

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE: AUTOMAÇÃO E EFICIÊNCIA UTILIZANDO TECNOLOGIAS IoT

SMART IRRIGATION SYSTEM: AUTOMATION AND EFFICIENCY USING IoT TECHNOLOGIES

SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE: AUTOMATIZACIÓN Y EFICIENCIA USANDO TECNOLOGÍAS IoT

Vitor Gabriel Sales de Brito - vitor.gabriel@unemat.br

Janecler Foppa - janecler.kozievitch@unemat.br

Maria Thais Silva Marques - thais.marques@unemat.br

Thiago Ferreira de Carvalho - carvalho.thiago@unemat.br

Submissão em: 26/06/2024

Aceito em: 01/07/2024

RESUMO

O presente projeto visa desenvolver um sistema de irrigação inteligente para plantas, utilizando um sensor de umidade, uma válvula solenoide e uma placa ESP32 programada para controlar a abertura e fechamento da válvula. O objetivo principal é criar um sistema automatizado que mantenha o solo das plantas em níveis ideais de umidade, otimizando o processo de irrigação e garantindo um crescimento saudável das plantas. A metodologia aplicada envolveu a integração dos componentes eletrônicos, a programação da placa ESP32 e a realização de testes práticos para verificar a eficácia do sistema. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema é capaz de monitorar e controlar a umidade do solo de forma precisa, garantindo uma irrigação eficiente e reduzindo o desperdício de água.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Biomimética. Irrigação Inteligente

ABSTRACT

This project aims to develop an intelligent irrigation system for plants, using a humidity sensor, a solenoid valve and an ESP32 board programmed to control the opening and closing of the valve. The main objective is to create an automated system that keeps the plants' soil at optimum humidity levels, optimizing the irrigation process and ensuring healthy plant growth. The methodology applied involved integrating the electronic components, programming the ESP32 board and carrying out practical tests to verify the system's effectiveness. The results obtained showed that the system is capable of accurately monitoring and controlling soil moisture, ensuring efficient irrigation and reducing water waste.

Keywords: Internet of Things. Biomimetics. Smart Irrigation

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de riego inteligente para plantas, utilizando un sensor de humedad, una válvula solenoide y una placa ESP32 programada para controlar la apertura y cierre de la válvula. El objetivo principal es crear un sistema automatizado que mantenga la tierra de las plantas en niveles ideales de humedad, optimizando el proceso de riego y asegurando un crecimiento saludable de las plantas. La metodología aplicada involucró la integración de los componentes electrónicos, la programación de la placa ESP32 y la realización de pruebas prácticas para verificar la eficacia del sistema. Los resultados obtenidos demostraron que el sistema es capaz de monitorear y controlar la humedad del suelo

de maneira precisa, garantizando un riego eficiente y reduciendo el desperdicio de agua.

Palabras clave: Internet de las Cosas. Biomimética. Riego Inteligente

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Bittencourt (2010), o desenvolvimento de produtos inicia-se com uma fase conceitual, também conhecida como projeto informacional, onde é crucial gerar soluções e alternativas criativas. Para isso, além da inspiração do projetista, são necessários métodos e ferramentas que estimulem a manifestação da criatividade. Dessa forma, é viável afirmar que qualquer indivíduo com conhecimento técnico, treinamento, motivação e familiaridade com os métodos pode gerar soluções úteis e inovadoras.

O objetivo principal deste projeto é criar um sistema de irrigação inteligente capaz de monitorar e controlar automaticamente a umidade do solo, buscando otimizar o processo de irrigação e promover o crescimento saudável das plantas. O desafio central é desenvolver um sistema que forneça água às plantas de forma precisa e eficiente, evitando tanto a falta quanto o excesso de umidade no solo, realizando a integração do sensor de umidade, da válvula solenoide e da placa ESP32 em um sistema funcional, desenvolvendo algoritmos e programação para a leitura dos dados do sensor e o controle da válvula com base nos níveis de umidade do solo, conduzindo testes práticos para verificar a eficácia do sistema em diversas condições de solo e tipos de plantas, e por fim, avaliando a eficiência do sistema em relação à economia de água e ao crescimento das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Biomimética

De acordo com Detânico, Teixeira e Silvia (2010) a biomimética, ou *biomimicry*, é uma abordagem inovadora que se baseia na natureza para resolver problemas complexos em diversas áreas, incluindo engenharia e agricultura. Essa disciplina procura entender os princípios e processos biológicos para aplicá-los no desenvolvimento de tecnologias e práticas sustentáveis.

Na engenharia, a biomimética inspira a criação de designs mais eficientes e sustentáveis, muitas vezes superando as soluções humanas tradicionais. Por exemplo, a forma como as formigas organizam suas colônias tem sido estudada para otimizar o design de redes de comunicação e distribuição (ULLER, 1999).

Já na agricultura, a biomimética busca imitar os padrões e sistemas naturais para melhorar a produção agrícola e reduzir os impactos ambientais. Um exemplo notável é o uso de técnicas de cultivo que imitam as interações entre plantas e microrganismos do solo, aumentando a fertilidade e a produtividade das culturas (GOMES, 2004).

2.2 Internet das Coisas (IoT)

Agricultura sustentável é um tema de crescente importância em um mundo onde a escassez de recursos naturais é uma realidade cada vez mais evidente. Nesse contexto, o sistema de irrigação inteligente surge como uma solução promissora, capaz de reduzir o desperdício de água e promover a preservação dos recursos

hídricos, contribuindo assim para práticas agrícolas mais sustentáveis (RODRIGUES, 2023).

Um dos principais benefícios ambientais do sistema de irrigação inteligente é a redução do desperdício de água. Ao monitorar continuamente os níveis de umidade do solo e ajustar a irrigação de acordo com as necessidades das plantas, esse sistema evita o uso excessivo de água, que é um recurso cada vez mais escasso em muitas regiões do mundo. Isso não apenas reduz os custos para os agricultores, mas também preserva os recursos hídricos para as gerações futuras (PINTO, 2024).

Além disso, o sistema de irrigação inteligente contribui para a preservação dos recursos hídricos ao minimizar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por produtos químicos utilizados na irrigação convencional. Ao aplicar a quantidade certa de água na hora certa, esse sistema reduz a lixiviação de nutrientes e agroquímicos para o solo, protegendo assim a qualidade da água e o ecossistema local (COMAS, 2018).

Segundo Pinto (2024) a importância da sustentabilidade na agricultura vai além da preservação dos recursos hídricos. Ela também envolve a manutenção da biodiversidade, o uso responsável dos recursos naturais e a promoção do bem-estar das comunidades rurais. Nesse sentido, o sistema de irrigação inteligente contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis ao promover o uso eficiente dos recursos naturais, reduzir o impacto ambiental da agricultura e melhorar a qualidade de vida dos agricultores.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto de irrigação inteligente inspirado nas raízes das plantas seguiu uma abordagem sistemática e detalhada, dividida em várias etapas-chave, para criar um sistema de irrigação que imita a eficiência natural das raízes das plantas, garantindo uma distribuição otimizada da água e uma utilização sustentável dos recursos hídricos em ambientes de pequenos tamanhos. A primeira etapa envolveu o planejamento detalhado do layout do sistema de irrigação. Isso exigiu a elaboração de um plano que especificasse como os tubos de ramificação se conectassem aos tubos principais.

Utilizado canudo de plástico como tubulação e a distribuição dos tubos foram projetadas para maximizar a cobertura e garantir que todas as plantas recebam água de maneira uniforme.

A instalação começou com os tubos principais, responsáveis por transportar a água da fonte até as áreas a serem irrigadas. Esses tubos foram enterrados a uma profundidade adequada para protegê-los de danos e garantir uma distribuição eficiente da água. Em seguida, foram instalados os tubos de ramificação, que se estenderam a partir dos tubos principais para irrigar áreas específicas das plantas. Esses tubos foram modelados para imitar as raízes secundárias e terciárias das plantas, garantindo que todas as raízes das plantas fossem irrigadas adequadamente.

Para controlar o fluxo de água de maneira precisa e eficiente, foram integrados sensores de umidade do solo e válvulas solenoide de controle ao sistema. Os sensores de umidade foram posicionados no solo, permitindo monitorar em tempo real os níveis de umidade do solo. As válvulas de controle, instaladas nos pontos de ramificação, foram responsáveis por regular o fluxo de água para cada área específica. Esta integração permitiu ajustar a irrigação com base nas condições do solo.

Após a instalação, o sistema de irrigação foi testado para garantir seu funcionamento adequado. Durante os testes, foram realizados ajustes nas válvulas e

nos posicionamentos dos tubos de ramificação para otimizar a distribuição da água. Esses ajustes foram baseados nas leituras dos sensores de umidade do solo, garantindo que a água fosse distribuída de forma uniforme e eficiente.

A metodologia adotada envolveu inicialmente o estudo e seleção dos componentes eletrônicos necessários, como o sensor de umidade, a válvula solenoide e a placa ESP32. Em seguida, procedeu-se com a integração física e eletrônica dos componentes, seguida da programação da placa ESP32, Arduino IDE 2.3.2 e a linguagem de programação C para realizar a leitura dos dados do sensor e controlar a válvula solenoide com base nos parâmetros de umidade definidos. Após a montagem do sistema, foram realizados testes práticos em diferentes condições de solo e plantas para avaliar a eficácia e precisão do sistema.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O sistema de irrigação inteligente baseia-se em princípios de automação e sensoriamento para otimizar o uso da água na irrigação de plantas. Utilizando um sensor de umidade, é possível monitorar os níveis de água no solo em tempo real. Abaixo estão as fotos dos equipamentos utilizados.

Figura 1. Válvula solenoide



Fonte: foto registrada pelos autores, 2024.

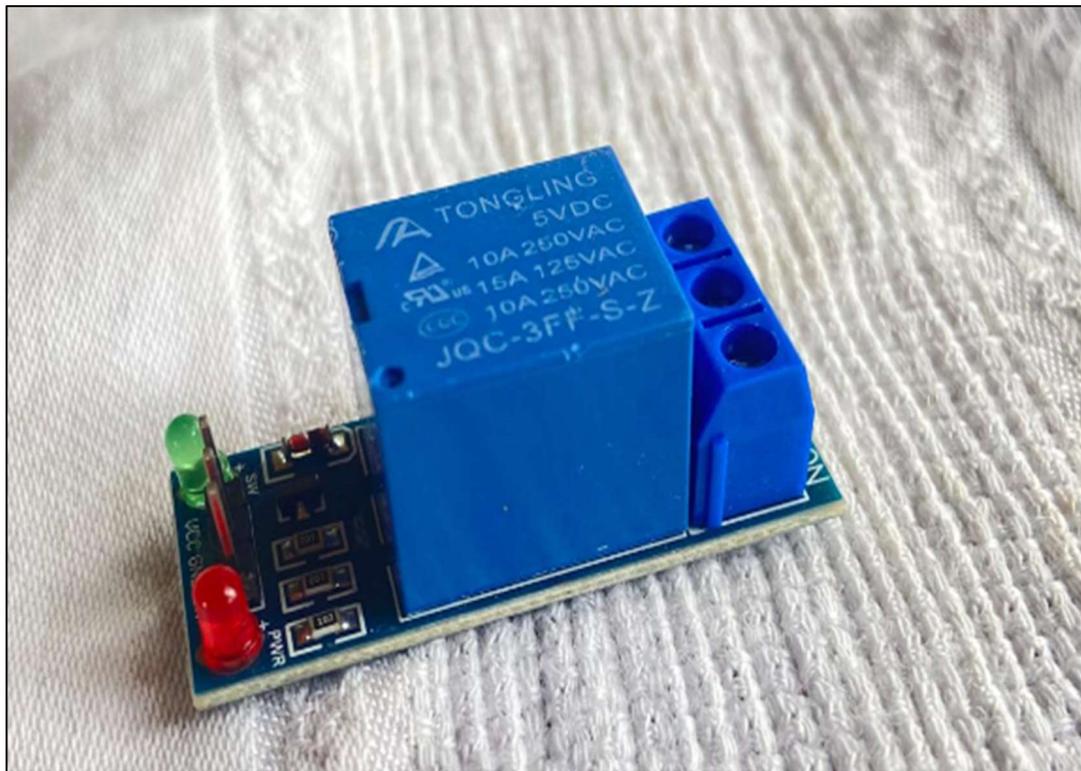
Este sensor geralmente utiliza tecnologia capacitiva ou resistiva para medir a umidade do solo e envia os dados coletados para a placa de controle, no caso, a ESP32.

Figura 2. Ramificação de raízes com canudos



Fonte: foto registrada pelos autores

Figura 3. Relé utilizado para controlar circuitos elétricos por meio de um sinal de entrada.



Fonte: foto registrada pelos autores, 2024.

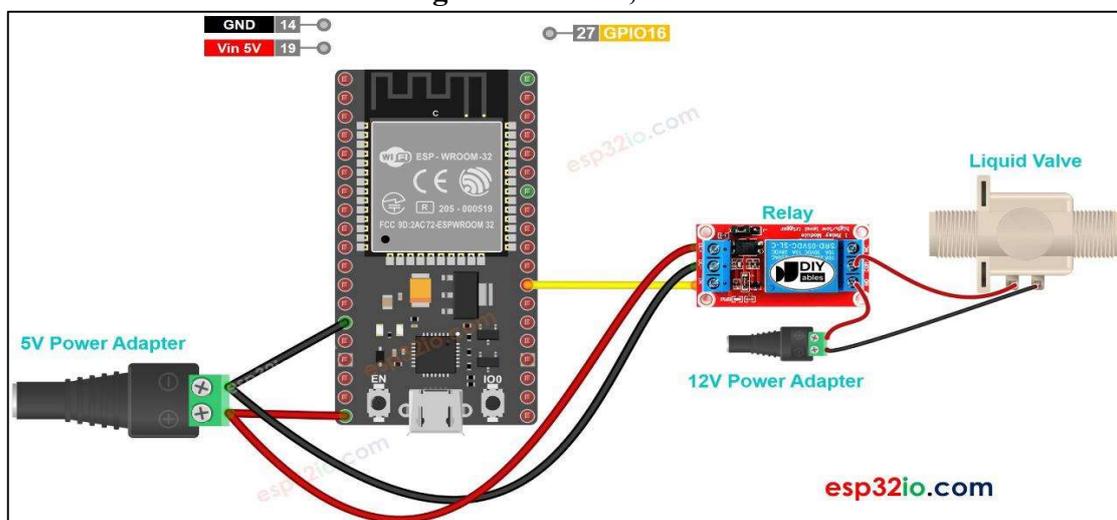
A válvula solenoide é um componente essencial no sistema, atuando como dispositivo de controle do fluxo de água. Ela é responsável por abrir e fechar a passagem de água para o solo, conforme os dados coletados pelo sensor de umidade. Quando o solo está suficientemente úmido, a válvula pode ser fechada para evitar o

desperdício de água. Por outro lado, se o solo estiver seco, a válvula é aberta para permitir a irrigação.

A placa ESP32 desempenha um papel crucial na integração e processamento dos dados do sensor de umidade. Além disso, ela executa os algoritmos de controle que determinam quando e por quanto tempo a válvula deve ser aberta ou fechada, com base nos níveis de umidade do solo. A ESP32 também pode ser programada para enviar notificações ou alertas para o usuário, caso ocorra algum problema no sistema.

Este projeto se enquadra no contexto da Internet das Coisas (IoT), onde dispositivos conectados à internet podem interagir entre si e com o ambiente ao seu redor. No caso do sistema de irrigação inteligente, a IoT permite o monitoramento remoto dos níveis de umidade do solo e o controle automatizado da irrigação, proporcionando maior eficiência no uso da água e facilitando a vida dos agricultores e jardineiros com possibilidade de paisagismo bem irrigado.

Figura 4. ESP32, 2024



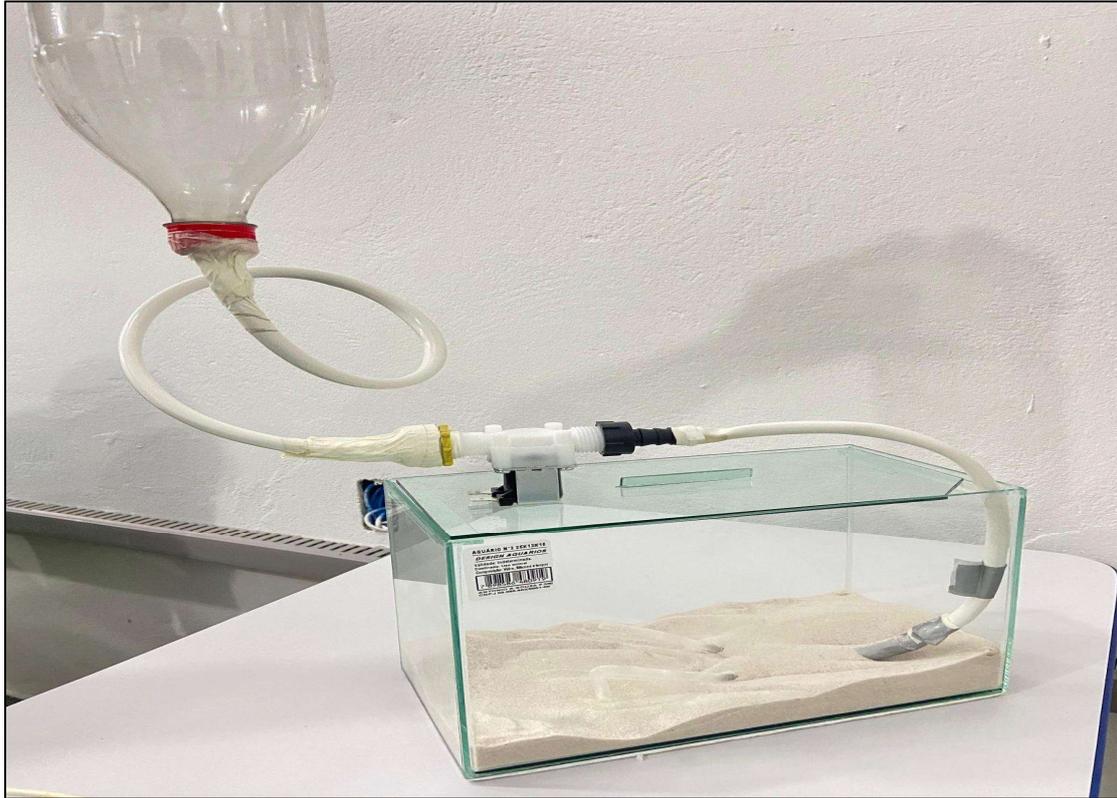
Fonte: esp32io.com, 2024.

Utilizamos a Arduino IDE 2.3.2 e a linguagem de programação C para desenvolver o código do componente ESP32 no sistema de irrigação inteligente, o que foi fundamental para garantir a eficiência e a precisão do sistema. Através desse código, conseguimos integrar o sensor de umidade ao ESP32, permitindo a leitura dos valores de umidade do solo em tempo real.

Os valores obtidos pelo sensor de umidade variam entre 0 e 4967, sendo que valores abaixo de 3000 indicam que o solo está úmido, enquanto valores entre 3000 e 4967 indicam que o solo está seco. Com base nesses dados, estabelecemos o valor de corte em 3000 para determinar quando o solo está seco o suficiente para acionar a válvula solenoide e iniciar a irrigação.

Essa abordagem de controle automatizado permite uma gestão eficiente da irrigação, garantindo que as plantas recebam a quantidade adequada de água, evitando tanto a escassez quanto o excesso. Além disso, a integração do ESP32 e do sensor de umidade demonstra a aplicação prática da Internet das Coisas (IoT) na agricultura, proporcionando monitoramento e controle remotos dos sistemas de irrigação.

Figura 5. Simulação do Sistema de Irrigação.



Fonte: os autores

Figura 6. Código da Placa ESP32

```
ESP32 Dev Module

#define RELAY_PIN 17 // ESP32 pin GPIO17 Relé
#define MOISTURE_PIN 36 // ESP32 pin GPIO36 Sensor Umidade
#define THRESHOLD 3000 // Limite para abertura da valvula

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
  //Leitura analogica do sensor de Umidade
  int value = analogRead(MOISTURE_PIN);

  if (value > THRESHOLD) {
    Serial.print("Valvula aberta");
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    /*Deixa valvula aberta por 5seg*/
    delay(5000);
  } else {
    Serial.print("Valvula Fechada");
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
  }

  Serial.print(" (");
  Serial.print(value);
  Serial.println(")");
}
```

Fonte: os autores

4.1 Aplicações Futuras

Diferentes tipos de plantas têm necessidades específicas de água, e adaptar o sistema de irrigação inteligente para atender a essas necessidades pode maximizar a eficiência hídrica e melhorar os rendimentos das culturas. Outra aplicação futura interessante é a utilização do sistema em diferentes regiões geográficas, especialmente em áreas propensas a secas ou com recursos hídricos limitados. O sistema de irrigação inteligente pode ser adaptado para funcionar em condições climáticas adversas, ajudando os agricultores a produzirem alimentos de forma mais sustentável e resiliente às mudanças climáticas.

Além disso, o sistema de irrigação inteligente também pode ser escalado para sistemas de produção em larga escala, como fazendas comerciais e plantações industriais. Nesses casos, a capacidade de monitoramento remoto e automação do sistema pode ser ainda mais vantajosa, permitindo aos agricultores gerenciarem grandes áreas de cultivo com eficiência e precisão.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste sistema de irrigação inteligente representa um avanço significativo na IoT, oferecendo uma solução automatizada e eficiente para o manejo da irrigação de plantas. A integração de tecnologias de sensoriamento e automação permitiu criar um sistema capaz de monitorar e controlar a umidade do solo de forma precisa, contribuindo para o uso mais eficiente dos recursos hídricos e para a promoção de um cultivo sustentável. Futuras pesquisas podem explorar a expansão e aprimoramento deste sistema, bem como sua aplicação em diferentes culturas e ambientes agrícolas. Com base nos dados coletados e nas análises realizadas, é possível destacar algumas conclusões importantes:

Eficiência Hídrica: A tecnologia biomimética demonstrou uma distribuição mais eficiente da água, garantindo que cada área do solo receba a quantidade ideal de água. Isso resulta em uma utilização mais racional dos recursos hídricos, reduzindo o desperdício e contribuindo para a sustentabilidade ambiental (MELO, 2019)

Facilidade de Manutenção: O sistema biomimético demonstrou ser mais eficiente em termos de manutenção, exigindo menos intervenções e ajustes manuais. Isso reduz os custos operacionais e a necessidade de mão de obra, tornando-o uma opção mais viável economicamente (MIKELSTEN, 2009).

Adaptação ao Ambiente: A tecnologia de irrigação inspirada nas raízes das plantas é altamente adaptável a diferentes ambientes e condições de cultivo. A flexibilidade dos tubos e a capacidade de autoajuste com base nos dados dos sensores permitem que o sistema se adapte às necessidades específicas de cada cultura e de cada região (MELO, 2019)

Potencial de Automação: A integração de sensores e dispositivos de controle ao sistema biomimético possibilita sua automação, tornando a irrigação um processo mais eficiente e autônomo. Isso permite que os agricultores monitorem e controlem a irrigação de forma remota, economizando tempo e recursos (FIGUEIRA, 2012).

REFERÊNCIAS

- BENYUS, Janine M. **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza**. Editora Cultrix, 2003.
- COMAS, Christiane Congro. Agricultura é uma aliada no uso e conservação d'água. 31 out. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/38956116/agricultura-e-uma-aliada-no-uso-e-conservacao-dagua>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- DETANICO, Flora Bittencourt; TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; SILVA, Tania Luisa Koltermann da. A biomimética como método criativo para o projeto de produto. **Design & tecnologia**. Porto Alegre, RS. v. 1, n. 2, p. 101-113, 2010. <https://doi.org/10.23972/det2010iss02pp101-113>
- FIGUEIRA, Eduardo Carneiro. **Estudo e desenvolvimento de sensores biomiméticos baseados em materiais carbonáceos modificados com ftalocianinacobalto (II) para detecção amperométrica de metribuzin**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e0da7f85-0b02-42d6-9b03-47d3b75aaf49/content>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- GOMES, Guilherme. **Plantio direto de hortaliças orgânicas: estudo de caso em uma propriedade periurbana em Florianópolis, SC**. Dissertação em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/elian/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/212991.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- MELO, W. O. **Biomimética no semiárido: análise dos princípios funcionais das plantas xerófilas para aplicação conceitual no design de sistema de armazenamento de água**. Dissertação em Design, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/elian/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/WEDSCLEY%20OLIVEIRA%20DE%20MELO%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20\(PPGDesign\)%202019.pdf](file:///C:/Users/elian/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/WEDSCLEY%20OLIVEIRA%20DE%20MELO%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20(PPGDesign)%202019.pdf). Acesso em: 2 jun. 2024.
- MIKELSTEN, Daniel. **Automação e Tecnologias Emergentes**. Cambridge Stanford Books, 2009.
- PINTO, Gustavo. **Irrigação inteligente: máxima precisão no consumo de água**. 2024. Disponível em: <https://v2com.com/2024/03/15/irrigacao-inteligente/>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- RODRIGUES, Lineu Neiva. **Agricultura irrigada e sua importância estratégica na produção sustentável de alimentos**. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81276513/agricultura-irrigada-e-sua-importancia-estrategica-na-producao-sustentavel-de-alimentos>. Acesso em: 2 jun. 2024.

SILVA, Leonardo Almeida. **Automação e sustentabilidade:** monitoramento utilizando IoT para reduzir o desperdício de recursos na jardinagem. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Ciência da Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/73707/1/2023_tcc_lasilva%20%281%29.pdf. Acesso em: 2 jun. 2024.

SILVA, Joana. **Nova versão de sensor para irrigação gera economia e aumenta a produtividade da lavoura.** 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/88807855/nova-versao-de-sensor-para-irrigacao-gera-economia-e-aumenta-a-produtividade-da-lavoura#:~:text=Em%20nova%20vers%C3%A3o%2C%20o%20sensor,na%20sua%20instrumenta%C3%A7%C3%A3o%20de%20contro>le. Acesso em: 2 jun. 2024.

ULLER, Marcelo. **Biomimética aplicada à engenharia aeronáutica.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-18062024-143655/>. Acesso em: 2 jun. 2024.

VERDE NETO, João Coelho Lima. **Desenvolvimento de um plano estratégico de inovação tecnológica em políticas públicas aplicada à cadeia produtiva da água no Estado do Ceará.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Ceará, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/59697/1/2021_dis_jclvneto.pdf. Acesso em: 2 jun. 2024.