

Sistema de irrigação inteligente, gerenciado por um *Chatbot*, para gestão hídrica no contexto agrícola

Rafael Dutra Pereira, Leonardo Barreto Campos

Coordenação de Sistemas de Informação – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) – Vitória da Conquista – Bahia – Brasil

contatorafaeldutra@outlook.com, leonardobcampos@gmail.com

Abstract. *The present work addresses the development of an intelligent irrigation system aimed at optimizing water usage in agriculture. Water is an increasingly scarce resource, with alarming forecasts for the near future. Agriculture consumes around 70% of all potable water, and a significant portion of this volume is wasted due to inefficient irrigation methods. This project proposes the creation of a Wireless Sensor Network (WSN) that monitors soil moisture, the water reservoir level, and triggers automated irrigation, in addition to providing a communication interface with the end user via a chatbot.*

Keywords: Smart Agriculture, Internet of Things; ESP32; Chatbot.

Resumo. *O presente trabalho aborda o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente visando otimizar o uso da água na agricultura. A água é um recurso cada vez mais escasso, com previsões alarmantes para o futuro próximo. A agricultura consome cerca de 70% de toda a água potável, e grande parte desse volume é desperdiçado devido a métodos ineficientes de irrigação. Este projeto propõe a criação de uma rede de sensores sem fio (RSSF) que monitora a umidade do solo, o nível do reservatório de água e aciona a irrigação de forma automatizada, além de disponibilizar uma interface de comunicação, via chatbot, com o usuário final.*

Palavras-Chave: Agricultura Inteligente; Internet das Coisas; ESP32; Chatbot.

1. Introdução

A água é um recurso natural finito e cada vez mais escasso. No último século, o consumo de água doce aumentou seis vezes e continua a avançar a uma taxa de 1% ao ano. Com isso, estima-se que, até 2030, mais de 40% da população do planeta estará vivendo em áreas de grave estresse hídrico, caso medidas não sejam tomadas (Koncagül et al, 2021). Dentre essas medidas, é necessário diminuir a utilização de água na agricultura, pois quase 70% de toda a água potável consumida no planeta é destinada para o campo, onde 40% é gasto exclusivamente no processo de irrigação, sendo que metade deste percentual é desperdiçado. (FAO, 2020).

De acordo com Pereira, Meireles e Santos (2017), a irrigação mal executada é um dos principais motivos para o desperdício de água na agricultura. Em primeiro lugar, esse desperdício pode ser minimizado por meio da escolha de um método de irrigação

eficiente. Conforme Carvalho e Araújo (2010), a irrigação por gotejamento é um método que possui uma eficiência na ordem de 90%. Além disso, de acordo com Guimarães e Lima (2021), a utilização desse método poderia possibilitar uma economia de 50% da água que é utilizada hoje.

Buscando ir além, este artigo apresentará uma rede de sensores e atuadores sem fio (RSSF) para automatizar o processo de irrigação por gotejamento em uma horta urbana. Além da automatização, a RSSF irá coletar dados da irrigação e do ambiente e disponibilizar para o usuário por meio de um interface de comunicação via *chatbot* (Mostaço et al, 2018). Esses dados serão utilizados para monitorar a irrigação e, posteriormente, realizar a análise do impacto da implementação deste projeto.

As demais seções deste artigo estão divididas da seguinte forma: na segunda seção, serão apresentados resultados e propostas de trabalhos anteriores que estão relacionados com o contexto deste; na terceira seção, serão apresentados os métodos e as tecnologias utilizadas na construção do projeto; na quarta seção, são apresentados os resultados do projeto, assim como uma análise dos dados obtidos e; na última seção, são apresentadas as conclusões dos autores.

2. Trabalhos Relacionados

Para construir a base fundamental para o desenvolvimento do projeto, os autores pesquisaram por trabalhos correlatos que pudessem apresentar o estado da arte dos sistemas de irrigação automatizados. Para isso, foram coletados trabalhos publicados entre os anos de 2018 e 2023, onde um resumo dos mesmos serão apresentados nos parágrafos a seguir.

O sistema de irrigação automatizado de Louro (2022) usa um aplicativo Android para monitorar a umidade do solo e acionar a irrigação quando necessário. Ele também conta com sensores de chuva e UV (Radiação Ultravioleta) para ajustar a rega conforme as condições climáticas, permitindo que o usuário defina intervalos e duração da irrigação.

Alia, Natsution e Satriyo (2023) desenvolveram um sistema de irrigação por aspersão usando o ESP32 para coletar dados de sensores, comunicar com uma base de dados e acionar a irrigação. A interface, feita com o Blynk, oferece modos manual, semiautomático e automático para controlar a rega.

Moura e Nobre (2022) desenvolveram um sistema automatizado para o cultivo de alface, testado em 25m², que monitora quatro variáveis (luminosidade, umidade do solo, temperatura do ar e umidade do ar), mas utiliza apenas a umidade do solo para acionar a irrigação. O controle é feito por um ESP8266 e a coleta dos dados, por um Arduino Pro Mini; os dados são exibidos em um aplicativo mobile com React Native.

Abreu (2023) criou um sistema de irrigação para hortas verticais que coleta a umidade e temperatura do ar, nível do reservatório e umidade do solo, registrando os dados no Google Sheets para decidir o momento de irrigar. O sistema permite consulta via aplicativo Android e envia alertas pelo Telegram quando o reservatório está abaixo do ideal.

Muxito et al (2018) desenvolveram um protótipo de irrigação automatizado para uma área de 5.000 m², usando pivôs. O sistema utiliza um Arduino Uno R3 para ler a umidade e controlar a bomba, e um webservice via ESP8266 para exibir os dados em um

painel web, onde é possível configurar o nível mínimo de umidade ou acionar a irrigação manualmente.

Na Tabela 1, é possível visualizar uma comparação entre os trabalhos relacionados e o trabalho apresentado neste artigo.

Tabela 1. Comparação entre os trabalhos relacionados e o trabalho dos autores.

		Trabalhos					
		Louro, 2022	Alia, Natsution e Satriyo, 2023	Moura e Nobre, 2022	Abreu, 2023	Muxito et al, 2018	Pereira e Campos, 2025
Parâmetros	Sensores	Umidade do solo, UV e precipitação pluviométrica	Umidade do solo, temp. do ar, temp. do solo, reservatório de água e pH do solo.	Umidade do solo, temp. do ar, umidade do ar e luminosidade	Umidade do solo, temp. do ar, umidade do ar e reservatório de água.	Umidade do solo	Umidade do solo e reservatório de água.
	Micro-controlador	<i>Atmega 2560</i>	<i>ESP32</i>	<i>ATmega328P e ESP8266</i>	<i>ESP8266</i>	<i>Atmega 328</i>	<i>ESP32</i>
	RSSF	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
	Interface	<i>Android</i>	<i>Android</i>	<i>Android</i>	<i>Android, Web e chatbot no Telegram</i>	Web	<i>Chatbot no WhatsApp</i>
	Área de cobertura da aplicação	10m ²	-	25m ²	-	5000m ²	360m ²

3. Irrigação Inteligente

Esta seção apresenta as etapas da construção do sistema de irrigação inteligente. A arquitetura, que pode ser visualizada na Figura 1, inclui uma rede de sensores sem fio para monitoramento e controle da irrigação, um *backend* com API REST (Application Programming Interface) em ORDS (Oracle® Rest Data Services) para armazenar dados e interagir com a Meta® Cloud API, e a comunicação com os usuários via WhatsApp® Messenger. Cada etapa será detalhada nas três subseções (3.1, 3.2 e 3.3) contidas nesta seção.

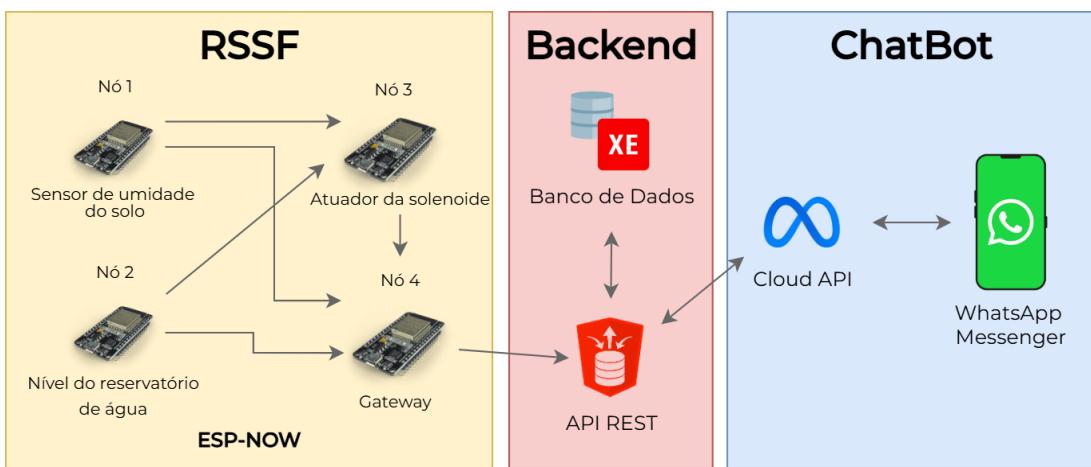


Figura 1. Arquitetura do sistema de irrigação inteligente.

3.1 Desenvolvimento do *backend*

O *backend* consiste em um banco de dados e uma *API REST*. Para o armazenamento das informações, foi utilizado a versão gratuita do banco de dados da *Oracle®*, o *Oracle® Express Edition (XE)*. Decidiu-se por utilizar o *XE* porque o local de implantação do sistema já possuía uma infraestrutura e um *software* que utilizam o banco. Então, ao utilizar a mesma infraestrutura, além de facilitar o desenvolvimento, também seria possível, por exemplo, realizar uma integração com esse *software*, apesar disso não estar incluído no escopo deste projeto.

O núcleo do modelo de dados é composto por duas tabelas. A primeira tabela servirá para armazenar as variáveis do ambiente que são coletadas pelos nós (nível do reservatório de água e a umidade do solo), registrando o valor e o horário de coleta. Por sua vez, a segunda tabela armazena os horários de início e término de cada irrigação. Para alimentar essas duas tabelas, foi utilizado o *Oracle® Rest Data Services (ORDS)* para criar uma *API REST*.

O *ORDS* é uma ferramenta disponível gratuitamente em qualquer edição de banco de dados da *Oracle®*. Essa ferramenta interpreta chamadas *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)* e permite que o desenvolvedor consiga lidar com essas chamadas através da linguagem procedural da *Oracle®*, o *PL/SQL*. A partir disso, foi criada uma *API* com três *endpoints*: um para receber os dados dos sensores; outro para receber os dados da solenoide; e um último para estabelecer a comunicação com a *Meta® Cloud*.

Com o *backend* finalizado, é possível partir para a construção das demais partes do projeto: a RSSF e o *chatbot*.

3.2 Desenvolvimento da RSSF

Uma rede de sensores sem fio consiste em nós que se comunicam por radiofrequência, exigindo um protocolo comum. Neste projeto, foi utilizado o *ESP-NOW*, integrado ao microcontrolador *ESP32*. Desenvolvido pela *Espressif®*, o *ESP-NOW* oferece comunicação de média distância, alta velocidade e baixo consumo de energia, sendo adequado para a necessidade do sistema, cujos nós não ultrapassam 300 metros de distância entre si.

Na Figura 2, é possível visualizar o fluxograma da comunicação entre os nós da rede. O primeiro nó mede a umidade do solo a cada 5 minutos e envia o dado via ESP-NOW para o terceiro nó, que controla a irrigação. Se a umidade estiver abaixo do mínimo, o terceiro nó solicita ao segundo nó a leitura do nível do reservatório. Se houver água suficiente, ele aciona a válvula solenoide para irrigação; caso contrário, a irrigação é interrompida. Se a umidade estiver acima do máximo, a válvula é fechada. Todas as leituras e ações são registradas no backend.

Para a construção dos nós, foram utilizados seis componentes principais: um microcontrolador *ESP32*, uma protoboard para facilitar as conexões, uma antena para aumentar o alcance da transmissão de dados, uma fonte de alimentação e *leds* indicadores. Com exceção do quarto nó (*gateway*), todos os demais nós possuem componentes extras que são necessários para executar tarefas específicas: o primeiro nó possui um sensor de umidade do solo; o segundo possui um sensor ultrasônico que é utilizado para medir o nível do reservatório de água com base na distância que a sonda leva para sair do sensor, atingir a superfície da água e retornar; e o terceiro nó possui um relé responsável por fechar ou abrir o circuito elétrico entre a válvula solenoide e a fonte de energia elétrica. Ao ser energizada, a válvula permite que a irrigação ocorra.

Por fim, com a RSSF e o *backend* construídos, o próximo passo é a construção do *chatbot* para realizar a consulta aos dados.

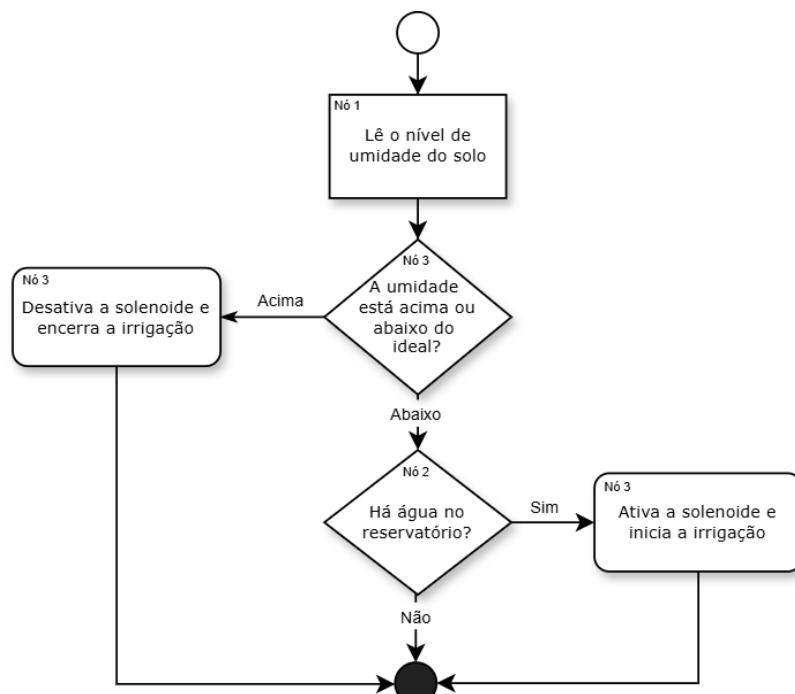


Figura 2. Fluxograma do processo de irrigação.

3.3 Desenvolvimento do *chatbot*

O *chatbot* foi desenvolvido utilizando o serviço de mensageria *WhatsApp®*, por ser o mais popular e, consequentemente, facilitar a adaptação por parte dos usuários. Para isso, foi necessário implementar um *webhook*, no *backend*, que fosse capaz de receber as mensagens dos usuários, processá-las e responder com os dados necessários.

Para realizar a integração com o *WhatsApp®*, é necessário utilizar a *Cloud Meta® API*, que é uma *API* desenvolvida para que terceiros consigam interagir com as ferramentas e serviços da *Meta®*. O plano gratuito oferece até 1000 janelas de conversa por mês, cada uma válida por 24 horas após a primeira mensagem do usuário. Através desse plano, o chatbot não pode iniciar conversas nem enviar notificações automáticas, exigindo a versão paga para esses recursos. No entanto, para este projeto, a versão gratuita é suficiente.

Após configurar a conta na *Meta® Cloud* e o webhook para receber mensagens, o backend foi preparado para processar e responder às requisições. O chatbot, ao receber uma mensagem, envia uma lista de opções para o usuário selecionar a informação desejada. Após a escolha, os dados são buscados no banco e enviados como resposta.

4. Resultados e discussão

Nesta seção, serão apresentados os resultados da construção do projeto, além da discussão sobre o impacto causado e dos problemas encontrados.

A Figura 3 mostra o primeiro e o terceiro nó em atividade. Durante a construção, os autores identificaram que o sensor de umidade resistivo tem baixa durabilidade, pois suas hastes podem corroer com o tempo. Para prolongar sua vida útil, inicialmente, o microcontrolador ativava o sensor apenas durante as leituras, desligando-o em seguida. No entanto, ao final do projeto, o sensor foi substituído por um modelo mais durável, que permaneceu ativado continuamente.

Outro problema encontrado com a RSSF foi a transmissão dos dados para o *backend*. Inicialmente, todos os nós iriam, de forma independente, fazer as requisições diretamente ao *backend*, sem a necessidade de um *gateway*. Entretanto, devido a distância entre os nós e o roteador conectado à Internet (cerca de 300 metros), essa comunicação estava ficando comprometida, pois o sinal WiFi estava fraco. Assim, a solução foi adicionar um outro nó, o *gateway*, próximo ao roteador, que recebe todas as requisições dos outros nós, se conecta à Internet e envia os dados ao *backend*. Com isso, os dados passaram a ser enviados corretamente, permitindo a consulta através do *chatbot*.

Na Figura 4, é possível visualizar a interação com o *chatbot* para a consulta dos dados. Como o *chatbot* foi implementado com o *WhatsApp®*, não houve dificuldades de adaptação por parte dos agricultores, pois já tinham o hábito de utilizar o aplicativo de mensageria. Inicialmente, o *chatbot* contava com uma opção para consultar se a irrigação estava ativada ou desativada e outra opção para verificar o nível de umidade do solo. Posteriormente, por solicitações dos agricultores, foi adicionada uma opção para consultar o histórico de irrigações.

Antes da implantação, a irrigação era manual e consumia 5 mil litros de água por dia, baseada apenas na umidade da superfície do solo, resultando em desperdício. O solo não absorvia toda a água aplicada, causando escoamento excessivo. Com o sensoriamento, o sistema passou a irrigar somente quando a umidade ficava abaixo do ideal. Os níveis foram ajustados inicialmente por testes e refinados em campo, facilitados pela configuração via radiofrequência, sem necessidade de remover os equipamentos.

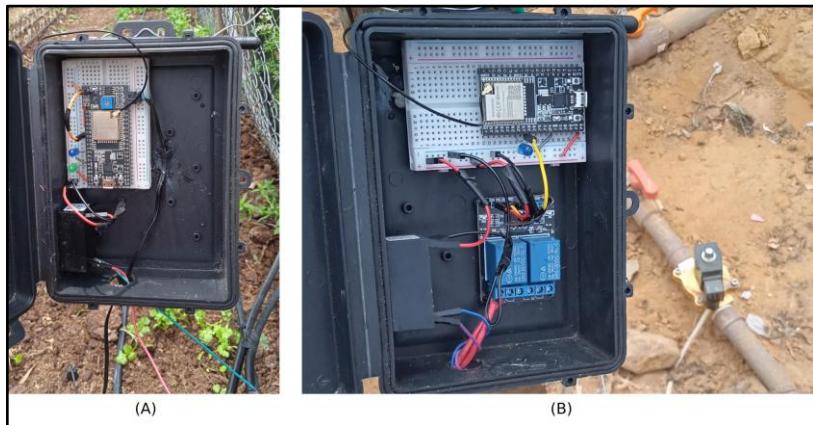


Figura 3. (A) Nó responsável por monitorar a umidade do solo. (B) Nó responsável por controlar a válvula solenoide.

Após a definição das configurações, passou-se para a etapa de avaliação do sistema. O processo anterior, de irrigação manual, gastava água em excesso, pois os agricultores utilizavam 5 mil litros de água todos os dias para irrigar o cultivo, não verificando se essa quantidade era maior do que o necessário. Com a implementação do sistema, a irrigação passou a ser acionada somente quando era identificado que o solo estava abaixo da umidade ideal. Com isso, o consumo de água passou a ficar em uma média de 2000 a 3000 litros por dia, gerando uma economia de aproximadamente 40%.

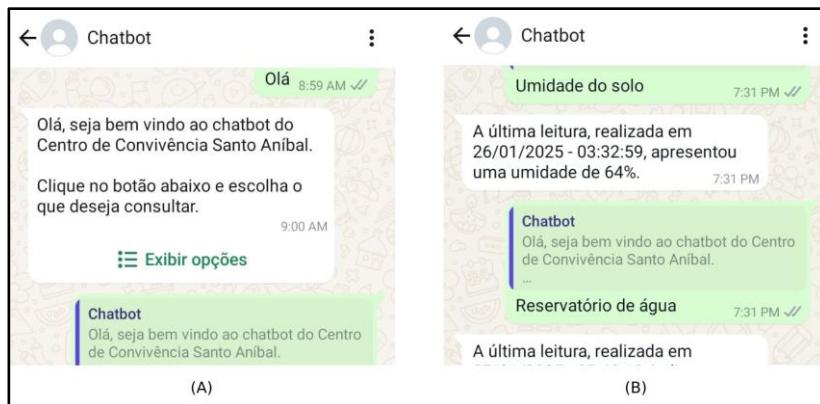


Figura 4. (A) Iniciando *chatbot*. (B) *Chatbot* respondendo com as informações solicitadas.

5. Considerações finais

Neste projeto, foi desenvolvido um sistema de irrigação automático, que é monitorado através de um *chatbot*. O sistema foi construído para atuar através de uma rede de sensores sem fio, sem a necessidade de cabeamento para transferência dos dados. O código-fonte de cada nó da rede foi disponibilizado no *GitHub*¹ para contribuições futuras. Além disso, também foi desenvolvido um *backend* para realizar o armazenamento dos dados coletados e disponibilizá-los, através do *WhatsApp®*, para os agricultores. Por fim, o resultado do projeto foi satisfatório, resultando em um monitoramento mais preciso do cultivo, menos carga de trabalho para os agricultores e, claro, uma economia de água no processo de irrigação. Como mecanismo de segurança,

¹ <https://github.com/rafael-dutr4/smart-irrigation-wsn>

o antigo sistema de rega manual foi mantido, garantindo uma alternativa de *backup* em caso de falha do sistema automatizado.

O projeto apresenta oportunidades de melhoria que podem inspirar futuros desenvolvimentos. Primeiramente, embora a transferência de dados seja sem cabos, os nós ainda dependem de energia elétrica, o que poderia ser substituído por placas solares, tornando o sistema mais autossustentável. Além disso, o chatbot atual não emprega processamento de linguagem natural, o que limita a interação mais humanizada com o agricultor. Outra melhoria seria integrar os componentes dos nós em uma única placa de circuito impresso, em vez de usar uma protoboard, o que facilitaria a escalabilidade e reduziria problemas de mau contato. Outro ponto é que, para aplicações de longo alcance, recomenda-se a utilização de protocolos como o LoRa, já que o ESP-NOW se mostra ineficiente acima de 300 metros (em áreas fechadas). Por fim, algo que poderia ser explorado em trabalhos futuros seria a análise do fornecimento de água do sistema, a fim de verificar se o fornecimento não estaria sendo menor do que o necessário para o cultivo em questão.

Referências

- Alia, S., Natsution, I. Satriyo, P. (2023). IoT-enable smart agriculture using multiple sensors for sprinkle irrigation systems. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 1290, No. 1.
- Abreu, A. (2023). Sistema De Irrigação Automatizado Para Hortas Verticais. Universidade Federal do Ceará.
- Carvalho, E. Araujo, L. (2010). Irrigação inteligente. In Anuário da produção de iniciação científica discente, Anhanguera Educacional.
- FAO. (2020). The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome.
- Guimarães, D. C. L., de Lima, S. C. (2021). A agricultura e o consumo de água. In: Inovação e tecnologia nas Ciências Agrárias. Antena Editora. 2021. p. 219-225.
- Koncagül, E., Tran, Michael. Connor R. (2021). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados.
- Louro, P. (2022). Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e controlado por aplicativo para um quintal produtivo. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- Moura, M. Nobre, T. (2022). Sistema de Automação e Controle Inteligente no Processo de Irrigação Usando IoT no Cultivo da Alface. Instituto Federal da Paraíba.
- Mostaço, G. M. et al. (2018) AgronomoBot: a smart answering Chatbot applied to agricultural sensor networks. In: 14th international conference on precision agriculture. 2018. p. 1-13.
- Muxito, E. M., Silva, A., M., Duarte C. (2018). IoT na Agricultura – Automação de Pivôs e Canais de Irrigação com Arduino e Webservice. III Congresso Internacional Adventista de Tecnologia (CIAT). Centro Universitário Adventista de São Paulo.
- Pereira, C. da C., Meireles, G. C. de S., Santos, R. B. (2017). Sistema de irrigação automatizado utilizando arduino uno. In Mostra Nacional de Robótica.