



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
CURSO ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

ALAN NEGALHO DE OLIVEIRA

HORTALITECH - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO DA CULTURA
DO TOMATE CEREJA NA CIDADE DE CORRENTE-PI

CORRENTE-PI

2023

ALAN NEGALHO DE OLIVEIRA

HORTALITECH - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO DA CULTURA
DO TOMATE CEREJA NA CIDADE DE CORRENTE-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente.

Orientador: Prof. Me. Felipe Gonçalves dos Santos

Coorientador(a): Prof. Esp. Eutino Júnior Vieira Sirqueira

CORRENTE-PI

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

- Oliveira, Alan Negalho de
- O48 Hortalltech - Sistema de Irrigação e Monitoramento da Cultura do
tomatecereja na cidade de Corrente - PI / Alan Negalho de Oliveira. -
2023.
24 p.: il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Análise e Desenvolvimento
de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Corrente, 2023.
Orientador : Prof Me. Felipe Gonçalves dos Santos.
Coorientador : Prof Esp. Eutino Júnior Vieira Sirqueira .
1. Analise e Desenvolvimento de Sistemas - estudo e ensino. 2. Agricultura.
3. Irrigação. 4. Tomate Cereja. I. Título.

CDD - 004

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB 3/1251

ALAN NEGALHO DE OLIVEIRA

HORTALITECH - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO DA CULTURA
DO TOMATE CEREJA NA CIDADE DE CORRENTE-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Corrente.

Aprovada em: ____/____/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Felipe Gonçalves dos Santos (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Esp. Eutino Júnior Vieira Sirqueira (Coorientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Juan Morysson Viana Marciano
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Jurandir Cavalcante Lacerda Júnior
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

HORTALITECH - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO DA CULTURA DO TOMATE CEREJA NA CIDADE DE CORRENTE-PI

Alan Negalho de Oliveira¹
Felipe Gonçalves dos Santos²
Eutino Júnior Vieira Sirqueira³

RESUMO

A automação na agricultura tem se mostrado uma solução eficiente para aumentar a produtividade e a sustentabilidade do setor. O estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema automatizado que utiliza um aplicativo móvel, micro controlador e sensores para monitorar as necessidades hídricas visando aumentar a eficiência e a sustentabilidade do processo de cultivo do tomate cereja. O procedimento metodológico do estudo realizado na cidade de Corrente-PI, possibilitou o desenvolvimento de um sistema que utiliza sensores para monitorar as condições ambientais e as necessidades hídricas da planta, com base nos dados coletados, o sistema controla a irrigação de forma precisa e eficiente, o sistema possui um aplicativo móvel para o usuário pode monitorar e controlar a irrigação. Os resultados indicaram uma redução notável no consumo hídrico, alinhando-se a uma eficiente faixa de 250 a 300 milímetros diários por tomateiro. Além disso, observou-se uma influência direta na uniformidade e qualidade dos frutos produzidos. Baseado nos resultados obtidos com desenvolvimento e implementação de um sistema automatizado de monitoramento e irrigação no cultivo da cultura do tomate cereja, essa abordagem permitiu alcançar bons resultados na produção do tomateiro, proporcionando maior eficiência e precisão no manejo da cultura.

Palavras-chave: agricultura; automação; monitoramento; irrigação; tomate cereja.

ABSTRACT

Automation in agriculture has proven to be an efficient solution to increase productivity and sustainability in the sector. The study aims to develop an automated system that uses a mobile application, microcontroller and sensors to monitor water needs in order to increase the efficiency and sustainability of the cherry tomato cultivation process. The methodological procedure of the study carried out in the city of Corrente-PI, enabled the development of a system that uses sensors to monitor environmental conditions and the plant's water needs, based on the data collected, the system controls irrigation accurately and efficiently, the system has a mobile application so the user can monitor and control irrigation. The results indicated a notable reduction in water consumption, in line with an efficient range of 250 to 300 millimeters daily per tomato plant. Furthermore, a direct influence on the uniformity and quality of the fruits produced was observed. Based on the results obtained with the development and implementation of an automated monitoring and irrigation system in the cultivation of cherry tomatoes, this approach allowed achieving good results in tomato production, providing greater efficiency and precision in crop management.

Keywords: agriculture; automation; monitoring; irrigation; Cherry tomato.

¹ Acadêmico do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Instituto Federal do Piauí - IFPI. E-mail: CACOR.2021121TADS0011@aluno.ifpi.edu.br.

² Professor Mestre. Instituto Federal do Piauí - IFPI. Orientador do TCC. E-mail: felipe.santos@ifpi.edu.br.

³ Professor Especialista. Instituto Federal do Piauí - IFPI. Co-orientador do TCC. E-mail: eutino.junior@ifpi.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola desempenha um papel crucial na economia global, contribuindo com 4% do Produto Interno Bruto (PIB) em escala mundial. Em nações menos desenvolvidas, tal setor pode representar uma parcela ainda mais substancial, ultrapassando os 25% do PIB (Banco Mundial, 2023).

No Brasil com a modernização da agricultura, impulsionada pelo avanço da Revolução Verde a partir da segunda metade do século XX, promoveu uma significativa transformação produtiva no país. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), a agricultura desempenha um papel essencial na economia brasileira, representando 24,8% do (PIB). Além disso, o setor agrícola tem apresentado taxas de crescimento favoráveis e tem sido fundamental para a manutenção de índices positivos tanto na balança comercial quanto no PIB, especialmente durante períodos de crise econômica (Guitarrara, 2023)

A região Nordeste possui cerca de 41,0% dos estabelecimentos nacionais de horticultura, evidenciando a importância dessa atividade para a região, de acordo com dados do Censo Agropecuário 2017. Em levantamento realizado pela Produção Agrícola Municipal (PAM), é possível observar que a produção de hortaliças no Brasil abrange uma área de 1,6 milhão de hectares, essa produção resultou em um total de 30,5 milhões de toneladas de hortaliças. É importante ressaltar que a região nordeste possui as maiores áreas cultivadas, totalizando 524 mil hectares (Brainer, 2021).

Conforme os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2022, a produção de tomates no estado do Piauí obteve o valor de produção estimado em R\$9.797,00. A colheita dessa cultura totalizou aproximadamente 4.343 toneladas, abrangendo uma área cultivada de 175 hectares (IBGE, 2023).

No entanto, a escassez de recursos hídricos emerge como uma limitação significativa para o cultivo de tomate cereja na região que possui um clima semiárido e tropical do Nordeste brasileiro (Roque, 2022). Nesse contexto, alinhado com a linha de raciocínio apresentada por Caetano (2020), é imprescindível estabelecer uma irrigação eficiente como um elemento essencial para alcançar resultados consideráveis na produção. Para tanto, é crucial considerar os aspectos geográficos e climáticos específicos da região, visando garantir a eficácia e o fornecimento adequado de água no momento certo para a cultura.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo desenvolver e implementar um sistema automatizado de monitoramento e irrigação no cultivo da cultura do tomate cereja, utilizando sensores e microcontrolador, visando aumentar a eficiência e a sustentabilidade no processo de cultivo. O sistema permitirá que o usuário interaja e verifique informações sobre o cultivo por meio de um aplicativo.

A automação na produção agrícola de hortaliças apresenta uma série de benefícios, tais como a melhoria da eficiência, sustentabilidade, o aprimoramento da qualidade do produto, a redução de custos, riscos agrícolas e aumento do monitoramento. Esse avanço tecnológico proporciona impactos significativos no setor agrícola, promovendo a modernização das práticas de cultivo e colheita, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AUTOMAÇÃO

Automação refere-se ao uso de tecnologia para realizar tarefas ou processos de forma automática, sem a necessidade de intervenção humana direta. Esta ganhou bastante relevância nos anos de 1949/50 pois possui a capacidade para realizar certas operações determinadas previamente por um operador (Rosário, 2009). Na era da tecnologia da informação, onde a intervenção humana tende a ser cada vez mais reduzida, a automação é uma abordagem fundamental (IBM, 2023).

Este conceito abrange um vasto leque de aplicações, desde o ambiente empresarial, onde é particularmente útil para a automatização de processos de negócio e tecnologia da informação (TI), até ao setor industrial, onde é utilizado na robótica. Também encontra utilização no dia a dia, como na automação residencial e na agricultura. E conforme (IBM, 2023), esta diversidade de domínios demonstra o papel crítico que a automação desempenha na otimização de processos, melhorando a eficiência e simplificando tarefas em vários setores.

2.2 AUTOMAÇÃO NO CONTEXTO DAS HORTALIÇAS

Na agricultura digital, onde há otimização da produção agrícola por meio da aplicação de tecnologia e análise de dados, a automação desempenha um papel crucial. Neste tipo de agricultura, a automação é amplamente utilizada para coletar dados por meio de sensores, imagens de satélite, drones e estações meteorológicas para rastrear variáveis agrícolas. Estes dados, ao serem processados por algoritmos e *softwares*, podem ser utilizados para oferecer informações valiosas aos agricultores, como orientações sobre o plantio, uso de insumos, controle e previsão de colheitas (Nascimento *et al.*, 2023).

As informações coletadas também podem ser utilizadas para automatizar a tomada de decisões e a realização de tarefas como a supervisão precisa, nutrição das plantas, controle e previsões de doenças, ajuste automático de parâmetros ambientais, monitoramento, controle de variáveis ambientais e irrigação. Esse ajuste contribui para maior eficiência e sustentabilidade na produção agrícola (Nascimento *et al.*, 2023).

2.3 TOMATEIRO

De acordo com a pesquisa realizada pela EMBRAPA (2023), pode constatar que o Tomateiro, uma planta de origem andina englobando o Peru, Norte do Chile, Equador, com uma ampla adaptabilidade em diferentes regiões, demonstra respostas variadas às condições ambientais, como luz, CO₂, temperatura, água e nutrientes. Além disso, as diferentes espécies e cultivares disponíveis no mercado permitem o seu cultivo em climas que variam de tropical, altitude à temperada. Conforme orientação, as cultivares de crescimento determinado são utilizadas para o plantio sem estaquia⁴, enquanto as de crescimento indeterminado requerem tutoramento ou

⁴ Processo ou técnica utilizada na jardinagem e horticultura para sustentar plantas e seus frutos, afastando-os do solo. Isso é feito por meio da instalação de estacas, redes, gaiolas ou outros

estaquia para manter a planta ereta e evitar o contato dos frutos com o solo.

2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

É crucial incorporar *insights* de trabalhos relacionados para garantir uma compreensão do assunto, especialmente na área de desenvolvimento do *software*. Aqui, pode-se observar em cinco estudos que compartilham um tema semelhante. Esses estudos fornecem uma base sólida e oferecem informações valiosas sobre o tópico em questão.

Na pesquisa de Bonruque et al. (2022), o objetivo principal do projeto foi atender pequenos e médios agricultores familiares que cultivam hortaliças. Em seu método de desenvolvimento, foi adotado a linguagem de programação Dart em conjunto com o framework Flutter, além do uso do Android Studio como ambiente de programação. O armazenamento dos dados foi realizado no Firebase, enquanto a automação foi feita pela placa microcontroladora ESP8266, utilizando Sensor Digital de Umidade e Temperatura 11 (DHT11) para análise da umidade e temperatura do ambiente e sensores de umidade do solo (HL-69).

Como resultados obtidos, Bonruque et al. (2022), demonstraram a contribuição do projeto para a modernização dos meios de produção da agricultura familiar, potencialmente inserindo-os no mundo da agricultura 4.0, auxiliando no quesito da produção de hortaliças, simplificando a produção e ajudando-os em sua sustentabilidade e renda.

No trabalho de Poovammal et al. (2023) os autores apresentam um estudo que utiliza Internet das Coisas (IoT) para melhorar o cultivo de tomates em estufas. O objetivo é coletar dados de sensores que monitoram a temperatura, umidade e luz ambiente, visando otimizar as condições de crescimento, os métodos e componentes envolvidos, incluindo uma estufa com características específicas, um kit IoT com sensores e um microcontrolador Arduino, destacando a importância da tecnologia IoT e a facilidade de uso do Arduino. Na conclusão, o autor enfatiza a capacidade do sistema de manter níveis estáveis de umidade do solo e controlar a temperatura, além de discutir possíveis melhorias, como o uso de componentes de alta qualidade.

Siqueira e Ferreira (2023) desenvolveram um protótipo de sistema de irrigação automatizado usando a plataforma Arduino. O sistema utiliza sensores para monitorar a umidade do solo, a temperatura e umidade do ar, bem como o tempo de irrigação. O acionamento da bomba de água é controlado com base nas leituras desses sensores. O projeto também incorpora um relógio de tempo real (RTC) para programar os horários de irrigação. O autor conclui enfatizando que a plataforma Arduino é eficaz para monitoramento de sistemas automatizados de irrigação, fornecendo uma solução de baixo custo.

No trabalho de Araújo et al. (2023), foi desenvolvido um sistema de irrigação automatizado de baixo custo para uso na cidade de Barro-CE. O sistema utiliza placas Arduino com sensores com o objetivo de monitorar a umidade do solo, temperatura, umidade do ar e o fluxo de água. O Arduino controla a irrigação, ativando a bomba de água quando o solo está seco e desligando-a quando está úmido. O sistema permite o monitoramento em tempo real pela internet.

suportes, garantindo que a planta cresça verticalmente e que seus frutos não entrem em contato direto com o solo, prevenindo podridão, danos e protegendo contra pragas.

Sendo assim o projeto se mostrou eficaz em manter a umidade do solo adequada, monitorar a temperatura e calcular o uso de água, e pode ser expandido para atender a outras culturas. O autor destaca o aprendizado adquirido durante o projeto e a possibilidade de melhorias, como o uso de sensores mais eficientes e a reutilização da água da chuva (Araújo et al., 2023).

De acordo com a pesquisa realizada por Nobre et al. (2023), teve como objetivo geral desenvolver um sistema de automação de irrigação para o cultivo da alface, que possa ser monitorado e controlado por um aplicativo para celulares Android, com o intuito de melhorar o aproveitamento e controle de água na irrigação da cultura. Para isso foi desenvolvido de uma unidade de *hardware* para coletar e acondicionar os dados dos sensores, uma central de coleta de dados para acionamento da liberação da água e envio dos dados coletados para a Internet, e o desenvolvimento de um software para plataforma Android para monitorar e controlar o sistema de irrigação remotamente.

Segundo Nobre et al. (2023), na conclusão da pesquisa destaca a importância da utilização correta do sistema de irrigação e da aplicação de um manejo adequado, bem como a implementação de um sistema de irrigação automático para atender as necessidades hídricas da cultura e minimizar os gastos desnecessários.

3 HORTALITECH

Esta pesquisa possui uma abordagem quantitativa, de natureza aplicada e exploratória, realizada por meio de experimentos. O estudo foi realizado no município de Corrente, localizado na microrregião de Chapadas do Extremo Sul Piauiense. A região possui um clima tropical subúmido quente, com a duração do período seco de aproximadamente cinco meses. Suas coordenadas geográficas aproximadas são latitude 10°26'36" e longitude 45°09'34". Os limites geográficos da região são definidos ao norte por Riacho Frio e São Gonçalo do Gurguéia, ao sul por Cristalândia do Piauí, Estado da Bahia e Sebastião Barros, a leste por Parnaguá, Sebastião Barros e Riacho Frio, e a oeste pelo Estado da Bahia (CEPRO, 2023).

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu em cinco etapas que são elas: Etapa um, foi realizado um estudo do estado da arte: Realizou-se uma busca em publicações da área, identificando o que já foi feito na questão de automação no contexto de hortaliças para poder assim identificar a melhor forma de desenvolver o protótipo. Na segunda etapa, análise e aprendizagem das tecnologias: nesta etapa foi feita a seleção e teste das tecnologias para o desenvolvimento do sistema.

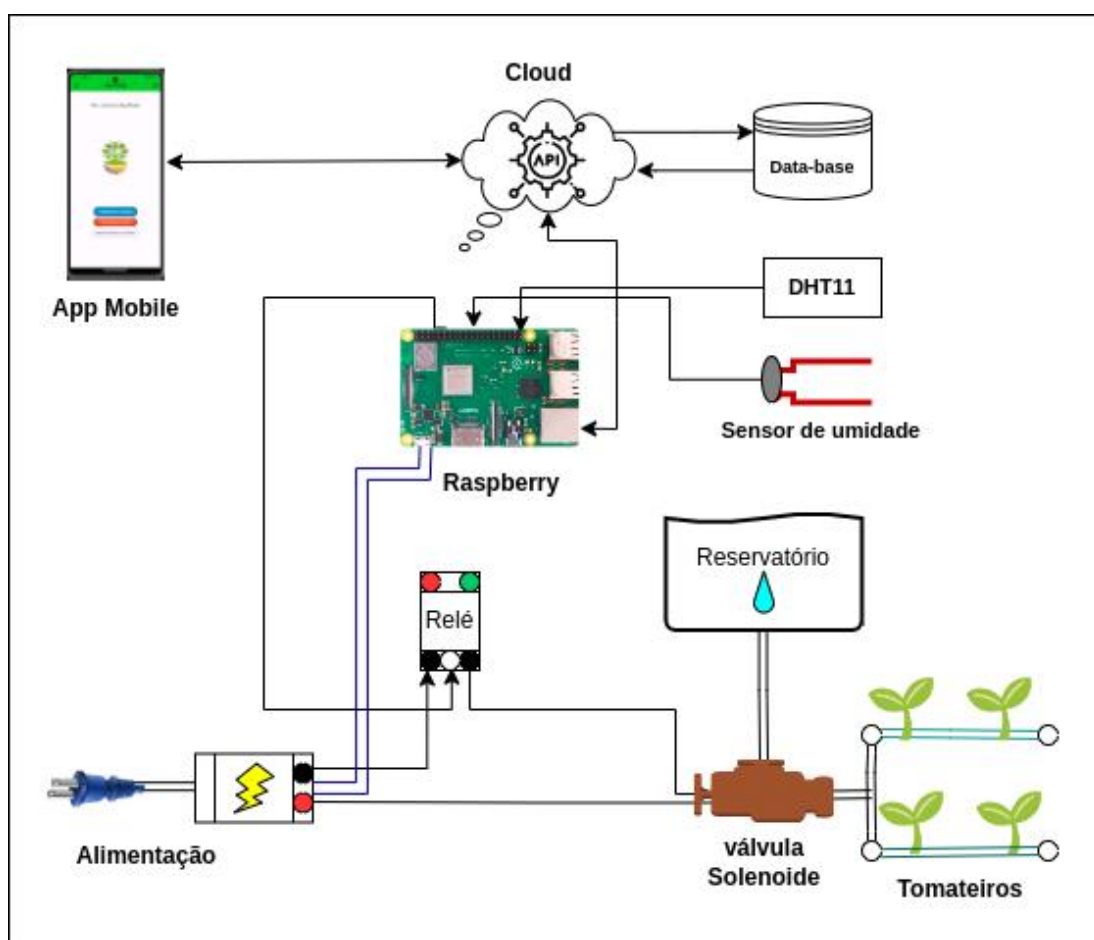
Na terceira etapa, desenvolvimento do protótipo: após a conclusão das etapas anteriores foi possível desenvolver o sistema com requisitos necessários. Na quarta etapa, implantação do protótipo em campo: foi reservado um espaço para implantação do sistema, podendo assim ser feita a obtenção dos resultados. Na quinta etapa foi feita a coleta de dados e análise: Nesta etapa final, foi realizada a coleta de dados do protótipo implantado em campo para análise do seu desempenho, funcionalidade e aceitação.

3.1 ARQUITETURA DO HORTALITECH

Conforme a Figura 1, o sistema possui um aplicativo mobile que o usuário poderá ter acesso a dados relacionados a temperatura e umidade do ambiente e também à umidade do solo e controlar a irrigação. Uma *Application Programming Interface* (API)⁵ que é responsável por gerenciar os dados do sistema e transmitir comandos realizados pelo usuário através do aplicativo. Para armazenamento dos dados temos um banco de dados relacional.

O protótipo possui um Raspberry que faz todo o gerenciamento do sistema sendo possível receber dados do sensor de umidade do solo, sensor digital de umidade e temperatura (DHT11), e controlar um relé que ativar a válvula solenóide de acordo a umidade do solo e com comandos do usuário através do aplicativo.

Figura 1- Arquitetura do sistema.



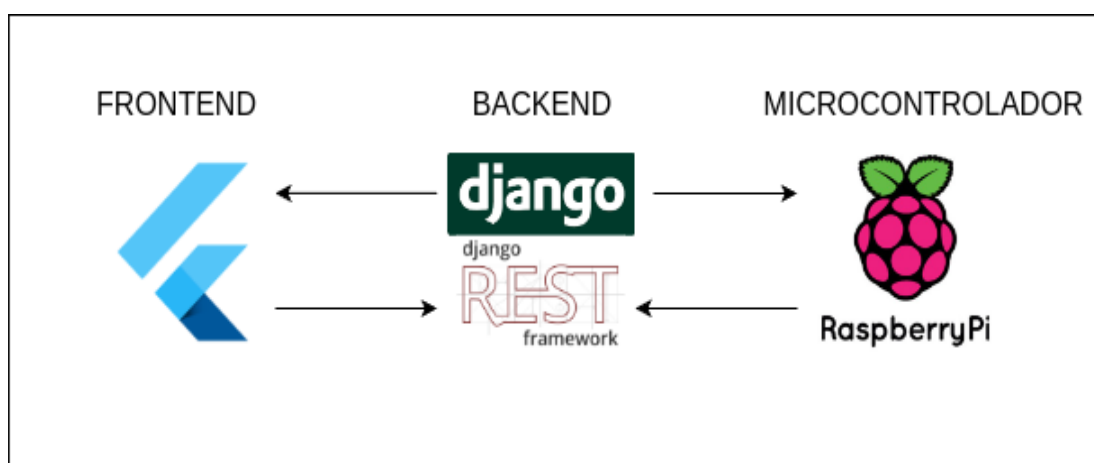
Fonte: Próprio autor (2023).

⁵ Conjunto de serviços/funções usadas para integrar novas aplicações com sistemas de software existentes

3.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Algumas tecnologias foram selecionadas para desenvolvimento e são apresentadas a seguir, justificando seu uso. Para o desenvolvimento da aplicação para dispositivo móveis o aplicativo Hortalltech foi utilizado um *framework* denominado *Flutter*, que é de código aberto e fornecida pelo Google, para controle e gerenciamento dos dados foi utilizado o *framework* intitulado *Django* por meio do pacote *django rest framework* para a construção de uma API, e uso de um banco de dados relacional para persistência de dados. Para o envio de dados a API e gerenciamento do sistema foi utilizado um microcontrolador *Raspberry Pi 3*. Essas tecnologias e ferramentas podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 - Tecnologias Utilizadas.



Fonte: Próprio autor (2023).

3.2.1 FLUTTER

O *Flutter*, desenvolvido pelo Google, é um kit de ferramentas de desenvolvimento de interface do usuário (UI) portátil e gratuito. Permite a criação eficiente de aplicativos nativos para dispositivos móveis Android e iOS, web e desktop a partir de uma única base de código. Destinado a desenvolvedores globais simplificando o desenvolvimento multiplataforma, reduzindo custos e complexidade. Para designers, oferece uma plataforma para experiências de usuário inovadoras e ferramentas de prototipagem. Para gerentes, unifica equipes de desenvolvimento e acelera o lançamento de recursos em várias plataformas, melhorando a coordenação e eficiência (Flutter, 2017).

Este *framework* em questão oferece diversas vantagens para o desenvolvimento de interfaces de usuário. Sua facilidade de uso, a disponibilidade de componentes prontos e o eficiente gerenciamento de estados são aspectos que se destacam, além de oferecer um ambiente de desenvolvimento unificado para iOS e Android. Este *framework* é mantido pela Google, uma empresa reconhecida mundialmente por sua expertise em tecnologia.

3.2.2 DJANGO

O *Django* é um *framework* escrito na linguagem de programação de alto nível Python para desenvolvimento web que permite criar aplicações de forma rápida e eficiente. Ele foi projetado para ajudar os desenvolvedores a levar os aplicativos do conceito à conclusão o mais rápido possível, cuidando de grande parte do desenvolvimento web, o *framework* é gratuito e de código aberto. O *Django* inclui diversos recursos que facilitam tarefas comuns de desenvolvimento, como autenticação de usuário, administração de conteúdo, mapas do site, entre outras aplicações (Django, 2023).

Quando se trata de segurança, *Django* auxilia os desenvolvedores a evitar muitos erros comuns de segurança, como injeção de SQL, forjamento de solicitações entre sites. Desta forma o *Django* é conhecido por ser escalável e versátil. Empresas, organizações e governos têm usado o *Django* para construir diversos tipos de aplicações desde sistemas de gerenciamento de conteúdo até redes sociais e plataformas de computação científica (Django, 2023).

O uso do *Django* para o desenvolvimento do projeto é devido às suas vantagens distintas. A sintaxe simplificada e a administração integrada do banco de dados tornam o desenvolvimento eficiente. O *Object-Relational Mapping* (ORM)⁶ robusto facilita a manipulação de dados, com recursos de segurança embutidos e uma comunidade ativa garantindo um ambiente de desenvolvimento seguro e suporte contínuo. Com bibliotecas já consolidadas na execução de várias tarefas como o *Django Rest Framework* que facilita a criação de APIs *REST* de forma simples e rápida e a OpenCV para visão computacional.

3.2.3 RASPBERRY

O *Raspberry Pi* é um minicomputador, semelhante a um computador pessoal ou notebook, A diferença é que este dispositivo é compacto e possui todos os principais componentes de um computador numa pequena placa do tamanho de um cartão de crédito. O dispositivo foi criado no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi, uma organização sem fins lucrativos focada na promoção e no ensino de ciência da computação básica para jovens em escolas e universidades da Europa, com produtos de preço acessível (OLHAR DIGITAL, 2019).

O microcontrolador *Raspberry Pi* emerge como uma escolha notável para projetos de automação, Sua versatilidade e poder de processamento oferecem a capacidade de executar aplicativos complexos e multitarefa, enquanto o suporte a um sistema operacional completo. Além de possuir uma ampla conectividade, incluindo portas USB, HDMI, Ethernet e suporte Wi-Fi, simplifica a interação com outros dispositivos e redes. A robusta comunidade e o extenso suporte online também contribuem significativamente, oferecendo recursos valiosos para os desenvolvedores. Com um custo acessível, facilidade de programação e a capacidade de integrar serviços em nuvem.

⁶ Técnica utilizada para facilitar a persistência de dados entre estruturas de banco de dados relacionais e objetos em linguagens de programação orientadas a objetos.

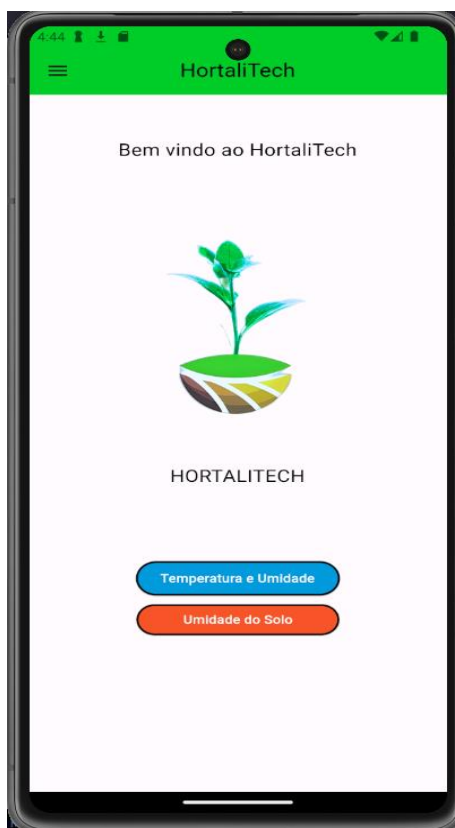
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com a implantação de um sistema automatizado de monitoramento e irrigação na cultura do tomate cereja serão apresentados nesta seção. Primeiramente serão descritas as características da Aplicação. Em seguida, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos em termos de consumo de água, produção, qualidade dos frutos, bem como eficiência do sistema.

4.1 FUNCIONALIDADE E CARACTERÍSTICAS DO APLICATIVO

O aplicativo foi projetado com seis abas de navegação seguindo os princípios de Interface Humano Computador (IHC), com uma interface intuitiva e fácil manuseio, de forma que fornece aos usuários uma experiência de visualização das informações e controle das funcionalidades do sistema. A primeira aba da aplicação é a tela inicial que disponibiliza os botões para a navegação no sistema. Na segunda é exibido informações de temperatura e umidade do ambiente. A terceira aba exibe informações de umidade do solo e o botão para controle da irrigação da cultura pelo usuário. Na quarta e quinta abas são exibições de dados históricos dos sensores, já na sexta aba é disponibilizado as informações sobre o sistema.

Figura 3 - Página inicial do aplicativo.



Fonte: Próprio autor (2023).

A Figura 3, apresenta à página inicial do aplicativo que disponibiliza os botões para a navegação no sistema pelo usuário, bem como um menu com informações sobre o sistema. O botão Temperatura e Umidade do Ambiente Local fornece informações sobre a temperatura e umidade do ambiente. Já o botão Umidade do solo exhibe informações sobre a umidade do solo e permite controlar a irrigação.

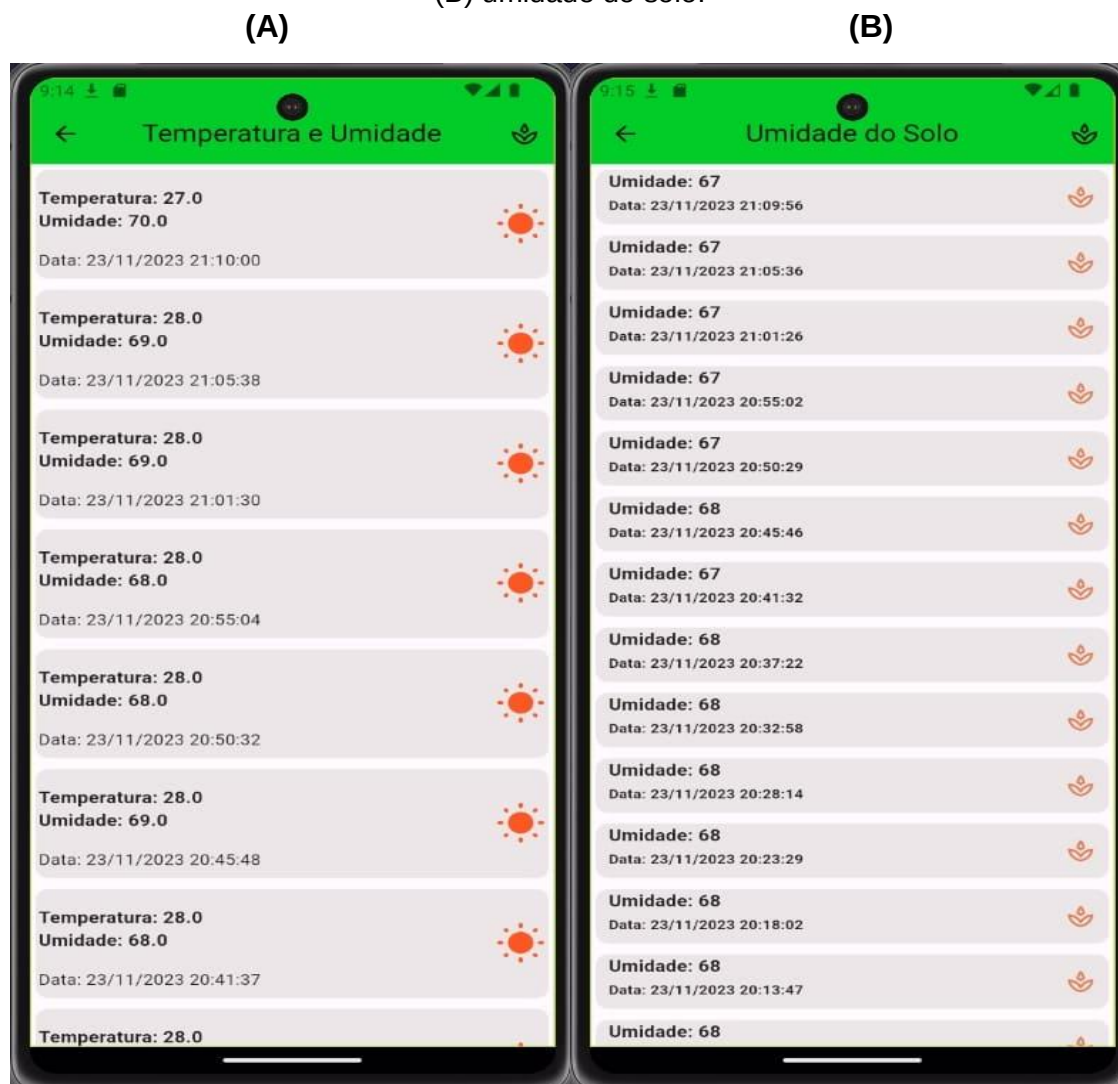
Figura 4 - (A) Dados da temperatura e umidade do ar. (B) Dados da umidade do solo.



Fonte: Próprio autor (2023).

Na Figura 4-A é apresentado as informações dadas em tempo real na forma de gráficos de temperatura e umidade do ar. Estas informações são referentes ao local onde a aplicação está em funcionamento com disponibilidade de visualizar os dados já obtidos pelo sensor anteriormente através do botão histórico remotamente. A Figura 4-B Apresenta informações em tempo real sobre a umidade do solo, exibidas por meio de gráficos. Nessa seção, o usuário tem a possibilidade de controlar a irrigação através de botões que ativam e desativam a bomba de água. Além disso, há um campo disponível para visualizar os dados anteriores obtidos pelo sensor, acessível por meio do botão histórico.

Figura 5 - Históricos dados registrados pelos sensores. (A) temperatura e umidade do ar e (B) umidade do solo.



Fonte: Próprio autor (2023).

Na Figura 5-(A) e (B), podemos observar as abas quatro e cinco, que exibem os dados históricos do sistema referentes à umidade do solo, temperatura e umidade do ar. Essa funcionalidade permite ao usuário acessar registros de informações que podem ser consultados a longo prazo. Com isso, é possível acompanhar a evolução desses dados ao longo do tempo e obter informações valiosas para análises e tomadas de decisão. A disponibilidade desses dados históricos proporciona ao usuário um maior controle e entendimento do ambiente e das condições de cultivo.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS

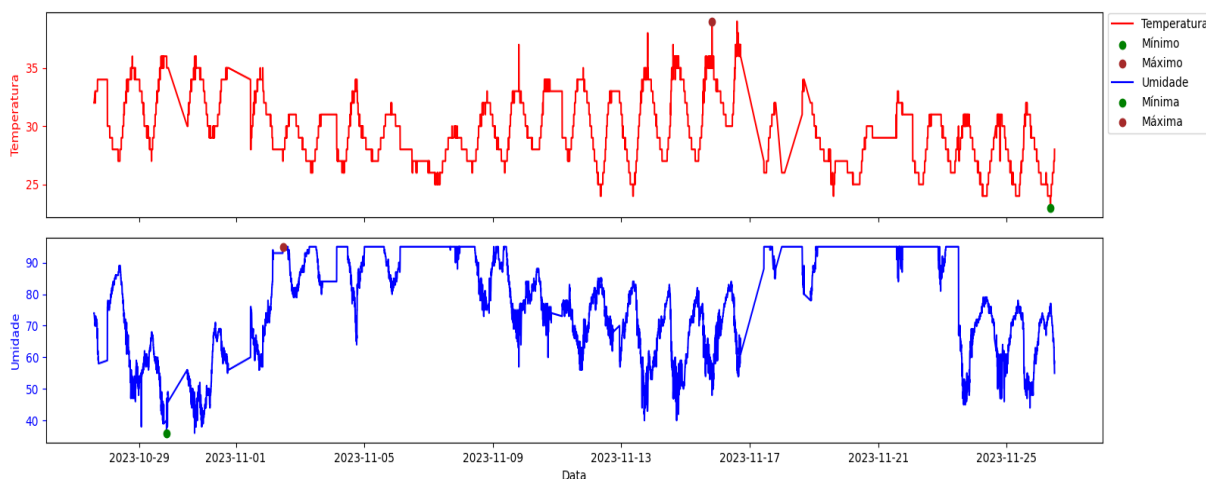
Os resultados da implementação do sistema automatizado de monitoramento e irrigação no cultivo do tomate cereja na cidade de Corrente-PI, foram positivos. A seguir, apresentaremos os principais resultados obtidos.

4.3 CONSUMO DE ÁGUA

Com a utilização do sistema automatizado de monitoramento e irrigação, foi possível ter uma redução de forma significativa no consumo de água em que a necessidade hídrica segundo Silva (2020) é de 300 a 600 Milímetro (mm) diários por tomateiro. Esse processo de irrigação por gotejamento do sistema Hortallitec utilizou 250 a 300 mm diários por tomateiro, evitando desperdícios, graças à utilização de equipamentos mais eficientes e à gestão inteligente do sistema. Isso se deve à maior eficiência na utilização da água, que é aplicada diretamente na região da raiz das plantas através da irrigação por gotejamento.

O protótipo foi implementado em condições ao ar livre. Os sensores coletam dados sobre a temperatura, a umidade do ar e a umidade do solo. Durante o período monitorado, excluindo os *outliers*⁷, por exemplo, a temperatura variou de 23°C a 39°C, a umidade do ar de 36% a 95% como podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - Análise Temperatura e Umidade do Ar (últimos 30 dias).

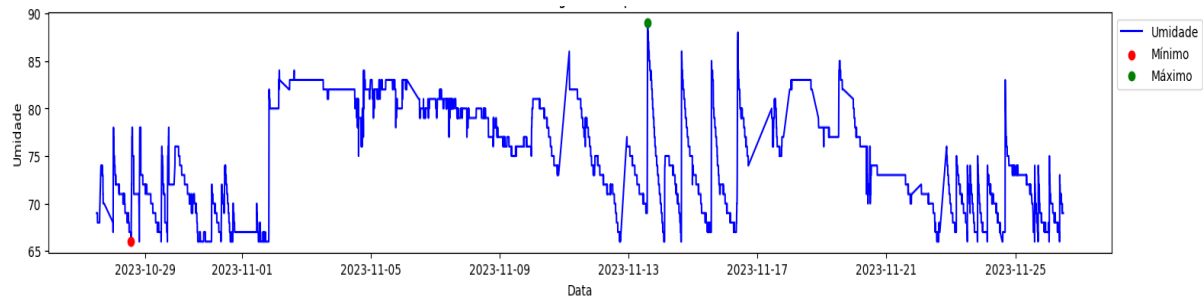


Fonte: Próprio autor (2023).

A umidade do solo apresentou uma variação de 66% a 89%, conforme ilustrado é representado na Figura 7. Essa variação indica a oscilação dos níveis de umidade ao longo do tempo, fornecendo informações importantes sobre as condições do solo durante o período analisado.

⁷ Outliers são valores atípicos que se afastam significativamente do restante dos dados de uma amostra.

Figura 7 - Análise Umidade solo (últimos 30 dias).



Fonte: Próprio autor (2023).

Essa faixa de umidade do solo, conforme Jardim (2023), se aproxima da considerada ideal, que é de 40 a 80 por cento, para o crescimento saudável das plantas.

4.4 TOMATE CEREJA

Para a realização deste estudo, foi conduzido o cultivo de seis plantas de tomate cereja em uma área de 1,5m² no Bairro Vermelhão, na cidade de Corrente Piauí. Durante a primeira produção dos frutos, foram coletados dados relacionados ao tamanho dos pés de tomateiro e circunferência do caule medidos no espaço de um centímetro acima do solo. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Informações dos Tomateiros.

Pés Tomateiros	Altura dos Tomateiros CM	Circunferência do Caule CM
1°	82 cm	3,2 cm
2°	72 cm	2,8 cm
3°	77 cm	3,3 cm
4°	79 cm	2,7 cm
5°	81 cm	2,4 cm
6°	64 cm	2,7 cm

Fonte: Próprio autor (2023).

A seguir na Figura 8 pode-se observar os pés de tomateiros cultivados por meio do sistema de irrigação e monitoramento Hortalitech, proporcionando evidências da eficácia do sistema automatizado. Destaca-se a contribuição significativa desse sistema para a otimização do uso de recursos hídricos e o bem-estar das plantas cultivadas.

Figura 8 - Plantação do tomate cereja.



Fonte: Próprio autor (2023).

4.5 QUALIDADE DOS FRUTOS

Ao se observar os frutos produzidos pelo sistema automatizado estes apresentaram uniformidade em relação ao tamanho e coloração, podendo assim ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Qualidade dos frutos.



Fonte: Próprio autor (2023).

Foram amostrados 5 frutos aleatórios para análises de peso, circunferência e comprimento dos frutos. As dimensões foram registradas após cada colheita utilizando paquímetro analógico. Para obter o peso de cada fruto utilizou-se uma balança digital de precisão. Os dados obtidos serão demonstrados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Peso, Circunferência e Comprimento dos frutos.

Amostras	Peso UNID	Circunferência MM	Comprimento MM
1	11 g	22 mm	30 mm
2	10 g	20 mm	28 mm
3	12 g	22 mm	31 mm
4	13 g	22 mm	32 mm
5	11 g	21 mm	31 mm

Fonte: Próprio autor (2023).

Na Tabela 3 é realizada uma comparação dos dados de cultivo do tomate cereja com automação do sistema Hortalitec e sem automação. As informações utilizadas como base para o cultivo sem automação foram fornecidas pela Feltrin Sementes, uma empresa referência no segmento de sementes de vegetais (Sementes Feltrin, 2023). Com base nos estudos de SEMADESC (2023) foi possível obter a medida em diâmetro.

Tabela 3 - Comparação dos dados.

Tipo Plantio	Cultivar	Tipo	Peso Médio UNID	Diâmetro CM	Comprimento CM	Ciclo médio Dias
Sem Automação	Tomate Cereja	Carolina	10 - 12g	2 - 3 cm	X	100 - 115
Com Automação (Hortalitec)	Tomate Cereja	Carolina	10 - 13g	2 - 2,2 cm	2,8 - 3,1	84

Fonte: Próprio autor (2023).

4.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da implementação do sistema automatizado de monitoramento e irrigação no cultivo de tomates foram positivos, como evidenciado pela redução no uso de recursos hídricos. Além disso, os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 corroboram essa constatação. Diversos estudos, como observado nos trabalhos relacionados, têm demonstrado que a utilização de sistemas automatizados de irrigação pode proporcionar uma maior eficiência na utilização da água, reduzindo os desperdícios e melhorando a produtividade das culturas. O sistema automatizado de monitoramento e irrigação apresentado neste trabalho pode ser considerado uma alternativa viável para a produção agrícola de hortaliças na região nordeste do Brasil.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e implementação de um sistema automatizado de monitoramento e irrigação no cultivo da cultura do tomate cereja, bem como o aplicativo de monitoramento que possibilita melhor controle e acessibilidade de informações para o usuário, essa abordagem permitiu alcançar bons resultados na produção do tomateiro, proporcionando maior eficiência e precisão no manejo da cultura.

No futuro, há possibilidade de aprimoramento do sistema por meio da incorporação de novos sensores e algoritmos avançados de análise de dados e aprendizagem de máquina. Ademais, a implementação de um módulo contra a falta de energia pode ser considerada como uma solução para garantir a operação contínua dos sistemas. Com a perspectiva de desenvolver um produto comercial voltado para pequenos agricultores de hortaliças, espera-se que este estudo contribua para o avanço da agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Clóvis Dos Santos et al. **Sistema automatizado e controle inteligente na cultura de tomates aplicado na cidade de Barro-CE. 2023.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Barro, 2023.

BANCO MUNDIAL. **Agriculture Overview.** Disponível em: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>. Acesso em: 18 nov. 2023.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. **Produção de hortaliças na área de atuação do BNB.** 2021.

BONRUQUE, Erick; CELARINO, André; DE SOUZA, Odair Moreira. **Hortalno: Horta Automatizada de baixo custo com esp8266 para auxiliar os produtores familiares.** In: Anais do XIX Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas. SBC, 2022. p. 161-164.

CAETANO, Gabriel Soares Freitas; ZANGUETIN, José Antonio; QUERINO FILHO, Luiz Carlos. **Sistema de irrigação por gotejamento no tomateiro.** Revista Eletrônica e-Fatec, v. 10, n. 1, p. 10-10, 2020.

CEPRO - **Centro de Educação Profissional Rural de Oeiras.** Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/201102/CEPRO25_291479f320.pdf. Acesso em: 28 dez. 2023.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

DJANGO. **Overview.** Disponível em: <https://www.djangoproject.com/start/overview/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

DJANGO REST FRAMEWORK. **Django REST Framework.** Disponível em: <https://www.django-rest-framework.org/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

EMBRAPA. **Características do tomate de mesa.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/tomate-de-mesa/caracteristicas>. Acesso em: 25 nov. 2023.

FLUTTER. **Perguntas frequentes.** Disponível em: <https://docs.flutter.dev/resources/faq>. Acesso em: 13 nov. 2023.

GUITARRARA, Paloma. **Agricultura brasileira.** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/agricultura.htm>. Acesso em: 18 nov. 2023.

IBM. **O que é automação?** | IBM. IBM, 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/topics/automation>. Acesso em: 9 nov. 2023.

IBGE. **Produção agropecuária de tomate no Piauí**. IBGE, s.d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/pi>. Acesso em: 5 dez. 2023.

JARDIM. **Como cultivar tomates com sucesso**. Jardim, 98905.com, s.d. Disponível em: <http://jardim.98905.com/plants-flowers-herbs/growing-tomatoes/1009133308.html>. Acesso em: 1 dez. 2023.

NASCIMENTO, Warley Marcos et al. **Oportunidades de Automação na Cadeia Produtiva de Hortaliças no Brasil**. Embrapa, [S. L.], v. 1, n. 1, p. 1-7, 10 ago. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/82708556/artigo---oportunidades-de-automacao-na-cadeia-produtiva-de-hortalicas-no-brasil>. Acesso em: 6 nov. 2023.

NOBRE, Thallys Lima; MOURA, Mateus Barbosa de. **Sistema de automação e controle inteligente no processo de irrigação usando iot no cultivo da alface**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

OLHAR DIGITAL. **O que é Raspberry Pi, para que serve e como comprar**. OLHAR DIGITAL, 2019. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2019/02/18/noticias/raspberry-pi-o-que-e-para-que-serve-e-como-comprar/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

POOVAMMAL, E. et al. **An IoT based Watering System for Tomato Crop on Smart Agriculture**. In: 2023 7th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). IEEE, 2023. p. 1563-1568.

ROQUE, Iara Almeida et al. **FITOMASSAS, TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DO TOMATE CEREJA CULTIVADO SOB ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA**. Revista Caatinga, v. 35, n. 3, p. 686-696, 2022.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial - Histórico**. In: ROSÁRIO, Por João Maurício. Automação industrial. Baraúna (São Paulo): Editora Baraúna, 2009. p. 17-17.

SEMADESC. **7 dicas para ter sucesso na plantação de tomate cereja**. SEMADESC. Disponível em: <https://www.semalesc.ms.gov.br/7-dicas-para-ter-sucesso-na-plantacao-de-tomate-cereja/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

SEMENTES FELTRIN. Disponível em: <https://www.sementesfeltrin.com.br/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

SILVA, Amanda Layanna da. **Produção e evapotranspiração do tomate-cereja submetido a lâminas de irrigação, em ambiente protegido**. 2020.

SIQUEIRA, A. S. de .; FERREIRA, A. F. . **SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA PARA ESTUFAS DE CULTIVO DE TOMATE UTILIZANDO A**

PLATAFORMA ARDUINO. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 1121–1129, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i2.8608. Disponível em: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/8608>. Acesso em: 3 nov. 2023.