

**CENTRO PAULA SOUZA  
ETEC PHILADHELPHO GOUVÊA NETTO  
Técnico em Eletrotécnica**

**Bruno César Tivo Rocha  
Verildo Rodrigues Batista  
Vadilson Ricardo Rosa dos Santos**

**CONTROLE AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO COM ARDUÍNO**

**São José do Rio preto – SP  
2022**

**Bruno César Tivo Rocha**  
**Verildo Rodrigues Batista**  
**Vadilson Ricardo Rosa dos Santos**

## **CONTROLE AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO COM ARDUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. Mario Kenji, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em eletrotécnica.

**São José do Rio Preto – SP**  
**2022**

## RESUMO

A irrigação é uma técnica consolidada e fundamental para a produção de alimentos, estando presente em todas as civilizações. Com o constante aumento na produção variada de vegetais, torna-se cada mais importante evitar o desperdício dos recursos necessários para os processos de irrigação. Tendo isso em mente, percebe-se que um sistema automatizado de baixo custo, pode ajudar a amenizar esse problema. Desta forma, esse projeto tem como objetivo apresentar um sistema de irrigação gerenciado por um microcontrolador (Arduino), conectado a sensores de umidade do solo, que por sua vez acionará o comando elétrico de atuadores como bombas d'água ou válvulas solenóides, responsáveis pelo fornecimento de água aos aspersores. O projeto terá como principais características a simplicidade na montagem, eficiência naquilo que se propõe e uma boa relação custo-benefício. Com uma irrigação programada no tempo certo e no percentual de umidade do solo de forma mais correta, poderá ser evitado o desperdício de água e energia, tanto na produção de alimentos em áreas de diversas dimensões, como também no cultivo em terrenos destinados a jardinagem.

Palavras-chave: Irrigação. Produção de alimentos. Desperdício. Automatização. Baixo custo

## **ABSTRACT**

Irrigation is a consolidated and fundamental technique for food production, being present in all civilizations. With the constant increase in the varied production of vegetables, it becomes more and more important to avoid the waste of resources needed for the irrigation processes. With this in mind, it is clear that a low-cost automated system can help alleviate this problem. Thus, this project aims to present an irrigation system managed by a microcontroller (Arduino), connected to soil moisture sensors, which in turn will drive the electric command of actuators such as water pumps or solenoid valves, responsible for supplying water to the sprinklers. The project's main features will be simplicity in assembly, efficiency and a good cost-benefit ratio. With an irrigation programmed at the right time and the right soil moisture percentage, the waste of water and energy can be avoided, both in the production of food in areas of various dimensions, as well as in the cultivation of land for gardening.

Keywords: Irrigation. Food production. Waste. Automation. Low cost.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
1.1 OBJETIVOS.....	6
1.2 JUTIFICATIVAS.....	7
1.3 MOTIVAÇÃO.....	7
1.4 COMPOSIÇÃO DO TRABALHO.....	8
<b>2. INTRODUÇÃO AO ARDUINO.....</b>	<b>9</b>
2.1 O MICROCONTROLADOR DO ARDUINO.....	9
2.1.1 ORIGEM DO ARDUINO.....	10
2.1.2 TIPOS DE PLACA ARDUINO.....	11
2.1.3 PLACAS BÁSICAS.....	11
2.1.4 PLACAS COM RECURSOS AVANÇADOS.....	13
2.1.5 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO.....	15
2.1.6 APLICAÇÕES.....	15
<b>3. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....</b>	<b>16</b>
3.1 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE.....	16
3.1.1 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....	16
3.1.2 SISTEMA DE MICROASPERSÃO.....	17
3.1.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO.....	18
3.1.4 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO CONVENCIONAL.....	18
3.1.5 PIVÔ CENTRAL.....	19
<b>4. SENSORES.....</b>	<b>20</b>
4.1 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO.....	20
4.1.1 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO – RESISTENTE À CORROSÃO.....	20
<b>5. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO.....</b>	<b>22</b>
5.1 CÓDIGO FONTE DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	24

5.1.1 ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES USADOS NO PROTÓTIPO.....	31
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A irrigação automatizada vem ganhando cada vez mais adesão por parte dos produtores rurais. Em grande parte, isso se dá por uma busca por sustentabilidade e eficiência. No que tange à sustentabilidade, a utilização mais racional e consciente dos recursos naturais é uma preocupação frequente da sociedade. Seja com medidas governamentais ou visibilidade midiática, uma abordagem mais sustentável vem sendo cobrada de todos os setores, inclusive da agricultura. Neste contexto insere-se um dos bens mais valiosos do planeta, a água.

Quando tratamos da eficiência, a questão é mais voltada para diminuir custos e atender as demandas de mercado. À medida que cresce a demanda por alimentos, seja na produção ou consumo direto, melhorar a eficiência passa a ser primordial. Assim, a tecnologia ganha espaço como forma de melhorar o rendimento dos sistemas de irrigação, para gerenciar melhor os recursos reduzindo custos.

É evidente que um sistema de irrigação deve oferecer umidade necessária para o desenvolvimento das plantas em conjunto com o solo, clima e outros investimentos. Mas a irrigação de precisão oferece ao produtor a possibilidade de aliar tecnologia à economia e eficiência, principalmente quando o sistema é pensado em conjunto com os demais fatores.

O que é a irrigação de precisão?

De maneira simples, a irrigação de precisão, ou inteligente, nada mais é que a gestão consciente da água, com foco em seu uso sustentável na cultura. Dentro do manejo da plantação, isso se traduz na irrigação no momento ideal para a cultura, na quantidade ideal, atingindo o local certo da maneira mais adequada para o tipo de cultivo. Tudo isso, é claro, considerando os fatores de solo, clima, região e as mudanças que normalmente acontecem ao longo do ano.

Além disso, a irrigação de precisão usa da tecnologia para gerir um sistema que engloba as variações da água na área irrigada. Ou seja, leva em conta as diferenças espaciais dentro da mesma área irrigada e aplica isso à lâmina de água, de modo que esta, se adeque a cada ponto.

Um ponto importante a ser destacado é que para aplicar a irrigação de precisão, é necessário a automatização do sistema para que seu manejo possa reconhecer as nuances necessárias de forma correta e, como o nome sugere, precisa. Assim, além das estruturas tradicionais para a agricultura irrigada, torna-se necessário o investimento em softwares e sensores. Contudo, algumas análises mostram que a redução de custos ao longo do manejo do sistema e o aumento da eficiência produtiva, fazem com que o retorno sobre o valor investido seja positivo.

### 1.1 OBJETIVOS

O projeto tem por objetivo implementar um sistema de irrigação automatizado com a plataforma Arduino, visando o monitoramento de umidade do solo através

de sensores. Tendo também o intuito de promover a **irrigação de precisão**, utilizando dispositivos de baixo custo, que podem acionar como já referido anteriormente, comandos elétricos de bombas d'água e também válvulas do tipo solenóide, tanto para irrigação por aspersão ou por gotejamento.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Com a irrigação automatizada pelo microcontrolador Arduino, será possível programar os horários, a quantidade de água, a frequência e a duração das regas. Através desse sistema pode-se ter mais controle sobre o resultado final do cultivo, visto que a irrigação automatizada minimiza os riscos de percas no plantio, por falta ou excesso de água.

A irrigação automatizada permite suprir a necessidade hídrica das culturas com a máxima precisão, reduzindo os desperdícios e o impacto ambiental na atividade. Ganha o produtor, que reduz seus custos com água e preserva as reservas na propriedade, e ganha o planeta.

Com a instalação de sistemas de irrigação automatizados o produtor rural ganha em capacidade de se adaptar às diferentes condições de clima para continuar produzindo mesmo quando o clima for desfavorável. Além disso esse sistema pode ser utilizado também em jardins de dimensões variadas.

## 1.3 MOTIVAÇÃO

Durante 2014, o Brasil foi afetado por uma seca histórica que afetou não somente a produção agrícola, mas também o abastecimento de águas das cidades. Muito ouviu-se falar em “volume morto” das represas, obras emergenciais e prefeituras aplicando multas em consumidores que desperdiçavam água. O uso consciente dos recursos hídricos é muito relevante para o desenvolvimento e crescimento da população e para a manutenção do meio ambiente. Porém, o maior vilão e responsável pela escassez de água não é o consumo urbano, e sim a irrigação. De acordo com a ANA (Agência Nacional de Águas), a irrigação é responsável por aproximadamente 72% do consumo de água no Brasil. A automatização tornou-se um processo fundamental nas atividades de irrigação, no intuito de diminuir o impacto no consumo desse recurso vital as gerações.



## 1.4 COMPOSIÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está composto nas seguintes partes:

- **Capítulo 1** – Introdução: apresenta uma síntese sobre o assunto a ser estudado, os propósitos e os argumentos do trabalho.
- **Capítulo 2** – Arduino: descreve sua história, mostra exemplos de hardwares e a área de desenvolvimento, permite ao leitor ter informações sobre esse dispositivo, como o funcionamento, e onde é possível aplicar essa tecnologia.
- **Capítulo 3** – Sistemas de Irrigação: faz uma descrição sobre os processos de irrigação e demonstra exemplos dos mais diversos tipos de sistemas.
- **Capítulo 4** – Sensores: apresenta os tipos de sensores, descreve as características estruturais e os modelos práticos de aplicação
- **Capítulo 5** – Desenvolvimento: coloca em realização todo o conteúdo pesquisado, descreve os elementos e as tecnologias usadas na construção do protótipo, e mostra gradualmente como tudo foi elaborado.
- **Capítulo 6** – Conclusão: relato final do autor após o término do estudo e a fabricação do protótipo.

## 2. INTRODUÇÃO AO ARDUINO

Arduino é uma **plataforma de prototipagem eletrônica** muito versátil e amplamente utilizada por estudantes, hobbistas e profissionais das mais diversas áreas. O objetivo principal do Arduino é tornar o acesso à prototipagem eletrônica mais fácil, mais barata e flexível. As versões mais simples da placa utilizam um microcontrolador da família Atmel AVR e uma linguagem de programação baseada em C/C++. Com ele é possível criar projetos variados em eletrônica, desde os mais simples até aplicações intermediárias como **Internet das Coisas (IoT)**, **Robôs**, **Sistemas de Automação** Residencial ou Industrial, **Alarmes** e outros.

As funcionalidades do Arduino também podem ser facilmente ampliadas, ou seja, você não precisa trocar a placa principal caso queira expandir os recursos do seu projeto. Basta acrescentar **sensores**, **módulos** e **shields** para incorporar novas funções. Além disso, depois de programado, o Arduino pode ser utilizado sem a necessidade de um computador, já que o programa instalado na placa permanece em loop, repetindo sem parar, sendo necessário apenas uma fonte de alimentação para que a placa funcione.

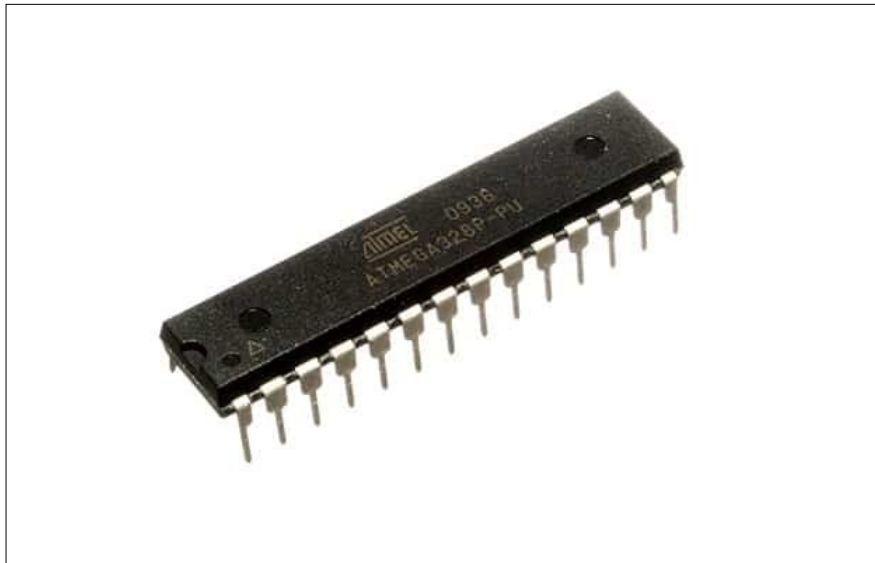
O Arduino foi desenvolvido com base no conceito **open-source**, em tradução literal “código aberto”, que significa que o projeto da placa e o firmware podem ser utilizados livremente por outros desenvolvedores e fabricantes. Essa forma de inserção na eletrônica e programação inovou o movimento maker, também conhecido por sua característica “faça você mesmo”. A tecnologia e os softwares livres têm promovido uma quarta revolução industrial, que reflete na comunidade maker e no modelo de criação e desenvolvimento de projetos: por ela pode-se idealizar, compartilhar e recriar outras ideias.

### 2.1 O MICROCONTROLADOR DO ARDUINO

Os comandos recebidos pelos programas inseridos no Arduino, são feitos por um microcontrolador, que é o cérebro da placa, responsável por executar os programas e avaliar a qualidade das portas de entrada e saída, nomeadas de E/S ou I/O (Input/Output), são por esses canais que a placa se comunica com o mundo externo, enviando e recebendo informações de sensores, displays e módulos.

Dependendo da placa Arduino, você pode ter um microcontrolador como o **ATmega328** (Arduino Uno), o **ATmega2560** (Arduino Mega) e o **ATmega32U4** (Arduino Leonardo e Arduino Micro). Ambos possuem uma frequência de trabalho chamada “clock”. No caso do Arduino Uno, por exemplo, o clock é de 16MHz. Então, quanto mais rápido o clock, também é maior o processo de leitura e execução das funções.

**Figura 1** - Microcontrolador ATmega328 da placa Arduino UNO



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

Dependendo da placa Arduino, você pode ter um microcontrolador como o ATmega328 (Arduino Uno), o ATmega2560 (Arduino Mega) e o ATmega32U4 (Arduino Leonardo e Arduino Micro). Ambos possuem uma frequência de trabalho chamada “clock”. No caso do Arduino Uno, por exemplo, o clock é de 16MHz. Então, quanto mais rápido o clock, também é maior o processo de leitura e execução das funções.

### 2.1.1 ORIGEM DO ARDUINO

O Arduino foi criado em 2005 por um grupo de 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. O objetivo era elaborar um dispositivo que fosse ao mesmo tempo barato e fácil de programar, sendo dessa forma acessível aos estudantes e projetistas amadores.

A história de criação do da ideia tem como contexto inicial as instalações do Instituto de Design de Interação de Ivrea, quando em 2002, Massimo Banzi, integrante do quadro docente, propõe-se a elaborar um produto, na qual seus alunos de design de interação, criassem dispositivos eletrônicos reagente aos estímulos.

A primeira placa foi composta por um microcontrolador Atmel e programada via Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), com linguagem baseada em C/C++. Já os circuitos de entrada e saída, poderiam ser conectados no computador por cabo USB.

Serial Arduino – a primeira placa

Na estruturação do Arduino, o conceito de hardware livre (open hardware) foi adotado, e isso significa que qualquer pessoa pode montar, modificar, melhorar e personalizar, partindo do mesmo projeto básico de hardware. A única restrição é quanto a replicação da marca em novos projetos, o que caracterizaria plágio.

### 2.1.2 TIPOS DE PLACA ARDUINO

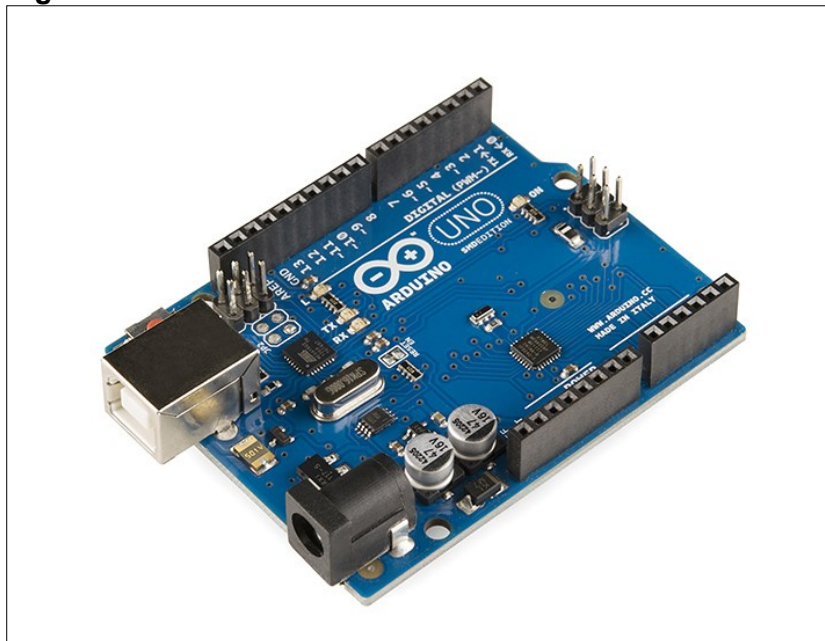
O processo de desenvolvimento das tecnologias do Arduino, desde sua primeira versão, produziu um conjunto de placas que podem ser classificadas em função dos recursos e poder de processamento ou controle:

### 2.1.3 PLACAS BÁSICAS

São placas mais simples e com menos recursos, ideais para os makers iniciantes ou utilização em projetos de baixa complexidade.

**Arduino Uno:** É a placa mais recomendada para quem está começando na plataforma. Ela possui excelente custo-benefício, quantidade de porta (entrada/saída) suficiente para a criação de protótipos com vários sensores e módulos conectados. O microcontrolador da placa Uno é o ATmega328P, com clock de 16MHz, 14 pinos de I/O, sendo 6 analógicos e 6 com função PWM (Pulse Width Modulation). A placa Uno tem 32KB de memória flash, onde são armazenados os programas. A conexão com o computador usa um cabo USB A/B, o mesmo utilizado em impressoras USB, podendo ser alimentado com uma fonte externa chaveada de 7 a 12 VDC.

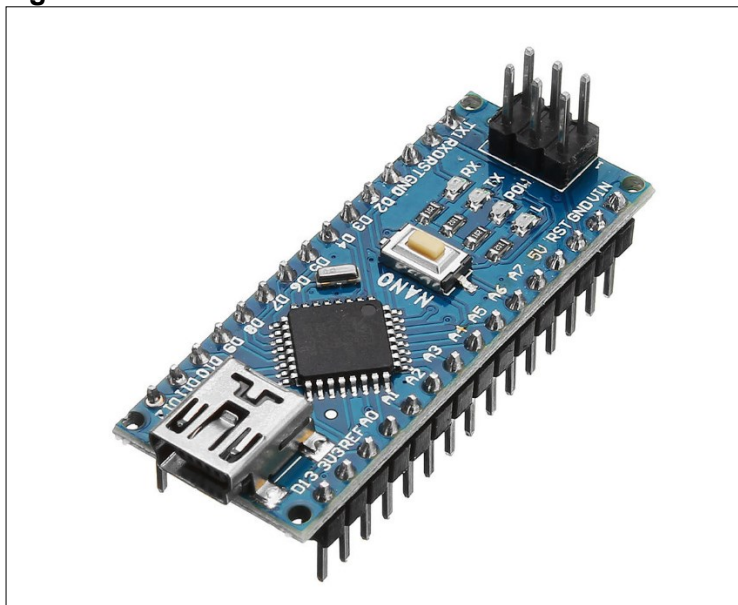
**Figura 2 – Arduino Uno**



Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino\\_Uno\\_-\\_R3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_Uno_-_R3.jpg)

**Arduino Nano:** A placa **Nano** trata-se da **versão reduzida da Uno**, indicada para projetos compactos, como robóticos e estações meteorológicas. Diferente da placa anterior, a Nano possui uma porta mini USB para conexão, mas sem acesso para fonte externa. No entanto, também possui controlador ATmega328, 16MHz, 22 portas de entrada e saída, sendo 8 analógicas e 6 com função PWM. A quantidade de memória flash também é a mesma da Uno, 32KB.

**Figura 3 – Arduino Nano**



Fonte: <https://www.centroelectronico.pt/pt/funduino-nano-3-0-atmega328-compativel-arduino/p-11460>

**Arduino Leonardo:** Primeira placa da linha Arduino que possui funções USB incorporadas ao microcontrolador ATmega32u4. Com isso, além de eliminar a necessidade de outros circuitos para comunicação com o computador, permite sua detecção pelo sistema como um dispositivo USB comum, da mesma forma que acontece com um mouse ou teclado, por exemplo. A memória flash da **placa Leonardo** possui 32KB, com 20 pinos I/O, sendo 7 com função PWM e 12 analógicas.

**Figura 4 – Arduino Leonardo**



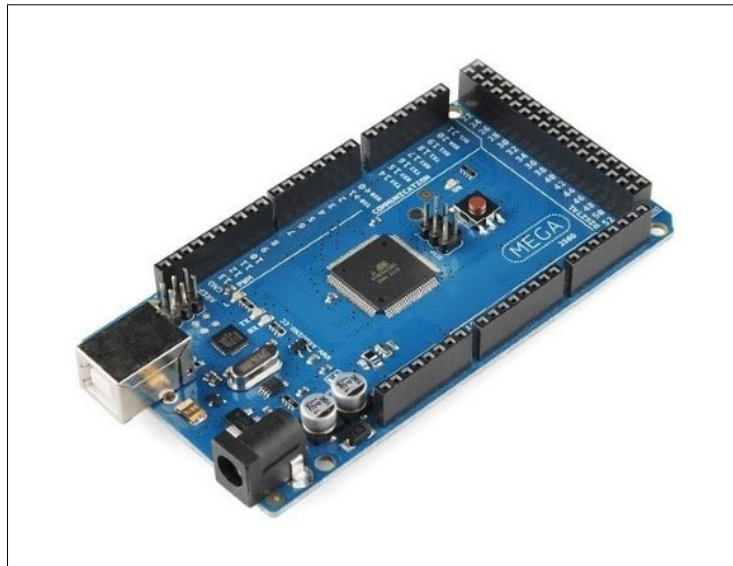
Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

## 2.1.4 PLACAS COM RECURSOS AVANÇADOS

As placas mais avançadas se destacam pela rapidez e quantidade de recursos, dependendo do modelo.

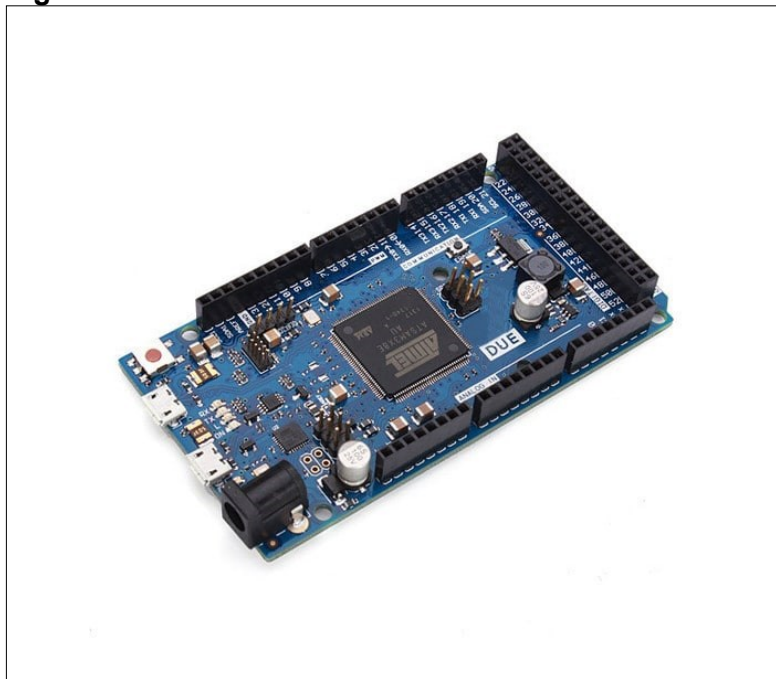
**Arduino Mega 2560:** Pelos aspectos semelhantes, acabou sendo conhecido como “irmã maior” da Arduino Uno, porém com uma quantidade maior de portas, sendo 54 digitais, dessas 15 podem ser PWM, e 16 analógicas. Apesar de possuir um processador com o mesmo clock da versão mais simples, 16MHz, em conjunto com a memória flash de 256KB entrega um maior processamento, sendo ideal para programas mais pesados. Uma das grandes vantagens do Arduino Mega é utilizar a mesma disposição dos pinos da Uno, ou seja, os shields projetados para o Arduino Uno vão funcionar com no Mega.

**Figura 5 –** Arduino Mega 2560



**Fonte:** <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

**Arduino Due:** Primeira placa da linha a ser equipada com um microcontrolador ARM de 32 bits, com Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 rodando em 84MHz. Em termos de portas, ela não é muito diferente da Mega, sendo 54 pinos de I/O, dos quais 12 podem ser usados como saídas PWM, e 12 portas analógicas. Ela também possui mais memória flash, 512KB, além disso, a conexão da placa Due com o computador também é feita por um cabo micro USB.

**Figura 6 – Arduino Due**

Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

**Arduino Uno WiFi:** A novidade desta versão é a conectividade wireless. Diferentemente dos outros modelos, os circuitos de conexão wifi já estão embutidos na placa, reduzindo consideravelmente o caminho para a criação de projetos IoT. O Arduino Uno WiFi usa um processador ATmega4809, também compatível com os programas escritos para o ATmega328P. Nesta edição são 14 pinos de I/O, 5 deles com função PWM e 6 portas analógicas. A memória flash também é um pouco maior, 48KB.

**Figura 7 – Arduino Uno Wifi**

Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

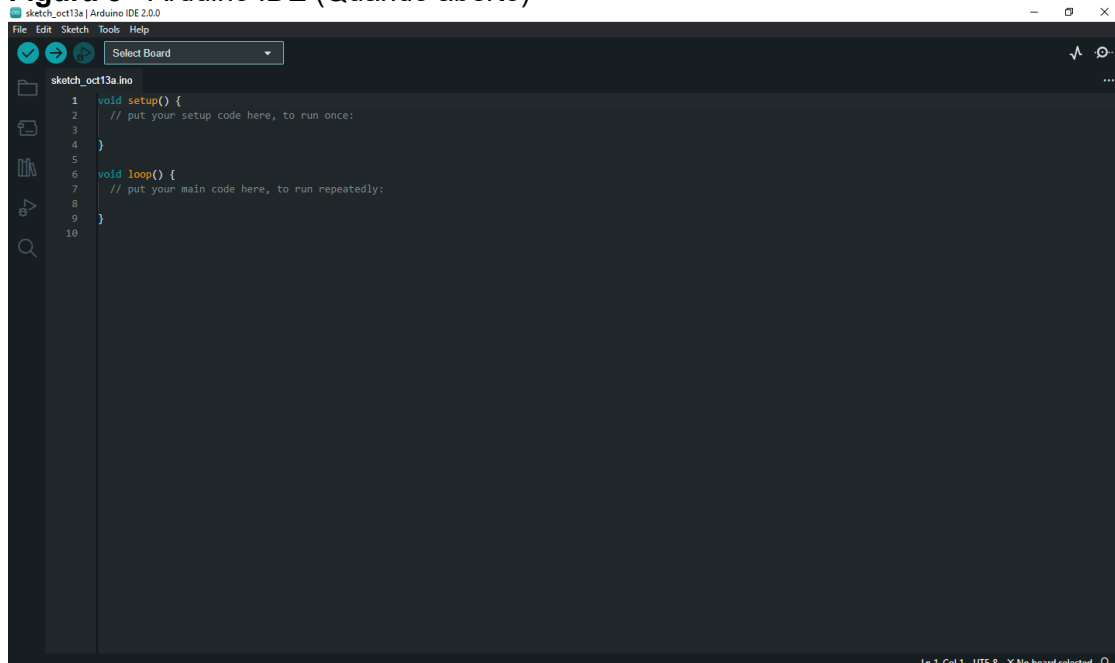


## 2.1.5 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

O Arduino utiliza uma linguagem de programação própria que foi desenvolvida baseada na linguagem Wiring, um framework de programação open source para microcontroladores que teve origem nas linguagens C/C++. O Arduino também utiliza uma IDE (Integrated development environment) para escrever, compilar e transmitir o código para as placas Arduino. No site oficial do Arduino pode ser feito o download da IDE gratuitamente.

Escrever um programa em Arduino é muito simples. Só é preciso conectá-lo ao computador por meio de um cabo USB e utilizar um ambiente de programação chamado IDE, onde é possível digitar, fazer os testes, transferir para o dispositivo e desta forma a placa já começa operar.

**Figura 8** - Arduino IDE (Quando aberto)



Fonte: próprio autor

## 2.1.6 APLICAÇÕES

A principal finalidade do Arduino num sistema é facilitar a prototipagem, implementação ou emulação do controle de sistemas interativos, a nível doméstico, comercial ou móvel, da mesma forma que o CLP controla sistemas de funcionamento industriais. Com ele é possível enviar ou receber informações de basicamente qualquer sistema eletrônico. Os campos de atuação para o controle de sistemas são imensos, podendo ter aplicações na área de impressão 3D, robótica, engenharia de transportes, engenharia agrônômica, musical ou até mesmo em ambiente escolar, para o desenvolvimento de experimentos otimizando assim a aprendizagem dos alunos tanto na área de física quanto de química.



### 3. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Visto que esse projeto tem por finalidade, utilizar o Arduino como microcontrolador para o acionamento elétrico de atuadores destinados a irrigação, faz-se necessário nesse trabalho explicar os conceitos e a importância de alguns sistemas de irrigação.

A irrigação é uma técnica milenar utilizada na agricultura, principalmente em áreas com baixa incidência de chuvas.

Ela pode aumentar bastante a produção agrícola, mas também é capaz de causar problemas ao meio ambiente. Apesar dos diferentes tipos de **sistemas de irrigação** é muito importante avaliar a eficiência dos mesmos.

Investir no sistema de irrigação correto pode ajudar a aumentar a produtividade, produzir mais safras ao ano e a diminuir as perdas nas lavouras, causadas pelo clima instável. Para isso, é preciso avaliar qual projeto pode ser melhor adaptado ao objetivo de se obter um melhor aproveitamento no cultivo.

A boa irrigação é feita quando ela não molha apenas a superfície, mas também a região que fica ao redor da planta, de modo que a água seja absorvida pelas raízes.

Assim, a planta inteira é hidratada e recebe todos os nutrientes adequados. Porém, para cada necessidade e forma de plantio, há um tipo de sistema de irrigação adequada. Vamos ver algumas delas;

#### 3.1 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE

Esse tipo de irrigação é muito utilizado na cultura de cereais, são canais de irrigação onde a água circula por gravidade com a parte central mais elevada para as plantas. A água desce pela parte superior de um canal mestre que abastece todos os outros.

Os sistemas de irrigação por superfície recebem, também, o nome de sistemas de irrigação por gravidade, uma vez que a água é aplicada diretamente sobre a superfície do solo e, pelo efeito da gravidade, se movimenta e nele se infiltra.

Esse tipo de sistema apresenta a maior porcentagem de área irrigada no mundo em relação aos sistemas pressurizados.

As principais vantagens dos sistemas de irrigação por superfície:

- Menor custo;
- Equipamentos simples;
- Baixo consumo de energia;
- Não sofre efeito de vento;

##### 3.1.1 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Este sistema aplica água localizada e controlada na planta, reduzindo, assim, a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor.

A irrigação localizada é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, ou seja, o sistema é constituído de tantas linhas laterais quantas forem necessárias para suprir toda a área, isto é, não há movimentação das linhas laterais.

Porém, somente determinado número de linhas laterais deve funcionar por vez, a fim de minimizar a capacidade e melhor controle.

A **irrigação por gotejamento** é um método de irrigação controlado e específico que tem como característica a economia de recursos hídricos.

Esse fator se deve principalmente pela proximidade da fonte de água com a raiz da planta, evitando o desperdício através da evaporação e aumentando o aproveitamento geral da água e nutrientes.

**Figura 9** – Irrigação por gotejamento



Fonte: Google imagens

Vantagens do sistema de irrigação por gotejamento:

- Controle rigoroso da quantidade de água fornecida às plantas;
- Os sistemas são usualmente semiautomatizados ou automatizados, necessitando uma menor mão-de-obra para o manejo do sistema.
- Reduz a incidência de **pragas e doenças** e o desenvolvimento de **ervas daninhas**
- Possibilita o cultivo em áreas com afloramentos rochosos e/ou com declividades acentuadas
- Excelente uniformidade de aplicação de água

### 3.1.2 SISTEMA DE MICROASPERSÃO

O sistema de micro aspersão é um método normalmente utilizado na irrigação em prol da alta rentabilidade e caracteriza-se pela aplicação de água e produtos nutrientes numa fração do volume do solo explorado pelas raízes das plantas. É um sistema de irrigação localizada que utiliza micro aspersores autocompensados ou regulares, além de filtros de disco ou tela. Pode ser totalmente modular e é indicado para pomares e várias espécies que nascem e crescem em estufa. É de fácil instalação, operação e manutenção, além de propiciar economia de água e de mão de obra.

**Figura 10** – Micro aspersor rotativo



Fonte: Google imagens

### 3.1.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

A **irrigação por aspersão** é uma técnica que simula uma chuva artificial onde um aspersor expete água para o ar, que por resistência aerodinâmica se transformam em pequenas gotículas de água que caem sobre o solo e plantas. O aspersor é o mecanismo responsável pela pulverização do jato de água. Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser classificados em dois grupos principais: sistemas convencionais e sistemas mecanizado.

### 3.1.4 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO CONVENCIONAL

O **sistema de aspersão convencional** é considerado o sistema básico de irrigação por aspersão. Utiliza tubos em toda a área com a troca de aspersores de forma manual.

Ou seja, após a primeira rega, o produtor deve entrar na área molhada, retirar o aspersor e colocá-lo na próxima área a ser irrigada.

A aspersão convencional é denominada sistema básico de irrigação, constituído por:

- Sistema de captação;
- Sistema de bombeamento;
- Tubulação de recalque ou linha principal;
- Ramal ou linha lateral;
- Aspersores.

Pode ser classificada como portátil ou fixa.

### 3.1.5 PIVÔ CENTRAL

O sistema consiste basicamente de uma tubulação (ou tubagem) metálica onde são instalados os aspersores. A tubulação que recebe a água de um dispositivo central sob pressão, chamado de ponto do pivô, se apoia em torres metálicas triangulares, montadas sobre rodas, geralmente com pneu. As torres movem-se continuamente acionadas por dispositivos elétricos ou hidráulicos, descrevendo movimentos concêntricos ao redor do ponto do pivô. O movimento da última torre inicia uma reação de avanço em cadeia de forma progressiva para o centro. Em geral, os pivôs são instalados para irrigar áreas de 50 a 130 ha, sendo o custo por área mais baixo à medida que o equipamento aumenta de tamanho. Para otimizar o uso do equipamento, é conveniente além da aplicação de água, aproveitar a estrutura hidráulica para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas.

**Tabela 1**

<b>EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO</b>		
<b>Método de irrigação</b>	<b>Sistema de irrigação</b>	<b>Eficiência (%)</b>
Superfície	Bacias em nível	60 - 80
	Sulcos	60 - 80
	Pulso ("Surge flow")	65 - 80
	Faixas	55 - 75
	Sulcos corrugados	40 - 55
Aspersão	"Linear move"	75 - 90
	Pivô central de baixa pressão	75 - 90
	Aspersão fixo	70 - 85
	Pivô central de alta pressão	65 - 80
	Aspersão portátil	60 - 75
	Alto propelido	60 - 70
Localizada	Gotejamento superficial	85 - 95
	Gotejamento enterrado	85 - 95
	Microaspersão	85 - 90

Fonte: Coelho; Silva (2013).

## 4. SENSORES

O **sensor** é um instrumento que responde a um impulso físico ou químico de maneira específica, produzindo um sinal que pode ser transformado em outra grandeza física para fins de medição e/ou monitoramento. Desta maneira, o sensor associado a um módulo de transformação do impulso em uma grandeza, pode ser definido como transdutor ou medidor, que converte um tipo de energia em outro, para fins de medição.

Os sensores são amplamente usados na medicina, indústria, agricultura e robótica como meio de fornecer informações de processos físicos/químicos/biológicos em substituição à capacidade humana (sentidos humanos) e em apoio ao monitoramento e ao controle desses processos.

É importante diferenciar um sensor de um transdutor, apesar de parecer a mesma coisa. Sensor é o dispositivo que vai receber o estímulo geralmente físico, químico ou biológico, e transdutor vai transformar este estímulo, relacionado a uma energia, em outro tipo de energia para fins de observação. Por exemplo, um termômetro tem como sensor o mercúrio, que se expande com o aumento da temperatura, sendo o tubo capilar que contém o mercúrio com uma escala ao lado sendo o transdutor. Assim, um sensor pode ter intrínseco a ele um transdutor, ou seja, ele se sensibiliza com uma grandeza física/química/biológica e reage com uma saída que pode ser em outra grandeza. Assim, o termômetro pode ser um sensor de temperatura, entre muitos outros. Mas um transdutor não necessariamente é um sensor, pois ele apenas converte um sinal em outro, uma energia em outra. A literatura está repleta de tentativas de definir os termos "sensor" e "transdutor", sendo alvo de trabalhos em várias instituições internacionais relacionadas a desenvolvimento de padrões.

### 4.1 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO

Trata-se do Sensor de Umidade do Solo Higrômetro, feito para detectar as variações de umidade no solo. Ele funciona da seguinte forma: quando o solo está seco, a saída do sensor fica em estado alto e quando úmido, a saída do sensor fica em estado baixo.

O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída digital D0. Contudo, para ter uma resolução melhor, é possível utilizar a saída analógica A0 e conectar a um conversor AD, como a presente no Arduino, por exemplo.

#### 4.1.1 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO – RESISTENTE À CORROSÃO

O Sensor de Umidade do Solo Arduino S12 tem a capacidade de detectar as variações de umidade no solo, podendo assim possibilitar o controle de irrigação



do solo de uma plantação, por exemplo. O sensor de umidade do solo é de uso prático e simplificado, mostrando nível alto na saída quando o solo estiver seco e nível baixo quando estiver úmido. Outro diferencial atrativo nesse sensor é o fato de ter sido produzido com materiais que apresentam maior resistência a corrosão, garantindo assim maior durabilidade se comparado a outros modelos. A sonda do Sensor conta com pontas de prova metálicas que são cobertas com uma pintura especial, sendo isoladas em sua maior parte, além de contar com cabo de 1 metro de comprimento. Para facilitar a conexão com o Arduino ou Raspberry, o sensor é acompanhado de um módulo que faz a leitura dos dados gerados pela sonda e encaminha por meio de interface digital ou analógica as informações ao microcontrolador.

**Figura 11** – Sensor de umidade do solo resistente a corrosão



Fonte: <https://curtocircuito.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-resistente-a-corrosao.html>

### Descrição:

- Modelo: S12;
- Tensão de operação: 3,3 a 12 VDC;
- Corrente: inferior a 20mA; inferior a 30mA (saída);
- Saída: Digital e analógica;
- Dimensões sonda: 60 x 19 x 9 mm (C x L x A);
- Dimensões módulo: 36 x 15 x 7 mm (C x L x A);
- Comprimento do cabo de sonda: 1m;
- Peso: 25g;
- Datasheet: [Sensor de Umidade do Solo - Resistente à Corrosão](#)

## 5. DESENVOLVIMENTO

Apesar de ser um recurso natural renovável, a água é limitada e a sua quantidade varia de região para região.

De acordo com a FAO e a ONU, a agricultura é o setor responsável por consumir a maior quantidade de água no mundo, utilizando uma média de 70% de toda a água consumida.

Outro dado importantíssimo é que a agricultura é também a que mais desperdiça água, pois perde quase metade de toda a água durante o processo de produção. Conforme as projeções da ANA, o consumo de água no Brasil, incluindo todos os segmentos, deve aumentar em 24% até 2030, esse aumento será impulsionado pelo setor agropecuário.

Estamos diante de uma crise de distribuição da água e temos que aprender a otimizar o seu uso.

A partir destas informações vamos desenvolver o protótipo de um dispositivo que tem como objetivo monitorar a umidade do solo através de um sensor e por seguinte enviar essas informações para um microcontrolador Arduino que será usado como um Controlador Lógico Programável.

Se conectado a um sistema de irrigação poderá comandar de maneira automática o comando elétrico de bombas d'água e válvulas solenoide trazendo assim praticidade e economia.

O sensor de humidade é composto por dois eletrodos que conduzem uma corrente elétrica pelo solo, eles serão conectados a um circuito integrado LM393 responsável pela comparação de tensão e envio de um sinal analógico de 0 a 1023 para uma porta analógica ADC do Arduino.

Segundo a 1ª lei de Ohm "A intensidade da corrente elétrica que percorre um condutor é diretamente proporcional à diferença de potencial e inversamente proporcional à resistência do circuito".

$$\text{Tensão} = \text{Resistência} \times \text{Corrente}$$

Então a leitura de umidade relativa do solo é feita pela comparação da resistência, pois a água diminui a resistência do solo conduzindo assim mais corrente entre os eletrodos levando a um indicativo de solo úmido, enquanto o solo seco leva a um aumento da resistência e tensão elétricos entre os eletrodos e o solo levando a o indicativo atual do estado (seco).

A programação utilizada no microcontrolador Atmel será a linguagem C++ compilado no IDE (Ambiente de desenvolvimento Integrado).

O protótipo irá conter um display como uma espécie de IHM (Interface Homem Máquina) com a função de acessar o microcontrolador, ler os dados coletados e

projetá-los de forma visual para que o operador do sistema possa tomar uma decisão com base na situação real do processo.

Um potenciômetro será incluído para o ajuste do nível de umidade desejado o (set point) com um range (faixa de medição) entre 25% de mínimo a 85% de máximo.

Se a umidade no solo for 10% menor que o set point, o Arduino, através de um módulo relé acionará uma eletroválvula, após dois segundos acionará outro módulo relé, este conectado a um comando elétrico da bomba irrigando assim a planta. Quando for maior que 10%, a eletroválvula desligará por seguinte a bomba.

Esses 10% inserido na programação é uma porcentagem considerando um possível erro de sensibilidade na leitura do sensor.

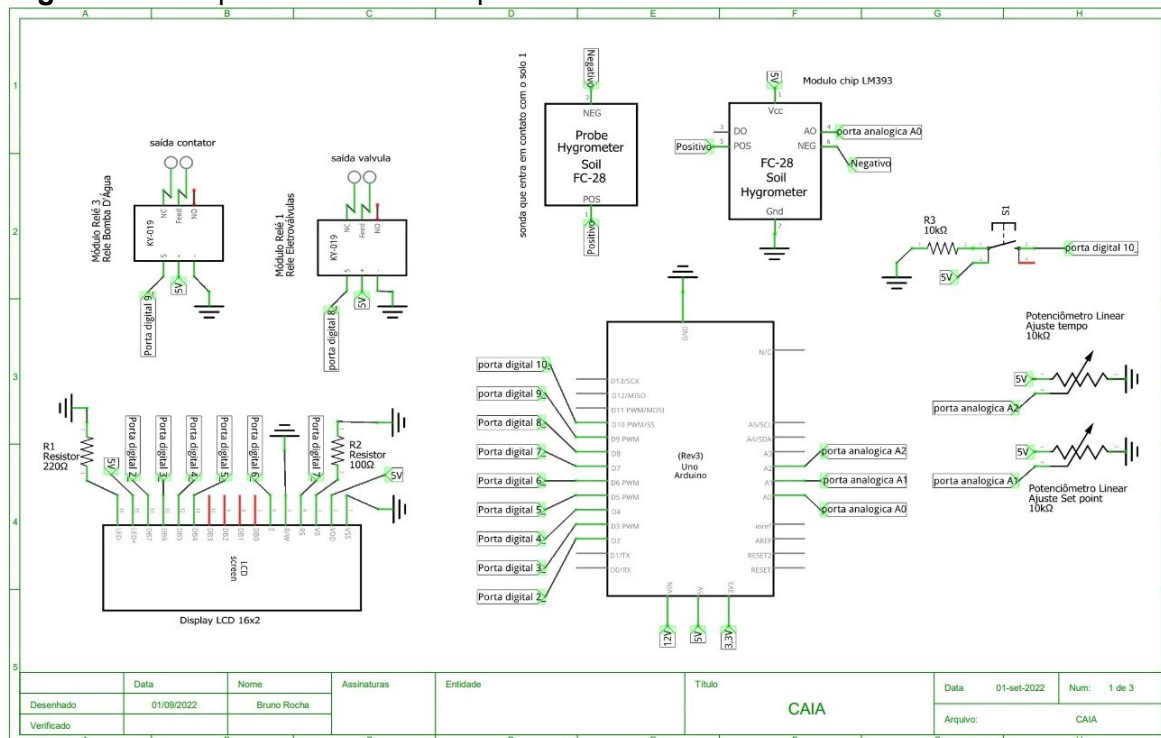
O outro potenciômetro será para configurar um intervalo de tempo mínimo entre as verificações de umidade no solo, esse tempo é necessário para a planta e poderá ser ajustado entre 0 e 48 horas.

Um botão será utilizado para acessar as informações de umidade relativa do solo, set point e tempo.

Segue a figura do diagrama esquemático do protótipo desenvolvida no Fritzing um software tipo CAD amador para design de hardware eletrônico.

O esquemático demonstra como foi feito as conexões do display, relé, sensor, botão e potenciômetro.

**Figura 12 – Esquemático do Protótipo**



Fonte: próprio autor



As portas analógicas A1 e A2 será conectado os potenciômetros para o ajuste do set point(A1) e tempo(A2). Já a A0 é para a entrada da informação do sensor.

Os relés para o acionamento, na porta digital 8, solenoide da válvula e porta digital 9, contador (K1) partida da bomba.

O display nas portas digitais 2,3,4,5,6 e 7, e o botão na 10.

## 5.1 CÓDIGO FONTE DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

A programação escrita em C++ se resume em conjunto de palavras ou símbolos escritos de forma ordenada, contendo instruções para o Arduino.

A programação para o protótipo, faz com que o Arduino verifique o nível de umidade do solo através da conexão com o sensor e compare com as informações programadas pelo usuário, utilizando os potenciômetros de setpoint e tempo.

Na hora, programa se o nível de umidade for 10% menor que o setpoint, o Arduino aciona o modulo relé e liga a válvula e a bomba. Caso for maior o Arduino fica aguardando até chegar.

Quando o nível de umidade subir para acima de 10% a válvula e bomba são desligadas e o tempo volta a zerar, começando assim uma nova contagem.

As informações guardadas na memória do microcontrolador como nível de umidade em porcentagem, setpoint em porcentagem e tempo serão exibidas no display em forma de menu acessadas por um botão.

Segue a programação na linguagem C++ com os comentários em cada instrução.

### CONTROLE AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO COM ARDUINO

Guia de conexão:

LCD RS: pino 7  
 LCD Enable: pino 6  
 LCD D4: pino 5  
 LCD D5: pino 4  
 LCD D6: pino 3  
 LCD D7: pino 2  
 LCD R/W: GND  
 LCD VSS: GND  
 LCD VCC: VCC (5V)

Potenciômetro de 10K (set point) terminal 1: GND  
 Potenciômetro de 10K (set point) terminal 2: Pino A1  
 Potenciômetro de 10K (set point) terminal 3: VCC (5V)

Potenciômetro de 10K (tempo) terminal 1: GND  
 Potenciômetro de 10K (tempo) terminal 2: Pino A  
 Potenciômetro de 10K (tempo) terminal 3: VCC (5V)

Sensor de umidade do solo terminal A0: Pino A0  
 Sensor de umidade do solo terminal VCC: VCC (5V)  
 Sensor de umidade do solo terminal GND: GND

Botao MENU pino digital : Pino 9  
 Módulo Relé (Válvula): Pino 8  
 Módulo Relé (Bomba): Pino 10

```
***** */
#include <LiquidCrystal.h> // inclui a biblioteca do Display
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2); // define os pinos de conexão entre o Arduino e o
Display LCD
```

```
#define VALVE 8 // DEFINE O PINO 8 DIGITAL COMO VALVULA
#define BOTAO 9 // DEFINE O PINO 9 DIGITAL COMO BOTAO
#define BOMBA 10 // DEFINE O PINO 10 DIGITAL COMO BOMBA
```

```
byte tela; // criação da variavel para o menu
byte estadoBotao; // variavel para estado botao
byte estadoAnteriorBotao; // variavel estado antes apertar botao
```

```
int segundos = 0; // variavel para tempo segundos
int minutos = 0; // variavel para tempo minutos
```

```
void setup() { // Configuração comando executado apenas uma vez na inicialização
```

```
  lcd.begin(16,2); //Inicializa módulo display 16x2
```

```
  //Configuração das Porta Digitais
```

```
  pinMode(BOTAO, INPUT); // define o pino como entrada 9 BOTAO
  digitalWrite(VALVE,LOW); // pino digital 9 desligado (valvula2 desligada)
  pinMode(VALVE,OUTPUT); // define o pino digital 8 como saída
  digitalWrite(BOMBA,LOW); // pino digital 10 desligado (BOMBA desligada)
  pinMode(BOMBA,OUTPUT); // define o pino digital 10 como saída
```

```
  //Configuração dos Porta Analógica
```

```
  pinMode(A0,INPUT); // sensor
  pinMode(A1,INPUT); // potenciometro
  pinMode(A2,INPUT); // potenciometro
```

```
  lcd.clear(); // limpa a tela display
  tela = 1; // mostra tela 1 no display
  estadoAnteriorBotao = digitalRead(BOTAO); //coloca na variavel estado botao
}
```

```
bool estado=LOW; //Indica se válvula está ligada ou desligada
byte cont_horas=50; //Contador de horas
byte cont_100ms=10; /*Contador auxiliar de 100ms para contar tempo
(ele vai em ordem decrescente inicia com 10 ao chegar no 0 passou 1 segundo */
```

```
void loop() { // programação, comando que ira se repetir enquanto o arduino
estiver ligado
```

```
float umidade,setpoint; // varivel para guardar valor umidade e setpoint
```

```
byte intervalo;// varival para intervalo de tempo
```

```
umidade = ((float)analogRead(A0)/8.76); // variavel umidade recebe o valor do
sensor e converte em %
```

```
setpoint = ((float)analogRead(A1)*6/102.3)+25; // variavel guarda o valor
potenciometro em %
```

```
intervalo = (float)analogRead(A2)/21.3;// variavel guarda o valor em numeros
inteiros
```

```
// === Ações do BOTAO === //
```

```
estadoBotao = digitalRead(BOTAO); // variavel recebe o valor do botão
```

```
if ((estadoBotao == LOW) && (estadoAnteriorBotao == HIGH)) { // se o estado
atual for apertado e o anterior for desapertado
```

```
if (tela < 4) { // se o valor na variavel tela for menor que 4
```

```
tela = tela + 1; // variavel tela recebe o valor atual mais 1
```

```
} else {
```

```
tela = 1; // se não valor variavel tela sera 1
```

```
}
```

```
}
```

```
estadoAnteriorBotao = estadoBotao; // estado anterior fica igual atual
```

```
// === Ações no display LCD === //
```

```
if (tela==1){//se a variável tela for igual a zero, faça...
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("UMIDADE RELATIVA");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print(umidade,1);lcd.print("% ");
```

```
delay(100);
```

```
}
```

```
else if (tela==2){
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("SET POINT: ");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print(setpoint,1);lcd.print("% ");
```

```
delay(100);
```

```
}
```

```
else if (tela==3){
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("TIMER:");
```

```
lcd.print(intervalo);lcd.print("h ");
```

```
lcd.setCursor(11,0);
```

```
lcd.print("C:");lcd.print(cont_horas);lcd.print("h"); //Mostra tempo decorrido
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print("Contador:");
```

```
lcd.setCursor(10,1);
```

```
if(minutos<10) lcd.print("0");
```

```
lcd.print(minutos);
```

```

lcd.print(":");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.setCursor(13,1);
if(segundos<10) lcd.print("0");
lcd.print(segundos);
delay(1000);
segundos++;
if(segundos==60){ segundos = 0;
minutos++;
if(minutos==60) minutos = 0;
}
}
else if (tela==4){
lcd.clear(); //apagar o que tem no display
}

//Checa condições para ligar válvula
// se umidade for menor 10% setpoint
if(umidade <= setpoint-10 && estado==LOW && cont_horas>=intervalo){
digitalWrite(VALVE,HIGH); // liga a válvula
delay(200); // espera
digitalWrite(BOMBA,HIGH);// liga a bomba
estado=HIGH;// estado da valvula fica ligado
}

//Checa condições para desligar válvula
// se umidade for maior 10% setpoint
if(umidade > setpoint+10 && estado==HIGH){
digitalWrite(BOMBA,LOW); // desliga a bomba
delay(200);// espera
digitalWrite(VALVE,LOW);// desliga valvula
estado=LOW;// estado desligado
cont_horas=0;// o tempo zera para a proxima verificação
segundos=0;
minutos=0;
}

//Controla tempo
if(estado==LOW){ //Só conta tempo se válvula estiver desligada
if(cont_100ms) //Contador de 100ms
--cont_100ms;
else{
cont_100ms=10; //Carrega contador de 100ms
if(cont_horas < intervalo){
cont_horas++; //Incrementa contador de tempo
}
}
}
}
}
}

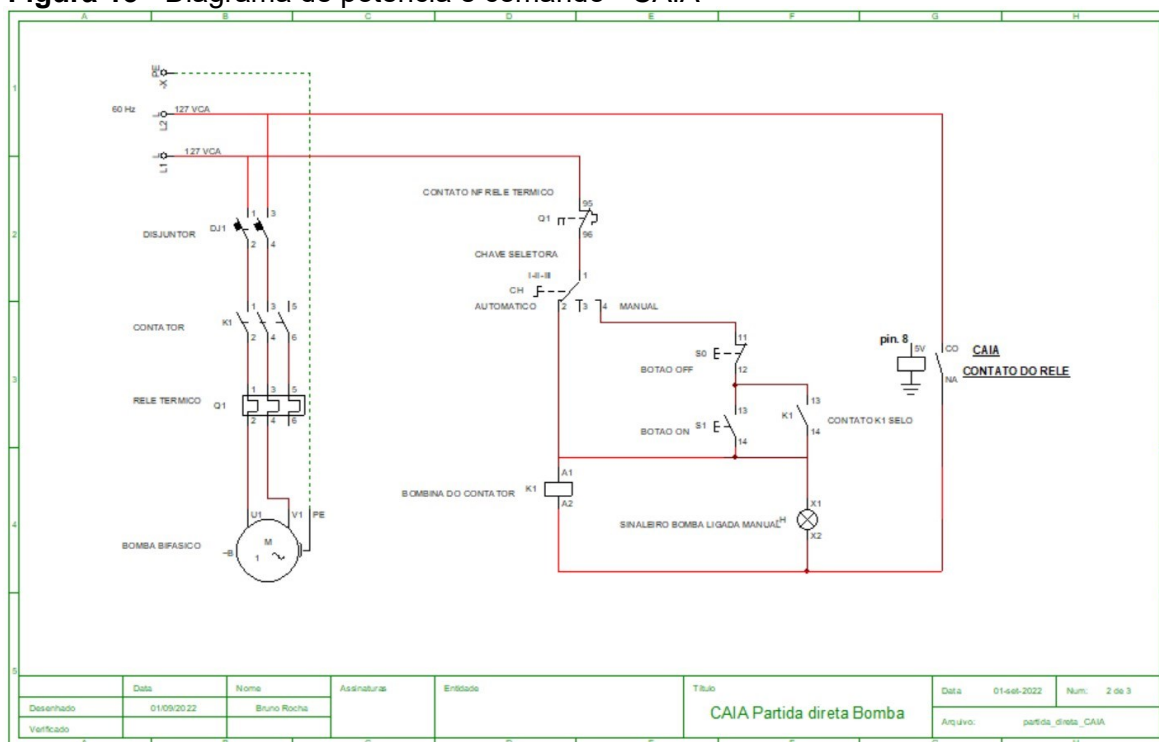
```

Dependendo da forma como o protótipo for empregado ele poderá acionar somente uma eletroválvula, ou um comando elétrico de bomba d'água e eletroválvula. Para acionar uma bomba em partida direta de modo automático, de acordo com a programação do protótipo, deve-se conectar o módulo relé do pino digital 9 na contadora.

Segue a figura demonstrando o diagrama de potência e comando onde é possível verificar o comando elétrico da bomba 220 volts em partida direta.

O acionamento da bomba pode ser feito de modo automático ou manual, isso vai depender do modo em que a chave seletora for ligada.

**Figura 13 - Diagrama de potência e comando - CAIA**



Fonte: próprio autor

Com a chave comutadora em manual acionado o botão de comando liga (S1), seu contato NA se fecha, energizando a bobina do contator K1. Uma vez energizada a bobina de K1, seus contatos são fechados tanto no circuito de força, quanto no circuito de comando.

A corrente elétrica que alimenta a bobina fluirá através do contato NA (13, 14) de K1, realiza a função de selo, nessas condições, o motor parte e permanece ligado até que seja acionado o botão desliga (S0). Ele é o responsável por interromper o percurso da corrente que fluía pelo contato de K1 fazendo com que o motor seja desligado.

Em caso de sobrecarga em qualquer uma das fases do motor, o relé térmico aciona no circuito de comando o seu contato NF (95, 96), fazendo-o abrir, desenergizando assim a bobina do contator K1 protegendo assim o motor.

A partida direta é uma boa solução para pequenas bombas e tarefas simples, mas para a utilização desta é necessário consultar a empresa distribuidora de energia elétrica local, é o que diz segundo a NBR 5410 2004 no trecho 6.5.1.2 Limitação das perturbações devidas à partida de motores a uma nota que diz:

NOTA: Para partida direta de motores com potência acima de 3,7 kW (5 CV), em instalações alimentadas diretamente pela rede de distribuição pública em baixa tensão, deve ser consultada a empresa distribuidora local.

Neste método de acionamento o motor é conectado diretamente a rede elétrica. Ou seja, ela se dá quando aplicamos a tensão nominal sobre os enrolamentos do estator do motor, de maneira direta.

Para implementação desse sistema de partida, é utilizado um contator como dispositivo de manobra, este contator devesse ter bobinas que são alimentadas com tensões com mesmo valor da rede de alimentação, um botão (S1) pulsador NA (normalmente aberto) para partida do motor e um outro botão pulsador NF (normalmente fechado) para desligar o motor (S0), uma Chave Seletora 3 Posições e dispositivos de proteção (fusíveis e relés de sobrecarga ou disjuntores).

Os contadores segue a norma técnica IEC 947-4 e são divididos por categoria que estabelece o emprego e a corrente máxima que o contator deve suportar.

Para a partida direta de uma bomba irrigação utiliza-se a categoria AC3 referente aos motores de gaiola, cuja interrupção é efetuada com o motor em regime. Quando seccionado, o contator deve suportar a corrente de partida do motor, que gira em torno de 5 a 7 vezes a corrente nominal. Na abertura, o contator acaba interrompendo a corrente nominal do motor sob uma tensão de aproximadamente 20% da tensão nominal da rede.

O dimensionamento do valor do contator se obtém através da fórmula:

Corrente do contator = 1,15 X Corrente nominal do motor

O valor 1,15 é uma constante de segurança que consta no manual dos fabricantes.

O disjuntor tem a função de alimentar o circuito de partida, levando a tensão de linha aos terminais do contator. Em um circuito de motores deve usar o disjuntor indicados para as cargas que possuem uma corrente média de partida, o indicado é o de curva C.

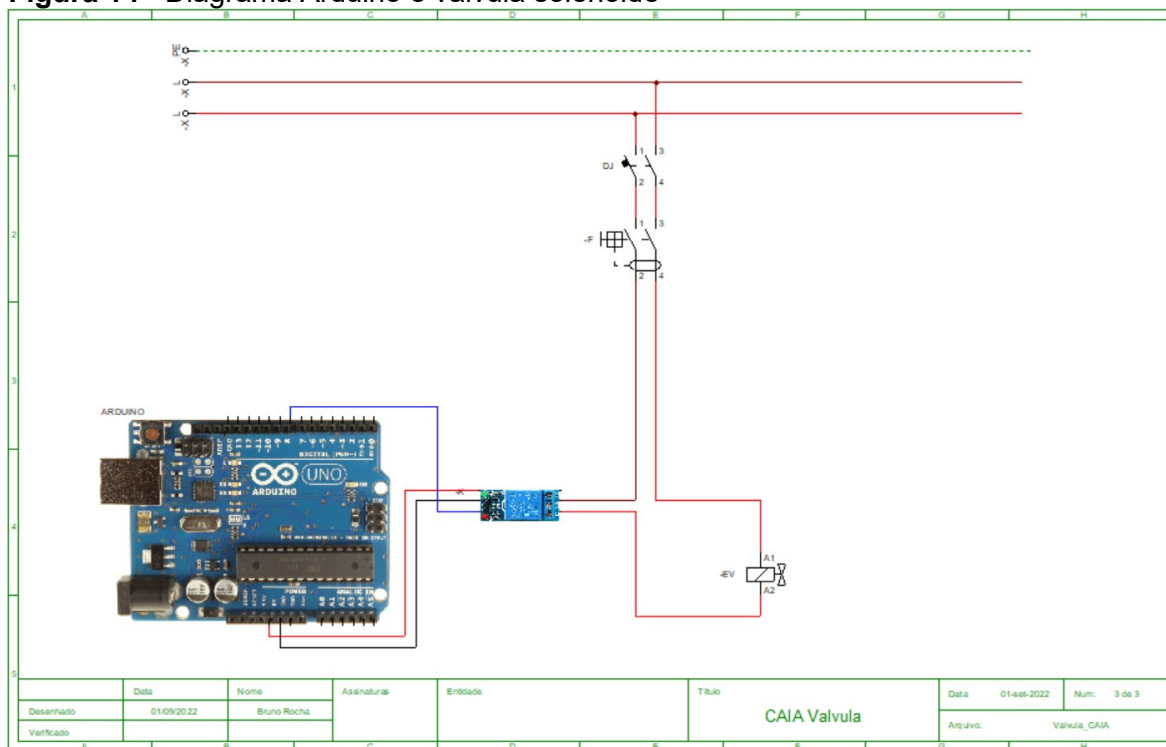
Através da fórmula: Corrente do disjuntor = 1,20 X Corrente nominal do motor, onde 1,20 é uma constante de segurança que consta no manual dos fabricantes, é possível dimensionar o disjuntor para o circuito.

Um componente de segurança que não pode faltar é o relé térmico, sua função de monitoramento da passagem de corrente absorvida pelo motor, evita que a corrente ultrapasse os limites nominais do motor evitando a queima dele.

Ele deve ser dimensionado de acordo com a corrente nominal do motor, este valor da deve-se estar dentro da faixa de ajuste.

A figura mostra o diagrama do protótipo acionando uma válvula solenoide 220 volts de maneira automática, de acordo com a programação.

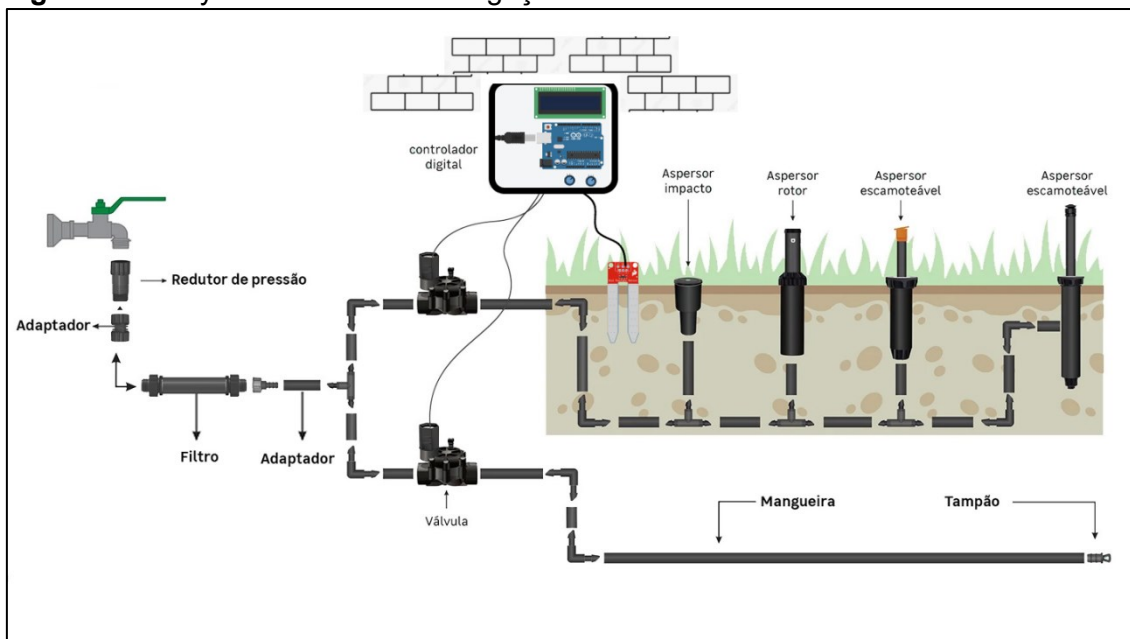
**Figura 14 - Diagrama Arduino e válvula solenoide**



**Fonte:** próprio autor

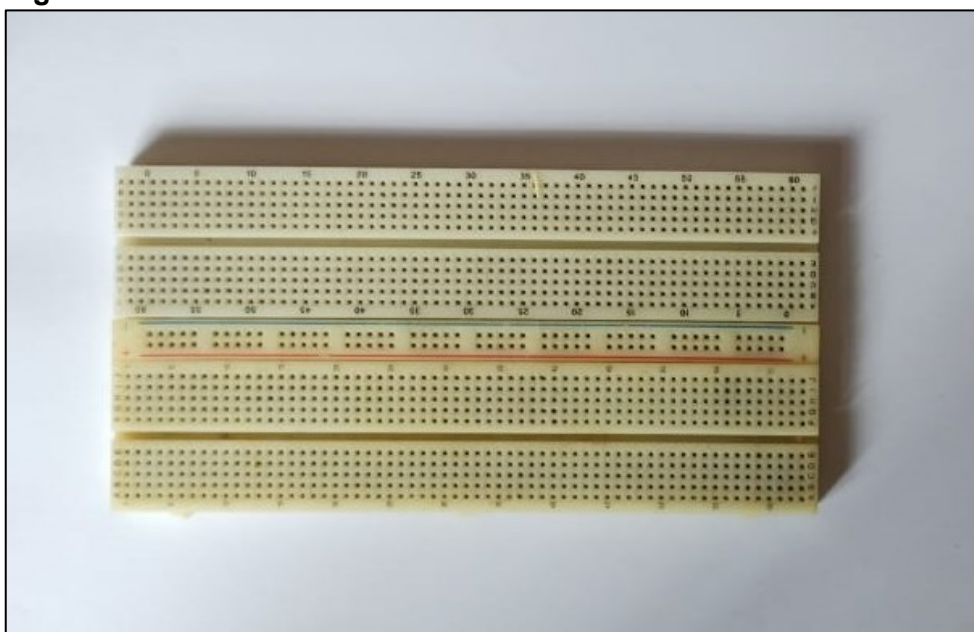
O dimensionamento da válvula vai depender do projeto hidráulico, onde consta os valores de pressão e diâmetro da tubulação. Em uma situação em que a pressão inicial é baixa deve utilizar uma válvula solenoide com a pressão de operação 0bar.

A eletroválvulas exerce a função de abertura e fechamento (ON/OFF) e atua através do comando elétrico vindo do pino digital 8 do Arduino na solenóide, que já vem incorporado na válvula através de um circuito de 2 vias.

**Figura 15** – Layout do sistema de irrigação

Fonte: próprio autor

### 5.1.1 ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES USADOS NO PROTÓTIPO

**Figura 16** - Protoboard

Fonte: próprio autor

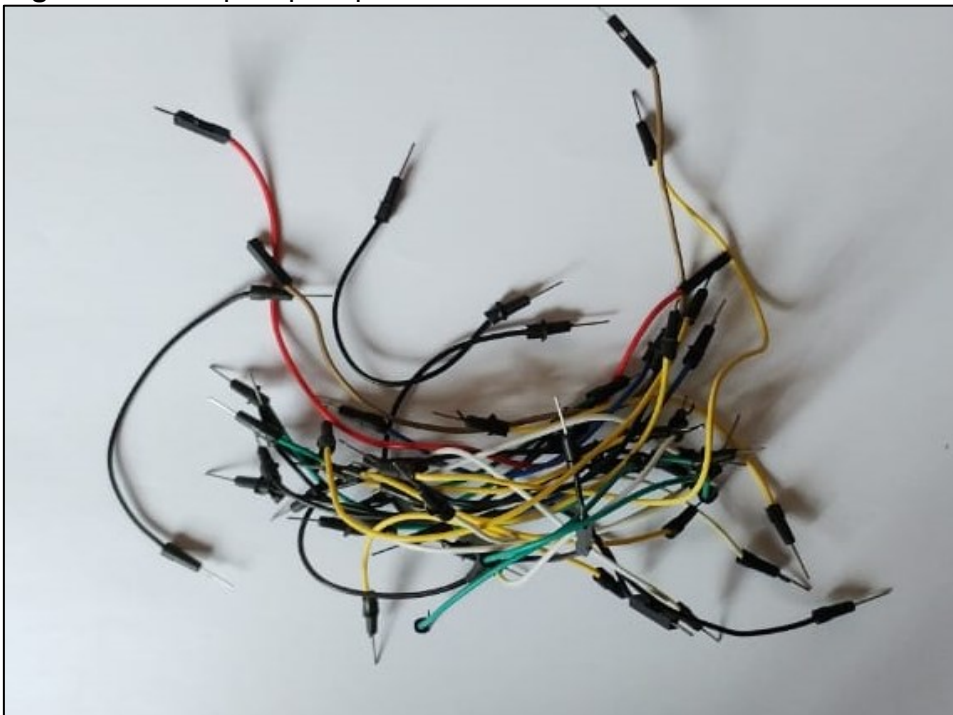
#### **Especificações:** Protoboard

- Protoboard Marca: Chipsce
- Quantidade de pontos: 1360
- Dimensões: 21,5cm X 13,1cm



A **protoboard** contém uma placa com a matriz de contatos que permitirá a construção do circuito no protótipo, sem que haja a necessidade de solda, permitindo com rapidez e segurança desde uma alteração de posição de um determinado componente até sua substituição.

**Figura 17** – Jumpers para protoboard



Fonte: próprio autor

**Especificações:** Jumpers para protoboard

- Kit Jumpers para Protoboard - Macho / Macho
- Marca: OEM
- Secção do cabo condutor: 24 AWG - 0,2mm<sup>2</sup>
- Material: Termoplásticos/Cobre/Estanho
- Cor: Diversas
- Tamanho: 250mm Largura x 60mm Profundidade x 30mm Altura

Esses **jumpers** são os fios elétricos com pontas devidamente preparadas para fazer as conexões elétricas na protoboard e entre os componentes do circuito, possibilitando a condução de eletricidade ao longo do mesmo.

**Figura 18 – Módulo Relé**

Fonte: próprio autor

**Especificações: Módulo Relé**

- Tensão de operação: 5V DC (VCC e GND)
- Tensão de sinal: TTL - 5V DC (IN)
- Corrente típica de operação: 15~20mA
- O relé possui contato Normalmente Aberto e Normalmente Fechado
- Capacidade do relé: 30 V DC e 10A ou 250V AC e 10<sup>a</sup>
- Tempo de resposta: 5~10ms
- Indicador LED de funcionamento
- Dimensões: 43mm (L) x 17mm (C) x 19mm (H)

O **módulo relé** será o dispositivo responsável pelo chaveamento no circuito elétrico dos atuadores, (válvulas solenóides, bombas d'água e contadores em comandos de bombas) do sistema de irrigação.

**Figura 18 – Potênciômetros**

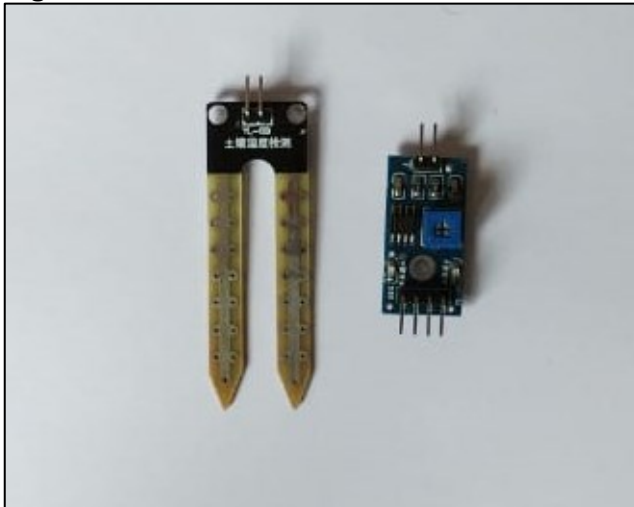
Fonte: próprio autor

### Especificações: Potenciômetros

- Tipo: Linear Rotativo
- Resistência: 200 K
- Potência máxima: 0,2 W
- Diâmetro de base: 16 mm
- Diâmetro de eixo: 5 mm

Os **potenciômetros** farão os ajustes de umidade do solo nos valores desejados.

**Figura 19** – Módulo sensor de umidade do solo



Fonte: próprio autor

### Especificações: Módulo sensor de umidade do solo

- Tensão de Operação: 3,3-5v
- Sensibilidade ajustável via potenciômetro
- Saída Digital e Analógica
- Fácil instalação
- Led indicador para tensão (vermelho)
- Led indicador para saída digital (verde)
- Comparador LM393
- Dimensões PCB: 3×1,5 cm
- Dimensões Sonda: 6×2 cm
- Comprimento Cabo: 21 cm

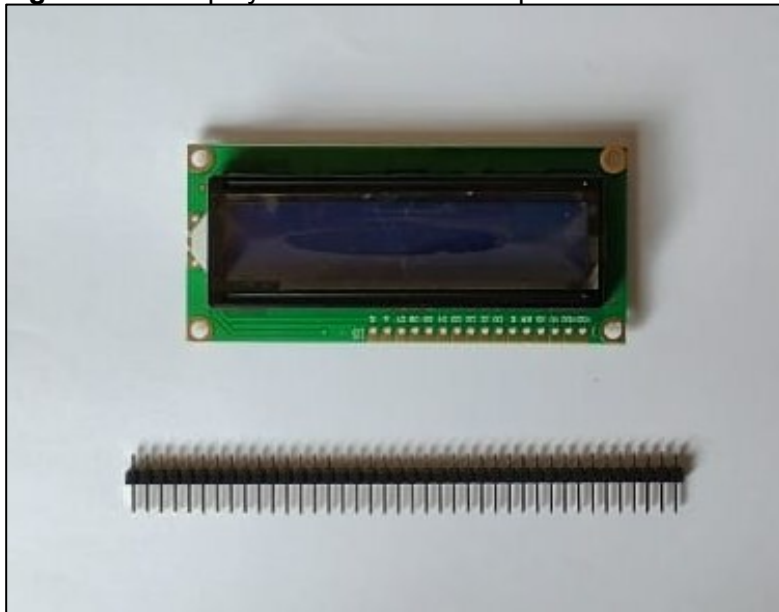
### Pinagem:

- VCC: 3,3-5v
- GND: GND
- D0: Saída Digital
- A0: Saída analógica

O **sensor de umidade do solo** fará a medição da resistividade na terra. Quanto mais úmida estiver a terra, menor será a resistividade. E se a terra estiver seca, a resistividade será maior. O dispositivo que deverá ser enterrado no solo,

consiste de duas superfícies metalizadas e isoladas uma da outra. A terra molhada sobre essas superfícies, permitirá a passagem de corrente. Essa corrente passando pela resistência do solo desenvolverá uma diferença de potencial (tensão), que será medida pelo conversor ADC do Arduino (portas analógicas).

**Figura 20** – Display LCD com barra de pinos



Fonte: próprio autor

**Especificações:** Display LCD com barra de pinos

- Display LCD 16×2 (2 Linhas e 16 Colunas)
- Backlight: Azul
- Controlador: HD44780
- Tensão de trabalho: 4.5V ~ 5.5V
- Corrente de trabalho: 1.0mA ~ 1.5mA
- Tensão do LED (backlight): 1.5V ~ 5.5V
- Corrente do LED (backlight): 75mA ~ 200mA
- Tamanho dos caracteres: 3mm x 5.02mm
- Interface: 16 pinos
- Dimensões: 80mm x 36mm x 12mm
- Área da tela: 64.5mm x 14mm

O **Display LCD** será utilizado para possibilitar a interação com o sistema por meio de elementos gráficos.

A partir da combinação entre esses dois mecanismos, será possível visualizar com precisão as informações processadas pelo sistema.

Isso porque os display LCD tornará mais fácil a criação de uma Interface Gráfica do Usuário (GUI), ou Interface Homem Máquina (IHM), no Arduino.

O **módulo LCD** foi incluído no dispositivo por sua **capacidade gráfica de comunicação**.

**Figura 21** – Push button 4 pinos e resistores



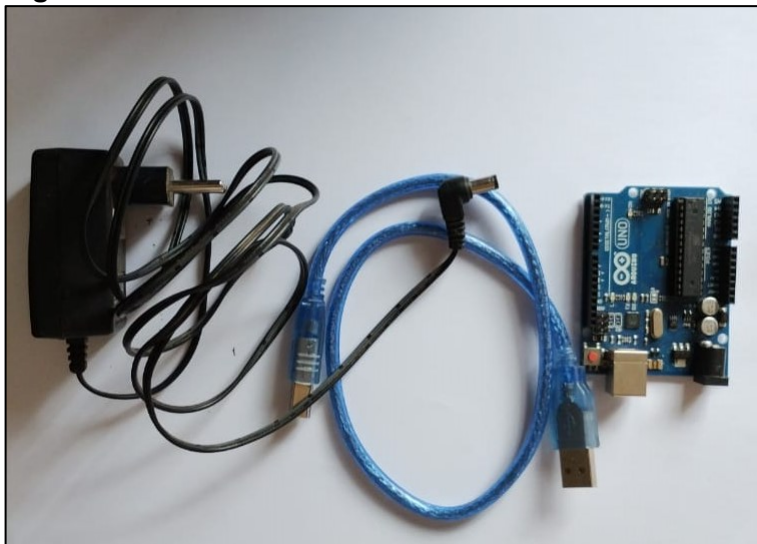
Fonte: próprio autor

**Especificações:** Push button 4 pinos e resistores

- Tensão máxima: 250V
- Corrente máxima: 50mA
- Dimensões: 6 x 6 x 4,3mm
- 2 Resistores: 2 K

O **push button** será utilizado para acessar as informações de umidade relativa do solo, set point e tempo.

**Figura 22** – Arduino Uno



Fonte: próprio autor

**Especificações:** Arduino Uno

- Micricontrolador: ATmega328

- Tensão de operação: 5V
- Tensão de Entrada: 7-12V
- Portas Digitais: 14 (6 podem ser usadas como PWM)
- Portas Analógicas: 6
- Corrente Pinos I/O: 40mA
- Corrente Pinos 3,3V: 50mA
- Memória Flash: 32KB (0,5KB usado no bootloader)
- SRAM: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Velocidade do Clock: 16MHz

Após receber os dados do sensor de umidade do solo, o microcontrolador do **Arduino Uno** executará as funções determinadas na programação. Neste caso se o nível de umidade for 10% menor que o set point, o Arduino acionará o módulo relé e ligará a válvula. Caso for maior, o Arduino ficará aguardando até abaixar a este valor.

Quando o nível de umidade subir para acima de 10%, a válvula será desligada e o tempo voltará a zerar, começando assim uma nova contagem.

**Figura 23** – Ferro de solda

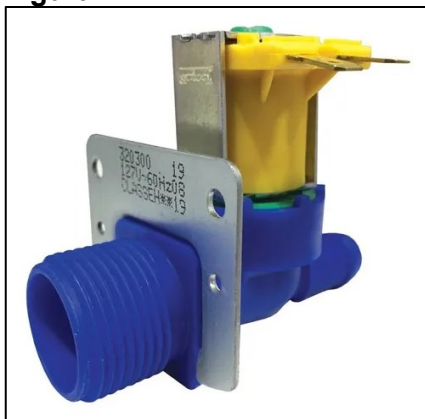


Fonte: próprio autor

**Especificações:** Ferro de solda

- Potencia 40W
- Tensão 110V
- Frequência 60Hz
- Comprimento do cabo elétrico 1m

Um ferro de solda será utilizado para soldagem de alguns componentes.

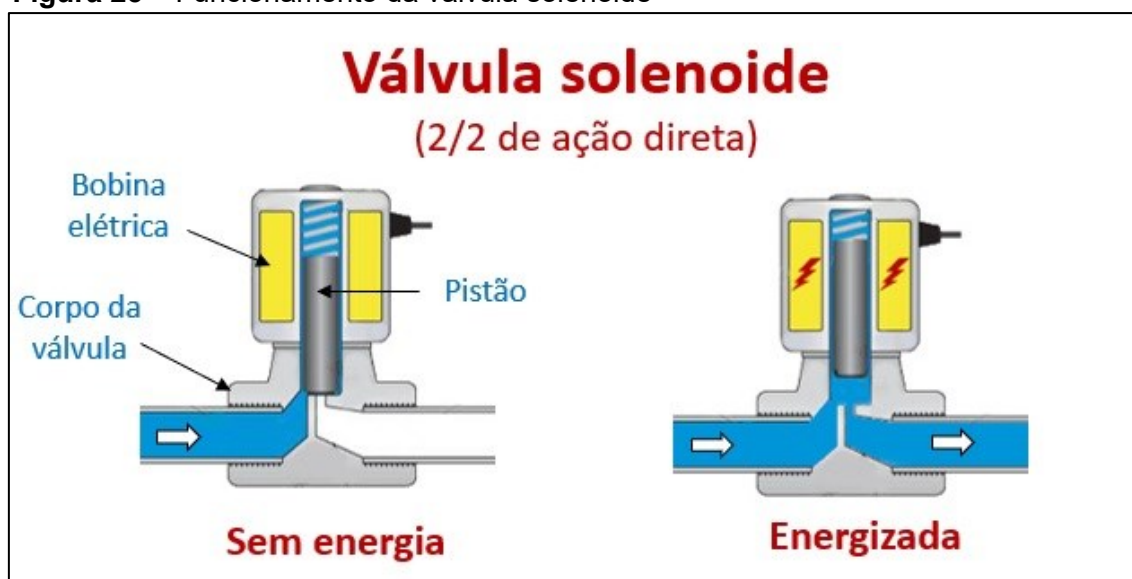
**Figura 24** – Válvula solenóide

Fonte: próprio autor

### Especificações: Válvula solenóide

- Material: Polipropileno
- Modelo: Solenóide
- Tipo de válvula: NF
- Tensão: 127V;
- Corrente Nominal: 74mA;
- Pressão de operação: 0,2 à 8 kgf/cm<sup>2</sup>;
- Vazão mínima= 7 l/min (à 0,2kgf/cm<sup>2</sup>);
- Vazão máxima= 40 l/min (à 8 kgf/cm<sup>2</sup>);
- Temperatura máxima do líquido: 60°C;

A válvula solenóide será responsável pela abertura e fechamento da passagem de água na tubulação do sistema de irrigação.

**Figura 25** – Funcionamento da válvula solenóide

Fonte: <https://www.mtibrasil.com.br/artigos/valvula-solenóide.php>



**Figura 26** – Mini Aspersor Tigre PINGO

Fonte: <https://www.tigre.com.br/produto/mini-aspersores-de-impacto-tigre-pingo>

**Especificações:** Mini Aspersor Tigre PINGO

- Faixa de vazão: 0,51 a 1,27m<sup>3</sup>/h
- Diâmetros de irrigação: 19 a 23 m
- Modelos disponíveis: 360° e Setorial
- Molas em aço inox.
- Termoplástico aditivado contra radiação UV
- Conector roscável ½" macho ISO 7
- Aspersor 360° com ângulo de aspersão de 25° e 20°
- Aspersor Setorial com ângulo de aspersão de 25°

**Tabela 2**

<b>Média de preços dos componentes</b>		
<b>Descrição:</b>	<b>Qtde</b>	<b>Preço</b>
Protoboard	1	R\$ 78,00
Jampers	40	R\$ 12,90
Módulo relé - 5V / 10A	1	R\$ 8,95
Potenciômetros - Linear rotativo 10K	2	R\$ 3,20
Módulo sensor de umidade do solo	1	R\$ 9,50
Display LCD	1	R\$ 27,00
Push botton - 4 pinos	1	R\$ 0,25
Resistor - 2K	2	R\$ 0,10
Arduino UNO	1	R\$ 110,00
Válvula solenóide	1	R\$ 60,00
Mini Aspersor Tigre PINGO	2	R\$ 40,00
<b>Total</b>		<b>R\$ 349,90</b>

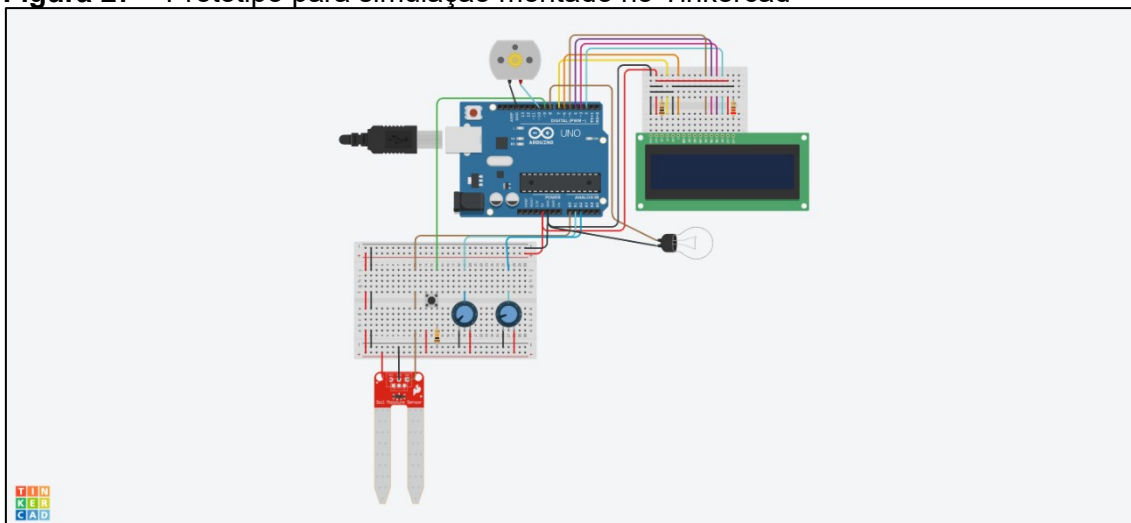
Fonte: Internet



Como já salientado anteriormente, este sistema tem a flexibilidade de acionar diretamente: eletroválvulas, bombas d'água de baixa potência e também comandos elétricos para o acionamento de bombas que trabalham com potências maiores.

Nesse protótipo, optou-se pelo acionamento da eletroválvula com o intuito de reduzir os custos, visto que será apenas para fins de apresentação do trabalho.

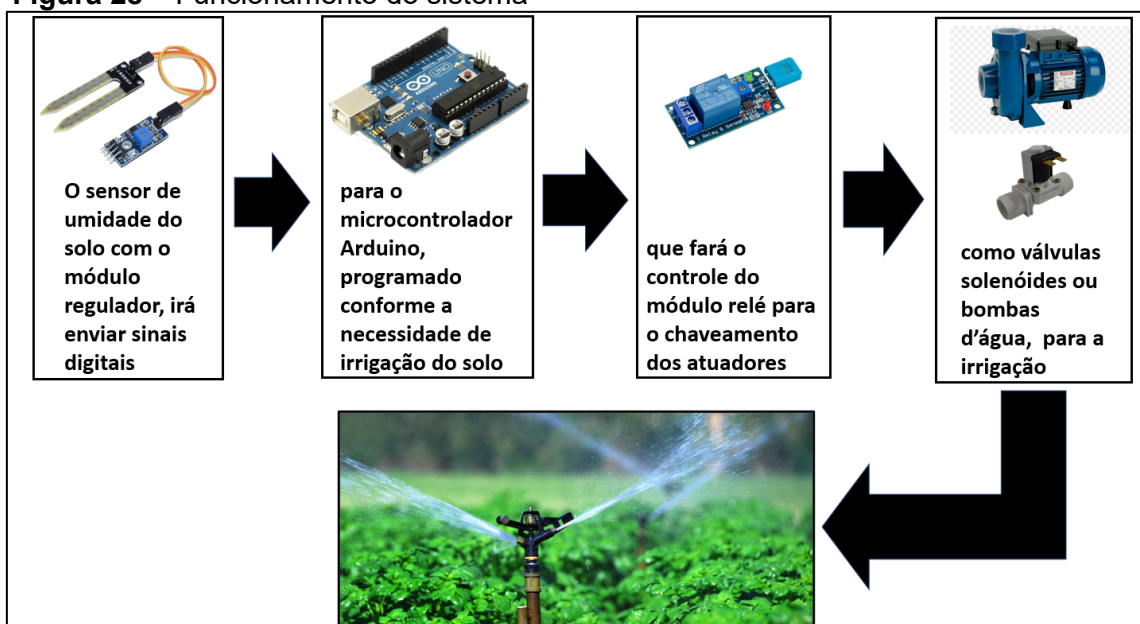
**Figura 27** – Protótipo para simulação montado no Tinkercad



Fonte: [https://www.tinkercad.com/things/2K8Uck7YmA2?sharecode=lvftnXROyLQ\\_99a3IXn0fcM19caRROJuPDP8QLcOiZE](https://www.tinkercad.com/things/2K8Uck7YmA2?sharecode=lvftnXROyLQ_99a3IXn0fcM19caRROJuPDP8QLcOiZE)

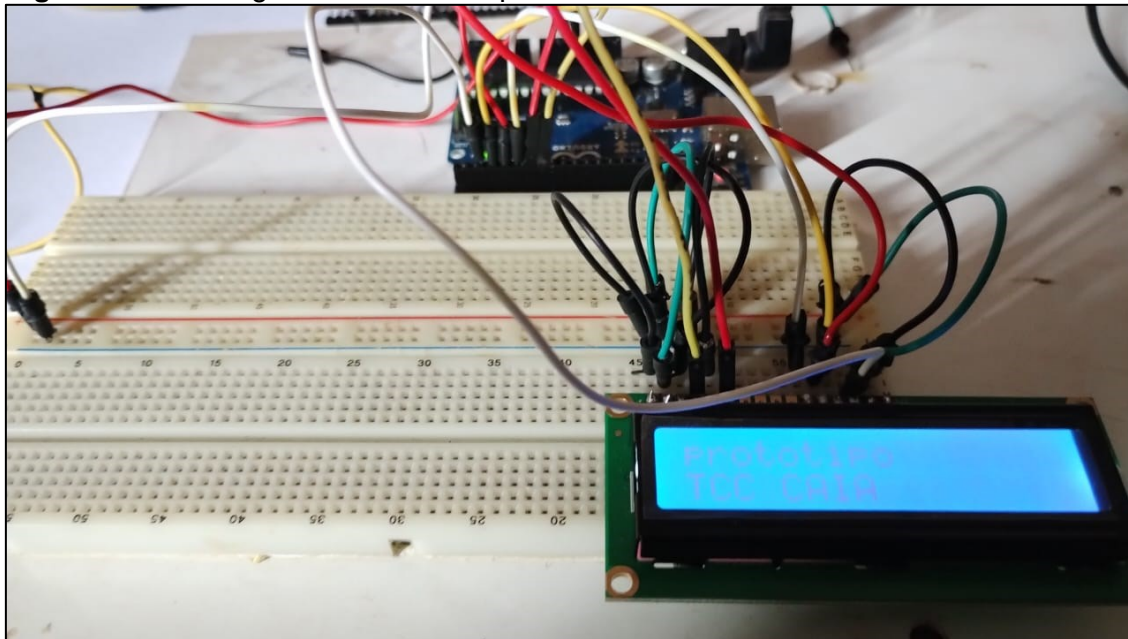
Na figura abaixo é descrito o funcionamento passo a passo do sistema.

**Figura 28** – Funcionamento do sistema



Fonte: próprio autor

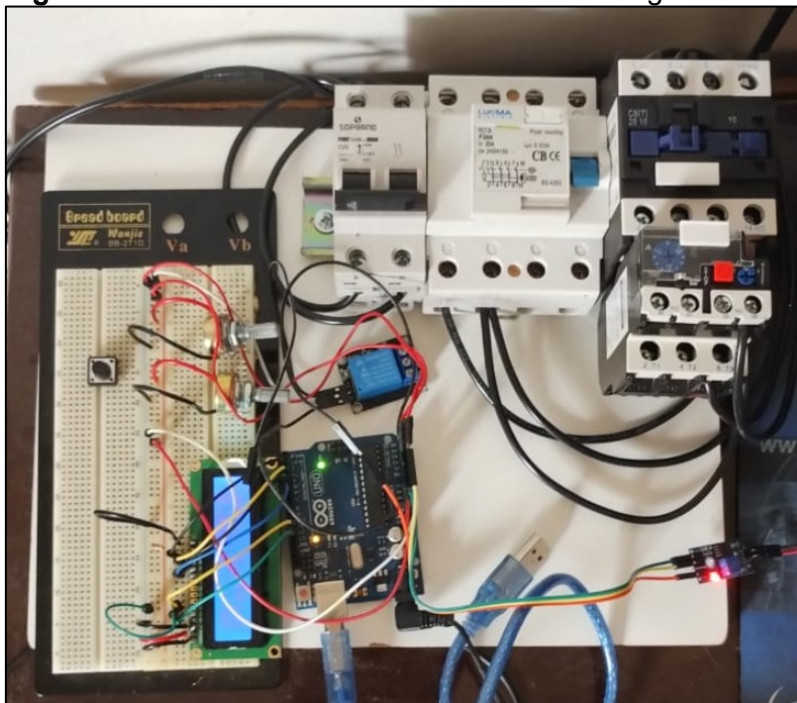
**Figura 29** – Montagem do circuito na protoboard



Fonte: próprio autor

A figura abaixo demonstra o circuito do microcontrolador montado em conjunto com um comando de partida direta para o acionamento de bomba d'água.

**Figura 30** – Circuito com comando de bomba d'água



Fonte: próprio autor

## 6. CONCLUSÃO

A irrigação de precisão pode aumentar expressivamente a produtividade e ser uma grande aliada para a agricultura sustentável.

O desenvolvimento desse sistema tratou-se de uma atividade simples e de fácil compreensão, o que torna este projeto uma excelente alternativa para as atividades de irrigação.

Com as devidas adaptações o Controle Automatizado de Irrigação com Arduino pode ser utilizado em hortas inteiras, em gramados e em todo tipo de plantação interna e externa.

Dentre as alterações possíveis, podemos destacar a troca da válvula solenóide por bombas d'água que trabalhem com baixas correntes ou alimentar contadores para bombas com correntes mais elevadas. Poderá haver também a inclusão de mais sensores de umidade e um módulo relé com mais canais para controle. Cada melhoria pode ser desenvolvida tendo em vista o tamanho do projeto que almeja realizar ou o nível do projeto que deseja alcançar.

Após a montagem e os testes com o protótipo, os resultados se mostraram satisfatórios, visto que é composto por componentes de baixo custo e por ter mostrado um bom funcionamento.

## REFERÊNCIAS

Água na medida certa: conheça a irrigação de precisão. Revista Agropecuária, 2022. Disponível em: <<http://www.revistaagropecuaria.com.br/2021/03/05/-gua-na-medida-certa-conheca-a-irrigacao-de-precisao/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

A Importância Da Economia De Água Na Irrigação. Agroclique, 2022. Disponível em: <<https://agroclique.com.br/a-importancia-da-economia-de-agua-na-irrigacao/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

THOMSEN, Adilson. O que é Arduino, para que serve e primeiros passos. Filipeflop, 2022. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

Conheça os Principais Sistemas de Irrigação. Agropós, 2022. Disponível em: <<https://agropos.com.br/sistemas-de-irrigacao/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

Censo Agro 2017. IBGE, 2022. Disponível em: <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/26684-estabelecimentos-com-uso-de-agricultura-irrigada-crescem-em-mais-de-50-em-11-anos.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

O que é irrigação? Atlas Irrigação, 2022. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

GLOBAL, Irriga. Sensores de umidade do solo: irrigação eficiente e segurança. Agrolink, 2021. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/colunistas/sensores-de-umidade-do-solo--irrigacao-eficiente-e-seguranca\\_451456.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/sensores-de-umidade-do-solo--irrigacao-eficiente-e-seguranca_451456.html)>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

Sensor. Wikipédia, 2022. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sensor>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

ALMEIDA, Danilo. Sensor de umidade do solo com Arduino – Higrômetro. Vida de silício, 2022. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.