

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
CAMPUS DIVINÓPOLIS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

Pedro Victor Corrêa Louro

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADO E CONTROLADO POR APLICATIVO PARA
UM QUINTAL PRODUTIVO



Divinópolis

2022

Pedro Victor Corrêa Louro

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADO E CONTROLADO POR APLICATIVO PARA
UM QUINTAL PRODUTIVO

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Colegiado de Graduação em En-
genharia Mecatrônica como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de Engenheiro
Mecatrônico

Orientador: Prof. Dr. Alan Mendes Marotta

Coorientador: Prof. Me. Tiago Alves de Oliveira



Divinópolis

2022



Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEFET-MG / Divinópolis
Curso de Engenharia Mecatrônica

Monografia intitulada “Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e controlado por aplicativo para um quintal produtivo”, de autoria do(as) graduando(as) Pedro Victor Corrêa Louro, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Alan Mendes Marotta

Prof. Me. Nelson de Figueiredo Barroso

Prof. Me. Thiago Magela Rodrigues Dias

Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica

Prof. Dr. Prof. Marlon Antônio Pinheiro

Divinópolis
Fevereiro de 2022

AOS MEUS PAIS, POR TODO INCEN-
TIVO, DEDICAÇÃO E AMOR.

Agradecimentos

Agradeço,

a Deus e aos amigos espirituais, que estiveram ao meu lado me guiando e socorrendo nos momentos mais difíceis, e que hoje me permitem estar com saúde, para concluir esta jornada;

aos meus pais Geraldo e Wilma, por todo apoio, dedicação e confiança depositados em mim, sem vocês jamais chegaria até aqui. Obrigado pelos ensinamentos e amor que me deram durante toda vida;

aos Prof. Dr. Alan Mendes Marotta e Prof. Me. Tiago Alves de Oliveira, pelos ensinamentos, orientação e suporte ao desenvolvimento deste trabalho;

ao meu irmão Luiz Guilherme, por todo carinho, paciência e companhia. Você é meu maior exemplo. Agradeço também, toda ajuda oferecida na realização deste projeto;

ao meu amigo Henrique Félix, pela sua amizade, e em especial pela ajuda na criação do design do aplicativo desenvolvido neste projeto;

aos meus melhores amigos. A Thaís Machado e Esther Gurgel pela amizade e companhia de toda uma vida, e que apesar da distancia, se fizeram presente em todos momentos. E ao César Kalks, que me acolheu desde o início dessa caminhada, me dando suporte, compartilhando momentos e construindo uma amizade que levarei pra vida toda;

em especial a minha também melhor amiga Nicole Lara, com quem compartilhei momentos de luta, de desespero e também de vitórias durante essa jornada. Obrigado pela amizade e por me ajudar a chegar até aqui;

ao corpo docente e funcionários do CEFET-MG Campus Divinópolis, pela colaboração e auxílio;

Se o futuro assim permitir, não pretendo viver em
vão.

David Bowie

Resumo

Quintal produtivo é o termo que se refere a um espaço ao redor de uma casa onde atividades de cultivo são exercidas por um núcleo familiar. A etapa de irrigação é uma das mais importantes dentre as necessárias para produção agroecológica nestes locais. Com o auxílio da tecnologia e incorporando o conceito de IoT, é possível otimizar este processo. Envolvendo-se três áreas da Engenharia Mecatrônica: Automação, Eletrônica e Computação, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema automatizado para irrigação de um quintal produtivo, que possa ser controlado remotamente por um aplicativo e conexão wireless. Os procedimentos metodológicos deste trabalho inciam-se com estudo e escolha do sistema de gotejamento para implementação em um quintal localizado na cidade de Ribeirão das Neves-MG. A seguir foram desenvolvidas as lógicas de programação para automatização da etapa de irrigação e incorporação dos sensores de chuva, umidade, e radiação UV para leitura das condições climáticas e de solo. Para conexão wireless foi utilizado o módulo ESP 8266-01, que foi programado para comunicar remotamente com um banco de dados criado na plataforma Firebase, onde esta armazenado as informações em tempo real do sistema. A seguir, foi desenvolvido o aplicativo para interface garantindo o controle e monitoramento do usuário ao sistema. Para construção mecânica do processo foram utilizados uma mangueira, bicos gotejadores e uma válvula solenoide para controlador o direcionamento da água ao cultivo. Ao fim destes procedimentos, o sistema final foi implementado no quintal e validado, apresentando bom funcionamento tanto de suas funções automáticas e personalizadas, assim como da comunicação com o aplicativo. Foram encontradas algumas fragilidades nos sensores utilizados e nos bicos gotejadores escolhidos. Por fim, o projeto atingiu os objetivos planejados e está sendo utilizado pelos moradores da residência onde foi construído.

Palavras chave: Irrigação, Gotejamento , Automação, Quintal produtivo.

Abstract

Productive backyard is the term that refers to a space around a house where farming activities are carried out by a family nucleus. The irrigation stage is one of the most important among those necessary for agroecological production in these places. With the help of technology and incorporating the IoT concept, it is possible to optimize this process. Involving three areas of Mechatronics Engineering: Automation, Electronics and Computing, this work aims to develop an automated system for irrigation of a productive yard, which can be remotely controlled by an application and wireless connection. The methodological procedures of this work begin with the study and choice of the drip system for implementation in a backyard located in the city of Ribeirão das Neves-MG. Next, programming logics were developed for automating the irrigation stage and incorporation of rain, humidity, and UV radiation sensors for reading the climatic and soil conditions. For wireless connection, the ESP 8266-01 module was used, which was programmed to communicate remotely with a database created on the Firebase platform, where the system's real-time information is stored. Next, the application for the interface was developed, guaranteeing the control and monitoring of the user to the system. For the mechanical construction of the process, a hose, drip nozzles and a solenoid valve were used to control the directing of water to the crop. At the end of these procedures, the final system was implemented in the yard and validated, showing good functioning both in its automatic and personalized functions, as well as in the communication with the application. Some weaknesses were found in the sensors used and in the drip nozzles chosen. Finally, the project reached the planned objectives and is being used by the residents of the residence where it was built.

Keywords: Irrigation, Drip, Automation, Productive Backyard.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Definição do Problema	2
1.2	Motivação	3
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivos Gerais	3
1.3.2	Objetivos Específicos	4
1.4	Organização do documento	4
2	Revisão Bibliográfica	6
2.1	Estado da Arte	6
2.2	Fundamentação Teórica	7
2.2.1	Irrigação	7
2.2.1.1	Irrigação Superficial	8
2.2.1.2	Irrigação por aspersão	10
2.2.1.3	Irrigação Localizada	11
2.2.2	Manejo da Irrigação	14
2.2.3	Evapotranspiração	15
2.2.4	Arduíno	16
2.2.5	Válvula Solenoide	17
2.2.6	Google Firebase	18
2.2.7	API's	18
3	Metodologia	20

3.1	Materiais	21
3.1.1	Eletrônicos	21
3.1.2	Softwares	26
3.1.3	Mecânica	26
3.2	Investimento	27
4	 Desenvolvimento	29
4.1	Definição do Método de Irrigação	29
4.2	Especificações do projeto	29
4.3	Programação da automatização	31
4.4	Configuração dos Sensores	32
4.4.1	Sensor umidade do solo	32
4.4.2	Sensor Chuva	35
4.4.3	Sensor UV	35
4.5	Banco de Dados	36
4.6	Mecanismo eletrônico e comunicação wireless	37
4.7	Aplicativo	40
4.8	Montagem do sistema	42
5	 Resultados	45
5.1	Método de irrigação	45
5.2	Conexão dos sensores	46
5.3	Aplicativo	48
5.4	Montagem e funcionamento do sistema	51
6	 Considerações Finais	53
6.1	Conclusões	53
6.2	Propostas de trabalhos futuros	54
	Referências	55
7	 Apêndice A	58
7.1	Código de programação do ESP 8266-01	58

Lista de figuras

Figura 2.1 – Irrigação por Sulcos - Fonte: Shutterstock	9
Figura 2.2 – Irrigação por Inundação em plantação de arroz - Fonte: Revistarural (2020)	10
Figura 2.3 – Sistema de aspersão Fixa e mecanizada - Fontes: Boas Práticas Agronômicas (2020) e MF Magazine (2020).	11
Figura 2.4 – Gotejador formando um bulbo molhado - Fonte: (BÍSCARO,2014)	12
Figura 2.5 – Gotejador do tipo on-line - Fonte: (BÍSCARO,2014)	12
Figura 2.6 – Microaspersor em funcionamento- Fonte: Campezza (2020)	14
Figura 2.7 – Processo e influentes da evapotranspiração- Fonte: Smith (2017)	15
Figura 2.8 – Arduíno Uno- Fonte: FlipFlop (2020)	16
Figura 2.9 – Aplicação de uma válvula solenoide- Fonte: (RIBEIRO,1999)	17
Figura 2.10–Ilustração fluxo de funcionamento API rest - Fonte: (Vantien,2021)	19
Figura 3.1 – ESP 266-01 Fonte: (Alves, 2016)	21
Figura 3.2 – Node MCU 8266 Fonte: Mercado Livre (2021)	22
Figura 3.3 – Sensor de umidade do solo- Fonte: Eletrogate (2021)	23
Figura 3.4 – Sensor de Chuva- Fonte: Eletrogate (2021)	24
Figura 3.5 – Sensor UV ML8511- Fonte: Amazon (2021)	25
Figura 3.6 – Válvula Solenoide 127V Fonte: Mercado Livre (2021)	25
Figura 3.7 – Bico gotejador Fonte: Mercado Livre (2021)	27
Figura 4.1 – Esquemático da posição do gotejador	30

Figura 4.2 – Fluxograma do processo - Fonte: Autor	31
Figura 4.3 – Amostra de solo para teste em bancada - Fonte: Autor	33
Figura 4.4 – Calibração sensor de umidade do solo - Fonte: Autor	34
Figura 4.5 – Relação tensão e UV - Fonte: Datasheet ML8511	36
Figura 4.6 – Calibração sensor UV - Fonte: Autor	36
Figura 4.7 – Realtime DataBase criado - Fonte: Autor	37
Figura 4.8 – Conexões elétricas do sistema no Proteus - Fonte: Autor	38
Figura 4.9 – Diagrama de circuito para upload do código no ESP8266 - Fonte: Pro- ject Hub	39
Figura 4.10–Circuito eletrônico do projeto - Fonte: Autor	40
Figura 4.11–Captura de tela da programação do app no Android Studio - Fonte: Autor	41
Figura 4.12–Montagem da mangueira de gotejamento no local- Fonte: Autor	42
Figura 4.13–Caixa hermética para proteção dos componentes - Fonte: Autor	43
Figura 5.1 – Linha de gotejamento montada - Fonte: Autor	46
Figura 5.2 – Sensor Uv instalado - Fonte: Autor	47
Figura 5.3 – Sensor chuva instalado - Fonte: Autor	47
Figura 5.4 – Sensor de umidade do solo instalado - Fonte: Autor	47
Figura 5.5 – Tela Menu - Fonte: Autor	48
Figura 5.6 – Tela Sensores - Fonte: Autor	49
Figura 5.7 – Tela Irrigação - Fonte: Autor	49
Figura 5.8 – Tela Informações - Fonte: Autor	50
Figura 5.9 – Tela Clima - Fonte: Autor	51
Figura 5.10–Aspecto final do sistema instalado - Fonte: Autor	52
Figura 5.11–Conexões finais da válvula - Fonte: Autor	52

Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Tabela de despesas	28
Tabela 4.1 – Calibração do Higrômetro	33
Tabela 4.2 – Calibração sensor de chuva	35

Introdução

Os quintais produtivos identificam-se como uma alternativa aos meios de produção agrícolas convencionais e praticabilidade a agricultura familiar, que auxiliam no desenvolvimento sustentável através do cultivo de pomares, hortas e plantas ornamentais no entorno de uma casa (ABRANTES,2015). Neste espaço os membros da família exercem atividades agroecológicas produzindo parte dos alimentos consumidos no dia a dia. Apesar de quintais produtivos apresentarem um espaço reduzido e possibilitarem maior comodidade para as atividades de cultivo, estas necessitam de cuidado, sobretudo na etapa de irrigação.

A irrigação se caracteriza como uma técnica que tem como propósito o provimento de água para as plantas em quantidades necessárias e condições adequadas a fim de suprir suas necessidades para sua e fertilidade e sobrevivência (REIS,2015). Por outro lado o uso incorreto dessa técnica gera efeitos negativos, sendo o principal deles o desperdício de recurso hídricos.

De acordo com dados de (SCIELO, 2015)

Um bilhão de pessoas, ou um em cada sete pessoas no planeta, não têm acesso à água potável; cerca de 768 milhões de pessoas não têm acesso à uma fonte segura de água. No futuro, mais de 40% da população do planeta estará vivendo em áreas de “grave” estresse hídrico.

Essas informações reforçam Barbosa (2008), que afirma, “A água potável é um recurso natural finito e sua quantidade usável, per capita, diminui a cada dia com o crescimento da população mundial e com a degradação dos mananciais”. Desta forma, é necessário estudar e desenvolver mecanismos e tecnologias que auxiliem na preservação destes recursos.

O uso excessivo da água na plantação é um contribuinte para a escassez dos recursos hídricos, prolongando os períodos de seca e degradando o meio ambiente. O manejo correto da irrigação reduz o impacto das condições climáticas adversas, a perda de área cultivada e tem como resultado uma cultura com maior produtividade, e menor gasto ao produtor segundo artigo do site AGROJETA (2012). Um aspecto importante para economia de água é a escolha correta do horário de irrigação. Ao realizar a rega em horários de alto índice de calor e temperaturas elevadas, cerca de 30% da água utilizada é evaporada. Uma solução simples para o desperdício é regar no início da manhã ou final da tarde onde as condições climáticas favorecerão o processo (BRUOF,2018). Além disso, fatores como umidade e temperatura do ambiente e do solo são fundamentais para garantir a quantidade e frequência de uma irrigação correta que preserve os recursos hídricos. Somado a isso, dentre os fatores causados pela mal execução da irrigação, pode-se citar o desenvolvimento de doenças no solo causados pelo excesso de água, e o prejuízo monetário para o produtor quando as quantidades estão abaixo do necessário, visto que a colheita não alcançará sua produtividade esperada (Albuquerque & Durães, 2008).

A realização de um projeto de um sistema de irrigação eficiente é essencial para a qualidade e produtividade agrícola pois, auxilia a minimizar o desperdício de água e insumos e contribui para preservação do meio ambiente (REIS,2015). Neste contexto, com o uso das tecnologias atuais é possível desenvolver mecanismos afim de auxiliar os pequenos produtores e núcleos familiares no gerenciamento e controle otimizado do processo de irrigação de seus quintais, alcançando assim uma melhor produtividade e lucratividade do cultivo, preservação do solo, e dos recurso hídricos. Sendo assim, este projeto propõe, através da automatização da etapa de irrigação, minimizar os efeitos negativos causados pela execução inadequada deste processo; por meio do uso de sensores que captam as características climáticas e do solo controlar o melhor momento para rega, assim como personalizar a frequência e quantidade através destas informações, e permitir ao produtor o controle e visualização remota de todo sistema.

1.1 Definição do Problema

Por ser realizado manualmente, a irrigação de culturas em quintais pode apresentar fatores negativos, sendo os principais deles o desperdício de recursos hídricos e a baixa

produtividade. Contudo, é possível solucionar estes problemas com a automatização deste processo. Com o auxílio da programação e instrumentos tecnológicos, será possível implementar ações automáticas de rega em quantidades e frequências adequadas que minimizem problemas como o gasto excessivo ou a falta de água para plantação. Além disso, proporcionar o produtor um controle e gerenciamento desta etapa de forma fácil, barata e moderna, com auxílio de um aplicativo conectado a rede wireless.

1.2 Motivação

Pode-se descrever como motivo que levou a proposta deste trabalho, o seu amparo a questões ambientais. A preservação dos recursos hídricos e a otimização da produtividade agrícola são fatores globais de extrema importância e que devem ser considerados como prioridades para garantir uma boa qualidade de vida para as pessoas.

Ao que diz respeito da escolha de se construir um sistema ao qual é possível encontrar diversos similares no mercado, encontra-se a motivação de desenvolver um projeto que se diferencie por ser versátil e de fácil usabilidade. Sendo assim, o mesmo apresentará ações automatizadas para o processo e opção personalizável, para que o produtor possa apenas monitorar ou tomar suas próprias decisões quanto a irrigação. Ademais, o aplicativo de interface foi projetado para melhor atender usuários leigos ou com pouco conhecimento de tecnologia, possibilitando o contato dos mesmos com as novas ferramentas da indústria 4.0, como o IoT.

Além destes mas não menos importante, destaca-se a presença de um quintal produtivo na residência do autor, que se apresentou como um local ideal e que necessitava da aplicação das tecnologias propostas e desenvolvidas neste projeto. Ademais, o interesse pessoal do autor pelas áreas das Engenharia Mecatrônica que serão integralizadas neste trabalho e a grande oportunidade de aprendizado com os novos conhecimentos utilizados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema automatizado para irrigação de um quintal produtivo que seja capaz de realizar regas de acordo com a leitura

dos sensores de solo e condições climáticas. Somado a isso, desenvolver um aplicativo de smartphone para o controle remoto do mesmo, com uso da rede de internet.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudo e escolha do método de irrigação.
- Construir o mecanismo físico de irrigação local.
- Construir o circuito eletrônico.
- Desenvolver mecanismo para comunicação Wireless.
- Desenvolver o código de programação do aplicativo
- Validar a comunicação entre aplicativo e o sistema mecatrônico.
- Aplicar o sistema em um quintal para uso real.

1.4 Organização do documento

Este documento foi dividido em 5 capítulos, sendo o primeiro capítulo uma apresentação do assunto a ser desenvolvido e sua contextualização, seguido, de forma sucinta, da definição do problema abordado no projeto e a motivação que levou o autor a escolha do tema. Dando sequência, no capítulo 1 também foram descritos os objetivos gerais e específicos do trabalho.

No segundo capítulo, denominado revisão bibliográfica, são abordados os assuntos teóricos do projeto, dentre eles, revisão sobre o tema e os conceitos necessários para entendimento do trabalho.

No terceiro capítulo, é apresentado uma descrição da metodologia utilizada no projeto deste TCC, descrevendo as etapas que foram executadas, de forma a facilitar o entendimento do desenvolvimento do trabalho. Neste capítulo, também são descritos os materiais, softwares e recursos utilizados, assim como, um orçamento do que foi gasto.

No quarto capítulo, esta descrito o desenvolvimento de cada etapa do projeto desde a parte teórica até as montagens da parte eletrônica e mecânica.

No quinto capítulo, são descrito os resultados finais obtidos com a realização deste projeto.

O sexto e último capítulo apresenta as conclusões, as considerações finais e sugestões de novas ideias e melhorias a serem realizadas como continuidade deste projeto.

Revisão Bibliográfica

2.1 Estado da Arte

O desenvolvimento de sistemas automatizados para irrigação é um tema muito presente na literatura. Isso porque, tais projetos podem ser realizados em diferentes escalas, atendendo as necessidades de pequenos ou grandes produtores. De forma geral, o desenvolvimento dos sistemas de irrigação não é complexo, alcançam bons resultados, e podem ser elaborados com grande versatilidade, adaptando-se ao local, tipos de cultura e os recursos presentes. Dito isso, abaixo está apresentado alguns diferentes trabalhos encontrados na literatura.

Em Costa et.al (2015) foi elaborado um projeto para o controle da irrigação direcionada a pequenos produtores. Neste, os autores desenvolveram um sistema com monitoramento e armazenamento de dados utilizando conexão wireless, podendo ser acessado remotamente e permitindo visualizar em tempo real os dados coletados pelos sensores. Além disso, foi abordado o uso de um reservatório e bomba para direcionamento da água até a cultura escolhida. Este apresentou como instrumentação o uso de uma válvula, higrômetro, sensor DTH11 para umidade e linguem PHP e SQL para criação da pagina web e banco de dados.

Em Veiga e Montanha (2021) foi desenvolvido um protótipo de horta vertical com sistema automatizado de irrigação. Neste trabalho, foram utilizados um microcontrolador Arduíno, juntamente de um sensor de umidade do solo e solenoides para controle da irrigação na horta. Entretanto, o mecanismo desenvolvido não possuía interface de controle externa ou opções que permitissem ao usuário comandar e visualizar as variáveis do processo. Ademais, este não foi aplicado a um método de irrigação específico.

Uma abordagem para redução de custos foi feita em Giomo (2019). Com a utilização de um microcontrolador Raspeberry e sensores de umidade de solo o autor desenvolveu um sistema para gotejamento automatizado em uma plantação local de alface. Neste trabalho foram usadas características do solo e do tipo de cultivo para calibrar e configurar a comunicação entre válvula e sensores e determinando o período de irrigação. O projeto teve um custo final de R\$ 290,81 reais e utilizou-se também de um smarhpone para coleta de dados.

No trabalho de Spigolon (2021), um sistema de irrigação foi projetado e instalado a um horta de grande dimensão. Foram utilizados nestes projetos diversos componentes, juntamente de um microcontrolador ESP32. Ademais, foi desenvolvido um aplicativo para controle do tempo de rega na plantação. O sistema final teve um orçamento de R\$553,03. Entretanto, o projeto não possui a função de regas automáticas e inteligentes com base na leitura dos sensores.

2.2 Fundamentação Teórica

Nesta seção serão descritos os principais fundamentos teóricos utilizados para estudo no desenvolvimento deste projeto.

2.2.1 Irrigação

A irrigação é uma técnica que tem por finalidade o fornecimento controlado de água a determinada região agrícola afim de garantir a produtividade e sobrevivência da plantação, tendo papel fundamental na correção da distribuição natural das chuvas. O manejo correto da irrigação permite alcançar máxima produção se aliada a outras práticas agrícolas e por isso, no passado esta técnica tem sido alvo de grande interesse, principalmente, nas regiões Nordeste e Centro- Sul do Brasil. Por outro lado, regiões onde a precipitação natural das chuvas ocorre de maneira mais regular era possível desenvolver e produzir culturas naturalmente, deste modo o uso desta técnica vinha sendo menosprezado (LIMA et al.,2014).

Entretanto, fatores como aumento do custo da terra, capital necessário a produção agrícola e grande demanda de produção, não é mais possível depender apenas da ocorrência de um regime de chuvas como fornecimento de água (LIMA et al.,2014). Desta

forma, o setor agrícola desenvolveu grande interesse pelas técnicas e prática da irrigação em todas as regiões, permitindo mais benefícios ao produtor.

Existem hoje diversos métodos de irrigação, cada um com suas características e custos variados. É importante ao produtor a escolha correta da mais recomendada e eficaz para seu cultivo, pois a escolha inadequada do sistema de irrigação pode colocar em risco a produção, devido aos custos de investimento, que podem ser altos. A maneira como a água é distribuída para a plantação classifica esses métodos entre: superficiais, subsuperficiais, aspersão e localizada.

2.2.1.1 Irrigação Superficial

A irrigação por superfície é um processo onde a água é aplicada diretamente ao solo e flui pela ação da gravidade. Ao decorrer do seu percurso a água infiltra-se no solo diminuindo sua vazão. Neste sistema, portanto, é necessário desenvolver técnicas para que a o avanço e infiltração sejam controlados corretamente. Esse sistema é indicado a solo profundos, de camada fina e média que não possuam alta permeabilidade e terrenos de declives suaves.

Na irrigação superficial é comum ocorrer perdas de água por escoamento superficial e que podem vir a ocasionar erosão do solo, além de problemas de percolação e estresse hídricos nas raízes. Para implementação da técnica pode ser necessário um investimento inicial para nivelamento do terreno, o que só será feita uma vez. Com estas condições, a irrigação superficial apresenta baixo custo comparado a outros métodos, além da pouca necessidade de manutenção e instalação (LEVIEN,2003).

A irrigação por sulcos é uma das formas de irrigação superficial onde a água flui por canais e sulcos paralelos a plantação durante tempo necessário para que se infiltre pelo fundo ou laterais e umedeça o solo, evitando que ele fique inteiramente molhado. Este método de irrigação quando comparado aos demais métodos superficiais exige uma mão de obra maior devido a necessidade da construção dos sulcos, que podem ter declive ou não.

Devido a suas demais características e a capacidade de não manter todo solo molhado, a irrigação por sulcos é recomendada para cultivos que sejam sensíveis a grandes quantidades de água em suas raízes e também para aquelas que são cultivadas em fileiras. São exemplos dessas : milho, soja , algodão, e etc. Para eficiência do método é necessário

o planejamento dos parâmetros que influenciem na infiltração da água nos sulcos, afim de garantir uma distribuição uniforme ao longo de toda plantação (LEVIEN,2003). A Figura 2.1. ilustra uma plantação irrigada por sulcos.



Figura 2.1 – Irrigação por Sulcos - Fonte: Shutterstock

O sistema de irrigação por inundação também é um forma de irrigação superficial, e consiste na disposição de água ao solo em forma de lâmina cobrindo todo terreno, alocada sobre compartimentos formados na plantação, denominados tabuleiros ou quadros. Estes compartimentos podem ter tamanhos variados e são delimitados por diques ou taipas. A inundação pode ser classificada de acordo com o formato dos tabuleiros, sendo retangulares ou de contorno, e também pelo modo como a água é fornecida a plantação, podendo ter uma lâmina estagnada ou em circulação.

O uso deste método depende principalmente da vazão. Assim como na irrigação por sulcos, é preciso projetar e adequar o tamanho dos tabuleiros com as demais condições de solo e topografia. Este sistema é indicado principalmente a terrenos com subsolo impermeável e com declividade abaixo de 1%. Atendendo a essas condições, o sistema de tabuleiros com irrigação por inundação, pode ser aplicado principalmente ao cultivo de pastagens e cereais (SOARES,1988).A Figura 2.2 mostra uma plantação de arroz irrigada por inundação.



Figura 2.2 – Irrigação por Inundação em plantação de arroz - Fonte: Revistarural (2020)

2.2.1.2 Irrigação por aspersão

Denomina-se irrigação por aspersão o processo onde um ou mais jatos de água, que se decompõem em inúmeras gotículas, caem sobre a plantação simulando a chuva. São usados nesse método aspersores, que reduzem a passagem do fluido a uma pequena saída e causam o fracionamento do jato de água. Com auxílio de sistemas de bombeamento a água é capaz de percorrer as tubulações e ter pressão suficiente para atingir toda instalação e acionar os aspersores (BISCARO,2009).

O sistema por aspersão apresenta vantagens quando comparado ao método superficial por não necessitar de mão de obra para preparação do terreno. Este método possui também a vantagem de poder ser usado em quaisquer tipos de solo e terrenos declivosos, permite a aplicação de agrotóxicos e fertilizantes junto a irrigação e pode ser automatizado. Entretanto, possui algumas desvantagens por apresentar maior gasto energético, sofrer interferência do vento, alto custo inicial de instalação, perdas de água por evaporação durante a aspersão e necessidade de sistema de bombeamento. Além disso, o sistema por aspersão por abranger todo solo favorece o aparecimento de ervas daninhas.

É possível encontrar dentro dos sistemas de irrigação alguns diferentes métodos sendo eles: convencional portátil, convencional permanente e mecanizado. No modelo portátil é possível a locomoção do equipamento de aspersão ao longo da plantação, normalmente devido as dificuldades de se alcançar todo terreno através de tubulações fixas. Já os sistemas permanentes, mostrado na Figura 2.3, se difere por apresentar partes fixas e

não moveis que irão cobrir toda parte irrigada. Neste sistema é possível que as tubulações sejam enterradas ou possuam a portabilidade para realizar a irrigação por setores.

Por fim o sistemas mecanizados (Figura 2.3) ,são utilizados em grandes áreas onde os métodos anteriores se tornariam inviáveis, deste modo é montado sobre um equipamento mecânico de rodas para que possa se locomover em toda área cultivada.



(a) Aspersores fixos



(b) Aspersores Mecanizados

Figura 2.3 – Sistema de aspersão Fixa e mecanizada - Fontes: Boas Práticas Agronômicas (2020) e MF Magazine (2020).

2.2.1.3 Irrigação Localizada

Define-se como irrigação localizada os sistemas onde a água, por meio de tubulações com baixa pressão, é aplicada ao solo em regiões próximas ao pé das plantas, com baixo volume e alta frequência por meio de emissores. Os tipos de emissores variam para cada método utilizado, sendo o mais comuns: gotejadores e microaspersores. É possível também que a irrigação ocorra abaixo da superfície do solo através de tubos porosos e tubos gotejadores enterrados.

Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Brito e Andrade (2017) a irrigação localizada apresenta eficiência de (80% - 95%) na aplicação de água. Além disso, este sistema apresenta outras diversas vantagens na sua aplicação, entre elas estão: distribuição uniforme de água; sofre baixas interferências do vento, perdas por evaporação e percolação; promove economia elétrica ; e não exige mão de obra cara(BISCARO,2014).

Um das formas de irrigação localizada se dá por meio do direcionamento de água a região radial das plantas por meio de gotas, formando um bulbo molhado(Figura 2.4).

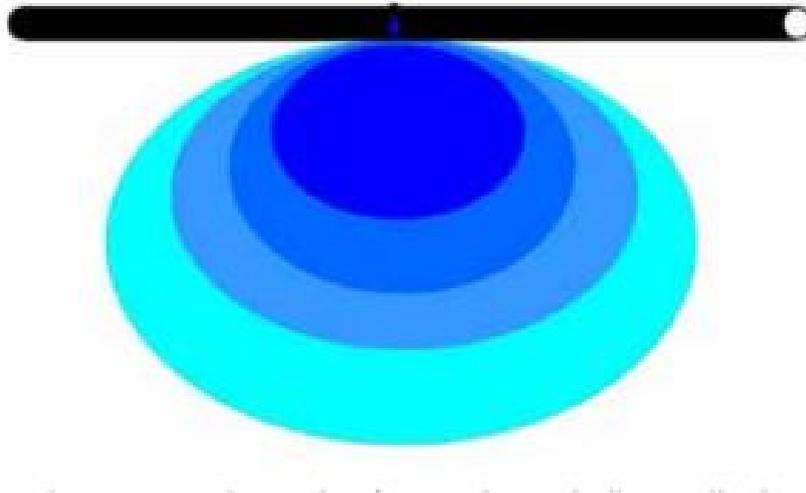


Figura 2.4 – Gotejador formando um bulbo molhado - Fonte: (BISCARO,2014)

Existem diversos tipos de emissores para o gotejamento, cada um com características distintas que se adequam a necessidade do produtor. Segundo Brito e Andrade (2017) gotejadores podem ser instalados em forma de linha sobre ou na lateral da plantação, e apresentam vazão inferior a 12L/h.

Na Figura 2.5 é mostrado um gotejador tipo on-line , que são instalados na parede externa da tubulação. Existem também gotejadores reguláveis, onde é possível regular a vazão de água como necessário; e gotejadores denominados in line, que fazem parte da tubulação e podem ser usados abaixo da superfície do solo (BISCARO,2014).



Figura 2.5 – Gotejador do tipo on-line - Fonte: (BÍSCARO,2014)

Em sistemas de irrigação localizadas a necessidade hídrica das culturas depende de

diversos fatores climáticos, de solo, espaçamento entre emissores e tipo de cultivo. Para o caso de médio e grande produtores é preciso atentar-se a cada um desses parâmetros, que irão garantir a melhor produtividade e reduzir gastos. Por outro lado, para pequenos produtores estes recursos podem ser inviáveis, devido a necessidade de certo investimento para conhecimento desses parâmetros.

Neste sistema, os turnos de rega são geralmente, de 1 a 3 dias. A duração do tempo de rega pode ser calculada através de uma equação que, por sua vez, depende da variável chamada lâmina líquida, ou seja a quantidade água em mm a ser aplicada a cultura.

$$LL = 0.1 \cdot (CC - PMP) \cdot dg \cdot f \cdot z \cdot \frac{P}{100} \quad (2.1)$$

Em que:

LL = lâmina líquida (mm);

CC = capacidade de campo (%);

PMP = ponto de murcha permanente (%);

dg = densidade global (g cm⁻³);

z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm);

f = fração de água que pode ser extraída do solo (decimal);

P = porcentagem de área molhada (%).

O cálculo desta (Eq 2.1), entretanto é complexo e necessita análises de amostras indeformadas do solo (ESTEVES et al.,2012).

É indicado de maneira geral o uso de gotejamento à culturas que são cultivadas em canteiros, em áreas que não sejam muito extensas e que estejam pouco espaçadas entre si, como o caso das olerícolas (BISCARO,2014).

Outra forma de irrigação local é a microaspersão. Os microaspersores são dispositivos instalados sobre um suporte vertical fixado no solo, que possui conexão lateral com tubulações que variam de 3 a 5 mm de diâmetro. Os microaspersores possuem mecanismos giratórios que o permitem girar e espalhar a água sobre uma determinada área circular no solo. O tamanho desta área varia de acordo com o fabricante normalmente dentro de uma faixa de 1 a 3m de raio. Esse método de irrigação localizada é mais comumente utilizado em fruticultura e cultivos permanentes que possuem grande sistema radial e maior espaçamento entre si por possuir maior alcance. A Figura 2.6 apresenta um microaspersor em funcionamento.



Figura 2.6 – Microaspersor em funcionamento- Fonte: Campezza (2020)

2.2.2 Manejo da Irrigação

O processo de irrigação é influenciado por diversos fatores que vão além da escolha do modelo de rega de uma cultura. Fatores climáticos como radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade dos ventos influenciam diretamente na quantidade de água necessária para irrigação. Para que seja possível saber o quanto e quando irrigar uma plantação para obter a maior produtividade é necessário conhecer bem o solo, clima e características biológicas da espécie cultivada (BRITO; ANDRADE, 2017).

Além da produtividade, a economia de recursos hídricos é um dos maiores objetivos que se pode alcançar com o manejo correto da irrigação. A frequência e a quantidade das precipitações que ocorrem durante o ciclo das culturas ditam a necessidade da irrigação em certas regiões. Portanto, nas regiões mais úmidas do território brasileiro é possível economizar energia e água na redução do processo de rega de culturas.

Entretanto, condições climáticas como: vento e altos índices de radiação solar, podem ser prejudiciais ao produtor. Temperaturas elevadas e calor excessivo provocam a perda de água e reduzem a eficiência da irrigação. O processo de evaporação de água do solo nas primeiras fases de desenvolvimento das culturas, onde o solo fica mais exposto a radiação direta, podem levar a perdas significativas da quantidade de água utilizada na irrigação (ANDRADE, 2008). Ademais, ventos fortes são considerados grandes problemas aos processos de irrigação, pelo sua capacidade em promover o desperdício de água por deriva.

Além de todos fatores climáticos, biológicos, e condições do solo que irão influenciar e determinar os métodos de irrigação, existem os fatores humanos. Elementos comporta-

mentais como hábitos, preferências, tradições e outros, apresentam influencia na escolha e manejo da irrigação. De certo modo a inovação tecnológica e o conhecimento profundo sobre os sistemas de irrigação são ignoradas e rejeitadas por parte dos agricultores, o que dificulta a otimização na escolha do processo e manejo da irrigação (BRITO; ANDRADE, 2017).

2.2.3 Evapotranspiração

A evapotranspiração pode ser definida como a combinação de dois processos ao qual a água é perdida da superfície do solo, sendo parte pela evaporação e outra parte pela transpiração da cultura. A evapotranspiração, em condições onde a irrigação ocorre de maneira otimizada, depende apenas das condições climáticas e tipo de cultura (STONE; SILVEIRA, 1995). A Figura 2.7 apresenta uma ilustração do proceso de evapotranspiração.

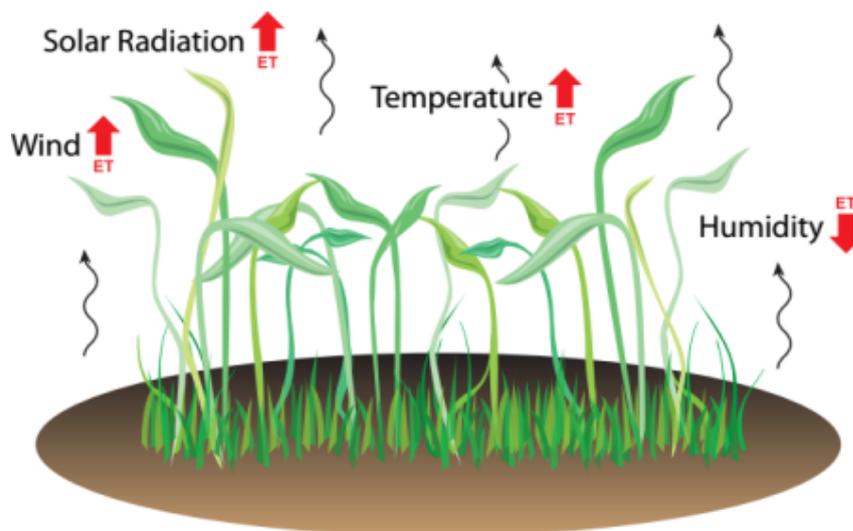


Figura 2.7 – Processo e influentes da evapotranspiração- Fonte: Smith (2017)

Para que ocorra a evapotranspiração é necessário converter água líquida em vapor, o que depende de certa quantidade de energia. Essa energia é principalmente proveniente da radiação solar(CHABAT, 2010).

Além da radiação existem outros fatores que influenciam na taxa de evapotranspiração. A temperatura do ar esta diretamente relacionada ao aumento da evaporação da água no solo. Temperaturas elevadas aumentam a quantidade de vapor necessária para que ocorra a saturação do ar, sendo assim, possível armazenar mais vapor de água em um mesmo volume. Portanto, a taxa de evaporação será maior quanto maior o deficit de saturação. Para umidade do ar a relação é inversa. Um aumento na umidade relativa do ar diminui

o e deficit de saturação e por consequência a taxa de evaporação. O vento também é um fator de influencia, porém, limitada. A partir de certas taxas a evapotranspiração não é afetada pelos ventos (STONE; SILVEIRA, 1995).

2.2.4 Arduíno

O Arduíno é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto (open-source), criado na Itália no ano de 2005. Foi criado com o objetivo de possibilitar, por meio do conjunto software e hardware, o processamento de dados de entrada e saída de sensores e outros dispositivos.

É possível por meio de uma placa Arduíno desenvolver sistemas que podem ser independentes ou interativos, onde exista a conexão com computadores, redes e Internet. Conexões com Internet por exemplo, permitem a plataforma enviar e receber dados para uma página web, onde podem ser visualizados e controlados. Este microcontrolador pode ser conectado a inúmeros componentes eletrônicos como: motores, sensores, interruptores, leds, displays botões e módulos de Ethernet. Assim, é possível encontrar diversos projetos e trabalhos na literatura que utilizam o Arduíno, pelo fácil uso, eficiência e baixo custo (MCROBERTS, 2011).

Existem no mercado diversas variações da plataforma Arduíno, cada uma com características distintas, mas que exercem a mesma função. A Figura 2.8 apresenta um destes modelos.

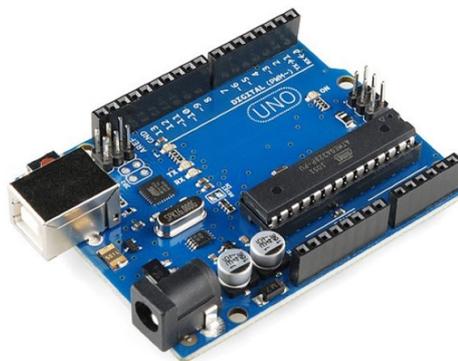


Figura 2.8 – Arduíno Uno- Fonte: FlipFlop (2020)

2.2.5 Válvula Solenoide

A solenoide elétrica é uma bobina de fio que quando energizada promove um campo magnético, que provoca um movimento mecânico em um núcleo ferromagnético. Desta forma a bobina consegue alterar a posição deste núcleo quando está energizada ou desenergizada. Uma das aplicações industriais para a solenoide seria o seu acoplamento ao corpo de uma válvula.

A válvula solenoide define-se então como a combinação entre uma válvula e uma solenoide elétrica. A válvula solenoide é usada para regular a passagem de fluidos a partir da energização de sua bobina interna, que altera a posição do núcleo abrindo ou fechando a passagem. Pode ser encontrado modelos de válvulas normalmente aberta ou normalmente fechadas. Estes tipos se referem ao estado da válvula antes da aplicação de energia, sendo assim nas normalmente abertas (NA) o fluxo é interrompido quando energizada e para as normalmente fechadas (NF) o núcleo se abre e este fluxo é permitido (RIBEIRO,1999).

No corpo da válvula solenoide existe um dispositivo que através de uma haste irá bloquear ou permitir a passagem do fluido pelos terminais da bobina. Composto esse corpo existe um pino e uma mola que irão ser puxados para o centro da bobina, ou por ação da gravidade retornar a posição de equilíbrio, controlando o fluxo do fluido. Na Figura 2.10, é possível ver a estrutura interna de uma válvula solenoide.

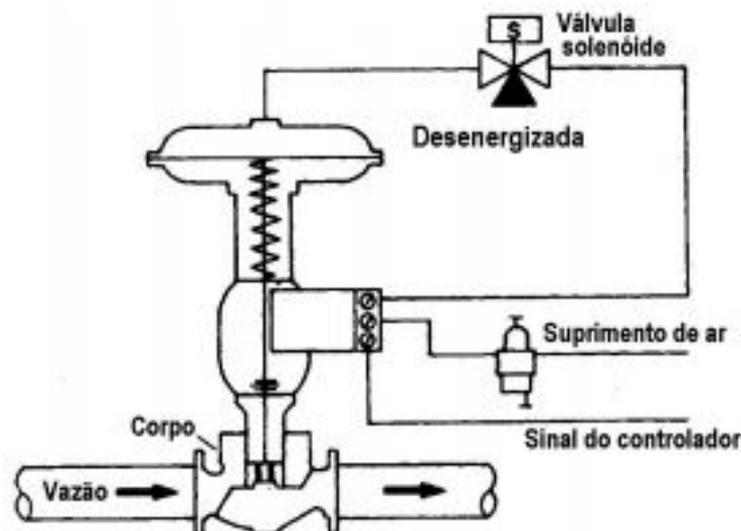


Figura 2.9 – Aplicação de uma válvula solenoide- Fonte: (RIBEIRO,1999)

É possível encontrar válvulas solenoides em diferentes configurações de várias vias. O modelo 2 vias são os mais comuns e usuais, possuindo um canal de entrada e outro de

saída, um exemplo desta são as válvulas usadas em máquinas de lavar. As válvulas de três vias são compostas por um orifício que estará sempre aberto e outro sempre fechado e são usadas normalmente para aplicar ou aliviar pressão em uma válvula(RIBEIRO,1999).

2.2.6 Google Firebase

O *Firebase* é um plataforma digital desenvolvida pela Google utilizada para facilitar o desenvolvimento de aplicações webs e móveis de forma simples e fácil. O objetivo desta plataforma é possibilitar a otimização do rendimento e performance dos aplicativos de forma segura, a partir de suas diversas funcionalidades.

O *Firebase* pode ser considerado como um *Backend as a Service*, oferecendo toda infraestrutura necessária para o funcionamento do software, como banco de dados, compartilhamento de informações, análise de dados e armazenamento. Entre os benefícios do *Firebase* esta sua capacidade de se conectar a múltiplas plataformas, desenvolvimento gratuito de suas aplicações e por meio dos serviços oferecidos, permite desenvolver suas aplicações de uma forma simples, segura e rápida.

2.2.7 API's

O termo APIs é um acrônimo do inglês que significa Interface de Programação de Aplicações (*Application Programming Interface*). Define-se API o conjunto de protocolos e padrões de programação utilizados para o acesso e comunicação de software de aplicações.

A API liga as diversas funções em um site de maneira que possam ser utilizadas em outras aplicações. A criação de uma API visa a conexão de soluções e serviços com outros produtos e serviços de forma fácil e econômica. Além disso, estas oferecem flexibilidade para simplificar o design, o uso e fornece oportunidades de inovação.

Atualmente, maior parte das APIs são projetadas com base em padrões web já que a maior rede de comunicação é a internet. API's web utilizam-se de protocolos HTTP para comunicação enviando requisições para o servidor e obtendo respostas de acordo com o método utilizado, sendo os mais comuns POST, GET e DELETE. As mensagens de repostas obtidas normalmente contem o formato XML ou JSON .

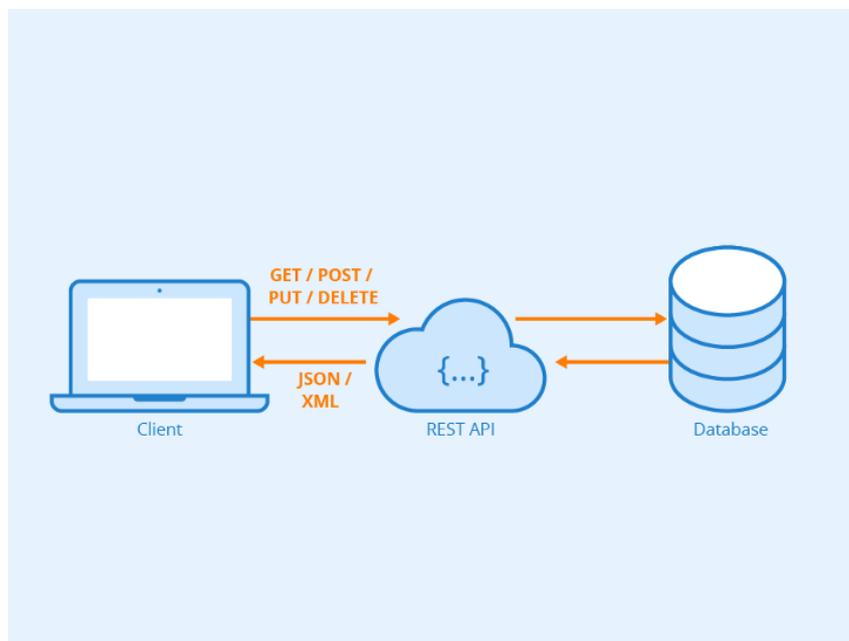


Figura 2.10 – Ilustração fluxo de funcionamento API rest - Fonte: (Vantien,2021)

Metodologia

A metodologia abordada neste trabalho buscou atingir os objetivos necessários para realizar o desenvolvimento do sistema de irrigação proposto, que necessitava desde a construção física dos mecanismos de rega até a automatização do processo. Para isso foi necessário primeiramente o estudo e conhecimento do local onde seria construído a estrutura física do projeto, que neste caso se trata de uma pequena horta encontrada no quintal de uma residência. A partir disso foram levantadas referências a respeito dos diferentes métodos de irrigação utilizados na atualidade e escolhido o melhor para aplicação no projeto.

Definida o método, deu-se início aos estudos a respeito dos principais fatores que influenciavam no processo de irrigação. A partir disso, foi possível desenvolver a lógica de automação que antedesse as especificações necessárias para uma irrigação otimizada e solucionasse os principais problemas identificados, descritos na Introdução.

Dando sequencia ao trabalho, o próximo passo necessário foi a configuração dos sensores utilizados no projeto. Esta etapa foi feita utilizando-se dos fundamentos presentes na literatura considerando as características específicas do local e sistema desenvolvido.

Para armazenar de forma segura os dados envolvidos no processo, foi criado um banco de dados na nuvem, com a ferramenta Firebase. Feito isso, como próximo passo foi desenvolvido o aplicativo de interface do sistema utilizando o Android Studio.

Com as etapas anteriores finalizadas foi dado início as configurações no microcontrolador para conexão wireless utilizando o ESP8266. Ao fim da validação deste processo, foi projetado o circuito eletrônico de comunicação de todos componentes. A seguir, o projeto da instalação e construção física do projeto no quintal residencial foi executada. Por fim,

o funcionamento do sistema de irrigação foi testado em cada uma de suas funcionalidades.

3.1 Materiais

Nesta seção serão descritos os principais materiais utilizados para construção do projeto.

3.1.1 Eletrônicos

1. ESP8266

O ESP8266 é um chip, que se destaca pelo seu baixo custo e presença de um módulo WiFi, que pode conectar diversos dispositivos a internet, como sensores, atuadores e etc.

Para diversificar e facilitar o uso deste componente os fabricantes desenvolveram placas ao qual o chip esta acoplado. Estas, variam em tamanho, número de pinos ou tipo de conexão com computador. A versão utilizada neste trabalho é um módulo ESP8266 -01, a versão mais básica, contendo o número mínimo de pinos. A Figura 3.1 apresenta a pinagem deste componente.

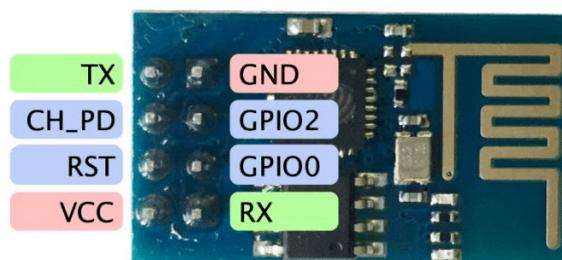


Figura 3.1 – ESP 266-01 Fonte: (Alves, 2016)

Existem alguns modos de conexão para o ESP-01. O modo Standalone é um deles, nele o o ESP-01 funciona como um microcontrolador. Utilizando a IDE Arduino, é possível desenvolver um programa e transferi-lo para o ESP. É possível também utilizar as bibliotecas de WiFi para ESP8266 e desenvolver o software em cima delas, criar web servers e muito mais.

Recomenda-se utilizar o módulo NodeMCU para esta configuração, pois possuem mais pinos o que possibilita criar projetos complexos sem utilizar o Arduino como auxiliar, como é o caso do ESP-01.

2. Microcontrolador

Para o desenvolvimento deste trabalho será usado o Arduino Mega 2560, que possui mais pinos de conexão e maior memória. Esta placa também conta com a presença de um novo bootloader, o Optiboot, que permite maior limpeza da memória flash e rápida inicialização.

O Arduino Mega 2560 utiliza um microcontrolador ATmega2560. Possui memória flash de 256 KB, memória SRAM de 8KB, 4KB de EEPROM e tensão de operação de 5V. O mesmo contém pinos que podem ser utilizados como entrada ou saída sendo 54 digitais e 16 analógicos, 4 portas UARTs para comunicação serial. É composta também por um oscilador de cristal de 16MHz, conexão USB, conexão de alimentação, conector ISCP, botão reset e 6 pinos que podem ser utilizados para interrupções externas, e portas PWM (0 a 13).

As configurações da placa ATMEGA 2560 são muito robustas e desnecessárias para o projeto, porém o mesmo só foi utilizado pois já se era de posse do autor. Uma sugestão para diminuir os custos de projeto é utilizar uma placa ESP8266 NodeMCU. Desta forma, é possível economizar no valor do Arduino e não será necessária utilizar o ESP-01 como módulo WiFi Externo. Outra opção seria utilizar uma versão do Arduino um pouco mais simples e compacta como o Arduino Nano.



Figura 3.2 – Node MCU 8266 Fonte: Mercado Livre (2021)

3. Sensor Solo

Este sensor é do tipo resistivo, composto por duas hastes que por sua vez irão penetrar no solo afim de monitorar a condutividade do mesmo. Desta forma quando o solo estiver seco a sua resistência irá aumentar e conseqüentemente dificultar a passagem da corrente. Quando este estiver úmido, a condutividade aumenta e a energia elétrica flui com menor resistência. Os higrômetros normalmente possuem uma saída digital (D0) e outra analógica (A0).

Foi utilizado um sensor resistivo de modelo HD-38 (Figura 3.3) que é resistente a corrosão, de dimensão 36 x 15 x 7mm; possui tensão de operação de 3,3 V a 12 V com saída analógica e digital, sensibilidade ajustável via potenciômetro e Corrente de operação: < 20mA.



Figura 3.3 – Sensor de umidade do solo- Fonte: Eletrogate (2021)

4. Sensor de Chuva

Os sensores detectores de chuva possuem estrutura e funcionamento semelhante aos sensores resistivos de umidade do solo. Compostos por um módulo e por uma sonda, os sensores de chuva possuem também dois tipos de saída, digital (D0) e analógica (A0). Ao detectar a presença de água na sonda, que funciona como uma placa de condutividade, o valor de tensão na saída se altera.

Para identificação da ocorrência de precipitações foi escolhido o sensor YL-83, (Figura 3.4), composto por uma placa de dimensão 41 x 55 mm, e módulo LM393 de di-

mensão 31 x 14 mm. Este possui tensão de operação de 3,3V a 5V , corrente de saída: 100mA, e saída digital e analógica com ajuste por potenciômetro.



Figura 3.4 – Sensor de Chuva- Fonte: Eletrogate (2021)

5. Sensor UV

Caracteriza como radiação ultravioleta toda radiação com comprimento de onda menor do 400nm. Existem hoje no mercado alguns sensores capazes de identificar as ondas de radiação UV e fornecer os valores de índices UV, como é o caso do sensor ML8511

O ML8511 é um sensor composto basicamente por um diodo foto sensível, que irá captar a energia da radiação e fornecer uma tensão para o amplificador do circuito que será proporcional a intensidade UV. Este possui dimensão 13x12mm, faixa de leitura de ondas UV de 280-390nm e tensão de operação 3- 5V.

O fabricante fornece no manual deste produto a faixa de operação do sensor e a relação entra tensão de saída e índice UV.

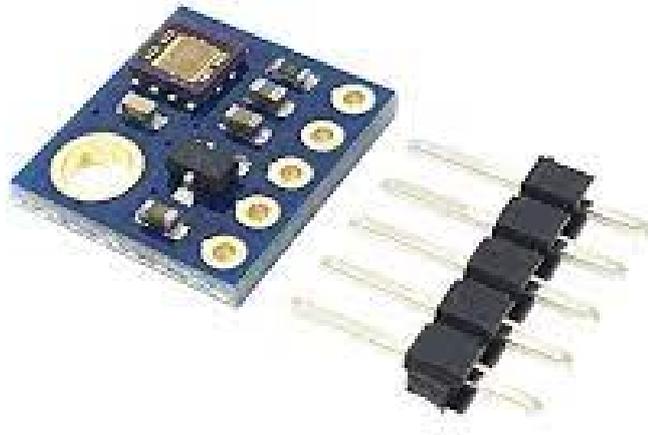


Figura 3.5 – Sensor UV ML511- Fonte: Amazon (2021)

6. Válvula Solenoide

O controle da passagem ou não de água pelos tubos da irrigação foi feito através da válvula solenoide. O modelo escolhido (Figura 3.6), é um modelo utilizado em máquinas de lavar Brastemp e possui modelo BLK20MAB. Opera com uma vazão mínima de 7l/m e máxima de 40L/m, entrada de água de 3/4" e saída de 1/2". Sua tensão de operação é de 12V.



Figura 3.6 – Válvula Solenoide 127V Fonte: Mercado Livre (2021)

7. Relé

Para comando de acionamento da válvula solenoide foi utilizado um relé de 5V de tensão de operação. O modulo escolhido tem carga nominal 10A/250VAC, 10A/125VAC, 10A/30VDC. Cada canal possui um LED para indicar o estado da saída do relé. Possui dimensão de 43mm (L) x 17mm (C) x 19mm (H) e contatos Na e NF.

3.1.2 Softwares

8. Arduíno IDE

O Arduíno IDE (Integrated Development Environment) é um software aberto para programação da placa Arduíno. O software, pode ser obtido gratuitamente no site do Arduíno e instalado no sistema operacional do computador. O IDE permite que o usuário escreva por meio da linguagem do Arduíno, que é baseada nas linguagens C/C++, um conjunto de instruções e comandos que deseja executar no microcontrolador e então faça o upload para a placa. Foi utilizado para a programação de todo mecanismo mecatrônico, exceto aplicativo.

9. Android Studio

Android Studio é Ambiente de Desenvolvimento Integrado, tradução para o termo Integrated Development Environment (IDE). Esta IDE é um software que reúne todas as ferramentas necessárias para desenvolvimento de aplicações Android para dispositivos móveis. O programa é disponibilizado de forma gratuita pela fabricante Google para que qualquer pessoa possa programar e criar apps personalizados para seus clientes ou usuários. Foi utilizado para todo desenvolvimento do aplicativo de interface.

10. Firebase

Os principais serviços para desenvolvimento oferecidos pelo Firebase e utilizados neste trabalho são o real time data base para base de dados em tempo real, o autenticação de acesso do usuário, a nuvem de armazenamento, envio de arquivos e o hosting.

3.1.3 Mecânica

11. Mangueira

Para direcionamento da água e posicionamento dos gotejadores foi utilizada uma Mangueira Trançada Transparente PT 250 de 3/4 de diâmetro. Fabricada com três camadas.

Camada interna de PVC transparente, camada intermediária de reforço de fibra têxtil de poliéster e camada externa de PVC transparente.

12. Bicos goteadores

Para o gotejamento da irrigação foi utilizado o gotejador regulável IM-R70, Figura 3.7. Este é ideal para irrigação na forma gotejamento de qualquer cultura, basta regular a vazão que necessita. Também pode ser utilizado na forma de irrigação por microaspersão para gramados, jardins, hortaliças, etc. Sua faixa de vazão é de 1,0 - 70 L/H.



Figura 3.7 – Bico gotejador Fonte: Mercado Livre (2021)

3.2 Investimento

Para realização das etapas desenvolvidas neste trabalho foi preciso adquirir alguns componentes e materiais. A seguir a Tabela 3.1 mostra o investimento geral, detalhando os valores e quantidades utilizada para cada item.

O valor total obtido ao final, pode ser considerado baixo quando comparado a outros projetos semelhantes, como no trabalho de Spigolon (2021). É importante ressaltar que o uso do microcontrolador Arduino MEGA 2560, torna o projeto mais caro e pode ser substituído por outros componentes menos robustos, o que diminuiria o valor final em aproximadamente R\$40,00. Entretanto, o custo final pode ser aumentado devido a necessidade local de adaptação de mais ligações elétricas e hidráulicas que não foram necessárias neste projeto.

Item	Qntd.	Valor un.	Valor Total
Arduino Mega 2560	1	R\$ 79,90	R\$ 79,90
Jumpers (20x Macho- Fêmea)	1	R\$ 14,70	R\$ 14,70
Relé 5V R10A/125VAC	1	R\$ 5,20	R\$ 5,20
Sensor Chuva YL-38	1	R\$ 5,80	R\$ 5,80
Higrômetro HD-38	1	R\$ 35,72	R\$ 35,72
Sensor UV ML8511	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Válvula Solenoide BLK20MAB 12V	1	R\$ 36,00	R\$ 36,00
Bucha Redução 1/2- 3/4 pol	1	R\$ 2,40	R\$ 2,40
Mangueira Trançada Transparente PT 250 3/4 (1 metro)	3	R\$ 14,29	R\$ 42,87
Bico goteador (30 un)	1	R\$ 26,00	R\$ 26,00
ESP 82266 01	1	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Protoboard	2	R\$ 4,15	R\$ 8,30
Caixa hermética	1	R\$ 14,50	R\$ 14,50
Fonte estabilizadora	1	R\$ 16,00	R\$ 16,00
Cabo 4 vias 4X50MM (1 metro)	4	R\$ 1,50	R\$ 6,00
Fio Paralelo 1,5mm ² (1 metro)	1	R\$ 4,99	R\$ 4,99
Total			R\$ 339,38

Tabela 3.1 – Tabela de despesas

Desenvolvimento

4.1 Definição do Método de Irrigação

No capítulo de Fundamentação Teórica foram apresentados os principais métodos de irrigação e seus subtipos, descrevendo seu funcionamento e suas características, assim como também suas vantagens e desvantagens. Portanto, a partir do estudo de cada um destes métodos e conhecendo as características que descrevem o local onde será implementado o sistema automatizado de irrigação foi possível determinar aquele que trará melhores resultados.

O quintal produtivo para o qual este trabalho será desenvolvido está localizado na cidade de Ribeirão das Neves- MG, onde residem os pais do autor. Neste local existia no passado uma piscina de fibra, que com o passar dos anos sofreu grande desgastes e danos irreparáveis em sua estrutura. Devido a isso, esta estrutura de dimensão (3,5 m X 2,8 0m X 0.9 m), foi utilizada como local para cultivo de hortaliças. Este trabalho focou em implementar equipamentos e estruturas para que este espaço do terreiro da residência, onde existe o cultivo de culturas variadas, fosse irrigado de forma otimizada e automatizada.

4.2 Especificações do projeto

Após determina-se o método de irrigação a ser aplicado no local, foi preciso especificar as condições de operação do projeto, que atendessem as necessidades do quintal produtivo e solucionassem os problemas mencionados no Capítulo 1.

Sistemas de irrigação convencionais utilizam-se de diversos fatores e parâmetros para determinar especificações como: quantidade, tempo e duração de rega. No capítulo 2, é possível observar pela equação 2.1 que estes cálculos demandam de inúmeras informações específicas sobre características do solo, cultura e clima, o que necessitaria de análises complexas feitas em laboratórios. Outra característica importante é que maior parte dos locais onde sistemas de irrigação são projetados e instalados, possuem padronização no tipo de solo e culturas cultivadas. Essas características não estão presentes em quintais produtivos, pois nestes locais não existe padronização de cultivo e o solo pode apresentar características variadas, sendo misturado a outros tipos de solo ao longo do tempo. Portanto, na automatização da irrigação deste projeto não foram utilizados cálculos ou formulas para determinação das especificações, estas serão feitas baseadas na leitura dos sensores e nas configurações de níveis de umidade definidos pelo autor experimentalmente.

O sensor que identifica a umidade do solo é o principal componente deste projeto, ele indicará quando a terra estiver seca ou úmida havendo ou não a necessidade da irrigação. A quantidade e duração da rega será estabelecida pelo tempo necessário para que o sensor atinja os valores estabelecidos que indicam umidade suficiente na terra. Para que a irrigação pudesse continuar por um certo período sem que o sensor identificasse imediatamente a umidade, este foi colocado a uma distancia de 15cm do centro de gotejamento, sendo assim será necessário um tempo para que o bulbo de água formado atinja os terminais de leitura do sensor. Um esquemático pode ser visualizado na Figura 4.1. A quantidade de água gasta em cada rotina de irrigação pode ser estabelecida pelo tempo de rega e vazão do gotejador.

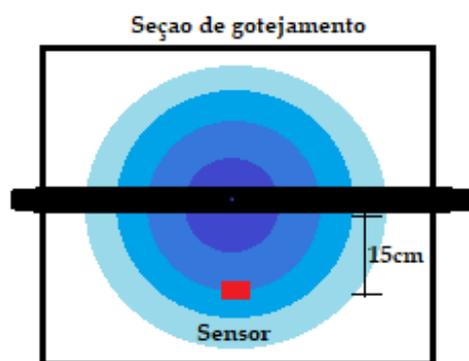


Figura 4.1 – Esquemático da posição do gotejador

4.3 Programação da automatização

Após determinar as especificações de funcionamento do sistema foi preciso montar um fluxograma do processo que caracteriza a irrigação automatizada. A Figura 4.2 demonstra esse fluxograma, apresentando as decisões e processos que serão executadas pelo sistema.

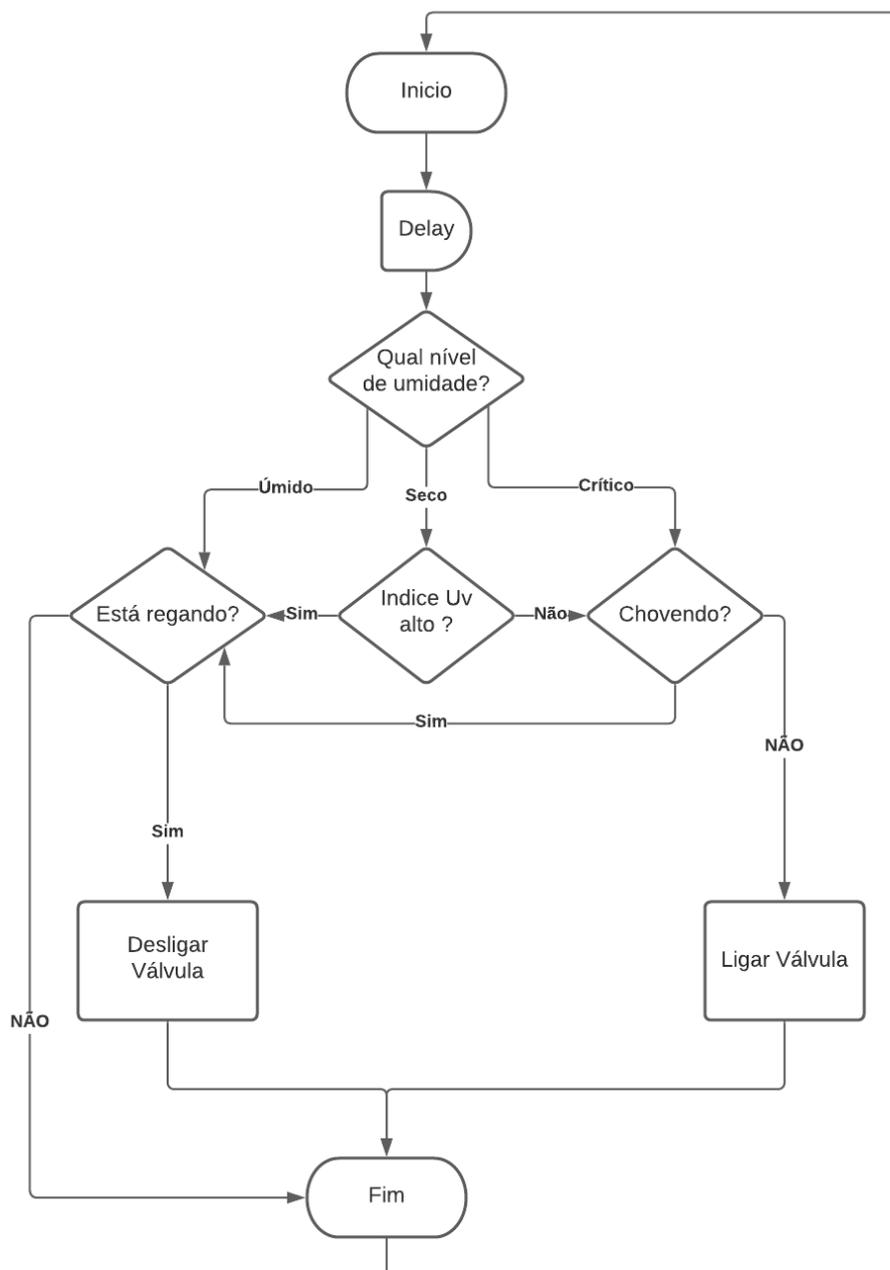


Figura 4.2 – Fluxograma do processo - Fonte: Autor

Ao iniciar o processo determinou-se um tempo de atraso de 5 segundos para o programa receber os dados de leitura dos sensores. A primeira decisão a ser tomada pelo

sistema será a identificação da umidade do solo, no caso deste estar úmido é preciso garantir que a válvula esteja desligada, portanto, checa-se o sistema está ativo e regando no momento, caso esteja deve-se alterar o nível lógico na saída do relé para interromper a irrigação. O solo seco é o indicativo que se deve começar a irrigação, porém é necessário verificar as condições climáticas. A presença de chuva e alta índices UV deve interromper a irrigação para economia de água. Entretanto, no caso do solo em estado criticamente seco, compreende-se que a cultura possa estar sofrendo estresse hídrico e necessita de água imediatamente. Neste ultimo caso, condições de pico de radiação não devem impedir a irrigação, já que continuar a exposição do solo a altas radiações solares intensificaria esse estresse hídrico. Este fluxograma foi transcrito em linguagem de programação no IDE e gravado na placa Arduíno.

Com intuito de melhorar a automatização e tornar o sistema mais inteligente, foi utilizado como decisão de ação os dados informativos sobre a previsão do clima para o dia, retirados da web. A previsão de condições climáticas que indiquem precipitação, deve interromper qualquer ação de irrigação automática. A implementação no sistema para o recebimento de tais dados, será descrita nas seções a seguir.

4.4 Configuração dos Sensores

A seguir será descrito passo a passo das ações realizadas para calibração dos sensores de acordo com as especificações deste projeto.

4.4.1 Sensor umidade do solo

No desenvolvimento deste projeto, foi estabelecido que as condições de solo poderiam indicar mais de 2 estados sendo eles: seco, úmido e crítico. Sendo assim foi necessário o uso da saída para definição da faixa de valores correspondentes a cada um dos estados.

Como início dessa definição foi realizada uma leitura em solo úmido após realizar uma rega. Segundo as fontes teóricas, os turnos de rega em sistemas de gotejamento variam de 1 a 3 dias, sendo assim turnos maiores do que essa faixa pode ocasionar estresse hídrico as culturas. Portanto, a partir de medições feitas em bancada, com amostras do solo, Figura 4.3, determinou-se que após 4 dias da irrigação, os valores indicados pelo sensor apresentam baixa umidade necessária para a cultura, caracterizando o valor inicial para

o estado crítico do solo. Para determinar o estado intermediário, onde o solo se encontra em estado seco e necessita de rega porém não está em estado crítico, será feita leituras após 3 dias da rega. Foi escolhido o maior período dentro da faixa aconselhada pois as leituras foram realizadas no inverno e as taxas de evapotranspiração são menores.



Figura 4.3 – Amostra de solo para teste em bancada - Fonte: Autor

Para todas leituras foi feito uma média de 10 valores coletados a cada 1 min. Os valores obtidos na calibração deste sensor estão apresentados na tabela a seguir:

Condição do Solo	Valor Médio
Úmido	<220
1 dia após	290
2 dias após	430
3 dias após	620
Crítico	>760

Tabela 4.1 – Calibração do Higrômetro

Como complemento desta configuração, o sensor de solo foi calibrado para que fosse possível verificar a sua precisão e resolução para leitura de diferentes níveis de umidade no solo. Para realização dessa calibragem foi separada inicialmente uma quantidade do solo,

que foi colocada no forno a temperatura de 105 graus Celsius por 8 horas para que toda sua umidade fosse extraída. Após isto esta amostra foi pesada e este valor foi anotado como a quantidade de massa seca. Para realizar as medições foram aplicados degressos de água na amostra e realizada a leitura para cada uma delas. Ao fim do experimento, gerou-se um gráfico, Figura 4.4, que apresenta a relação do valor analógico com a umidade do solo. A umidade do solo foi calculada pela seguinte fórmula:

$$U = \frac{Ma}{Ms} \quad (4.1)$$

Onde:

U = umidade do solo (%)

Ma = Massa de água (g)

Ms = Massa seca (g)

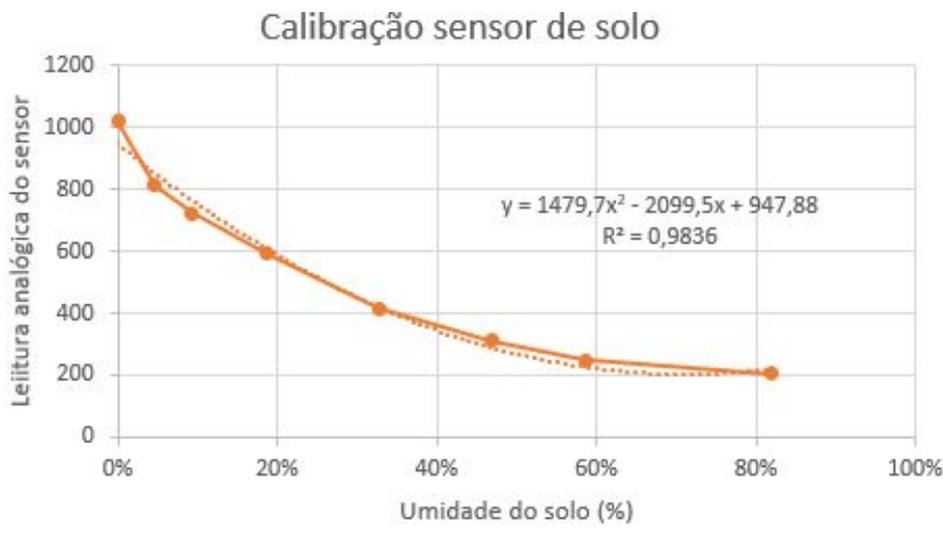


Figura 4.4 – Calibração sensor de umidade do solo - Fonte: Autor

Com a obtenção do gráfico da calibração foi gerada uma equação $y(x)$ a partir do ajuste polinomial das amostras e encontrou-se um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,9836$, mostrando que os valores de sinal digital explicam cerca de 98% dos valores de umidade do solo. Os valores obtidos na calibração foram utilizados para comparação com os limites definidos anteriormente. O valor úmido refere-se a 60% da umidade no solo, o valor seco a 18% de umidade, variado até 8% onde se inicia o estado crítico.

4.4.2 Sensor Chuva

Para calibração do sensor que indica precipitações, foi realizado algumas simulações de chuvas em intensidades diferentes, com ajuda de um borrifador e um regador, captando os valores analógicos enviados pelo sensor. Foi avaliado nessa calibração também a resposta do sensor a gotículas presentes na sua superfície após a precipitação, assim como sua sensibilidade a pequenos respingos que não se classificam como chuva. A tabela 4.2 abaixo mostra os valores captados em cada condição.

	Max	Min
Chuva Forte	332	473
Chuva Fraca	432	500
Gotas paradas	870	800

Tabela 4.2 – Calibração sensor de chuva

No caso deste sensor, foi possível utilizar a saída digital do mesmo como resposta as condições climáticas, uma vez que só existirão dois estados diferentes- com chuva e sem chuva. Sendo assim, seguindo os dados da tabela 4.2 o maior valor captado para o estado de chuva fraca foi utilizado como referência para mudança do valor digital de 1 (com chuva) para 0 (sem chuva). Neste caso, o uso de uma curva de calibração foi desconsiderada, e as variações puderam ser consideradas de forma discreta.

4.4.3 Sensor UV

O sensor de detecção UV foi utilizado para indicar os momentos de alta radiação solar, no qual deve-se evitar a irrigação para que não haja perda de água por evaporação. Para calibrar o sensor, foram realizadas leituras durante o dia com intervalos de 1 hora. Com o uso da relação Tensão x UV fornecida pelo gráfico do datasheet do componente, Figura 4.5 foi possível relacionar a saída do sensor com o índice de radiação e calibrar o sensor.

A Figura 4.6 mostra os valores detectados pela leitura do sensor nos diferentes horários e apresentou que os maiores índices UV ocorreram nos períodos próximo ao meio dia, como esperado. Neste caso, foi estabelecido pela calibração, que valores acima de 5 devem impedir a irrigação.

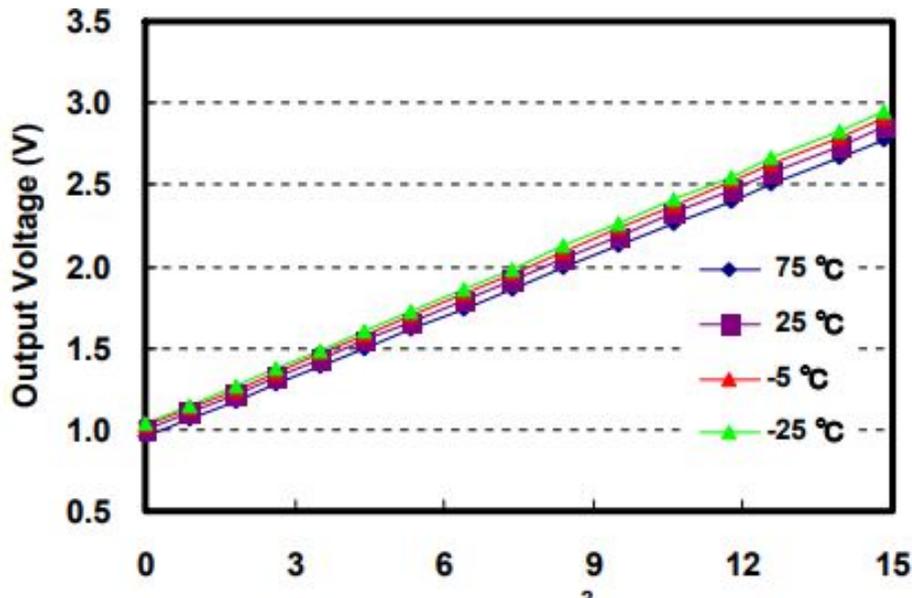


Figura 4.5 – Relação tensão e UV - Fonte: Datasheet ML8511

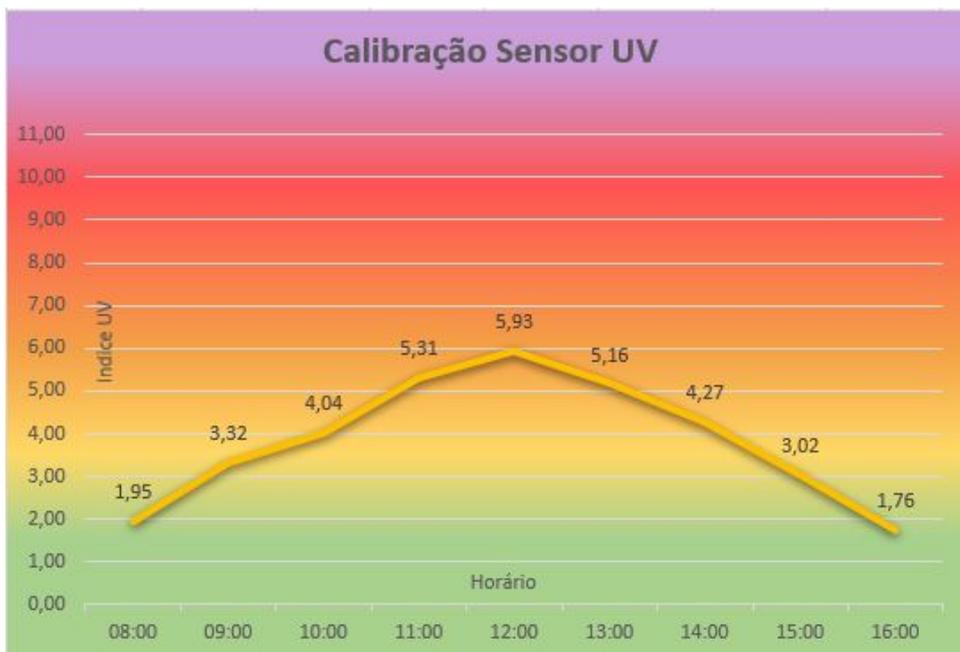


Figura 4.6 – Calibração sensor UV - Fonte: Autor

4.5 Banco de Dados

Para que fosse possível receber e enviar dados do sistema pelo aplicativo utilizando o WiFi em qualquer lugar do mundo, foi utilizado o banco de dado em tempo real na nuvem NoSQL, do Firebase. Desta forma, o primeiro passo foi a criação, dentro do site, de um Realtime Database para o projeto. Para garantir a segurança da informação foi criada dentro das configurações do mesmo uma chave secreta para autenticação do usuário. Além

disso, foi criado a conexão do banco com a aplicação Android, por meio de um arquivo JSON que foi gerado nas configurações SDK do Firebase e incorporado ao código no Android Studio. A Figura 4.7 apresenta o bando de dados criado para o projeto e url de referencia do mesmo.

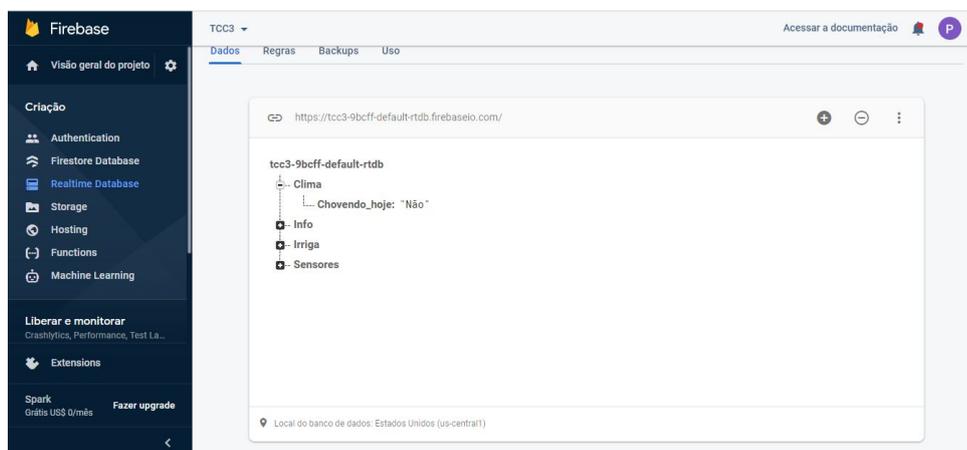


Figura 4.7 – Realtime DataBase criado - Fonte: Autor

O banco de dados na nuvem, foi utilizado principalmente para permitir a conexão remota de informações entre Arduino a aplicativo, sem a necessidade de estar conectado a uma rede local. Com o armazenamento dos dados no *Firebase* é possível ter acesso e controle do sistema de qualquer lugar do mundo, estando conectado a internet.

4.6 Mecanismo eletrônico e comunicação wireless

Ao fim das etapas de configuração dos sensores e criação do bando de dados foi dado início a montagem eletrônica do sistema. Neste, o microcontrolador Arduino deve receber os dados coletados pelos sensores do projeto, enviar sinais de acionamento e parada para a válvula solenoide e por fim enviar e receber dados da nuvem por meio da rede WiFi.

De modo a facilitar os testes realizados, a montagem do circuito eletrônica foi dividida em partes e primeiramente foi testado a comunicação entre o Arduino os sensores e válvula solenoide. A Figura 4.8 apresenta um esquemático do circuito eletrônico construído no software Proteus. Devido a falta de componentes semelhantes aos sensores do projeto foram utilizados potenciômetros e chaves para simular os valores analógicos e digitais de entrada

Para realizar os testes e montagem do circuito de comunicação wireless entre o Arduino e o banco de dados no Firebase foi utilizado o módulo ESP266-01. Para que seja

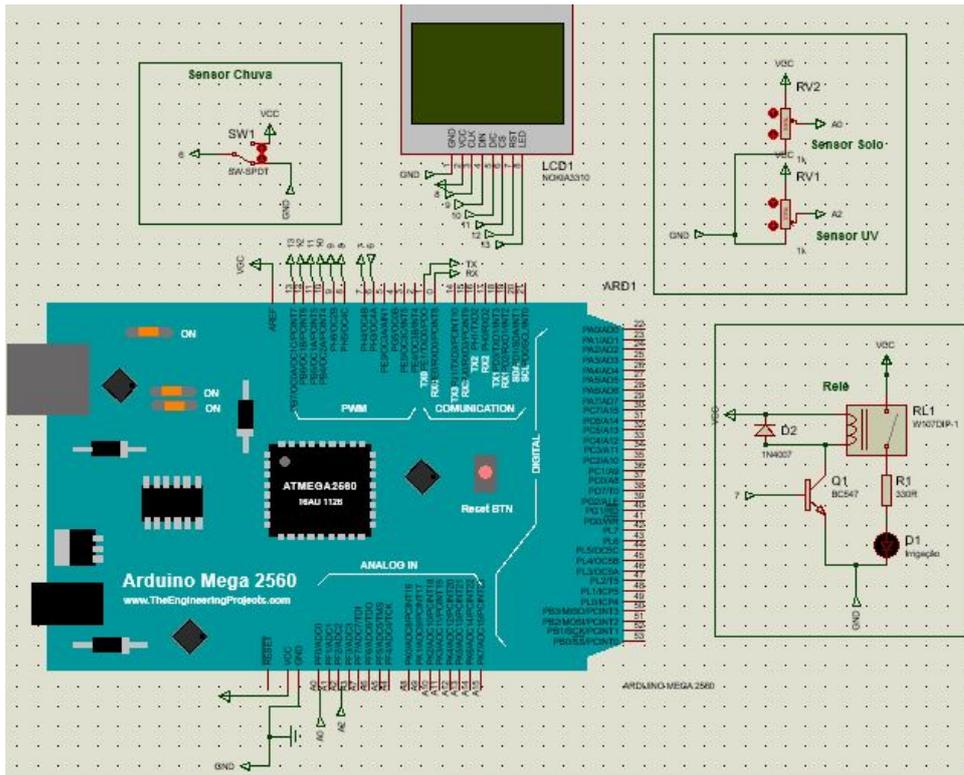


Figura 4.8 – Conexões elétricas do sistema no Proteus - Fonte: Autor

possível conectar o módulo na rede e receber os dados é preciso criar primeiramente uma configuração eletrônica que coloque o módulo ESP em estado de gravação, já que este não possui entradas de comunicação direta com o computador. É preciso então enviar o código referente a comunicação wireless através da porta serial do computador para o Arduino e este por meio das saídas RX e TX gravar o código no ESP. O código utilizado está descrito no Apêndice A, e o circuito de gravação do ESP está apresentado na Figura 4.9

Na construção do código foi necessário a inclusão das bibliotecas ESPWiFi e Firebase para que fosse possível utilizar as funções necessárias para comunicação entre o microcontrolador e a rede móvel e o servidor do Firebase. Na programação feita para o ESP está contido as informações da rede wifi local onde o mesmo irá se conectar, além disso as informações de referencia do banco de dados, como url e sua senha de autenticação para segurança dos dados. Contudo, pode-se dizer que o funcionamento do código se baseia em receber algumas informações e comandos do aplicativo e transmitir de volta dados coletados no Arduino. Como próxima etapa da montagem do circuito eletrônico, é preciso desfazer as ligações anteriores, que eram utilizadas apenas para gravação no módulo de rede. O pino GPIO0 do ESP e o pino RESET do microcontrolador foram retirados do

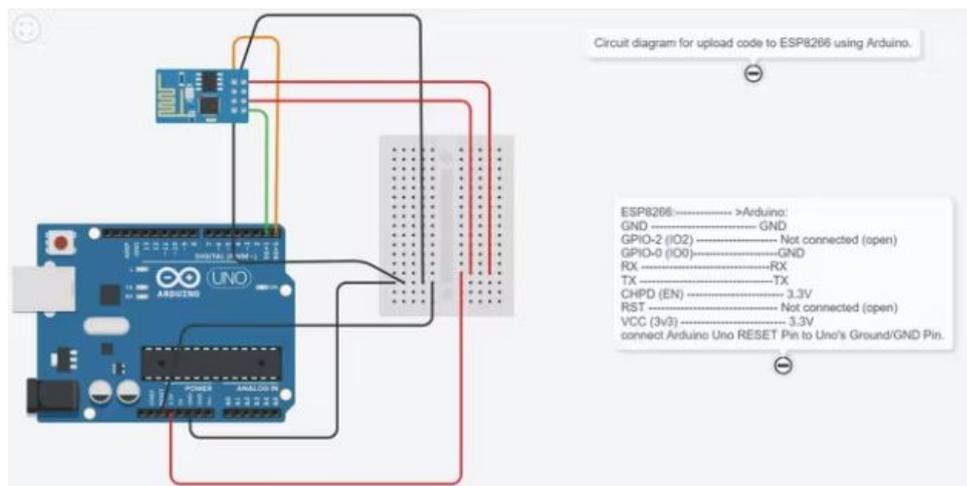


Figura 4.9 – Diagrama de circuito para upload do código no ESP8266 - Fonte: Project Hub

GND, e as saídas TX e RX do ESP desconectados do Arduino. Sendo assim, com a nova configuração de conexões foi transferido o código para a placa ATMEGA. Neste código está contida toda lógica de decisões e interpretações de dados dos sensores e ações do usuário no aplicativo.

Uma vez que lógica de programação da irrigação automatizada já havia sido validada os novos testes focaram-se em analisar a comunicação entre sistema e aplicativo, com ajuda de potenciômetros para simular diferentes valores para os sensores foram testadas as diferentes condições de operação do sistema. A montagem do circuito contendo todos os componentes finais do sistema de irrigação está apresentado na Figura 4.10, e o código executado pelo Arduino pode ser acessado pelo link <https://drive.google.com/drive/folders/1jMVkOKNpOH8-eN-vXrvXaWhqQGdz9Y6T>.

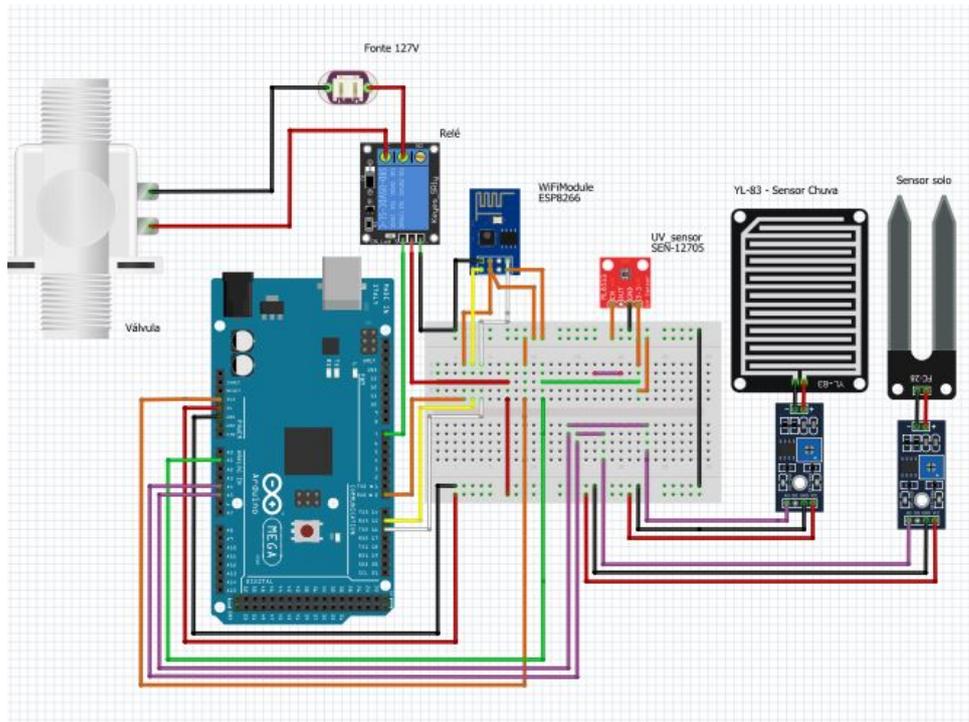


Figura 4.10 – Circuito eletrônico do projeto - Fonte: Autor

4.7 Aplicativo

Com o fim das etapas anteriores foi dado início ao projeto de desenvolvimento do aplicativo de para visualização e controle do sistema de irrigação local. Como parte da motivação deste trabalho, a interface foi projetada para que usuários leigos ou com pouco entendimento de tecnologia não tivessem grande dificuldades em aprender a manipular a aplicação pelo smartphone.

O software utilizado para criação do aplicativo foi o Android Studio, Figura 4.11, e a programação foi realizada por meio da linguagem Java. Além de todas possibilidades apresentadas dentro do Software para criação de um boa interface, o mesmo possui aplicações práticas e rápidas que permitem a conexão de dados entre app e o banco de dados do Firebase. Com todas essas ferramentas, foi desenvolvido um aplicativo que se baseia em 4 telas, contendo as principais ações e informações necessárias para o usuários. Sendo elas :

- Tela Sensores: Neste tela o usuário pode visualizar o status de cada um dos três sensores em tempo real, assim como também o estado atual da irrigação.
- Tela Informações: Nesta, será possível visualizar um painel de controle com indicativos de eventuais problemas no sistema, como conexão, vazamento ou leitura dos

sensores. Sendo assim, irá ser possível, em casos de emergência, acionar o botão de STOP para interromper a irrigação imediatamente.

- Tela irrigação: Local onde o usuário poderá optar pela opção da irrigação personalizada, desativando assim a irrigação automatizada, podendo definir o intervalo e duração da irrigação.
- Tela Clima: Aqui o usuário terá acesso as informações de condições climáticas locais do dia atual, e previsões para os dias futuros. Estas informações serão enviadas para o bando de dados e interpretadas para as decisões de irrigação automática no sistema.

Os dados para consulta de previsão do tempo foram incorporados ao projeto por meio de uma API web gratuita disponível no site da HGBrasil (s.d.). Por meio da documentação da API é possível obter os dados climáticos de uma cidade específica. Para segurança das informações foi gerada um token pelo fornecedor para autenticação de uso da API. Portanto, o link da API utilizado no projeto com a requisição GET para obtenção dos dados é :

- https://api.hgbrasil.com/weather?key=SUA-CHAVE&city_name=RibeiraodasNeves, MG

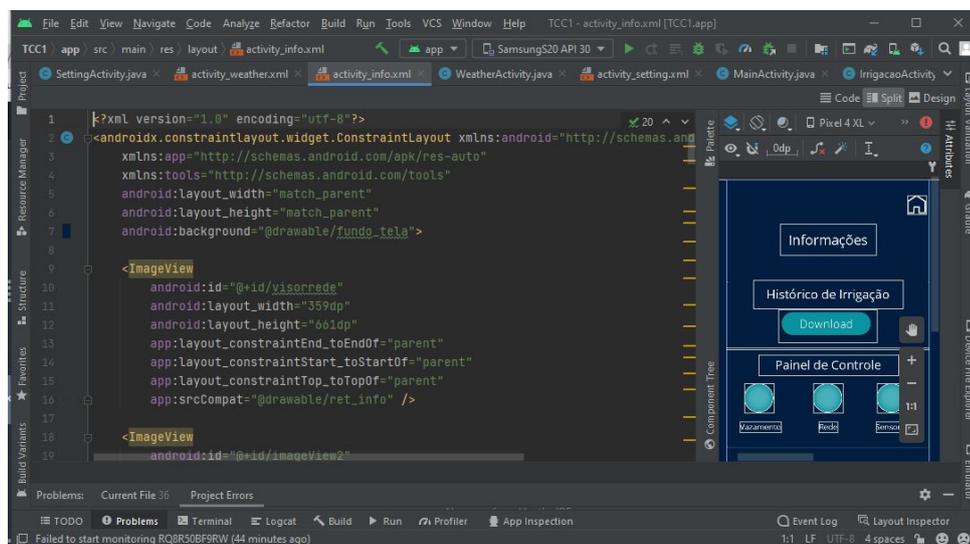


Figura 4.11 – Captura de tela da programação do app no Android Studio - Fonte: Autor

4.8 Montagem do sistema

A última etapa deste projeto foi a realização da montagem física do sistema de irrigação no quintal e a incorporação dos componentes eletrônicos. O primeiro passo, foi a implementação dos terminais de gotejamento no local. Uma mangueira de 4 metros de comprimento e 3/4 de polegada de diâmetro, foi utilizada para acoplar os bicos gotejadores, e então posicionada dentro do canteiro em quatro fileiras, como mostra a Figura 4.12



Figura 4.12 – Montagem da mangueira de gotejamento no local- Fonte: Autor

A irrigação de gotejamento, como descrito anteriormente, não necessita da ação de um sistema de bombeamento externo para seu funcionamento, por isso foi utilizado a saída de água que vem da rua, pois esta já possui a pressão necessária. Sendo assim, utilizando-se uma bucha de redução a entrada da válvula solenoide foi encaixada diretamente a uma torneira existente no local, e sua outra extremidade foi ligada a mangueira de gotejamento.

Após realizada a etapa anterior, foi escolhido o local onde ficaria o sistema central, contendo o Arduíno e todos os outros componentes elétricos, já que estes precisam estar protegidos da chuva e devem se conectar aos sensores de forma cabeada. Para garantir a

segurança dos componentes, foi escolhida uma caixa de proteção, Figura 4.13 de dimensões 20x16x8 cm, para proteção dos mesmos.



Figura 4.13 – Caixa hermética para proteção dos componentes - Fonte: Autor

A conexão do sistema central com os sensores Uv, de chuva e de solo foram feitas por meio de fios reutilizados de um sistema de interfone predial, já que os jumpers utilizados anteriormente não possuíam o comprimento adequado. Sendo assim, para maior facilidade de implementação os sensores UV e de Chuva foram instalados logo acima da central, onde teriam contato com o ambiente de leitura. Para o caso do sensor de solo, teve-se que utilizar uma maior quantidade de fio para que o sistema pudesse receber o sinal vindo do local onde o sensor estava fixado no solo. Para assegurar que o sistema possa indicar a irrigação prolongada devido ao erro no sistema, foi utilizado um segundo sensor de umidade, com conexão semelhante ao primeiro, para verificação da presença de umidade em locais distantes do bulbo de gotejamento.

Por fim, foi preciso garantir a proteção dos terminais dos sensores de chuva e UV já que estes ficariam expostos ao clima. Para o sensor de chuva foi utilizado um pedaço de tubo termo retrátil apenas para garantir a impermeabilidade da saída de dados do sensor. No caso do sensor UV, o componente como todo deve ser protegido da chuva, e para isso foi necessário improvisar um case, que fosse translúcido e permitisse a passagem dos raios solares, mas garantisse a proteção a umidade. O Arduino foi energizado utilizando-se um fonte bivolt que converte a tensão de entrada de 127/220 V para uma saída de 9V.

Resultados

Neste capítulo serão apresentados os principais resultados obtidos para as etapas desenvolvidas neste documento.

5.1 Método de irrigação

A estrutura onde ocorre o cultivo não possui uma grande escala de profundidade e sua área pode ser considerada pequena, por isso, seria inviável utilizar-se de métodos de irrigação superficial. Além disso, o método de irrigação superficial não apresenta compatibilidade com o sistema proposto neste trabalho, e possui pouca capacidade de automatização.

Para o modelo de aspersão, conclui-se que o seu uso também seria inadequado. No caso deste método a necessidade de um sistema de bombeamento é fundamental e pra isso seria necessário a existência de um reservatório de água no quintal, além disso o gasto de água, energia elétrica, e instalação deste sistema é maior quando comparado a irrigação local.

Por fim, o método de irrigação localizada foi escolhido como o mais adequado para ser utilizado no local. As características como economia de água, baixa perda por evaporação, não sofre interferência do vento, pode ser aplicado a qualquer solo, opera sem a necessidade de bombeamento classificam este sistema como uma boa escolha para o projeto. Assim sendo, devido a características do tipo de culturas cultivadas neste local, que possuem sistema radial pequeno e estarão pouco espaçadas entre si, a irrigação foi feita por gotejamento. A Figura 5.1 apresenta a montagem final no quintal.



Figura 5.1 – Linha de gotejamento montada - Fonte: Autor

5.2 Conexão dos sensores

Os sensores utilizados no projeto possuem baixo custo comparados a sensores industriais encontrados no mercado estes apresentaram resultados satisfatórios ao ler as condições climáticas e de solo, porém com alguma grau de incerteza.

No gráfico de calibração do higrômetro é possível observar que o sensor escolhido não identifica umidades entre aproximadamente 82% e 100%, sendo assim o menor valor de leitura possível igual a 205. Esta informação foi utilizada para indicar problemas na leitura do sensor. Sendo assim, toda vez que o mesmo estiver recebendo valores inferiores a esta taxa, ou acima de 1023 que é o valor máximo da porta analógica, o usuário será comunicado pelo aplicativo. O mesmo ocorre para o sensor de chuva e Uv que apresentam valores mínimos e máximos na sua capacidade de leitura.

Como relatado no Capítulo 4 os sensores foram instalados para leitura utilizando-se dos materiais e métodos descritos. Na Figura 5.2 mostra o sensor Uv dentro de sua case de proteção e conectado ao sistema central de comandos. As Figuras 5.3 e 5.4 apresentam a instalação do sensor de chuva e umidade do solo respectivamente.



Figura 5.2 – Sensor Uv instalado - Fonte: Autor



Figura 5.3 – Sensor chuva instalado - Fonte: Autor

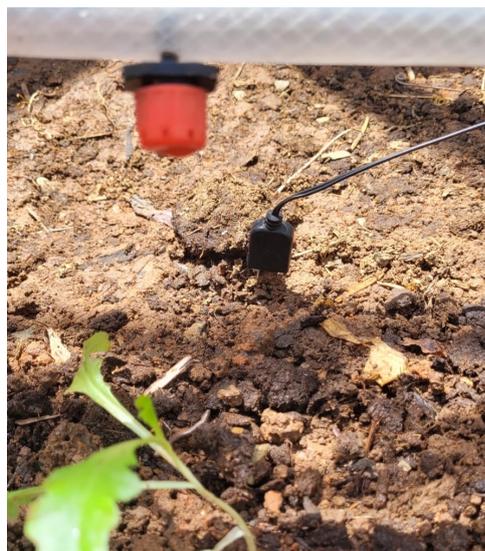


Figura 5.4 – Sensor de umidade do solo instalado - Fonte: Autor

5.3 Aplicativo

De acordo com a descrição do capítulo Desenvolvimento, o aplicativo de interface entre sistema e usuário foi desenvolvido. Com a finalização do aplicativo foi possível visualizar na Tela sensores, todas informações em tempo real a respeito das condições climáticas e de solo, assim como o status da irrigação. As Figuras 5.5 e 5.6 apresentam o menu do aplicativo e a tela Sensores, respectivamente.



Figura 5.5 – Tela Menu - Fonte: Autor

O aplicativo possui em suas funcionalidades a opção de controlar de forma personalizada a irrigação do quintal, escolhendo a duração da rega e o intervalo entre cada uma delas. A Figura 5.7 mostra a interface onde o usuário pode manipular essas ações. Ao clicar no botão Irrigar ativa-se a irrigação personalizada e desativa a irrigação automatizada no sistema.

Com intuito de alertar e prevenir o usuário de eventuais problemas causados pelo mal funcionamento do sistema, a tela Informações, Figura 5.8, apresenta um painel de controle com leds indicativos as repostas de erro enviadas pelo sistema. De modo a garantir que o usuário possa interromper as ações do sistema de qualquer lugar, foi criado um botão STOP para acionamento em casos de emergência.

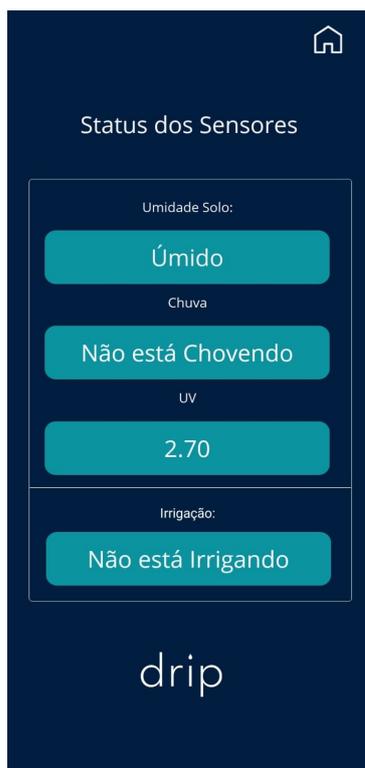


Figura 5.6 – Tela Sensores - Fonte: Autor



Figura 5.7 – Tela Irrigação - Fonte: Autor

Os leds indicativos mudam para cor vermelho no caso onde, exista má conexão de rede; valores de leitura incorreto pelos sensores; e para vazamento. ,



Figura 5.8 – Tela Informações - Fonte: Autor

Como complemento do projeto, a Tela Clima apresenta os dados informativos das condições e previsões climáticas no local. Para o caso do sistema atuando em modo automático, a meteorologia do dia atual é avaliada pelo sistema como fator decisivo para realização das regas.

Todas as telas e funcionalidades do aplicativo apresentados foram simuladas e testadas com o sistema e apresentaram resultados satisfatórios. O código utilizado para desenvolvimento do aplicativo esta disponível no link a seguir: <https://drive.google.com/drive/folders/1jMVk0KNpOH8-eN-vXrvXaWhqQGdz9Y6T?usp=sharing>.



Figura 5.9 – Tela Clima - Fonte: Autor

5.4 Montagem e funcionamento do sistema

Dando sequência a execução deste trabalho foi finalizada a montagem dos componentes do sistema como descrito no Capítulo 4. Visando analisar seu funcionamento e minimizar a ocorrência de ajustes, foram realizados testes com situações semelhantes ao de sua aplicação real antes da finalização da montagem. A seguir, o circuito eletrônico foi construído e colocado dentro da caixa hermética de proteção, a qual foi fixada na parede. O conjunto final esta apresentado na Figura 5.10. Ademais, as conexões hidráulicas foram realizadas. A Figura 5.11 apresenta a conexão entre a válvula e a mangueira de goteamento.

Após finalizado todas as etapas do projeto e concluída sua instalação, o mesmo foi testado em suas funcionalidades. Devido ao fato da irrigação automatizada depender das condições climáticas locais, algumas condições de funcionamentos foram forçadas para realização dos testes. O aplicativo de interface e sua conexão com o sistema apresentou bom funcionamento durante a validação final do projeto.

Com o fim dos testes, nota-se que o funcionamento do sistema apresentou bons resultados. Entretanto, foi possível perceber um certo atraso quanto a resposta de inicio



Figura 5.10 – Aspecto final do sistema instalado - Fonte: Autor



Figura 5.11 – Conexões finais da válvula - Fonte: Autor

e parada da irrigação, assim como também a atualização do status dos sensores no aplicativo. Um outro ponto, foi a escolha dos gotejadores, devido a suas características, foi difícil garantir a mesma vazão para todos bicos instalados, e assim alguns irrigaram uma quantidade maior de água no mesmo período de tempo.

Para melhor entendimento do leitor, foi gravado um vídeo demonstrativo do sistema em funcionamento, que pode ser visualizado no link: <https://youtu.be/mIHLE1iE220>.

Considerações Finais

Serão apresentados neste capítulo a conclusão e principais considerações a respeito do desenvolvimento deste trabalho. Além disso são apresentadas as propostas de continuidade para o projeto.

6.1 Conclusões

O presente trabalho teve como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado para um quintal produtivo. Foram realizados estudos a respeito dos diferentes métodos de irrigação e escolhido aquele que melhor se adequou ao local. A partir do levantamento feito na fundamentação teórica e dos materiais escolhidos, foi elaborado um circuito eletrônico e código de programação para funcionamento da irrigação, de forma automatizada e personalizada.

Como sequencia deste trabalho, foi montado os mecanismos físicos para gotejamento no espaço de cultivo no quintal. Ademais, foi desenvolvido a programação do aplicativo Android que efetivou a interface usuário/sistema através da conexão com a rede de internet.

Com a finalização da montagem do sistema no local incluindo todos materiais, foi observado a fragilidade dos mesmos as condições climáticas locais. Apesar de possuírem proteção a chuva e sol, os componentes utilizados podem sofrer degradação com o tempo e comprometer o funcionamento do sistema.

Ao final das etapas de testes do projeto, não foi possível validar o sistema no quintal com a presença de uma vegetação bem desenvolvida. Isso ocorreu pois, o projeto foi

finalizado no mês de Janeiro, onde ocorrem muitas chuvas e degradaram a plantaç o existente no local. Entretanto, o sistema p de ser validado de forma eficaz pois a leitura dos sensores n o foram afetadas com a situa o. Al m disso, com os testes finais, foi observado algumas limita es no sistema, como o da velocidade de resposta de irriga o e da comunica o entre sensores e o aplicativo. Ademais, foi observada a necessidade de aperfeiçoamento dos bicos gotejadores do sistema.

Com tudo, este presente trabalho atingiu seus principais objetivos e se apresentou como grande fonte de aprendizado. Os conhecimentos adquirido nas disciplinas de Laborat rio de Automa o e Programa o de Dispositivos M veis foram essenciais para conclus o deste projeto. Ao final, o sistema final apresentou um bom funcionamento, se comportou como esperado e est  sendo utilizado pelos moradores da resid ncia onde foi implementado.

6.2 Propostas de trabalhos futuros

Com a finaliza o deste projeto, os conhecimentos adquiridos e a an lise dos resultados finais obtidos, s o sugeridos os seguintes t picos como continua o deste estudo:

1. Montagem do mecanismo em um espaço de cultivo de m dia escala e com outros m todos de irriga o.
2. Melhorias das conex es de sensores e componentes eletr nicos do sistema.
3. Implementar a leitura e indica o da quantidade de volume de  gua utilizada pelo processo de irriga o.
4. Programa o do sistema para grava o das rotinas de irriga o no banco de dados e disponibiliza o destes informa es para download.
5. Desenvolvimento de uma l gica para Machine Learning utilizando os dados salvos no bando de dados.

Referências

- ABRANTES, Karla Karolline de Jesus et al. Tecnologia social quintal produtivo - uma estratégia para o Desenvolvimento Rural Sustentável. **Revista Econômica do Nordeste**, n. 4, p. 61–77, 2015. ISSN 0100-49562357-9226.
- AGROJETA. **A importancia da irrigação para sua cultura**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.agrojet.com.br/a-importancia-da-irrigacao-para-a-sua-cultura/>>. Acesso em: 24 mai. 2021.
- AMAZON. 2020. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/>>.
- ANDRADE, G. J. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de planto direto e convencional**. 2008. Dissertação de Mestrado – UFSM.
- BISCARO, G. A. Sistema de irrigação localizada. In: l. SISTEMA de Irrigação Localizada. [S.l.: s.n.], 2014. v. 6, p. 264. ISBN 978-85-8147-085-6.
- _____. **Sistema de irrigação por aspersores**. 2009. 134p. UFGD.
- BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C.L. T. **Métodos de Irrigação**. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_16820051120.html>. Acesso em: 23 jun. 2021.
- BRUOF. **Qual é a melhor hora do dia para regar as plantas?** [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://irrigazine.wordpress.com/2018/08/20/qual-e-a-melhor-hora-do-dia-para-regar-as-plantas/>>. Acesso em: 25 mai. 2021.
- CHABAT, M. M. **Influência dos resíduos vegetais na superfície do solo na dinâmica de evaporação da água e temperatura do solo**. 2010. Dissertação de Mestrado – UFSM.

- ESTEVEES, B. S. et al. Irrigação por gotejamento. **Prgrama Rio Rural**, v. 1, n. 32, p. 18, 2012. ISSN 1983-5671.
- FLIP Flop. 2020. Disponível em: <<https://www.flipflop.com.br/>>.
- GIOMO, D. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO DE BAIXO CUSTO**. 2019. F. 107. Monografia (Graduação) – UNIOESTE.
- HGBRASIL. **HG Weather**. Disponível em: <<https://hgbrasil.com/status/weather>>.
- LEVIEN, S. L. A. **Irrigação por Superfície: Sistemas de irrigação por superfície**. 2003. Tese – ESAM.
- LIMA, E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O USO DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL. EMBRAPA, p. 17, 2014.
- MAXMAQ. **Conheça a Irrigação Por Gotejamento e Dobre Sua Produtividade**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <<https://maxmaq.com.br/blog/irrigacao-por-gotejamento/>>.
- MCROBERTS, Michael. **Arduíno Básico**. São Paulo: Novatec LTDA, 2011. ISBN 978-85-7522-274-4.
- MERCADOLIVRE. 2020. Disponível em: <<https://www.mercadolivre.com.br/>>.
- MFMAGASINE. **Sistemas de irrigação na produção agrícola**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://blog.mfrural.com.br/sistema-de-irrigacao/>>.
- OLIVEIRA, R. J; SASSAKI T. K K.AND PINTO, P. S. P.; COSTA, B. W. **CONTROLE DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA PEQUENOS PRODUTORES RURAIS COM SISTEMA DE MONITORAMENTO E ARMAZENAMENTO DE DADOS EM TEMPO REAL E REMOTO**, p. 9, 2015.
- REIS, J. S. **Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola**. 2015. F. 73. Monografia (Graduação) – UFTP.
- REVISTARURAL. **Novas variedades aumentam produção de arroz irrigado em TO**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.revistarural.com.br/2020/05/24/novas-variedades-aumentam-producao-de-arroz-irrigado-em-to/>>. Acesso em: 25 mai. 2021.

- RIBEIRO, M. A. R. **Instrumentação**. Salvador: Tek Treinamento e Consultoria Ltda, 1999. v. 8.
- SANTANA, M. L. **SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO**. 2010. F. 61. Monografia (Graduação) – UniCEUB.
- SCIELO. **Crise hídrica, Escassez de água e Direitos humanos – Ambiente e Sociedade abre chamada de trabalhos para volume especial**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <<https://humanas.blog.scielo.org/blog/2015/02/06/crise-hidrica-escassez-de-agua-e-diretos-humanos-ambiente-sociedade-abre-chamada-de-trabalhos-para-volume-especial/#.YR17oIhKjIU>>. Acesso em: 1 jun. 2021.
- SMITH, Bruce. **Evapotranspiration: What It Is and How It Is Helpful**. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <<https://www.campbellsci.com.br/blog/evapotranspiration-101>>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- SOARES, J. M. Sistema de irrigação por inundação. **CPATSA**, v. 1, n. 11247, p. 50, 1988. ISSN 00100-9729.
- SPIGOLON, R. A. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e irrigação automatizada para cultivo protegido**. 2021. F. 44. Monografia (Graduação) – UNIPAMPA.
- STONE, F. L.; SILVEIRA, M. P. Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação. **EMBRAPA-CNPAP**, n. 55, p. 49, 1995. ISSN 0101-9716.
- VEIGA A. J., S.; MONTANHA, K. G. **HORTA VERTICAL COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA**, p. 11, 2021.

Capítulo 7

Apêndice A

7.1 Código de programação do ESP 8266-01

```
1 //Bibliotecas
2 #include <ESP8266WiFi.h>
3 #include <FirebaseESP8266.h>
4 #include <SoftwareSerial.h>
5
6
7
8
9 #define FIREBASE_AUTH "Token"
10 #define FIREBASE_HOST "URL-Firebase"
11 #define WIFI_SSID "REDEWiFi"
12 #define WIFI_PASSWORD "SENHA"
13
14
15 //Declara o objeto
16 FirebaseData firebaseData;
17
18 int val = 0;
19 String values, sensor_data, valuesBack;
20
21
22
23
24 void setup() {
25
26     Serial.begin(115200);
27     Serial1.begin(115200);
28     Serial.println("Serial communication started\n\n");
29
```

```
30  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD); //Tenta se conectar ao WiFi
31  Serial.print("Connecting to ");
32  Serial.print(WIFI_SSID);
33
34
35
36  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
37      Serial.print(".");
38      delay(500);
39  }
40
41
42  Serial.println();
43  Serial.print("Connected to ");
44  Serial.println(WIFI_SSID);
45  Serial.print("IP Address is : ");
46  Serial.println(WiFi.localIP());
47  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
48
49  Firebase.reconnectWiFi(true);
50  delay(1000);
51 }
52
53 void loop() {
54
55
56
57  while (Serial.available()) {
58      sensor_data = Serial.readString();
59  }
60
61
62
63
64  values = sensor_data;
65
66
67  //get comma indexes from values variable
68  int fristCommaIndex = values.indexOf(',');
69  int secondCommaIndex = values.indexOf(',', fristCommaIndex + 1);
70  int thirdCommaIndex = values.indexOf(',', secondCommaIndex + 1);
71  int fourthCommaIndex = values.indexOf(',', thirdCommaIndex + 1);
72  int fithCommaIndex2 = valuesBack.indexOf(',', fourthCommaIndex + 1);
73
74  String Solo = values.substring(0, fristCommaIndex);
75  String Uv = values.substring(fristCommaIndex + 1, secondCommaIndex);
76  String Chuva = values.substring(secondCommaIndex + 1, thirdCommaIndex);
```

```
77 String Irrigando = values.substring(thirdCommaIndex + 1 , fourthCommaIndex);
78 String Vazamento = values.substring(fourthCommaIndex + 1);
79
80
81 //Manda o valor para o Firebase
82 Firebase.setString(firebaseData, "Sensores/Solo", Solo);
83 delay(10);
84 Firebase.setString(firebaseData, "Sensores/UV", Uv);
85 delay(10);
86 Firebase.setString(firebaseData, "Sensores/Chuva", Chuva);
87 delay(10);
88 Firebase.setString(firebaseData, "Sensores/Irrigando", Irrigando);
89 delay(10);
90 Firebase.setString(firebaseData, "Info/Vazamento", Vazamento);
91 delay(10);
92
93
94
95
96
97 // Manda os dados para o Arduino
98 valuesBack = (Prev() + ',' + Irriga_a() + ',' + Stop() + ',' + Intervalo() + ',' + Duracao());
99 delay(1000);
100
101 // Serial1.println(valuesBack);
102 // Serial.print("ValuesBack :");
103 // Serial.print(valuesBack);
104 // Serial.print("\n");
105 // delay(1000);
106
107 }
108
109
110 //Funções que recebem dados do Firebase
111
112 String Prev() {
113     Firebase.getInt(firebaseData, "Clima/Previsao");
114     int Prev_chuva = firebaseData.intData();
115     return String (Prev_chuva);
116 }
117 String Irriga_a() {
118     Firebase.getInt(firebaseData, "Irriga/Irriga_a");
119     int irriga_a = firebaseData.intData();
120     return String (irriga_a);
121 }
122
123 String Stop() {
```

```
124   Firebase.getInt(firebaseData, "Info/Pare");
125   int STOP = firebaseData.intData();
126   return String (STOP);
127 }
128
129 String Intervalo() {
130   Firebase.getInt(firebaseData, "Irriga/Intervalo");
131   int intervalo = firebaseData.intData();
132   return String (intervalo);
133 }
134
135 String Duracao() {
136   Firebase.getInt(firebaseData, "Irriga/Duracao");
137   int duracao = firebaseData.intData();
138   return String (duracao);
139 }
```

Listing 7.1 – Código C