291529&matt\\_word=&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=14303413604&matt\\_ad\\_group\\_id=133074303519&matt\\_match\\_type=&matt\\_network=g&matt\\_device=c&matt\\_creative=584156655498&matt\\_keyword=&matt\\_ad\\_position=&matt\\_ad\\_type=pla&matt\\_merchant\\_id=147035375&matt\\_product\\_id=MLB1233462105&matt\\_product\\_partition\\_id=1413191054866&matt\\_target\\_id=pla-1413191054866&gclid=CjwKCAiAy\\_CcBhBeEiwAcoMRHECvlyCXxZOa47jEtxb](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1233462105-fonte-de-alimentaco-33v-5v-mb102-protoboard-arduino-pic-_JM?matt_tool=56291529&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413604&matt_ad_group_id=133074303519&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=584156655498&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=147035375&matt_product_id=MLB1233462105&matt_product_partition_id=1413191054866&matt_target_id=pla-1413191054866&gclid=CjwKCAiAy_CcBhBeEiwAcoMRHECvlyCXxZOa47jEtxb)

PIQctGIG3zzdWaQgChLiaertVr1\_VdxBMvRoCgLIQAvD\_BwE. Acesso em: 16 dez. 2022.

BAÚ DA ELETRONICA, Arduino pro mini. Disponível em:

<https://www.baudaeletronica.com.br/arduino-pro-mini-328-5v-16mhz.html>.

Acesso em: 25 dez. 2022.

**ROCK CONTENT, Conheça Firebase: a ferramenta de desenvolvimento e análise de aplicativos mobile. Disponível em:**

<https://rockcontent.com/br/blog/firebase/>. Acesso em: 25 dez. 2022.



## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC

**Assunto:** TCC  
**Assinado por:** Thallys Nobre  
**Tipo do Documento:** Projeto  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Ostensivo (Público)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Thallys Lima Nobre, ALUNO (201721250037) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - CAMPINA GRANDE, em 02/01/2023 23:29:20.

Este documento foi armazenado no SUAP em 02/01/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 711556  
Código de Autenticação: 977a99e0da

