

## **A AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE IRRIGAÇÃO POR MEIO DA PLATAFORMA ARDUÍNO**

**Mateus Augusto Oliveira Cordeiro**

Atualmente, o uso da tecnologia na agricultura nunca foi tão intenso. A produção de frutas, verduras, leguminosas, oleaginosas, foram definitivamente modificadas devido ao avanço da tecnologia no decorrer dos anos. Desta forma, ao utilizar ferramentas tecnológicas no campo, é possível otimizar a administração da terra e do manejo. No Brasil, muitos equipamentos voltados para irrigação estão disponíveis no mercado, porém grande parte possui valor elevado, impossibilitando que pequenos e médios produtores adquiram tais produtos. Neste trabalho, busca-se a pesquisa e compreensão dos conceitos de sistema de irrigação, uso de sensores para captação de umidade e fornecimento adequado de água, bem como as possibilidades de utilização da plataforma Arduino. Por fim, apresenta-se o desenvolvimento de um protótipo para controle de irrigação automatizado, via plataforma Arduino UNO R3, visando a construção de um instrumento de irrigação mais acessível ao homem do campo. Após diversos testes aplicados no protótipo, observou-se o amplo poder de processamento do Arduino, sua precisão na obtenção de informações por meio do sensor e na administração da irrigação ideal de água.

**Palavras-chave:** Automação, Irrigação, Arduino.

## **INTRODUÇÃO**

Nos dias atuais, a população em geral está totalmente imersa no âmbito tecnológico, desta forma é praticamente impossível existir alguma área de atuação que não tenha apoio de uma determinada tecnologia. No geral, o não investimento neste âmbito poderá trazer baixa produtividade e baixa evolução em uma instituição de comércio ou de prestação de serviços, gerando perda de competitividade no mercado (BOZZA, 2016).

Segundo Ana (2017), a irrigação é responsável por 52% do consumo de água no Brasil, apontando um aumento de 24% na demanda até 2030, conforme última previsão. Neste contexto, é notado que grande parte da água fornecida ao solo não é utilizada por completo no seu desenvolvimento vegetal, boa parte é perdida com os processos de evaporação e lixiviação, devido a exceder a capacidade de armazenamento do solo, além de prejudicar no desenvolvimento da cultura (CAMARGO, 2020).

A automação no processo de irrigação utilizando a plataforma Arduino, trará grandes vantagens, tendo em vista, não só o combate ao desperdício de água, como também, a praticidade de sua utilização e o manejo de um sistema preciso e de baixo custo, fornecendo oportunidade a agricultores de pequeno e grande porte de desfrutar dos benefícios desta tecnologia (BARBOSA, 2013).

Objetiva-se por meio deste trabalho construir um sistema de irrigação automatizado por meio de plataforma Arduino, onde este, mediante o uso de um sensor de umidade solo, irá coletar informações, controlar e, conseqüentemente, fornecer a quantidade de água correta para determinada planta ou cultura. Além disso, obter conhecimento sobre estrutura Arduino, modos de aplicação, benefícios e conceitos em geral de irrigação.

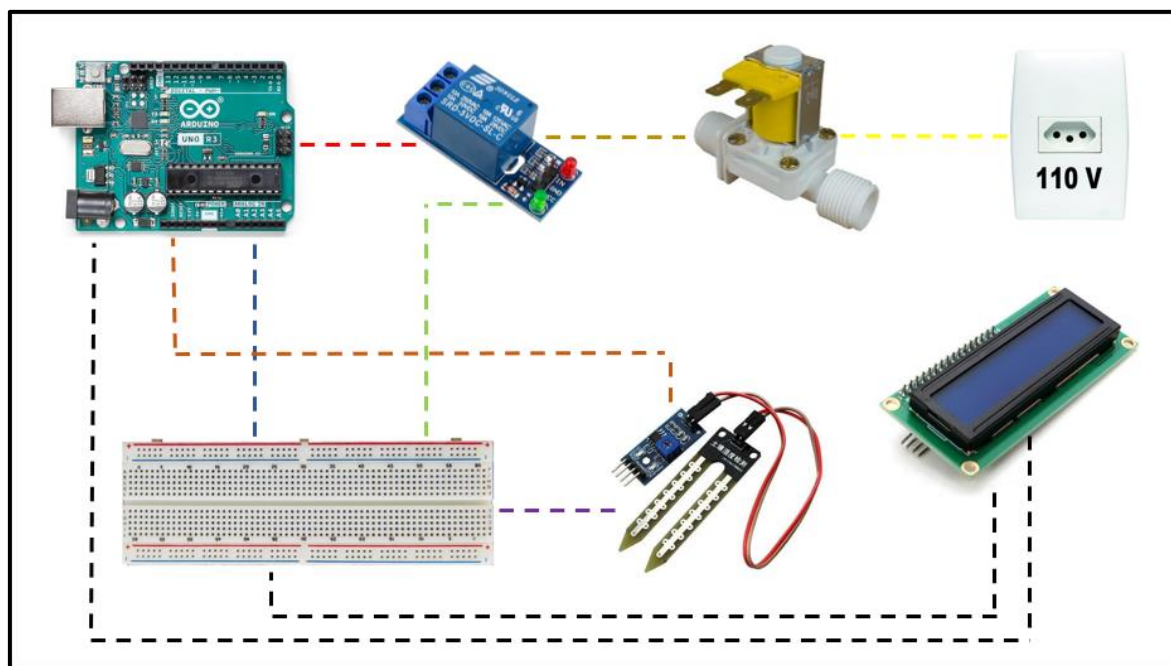
## **PERCURSO METODOLÓGICO**

Para a elaboração deste artigo, executou-se diversas pesquisas bibliográficas, por meio de artigos, revistas, sites acadêmicos, livros, a fim de obter informações precisas, verídicas e fundamentadas.

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Essa vantagem torna-se particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço (GIL, 2002, p.04).

Dessa forma, visando a implementação de um sistema de irrigação utilizando uma tecnologia precisa e barata. Através da tecnologia Arduino UNO R3, juntamente com o uso de um sensor de umidade do solo, foi possível construir um protótipo de sistema de irrigação automatizado (Figura 1) que realiza praticamente as mesmas funções que sistemas de grandes empresas, o diferencial é que devido à utilização de tecnologias baratas, o sistema com Arduino tem menos custo e fica acessível a todos os produtores, seja ele de pequeno, médio ou grande porte.

**Figura 1 – Protótipo de Sistema de Irrigação automatizado.**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2021).**

O sensor realiza uma leitura das variáveis físicas do ambiente monitorado e envia a placa Arduino UNO R3, tudo isto em um intervalo de 1 segundo. Recebendo as variáveis o Arduino executa as ações estabelecidas na implementação do sistema e envia para o display LCD a porcentagem de umidade do solo. Se o solo estiver abaixo de 50%, o relé é acionado e conseqüentemente, a válvula solenóide é aberta durante 20 segundos, fornecendo água ao solo. Após os 20 segundos, a válvula é fechada e só abrirá depois de uma hora se o valor de umidade captado for inferior a 50%, tendo em vista que o solo

necessita entrar em processo de evapotranspiração. Para o desenvolvimento do protótipo de sistema de irrigação automatizado, foram necessários os seguintes itens: Um sensor de umidade do solo; Protoboard; Um relé; Um display – serial LCD I2C; Uma placa Arduino UNO R3; Uma válvula solenoide; Fonte de 9V para alimentação da placa arduino; Jumpers macho; Jumpers fêmea; Jumpers macho-fêmea.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Irrigação**

Mesmo o trabalho tendo por foco principal, a utilização de Arduino para um projeto de irrigação automatizado, se faz necessário abordar e explicar os conceitos, importância e os tipos de sistemas de irrigação.

A irrigação é um método antigo utilizado até os dias de hoje, tendo por finalidade o fornecimento de água às plantas, para que estas possam se desenvolver e produzir frutos de forma adequada. Este método, ao longo dos anos, vem se aprimorando frequentemente, onde no presente momento à utilização dos sistemas pontuais são os mais adequados, pois nesta técnica, a água é gotejada no local, momento e quantidade correta, visando o desenvolvimento da respectiva cultura (FERNANDES, 2019).

Em tese, o solo é considerado um reservatório de água e a planta como usufrutuário. O fornecimento total de água do reservatório depende muito das características físicas das plantas, bem como o prolongamento e desenvolvimento geral das raízes. A porcentagem da utilização de água do solo pelas plantas é denominada evapotranspiração da cultura, variando, principalmente, de acordo com o clima, espécie cultivada e a fase de crescimento da planta (FRIZZONE, 2017).

São diversos os benefícios fornecidos quando agricultores usam alguma técnica de irrigação no seu sistema produtivo, no qual determina a importância da sua utilização na agricultura. Dentre as principais vantagens, indica-se a Garantia de produção, aumento de produtividade, melhoria na qualidade do produto final, aumento no número de safras agrícolas, oferta de emprego e em determinadas situações a redução de mecanização (RODRIGUES; DOMINGUES, 2017).

## **Métodos de irrigação**

Como previsto, o método de irrigação é a maneira pela qual a água será fornecida a uma respectiva planta ou cultura. No geral, são quatro métodos de irrigação: aspersão, superfície, localizada e subirrigação. O solo, as culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas são o motivo pela qual há muitos sistemas de irrigação disponíveis para adaptação e uso (BOSO; DOS SANTOS; GABRIEL, 2017). A seguir, serão abordados apenas os métodos e sistemas mais relevantes para esta pesquisa sobre irrigação.

### **Irrigação por superfície**

Segundo Testezlaf (2017), o sistema de irrigação por superfície, também denominado irrigação por gravidade, recebe este nome devido a água ser aplicada diretamente na superfície do solo, onde devido a gravidade a água se espalha e infiltra-se no solo. Este sistema pode ser classificado em dois métodos:

- **Por sulcos:** Uma espécie de valas onde a água aplicada parcialmente escoar e se infiltra pelos sulcos previamente construídos;
- **Por Inundação:** A água é simplesmente aplicada a área plantada, acumulando e se infiltrando ao solo.

### **Irrigação por aspersão**

Neste sistema, a água é distribuída de maneira sutil, uma espécie de nuvem de água, que imita um pouco a chuva. Essas gotículas são formadas pela passagem de água existentes nos dispositivos mecânicos chamados de sprays ou aspersores (TESTEZLAF, 2017). O sistema de irrigação por aspersão pode ser dividido em dois tipos:

- **Convencionais:** Os que utilizam motobombas, tubulações e aspersores, podendo ser movimentados manualmente pelo campo ou permanecer parados;
- **Mecanizados:** Os aspersores ou sprays são montados em estrutura metálicas, que se movem ao longo da plantação para irrigar, tendo auxílio de um trator ou um sistema elétrico avançado.

### **Irrigação localizada**

A irrigação localizada utiliza pequenas vazões quando comparados aos outros tipos de sistemas, sendo considerado um dos melhores sistemas pois tem por objetivo reduzir o excesso de água, fornecendo apenas o necessário conforme cada cultura. Esta é

aplicada sobre o solo, especificamente na área sombreada, próximo ao caule, buscando umidificar apenas o volume do solo ramificado pela planta (ANDRADE; BRITO, 2006).

O tipo de emissor utilizado varia, sendo classificado em:

- **Por gotejamento:** Água aplicada no solo em forma de gota, com baixa vazão, próximo a base da planta.
- **Por microaspersão:** Água aplicada em jatos ou aerossol, preferencialmente abaixo das folhas, tendo como foco a base da planta.

### **Irrigação subterrânea**

De acordo com Frizzone (2017), a irrigação subterrânea, também chamada de subirrigação e drenagem controlada, é um método que consiste na aplicação de água diretamente na subsuperfície do solo, geralmente pela formação, manutenção e controle de um lençol de água artificial ou pelo controle de um natural, mantendo-o a uma profundidade conveniente. Por ascensão capilar, o lençol d'água, usualmente mantido a uma profundidade de 0,30 a 0,80 m, propicia a umidade necessária às raízes das plantas (apud ROBBINS; VINCHESI, 2011).

## **Plataforma Arduino e componentes de automação**

### **Arduino**

Segundo Dilly (2015), o surgimento do Arduino se deu no início de 2005, na cidade de Ivrea, Itália, por um professor chamado Massimo Banzi. O professor tem o intuito de ensinar eletrônica e programação de computadores a seus alunos de design de iteração (projeto de qualquer experiência iterativa), para que eles usassem em seus projetos de arte, interatividade e robótica, de forma com que se utilizasse um orçamento menor que outros sistemas de prototipagem disponíveis naquela época. Ensinar eletrônica e programação para pessoas que não são da área não era uma tarefa tão simples, além da inexistência de placas com poder suficiente e baratas no mercado (BANZI, 2015).

O Arduino é uma plataforma de computação física e tem como base uma simples placa microcontrolada de Entrada/Saída para que se possa conectá-los a outros circuitos ou sensores. São sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, que permitem construir sistemas que percebam a realidade e respondem com ações físicas (REIS, 2019).

De acordo com McRoberts (2015), o Arduino, representado pela Figura 2, é uma plataforma embarcada, formado por hardware e software ambos de fonte aberta, com isso, podem criar diversos projetos livres de controle, monitoramento, interatividade, basta conectá-lo a um notebook, smartphone ou computador e desta forma, receber e enviar dados do Arduino para os componentes que estiverem conectados a ele. Através de uma porta serial ou USB ligada a placa, é feito upload do programa escrito no IDE para a placa, então o Arduino executará as instruções interagindo com o que estiver conectado a ele.

**Figura 2 – Arduino UNO R3.**



**Fonte: Arduino (2021).**

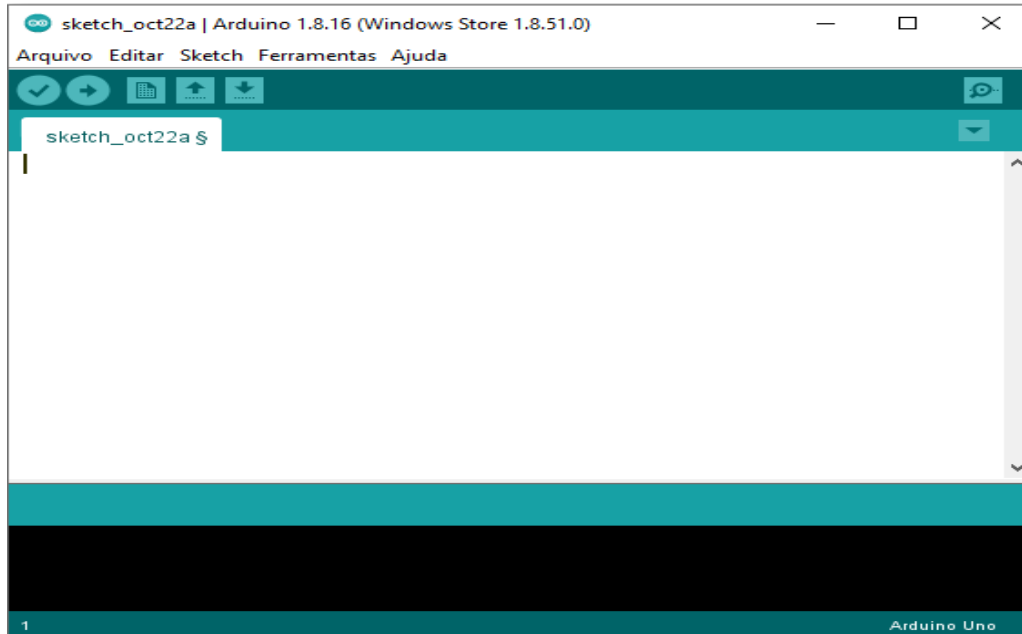
## **IDE**

O IDE é um Ambiente de Desenvolvimento Integral usado por desenvolvedores, a IDE contém um compilador, editor, depurador e vinculador em um só local, agrupado com ferramentas de gerência de projetos para ampliar a produtividade do programador. (FEZARI, 2018). O IDE do Arduino é composto por um editor de texto para a escrita de código, uma área de mensagens, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões para variadas funções e uma série de menus. O ambiente de desenvolvimento do Arduino conectado ao hardware do Arduino permite realizar o upload de programas e a comunicação entre eles. (MONK, 2015).

De acordo com Cunha (2011), a ferramenta de desenvolvimento do Arduino (IDE), conforme a Figura 3, é livre, baseada na linguagem de programação C, C++ e Java.

Ela proporciona ao desenvolvedor, construir blocos de códigos que determina o que o Arduino deverá realizar.

**Figura 3 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE)**



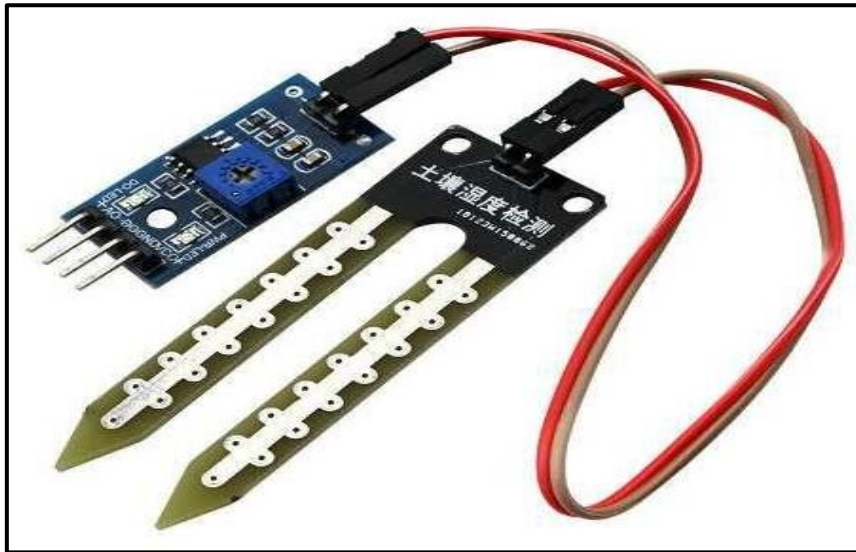
Fonte: Arduino (2021).

### **Sensor de umidade do solo**

O sensor é um dispositivo capaz de captar informações e responder com eficiência a algum estímulo, convertendo um fenômeno físico (temperatura, umidade, luminosidade) em um sinal elétrico, ou seja, converte um tipo de energia em outro, para fins de medição. De acordo com a Figura 4, o sensor resistivo de umidade do solo atua basicamente verificando a variação da resistência elétrica, por meio de dois eletrodos inseridos no solo, onde os resultados obtidos são inversamente proporcionais à umidade do solo, em outras palavras, quanto maior a quantidade de água presente na terra, menor será a resistência elétrica medida. Este componente é comumente utilizado em projetos por meio da plataforma Arduino, não só pela simples operação do sensor, mas também, pelo baixo custo e alta disponibilidade no mercado (CARVALHO, 2016).



**Figura 4 – Sensor de Umidade do Solo.**

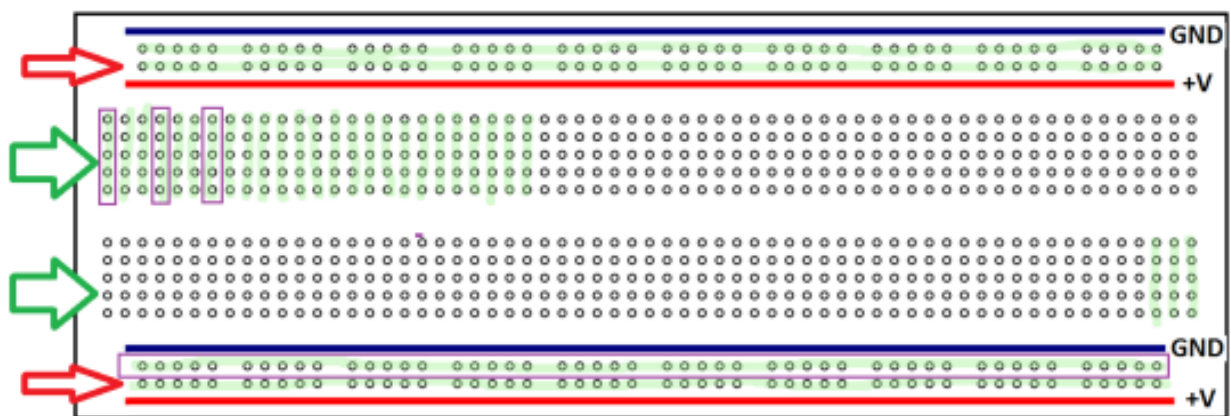


Fonte: Eletrogate (2021).

### **Protoboard**

A Protoboard é basicamente uma matriz de contato, ou uma placa com furos de conexões condutoras, que permite o usuário construir circuitos experimentais sem a necessidade de soldar todos os elementos, desta forma, é possível inserir e remover componentes com mais rapidez e segurança. Conforme a Figura 5, os filamentos referentes as setas vermelhas, servem para alimentação do circuito e os filamentos indicados pelas setas verdes, servem para implementação e interação de outros componentes com o circuito (SOUZA, 2015).

**Figura 5 – Matriz de contato (Protoboard).**



Fonte: Lisboa (2015).

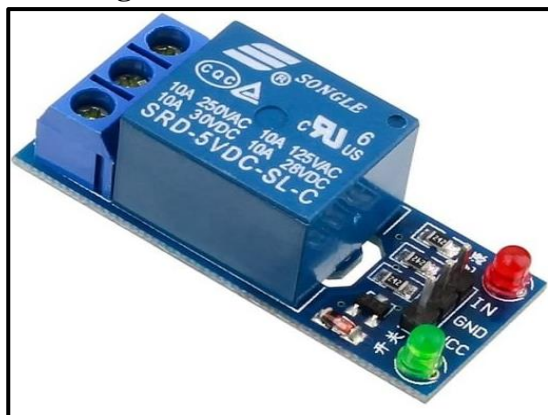
### **Módulo Relé 5V**

O módulo relé (Figura 6) é idêntico a um interruptor, porém, não é preciso um movimento mecânico humano para fechar ou abrir o contato. O sistema possui uma bobina, que quando receber energia criará um campo eletromagnético, logo, devido a força de atração magnética, teremos o deslocamento do interruptor. Tal componente é capaz de controlar circuitos de alta tensão com baixa tensão, tendo em vista que o Arduino Uno R3 fornece até 5V aos componentes interligados a ele. É ideal para acionar uma lâmpada ou válvula solenoide, pois ambos possuem voltagem elevada quando comparado ao arduino (BARBOSA, 2013).

### **Display LCD 16X2 - I2C**

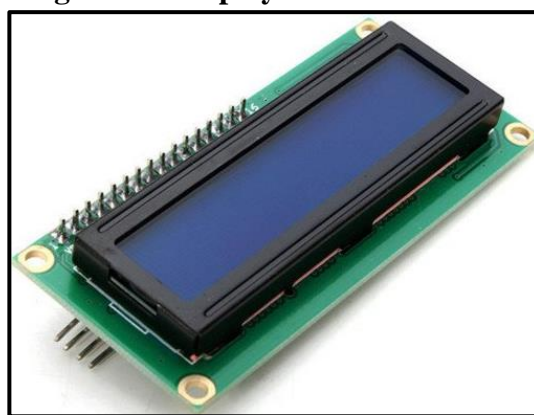
O display LCD (Figura 7) é um acessório comum nos dias de hoje, onde são úteis para exibir informações referente a um projeto em que seja necessário mostrar resultados de um sensor ou até mesmo transmitir uma informação para o usuário. Com o fundo azul e sua escrita branca, tal componente possui 16 colunas e 2 linhas para projeção de dados, além de ter um protocolo de comunicação I2C (4 conexões), considerado mais simples quando comparado ao LCD comum (16 conexões), proporcionando ao usuário uma instalação rápida e de qualidade (ELETROGATE, 2021).

**Figura 6 – Módulo Relé 5V.**



Fonte: Eletrogate (2021).

**Figura 7 – Display LCD 16X2 – I2C.**



Fonte: Eletrogate (2021).

### **Válvula solenoide NF**

De acordo com a Figura 8, a válvula solenoide NF (Normalmente Fechada) é considerada uma válvula eletromecânica, ou seja, opera por meio de um impulso elétrico, sendo acionada a fim de controlar o fluxo de líquidos e gases. O solenoide é uma bobina, que quando energizada gera um campo magnético capaz de levantar o pistão,

consequentemente, abrindo a válvula e iniciando a passagem do fluido. Este componente está entre os mais utilizados em sistemas de fluxos, tendo em vista o baixo custo e ampla aplicabilidade, como por exemplo: automação industrial, sistemas de aspersão e sistemas de irrigação (ASCOVAL, 2011).

### **Jumpers**

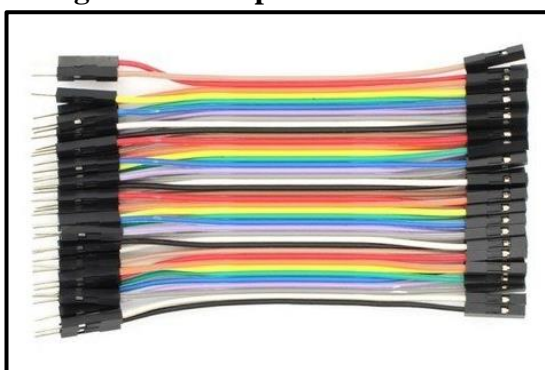
Conforme a Figura 9, os Jumpers são pequenos fios condutores capazes de interligar dois pontos em um circuito eletrônico, em outras palavras, transportam energia em formato de ponte. Tais condutores são simples, contendo a ponta fina e bem rígida, justamente para facilitar as conexões. São comumente utilizados em Protoboard, microcontroladores, sensores, relés, e possuem basicamente três formatos: macho-macho, macho-fêmea e fêmea-fêmea (MCROBERTS,2015).

**Figura 8 – Válvula Solenoide NF.**



Fonte: Eletrogate (2021).

**Figura 9 – Jumpers macho-fêmea.**



Fonte: Eletrogate (2021).

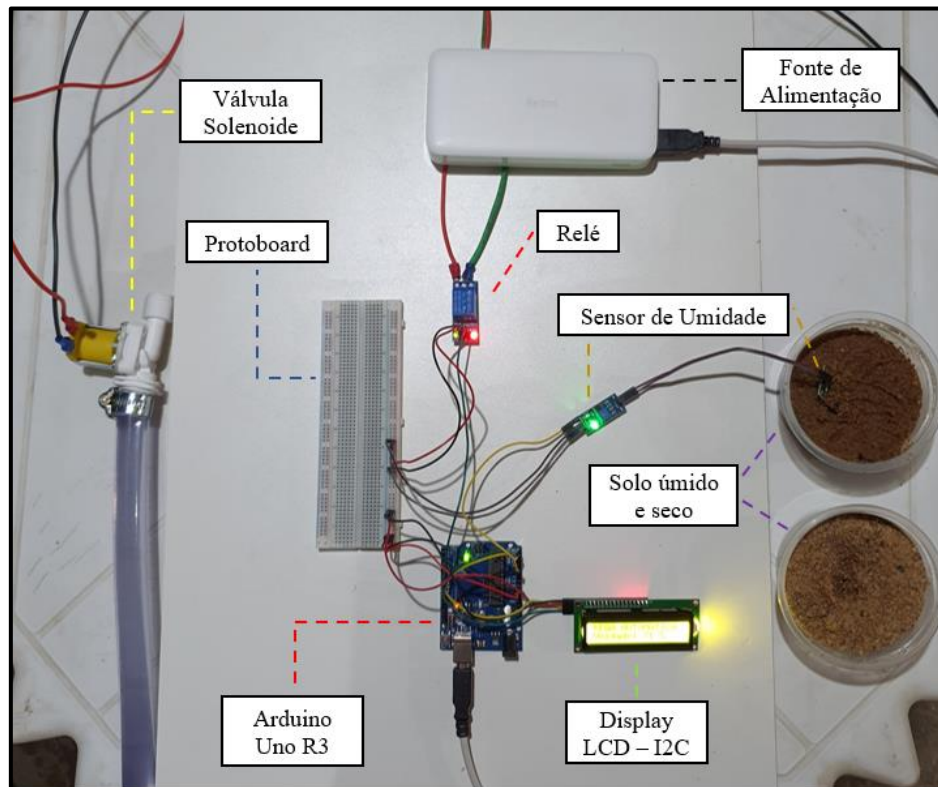
## **ANÁLISE E RESULTADOS**

Para comprovar o funcionamento do protótipo, inseriu-se o sensor de umidade no solo para captação de valores, ou seja, averiguar o funcionamento entre a obtenção de informações e o acionamento ou não da válvula solenoide. Na primeira demonstração, utilizou-se um recipiente contendo terra seca. Em seguida foi possível observar que ao inserir o sensor de umidade no solo, o relé habilitou a passagem de energia para a válvula solenoide, possibilitando a passagem do fluido (água). Posteriormente, efetuou-se a inserção do sensor de umidade do solo em um recipiente contendo terra molhada. Como previsto, o protótipo captou todas as informações e cessou o fornecimento de água.

Baseado em alguns testes, esse protótipo (Figura 10) mostrou-se eficaz, possibilitando o monitoramento do consumo de água, consequentemente reduzindo o

desperdício. Além disto, foi possível observar que todas as interações entre o arduino e seus componentes foram totalmente precisas. Nenhum erro foi presenciado no decorrer da montagem do protótipo, organização dos fios e conexão dos demais elementos, mostrando que a plataforma arduino é uma ferramenta capaz de de realizar diversos projetos a nível doméstico, comercial e móvel.

**Figura 10 – Protótipo totalmente montado.**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2021).**

Ressalta-se que para o bom desempenho deste sistema, o sensor de umidade do solo deve estar bem enterrado, em torno de 10 a 20 cm da superfície do solo. Em desconformidade com o que foi citado, o sensor poderá ter um contato direto com a água, fazendo com que a informação captada pelo mesmo seja elevada, fechando a válvula solenoide e causando uma irrigação insuficiente. Além disto, foi necessário reduzir o tempo de verificação de uma hora para 5 segundos, justamente para analisar o funcionamento do sistema no mesmo instante.

Abaixo segue alguns *prints* da implementação e seus respectivos comentários, contendo conceitos e funcionalidades do sistema.

**Figura 11 – Comentários gerais.**

```
/* ----- Sistema de Irrigação Automático -----  
Criado por: Mateus Augusto Oliveira Cordeiro  
Data: 23.10.2021  
  
Guia de conexão:  
LCD SDA: ANALOG IN - A4  
LCD SCL: ANALOG IN - A5  
LCD GND: GND (Terra)  
LCD VCC: VCC (5V)  
Sensor de umidade do solo A0: Pino A0  
Módulo Relé (Válvula): Pino 10  
  
Este código utiliza a biblioteca LiquidCrystal_I2C  
***** */
```

**Fonte: Elaborado pelo autor (2021).**

**Figura 12 – Inclusão de bibliotecas, definições, variáveis e objetos.**

```
// inclui as bibliotecas do Display LCD_I2C:  
#include <Wire.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
  
// Definições (Especifica o endereço e o tamanho do LCD - 16X2)  
#define endereco 0x27 // Endereços comuns: 0x27, 0x3F  
#define colunas 16  
#define linhas 2  
  
// Instanciando Objetos  
LiquidCrystal_I2C lcd(endereco, colunas, linhas);  
  
// variáveis do programa  
const int pinoSensor = A0;  
const int pinoValvula = 10;  
const int valorBaseUmidade = 50;  
const int tempoRega = 20000; // Tempo de rega em milisegundos (20 segundos)  
int umidadeSolo = 0;
```

**Fonte: Elaborado pelo autor (2021).**

**Figura 13 – Inicialização do display e da Válvula Solenoide.**

```
void setup() {  
  lcd.init(); // Inicia a comunicação com o Display  
  lcd.backlight(); // Liga a iluminação do Display  
  lcd.clear(); // Limpa possíveis caracteres que estejam no Display  
  
  pinMode(pinoValvula, OUTPUT);  
  // Desliga a válvula  
  digitalWrite(pinoValvula, HIGH);  
  // define o tamanho do Display LCD  
  lcd.begin(16, 2);  
  // Exibe a mensagem no Display LCD.  
  lcd.print("REGA AUTOMATICA");  
  
  Serial.begin(9600);  
  
}
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 14 – Análise sequencial da umidade do solo.**

```
void loop() {  
  // Mede a umidade a cada segundo durante uma hora (3600 segundos).  
  for(int i=0; i < 3600; i++) {  
    // Posiciona o cursor do LCD na coluna 0 linha 1  
    // (Obs: linha 1 é a segunda linha, a contagem começa em 0  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    // Exibe a mensagem no Display LCD:  
    lcd.print("Umidade: ");  
    // Faz a leitura do sensor de umidade do solo  
    umidadeSolo = analogRead(pinoSensor);  
    // Converte a variação do sensor de 0 a 1023 para 0 a 100  
    umidadeSolo = map(umidadeSolo, 1023, 0, 0, 100);  
    // Exibe a mensagem no Display LCD:  
    lcd.print(umidadeSolo);  
    lcd.print(" % ");  
    // Espera um segundo  
    delay(1000);  
  }  
}
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 15 – Condições para ativação do sistema de irrigação.**

```
// Se a umidade do solo (captada pelo pinoSensor) for inferior
// ao valor base de umidade, o sistema é acionado.
if(umidadeSolo < valorBaseUmidade) {
  // Posiciona o cursor do LCD na coluna 0 linha 1
  // (Obs: linha 1 é a segunda linha, a contagem começa em 0
  lcd.setCursor(0, 1);
  // Exibe a mensagem no Display LCD:
  lcd.print("  REGANDO  ");
  // Abre a válvula solenoide
  digitalWrite(pinoValvula, HIGH);
  // Espera o tempo estipulado
  delay(tempoRega);
  // Fecha a válvula solenoide
  digitalWrite(pinoValvula, LOW);
}
// Se a umidade do solo for superior ao valor base de umidade,
// o sistema informa que o solo está encharcado.
else {
  // Posiciona o cursor do LCD na coluna 0 linha 1
  // (Obs: linha 1 é a segunda linha, a contagem começa em 0
  lcd.setCursor(0, 1);
  // Exibe a mensagem no Display LCD:
  lcd.print("Solo Encharcado ");
  // Espera o tempo estipulado
  delay(3000);
}
}
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, os resultados obtidos foram satisfatórios, indicando a possibilidade de criação de um produto comercial baseado nas tecnologias e componentes estudados. A utilização da protoboard facilitou a comunicação entre os dispositivos, economizando tempo, simplificando ainda mais a montagem do projeto e inibindo a utilização de solda nos componentes.

Baseado no que foi testado, é possível amplificar e automatizar ainda mais este sistema, incluindo sensores de luminosidade e temperatura, mais sensores de umidade do solo para projetos em campos maiores e a inclusão de bomba hidráulica, para que o fornecimento de água seja provindo de uma caixa d'água. Além disto, deve-se realizar mais testes de irrigação em culturas, por exemplo: alface, cheiro verde, couve, rúcula, a

fim de adaptar, não só, o melhor método de irrigação, mas também, alterar a codificação de acordo com a cultura.

Por fim, o arduino comprovou ser um excelente aliado no desenvolvimento de projetos eletrônicos, possuindo diversas vantagens como baixo custo, softwares de simulação gratuitos disponíveis, fácil de programar, grande número de materiais, trabalhos e projetos na internet, extensa comunidade de desenvolvedores na área e de certa forma, não requer um nível de conhecimento elevado em eletrônica e/ou programação.

## **REFERÊNCIAS**

ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas Irrigação – Uso da água na agricultura irrigada. Brasília – DF, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), 86 p. il., 2017.

ANDRADE, C.L.T. & BRITO, R.A.L. Métodos de irrigação e quimigação. Sete Lagoas, MG: Embrapa Circular Técnica, 2006.

ASCOVAL. Manual geral de instalação e manutenção de válvulas solenoides. Disponível em: <<https://www.emerson.com/documents/automation/manual-instala%E7%E3o-de-v%E1lvulas-solen%E3ide-pt-br-5298860.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2021.

BANZI, M. & SHILOH, M. Primeiros Passos com o Arduino: A plataforma de prototipagem eletrônica open source. 2ª Edição. São Paulo: Novatec Editora, 2015.

BARBOSA, J.W. Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino. Fundação Educacional do Município de Assis, FEMA. São Paulo: Assis, 2013.

BOSO, ACMR, DOS SANTOS, MRS, GABRIEL, CPC. Métodos de irrigação utilizadas na agricultura brasileiro e nos demais continentes. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 13, n. 4, 2017.

BOZZA, T.C.L. O uso da tecnologia nos tempos atuais: análise de programas de intervenção escolar na prevenção e redução da agressão virtual. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, 2016.

CAMARGO, D.C. Manejo da Irrigação: quando, quanto e como irrigar. 2020.

CARVALHO, M.S. Sensor para monitoramento de umidade do solo utilizando energia solar. Quixadá, SP: Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, 2016.

CUNHA, K.C.B. & DA ROCHA, R.V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2016.



DILLY, R.O. & MENDES, L.F.C. Aplicação em tempo real de monitoramento de umidade e temperatura utilizando arduino. Caderno de Estudos em Sistemas de Informação, v. 2, n. 1, 2015.

ELETROGATE. Loja virtual de componentes eletrônicos. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/pagina/quem-somos.html>> . Acesso em: 22 out. 2021.

ELETROGATE. Guia completo de Display LCD – Arduino. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/>> . Acesso em: 22 out. 2021.

FERNANDES, G.M.N. A importância econômica da irrigação para a agricultura no estado de Goiás. Monografia. Centro Universitário de Goiás Uni – Anhanguera. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.anhanguera.edu.br:8080/handle/123456789/158>>. Acesso em: 22 out. 2021.

FEZARI, M. & AL DAHOUD, A. Integrated Development Environment “IDE” For Arduino. WSN applications, p. 1-12, 2018.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo : Atlas, 2002.

FRIZZONE, J.A. Os métodos de irrigação. Piracicaba, SP.: ESALQ/USP, 2017.

LISBOA, V.G.C. Protoboard. Londrina, PR: Universidade Estadual de Londrina, 2015.

MCROBERTS, M. Arduíno Básico. São Paulo: Novatec, 2. Ed. 2015.

MONK, S. Programação com Arduino II: Passos avançados com sketches. Bookman Editora, 2015.

REIS, R. et al. Uso do Arduino para Ensino de Conceitos Intermediários de Programação. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2019. p. 198.

RODRIGUES, L. A.; DOMINGUES A. F. Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. 1 ed. Brasília, DF: Inovagri, 2017.

SOUZA, A.R.S. Como usar uma protoboard. PA: Universidade Federal do Pará, 2015.

TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas, SP.: Unicamp/FEAGRI, 2017.