

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ROBERTA ARAUJO SPIGOLON

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADA PARA CULTIVO PROTEGIDO**

**Alegrete
2021**

ROBERTA ARAUJO SPIGOLON

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADA PARA CULTIVO PROTEGIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharelado em
Engenharia Agrícola como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharela em Engenharia Agrícola.

Orientador: José Gabriel Vieira Neto

**Alegrete
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S754d Spigolon, Roberta Araujo

Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e
irrigação automatizada para cultivo protegido / Roberta
Araujo Spigolon.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA,
2021.

"Orientação: José Gabriel Vieira Neto".

1. Ambiência. 2. Arduino. 3. Cultivo Protegido. I.
Título.

ROBERTA ARAUJO SPIGOLON

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA PARA CULTIVO PROTEGIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Trabalho defendido e aprovado em: 04, outubro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Gabriel Vieira Neto
Orientador
(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Lucas Compassi Severo
(UNIPAMPA)

Prof.^a Dra. Fátima Cibele Soares
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **JOSE GABRIEL VIEIRA NETO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/10/2021, às 14:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FATIMA CIBELE SOARES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/10/2021, às 16:12, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUCAS COMPASSI SEVERO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/10/2021, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0632614** e o código CRC **29A7EE46**.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente aos meus pais por todo apoio e suporte dados

À minha tia Rita por me incentivar sempre

Ao meu orientador José Gabriel Vieira Neto

Aos professores Fátima Cibele Soares, Lucas Compassi Severo e Eracilda Fontanela.

A todos os colegas de curso, em especial a Natália Amaral e Paola Lira.

À empresa júnior Mase Jr.

Aos meus amigos Felipe Vieira, João Lucas Becker, Henrique Takeshi, Matheus Silva e Rossana Alves.

“Agricultura sem ciência é uma fazenda de porteiros fechadas”.

Iago Fernandes

RESUMO

O cultivo protegido é uma tecnologia que vem apresentando crescimento gradativo nos últimos anos. Aliado a demanda e exigência do mercado consumidor, sua utilização garante redução no ciclo das espécies cultivadas, maior qualidade, quando comparada ao cultivo convencional e conseqüentemente maior rentabilidade ao produtor. Entretanto apresenta dificuldades de funcionamento com equipamentos utilizados de forma manual que aferem variáveis meteorológicas como temperatura e umidade, ocasionando erros e prejuízos para o adequado funcionamento do sistema. Desta forma, este trabalho traz como proposta, o desenvolvimento de um sensor de baixo custo, que controle variáveis de temperatura e umidade, bem como o tempo das irrigações. O experimento foi conduzido de forma remota e posteriormente instalado e executado em uma propriedade rural localizada no Caverá, na cidade de Alegrete/RS.

Palavras-Chave: Ambiência, Arduíno, Cultivo protegido.

ABSTRACT

Protected cultivation is a technology that has been presenting gradual growth in recent years. Allied to the demand and demands of the consumer market, its use ensures a reduction in the cycle of cultivated species, higher quality, when compared to conventional cultivation and consequently greater profitability for the producer. However, it presents operating difficulties with manually used equipment that measures meteorological variables such as temperature and humidity, causing errors and losses to the proper functioning of the system. Thus, this study proposes the development of a low-cost sensor that controls temperature and humidity variables, as well as irrigation time. The experiment was conducted remotely and then installed and executed in a rural property located in Caverá, in the city of Alegrete/RS.

Keywords: Ambience, Arduino, protected crop.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Critérios da IOT	16
Figura 2 – Localização das Entradas e Saídas do Arduino	20
Figura 3 – Estufa Agrícola do trabalho	24
Figura 4 – IDE do Arduino	25
Figura 5 – Placa ESP32	26
Figura 6 – Composição PinOut Placa ESP32	27
Figura 7 – Código do Experimento LED	28
Figura 8 – Código Teste Arduino.....	29
Figura 9 – Esquemático da placa	31
Figura 10 – Esquema PCB (Placa de Circuito Impresso).....	32
Figura 11 – Protótipo do Sistema	33
Figura 12 – Case	33
Figura 13 – Display LCD	34
Figura 14 – Módulo Wi-fi ESP32	34
Figura 15 – Módulo Relé	34
Figura 16 – Sensor DHT22.....	35
Figura 17 – Módulo GSM/GPRS	35
Figura 18 - A) Planta baixa; B) Detalhe da planta baixa com local de instalação dos componentes.	36
Figura 19 – Plataforma de Desenvolvimento do aplicativo.....	36
Figura 20 – Tela do aplicativo no MIT	37
Figura 21 – Tela do aplicativo em Smartphone	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2.1 Cultivo protegido	14
2.2 Automação na agricultura.....	15
2.3 Utilização de sensores para automação.....	17
2.4 Arduino	18
2.4.1 Entradas e saídas.....	19
2.5 Principais sensores e atuadores.....	20
2.5.1 GSM/GPRS	21
2.5.2 Sensores de temperatura e umidade.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Local do projeto.....	24
3.2 Seleção de componentes eletrônicos a serem aplicados no sistema.....	25
3.3 Concepção do sistema	28
3.3.1 <i>Teste do display LCD e do sensor DHT22</i>	28
3.4 Desenvolvimento de aplicativo para controle do sistema	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Confecção do esquemático para placa de circuito impresso.....	31
4.2 Instalação do sistema.....	32
4.3 Aplicativo para controle do sistema.....	36
5 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O cultivo protegido é um sistema no qual é possível cultivar diversas espécies agrícolas de interesse comercial, com aplicações mais comuns no cultivo de flores, hortaliças, frutíferas, e mais atualmente na produção de cogumelos e psicultura, favorecendo essas produções durante todas as épocas do ano. A produção é possível graças à oferta de nutrientes, água e ao manejo do ambiente, oferecendo condições de conforto próximas ou semelhantes às exigidas pela espécie.

A exigência do mercado consumidor, aliado a demanda de alimentos, tem tornado o cultivo protegido uma tecnologia em constante crescimento. O alto valor agregado em pequenas áreas de cultivo, associado ao menor uso de defensivos agrícolas e a rápida resposta a cultura, são fatores que vêm evidenciando cada vez mais a inserção desta tecnologia em regiões produtoras de hortaliças e também vem ganhando espaço em outras regiões. O abastecimento rápido e eficiente ao mercado consumidor são características notáveis deste sistema de produção.

Desta forma, o cultivo protegido torna possível a melhoria nos processos produtivos, e a qualidade final do produto, agregando maior valor econômico e consequentemente trazendo maior rentabilidade para o produtor rural, pelo fato da redução do ciclo vegetativo das espécies cultivadas, em virtude do maior controle dos parâmetros exigidos pela espécie em produção, conforme já mencionado.

O cultivo em ambiente protegido é constituído basicamente por uma estrutura destinada a proteção das plantas, que permite a passagem de luz para que seja realizada a fotossíntese. As estruturas mais comumente encontradas são as estufas metálicas, entretanto, há também modelos construídos com base em madeira combinadas ou não com outros materiais, como os túneis ou ripados.

Para que todo o procedimento esteja em pleno funcionamento, é necessária a aferição e a manutenção de variáveis como umidade do ar e temperatura, a fim de que o arsenal de plantas seja mantido com vigor.

Estas variáveis nem sempre são aferidas por produtores rurais de pequeno e médio porte, e quando são, geralmente utilizam instrumentos manuais, o que torna o sistema dependente de pessoas que façam este trabalho, tornando as medições apenas para simples conferência.

Para sanar este problema, o mercado disponibiliza sensores como os termopares e controladores programáveis. No entanto, são ferramentas de alto custo para um grupo de produtores.

Com base no exposto, objetiva-se neste estudo desenvolver um sistema de monitoramento do ambiente para estufas agrícolas, que alie praticidade e baixo custo, através da aplicação da Internet das Coisas (IoT), com sensor de temperatura e umidade, além da interface de apresentação de dados ao cliente, possibilitando tomadas de decisões na gestão das condições ambientais e acionamento do sistema de irrigação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo protegido

O cultivo protegido baseia-se na construção de uma estrutura a fim de promover condições propícias a um melhor cultivo e desenvolvimento dos vegetais. Neste sistema, a cobertura que protegerá as plantas contra os agentes meteorológicos adversos, deve permitir a passagem da luz, pois é essencial para realização da fotossíntese (PURQUERIO e TIVELLI, 2007). Dentre as diversas vantagens do sistema de cultivo protegido, frente ao cultivo convencional de plantas, estão maior produtividade, aumento da proteção contra doenças, pragas e insetos nas plantas, precocidade na colheita, precisão durante todo o ciclo da cultura, maior qualidade no produto final, além da produção em pequenas áreas cultivadas e possibilidade de plantio fora de época com rápido retorno econômico, assim como menores riscos perante as adversidades climáticas. (MELONIO, 2012).

Esse sistema também auxilia na redução das necessidades hídricas (irrigação), através de uso mais eficiente da água pelas plantas. Um outro bom motivo para produzir em ambiente protegido é o melhor aproveitamento dos recursos de produção (nutrientes, luz solar e CO₂), resultando em precocidade de produção (redução do ciclo da cultura) e redução do uso de insumos, como fertilizantes (fertirrigação) e defensivos (PURQUERIO TIVELLI, 2006).

Além disso, o sistema assegura a produção em qualquer época, sob condições ambientais desfavoráveis, tais como vento, umidade, chuva, alta ou baixa luminosidade, incidência de pragas, entre outros (EMBRAPA, 2015).

Os tipos mais comuns de cultivo protegido são ripados, telados e estufas. Os ripados/telados são geralmente construídos de madeira com cobertura de telas de sombreamento, palhas ou outros materiais alternativos. A quantidade de luz nestes sistemas é controlada de acordo com a colocação da cobertura, porém o controle da água das chuvas não é muito eficiente (EMBRAPA, 2003).

As estufas são estruturas que, quando bem manejada e possibilidade de controle, apresentam microclimas favoráveis ao cultivo de diversas espécies de vegetais. Nesse tipo de estrutura, as condições ambientais podem ser mais bem controladas do que nos ripados e telados (EMBRAPA, 2003).

As condições ambientais nas estufas podem ser alteradas/mantidas por meio de vários equipamentos atuadores, como ventiladores, aquecedores, nebulizadores, lâmpadas, telas e outros. Esses equipamentos podem ser controlados manualmente ou por sensores que ativam os vários equipamentos (previamente programados) responsáveis pelo controle do ambiente (EMBRAPA,2003).

2.2 Automação na agricultura

Derivado do latim *automatus*, que significa “mover-se por si”, o termo automação pode ser definido como qualquer aplicação de técnica computadorizada, eletroeletrônica e/ou mecânica, para diminuir ou suprimir a interferência humana em qualquer processo. (GOMES, 2013).

A automação desempenha a função sobre processos agrícolas, pecuários e florestais de aumentar a produtividade, otimizar o uso de tempo, insumos e capital; reduzir perdas na produção, aumentar a qualidade dos produtos e melhorar a qualidade de vida do trabalhador rural. A convergência e integração das ciências agrárias, animais e florestais com a física, química, matemática, engenharias e tecnologia da informação é fundamental para aumentar a eficiência de produção, qualidade e rastreabilidade do produto, minimizar o impacto ambiental, aumentar a segurança e capacidade do trabalho, bem como reduzir o seu custo (EMBRAPA, 2018).

A implantação da automação proporciona um aumento da confiabilidade dos processos, porque qualquer anormalidade operacional é facilmente detectada, de modo que as ações corretivas são tomadas em tempo hábil (GOMES, 2013).

Logo, para que esta seja feita de maneira efetiva, sistemas e sensores devem operar de maneira eficaz e as informações transmitidas por meio de Redes sem fio. Os diferentes meios de transmissão destas redes, incluem Redes de área local sem fio Wireless Local Area Network (WLANs), Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4), General Packet Radio Service (GPRS), entre outros (SAMPAIO,2018).

Em contrapartida, uma das principais desvantagens de se utilizar Redes Sem Fio para transmissão de dados em ambientes de monitoramento, se dá pelo fato de ser uma tecnologia sensível a interferências (por exemplo: paredes e árvores), onde

a quantidade de obstáculos e fenômenos atmosféricos podem dificultar ou até mesmo impossibilitar a comunicação (SAMPAIO,2018).

Diante disso, surge a possibilidade de implementar o único sistema citado anteriormente que apresenta uma tecnologia móvel, com cobertura global e com grande escala de utilização, o sistema de monitoramento remoto baseado em Internet das Coisas GSM/GPRS, que pode ser aplicado em diferentes cenários para o envio das informações coletadas no ambiente em tempo real.

O sistema incorpora a plataforma de Internet das Coisas, que nada mais é do que a integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas a Internet, permitindo que “coisas” colem, troquem e armazenem informações, de forma remota e autônoma, a respeito do meio que estão inseridas, independente de hardware e softwares utilizados, isso implica em uma enorme quantidade de dados gerados, em que uma vez processados e analisados, geram informações e serviços em escala inimaginável (SAMPAIO,2018).

Dentre as áreas de aplicação da Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), destacam-se as que estão voltadas para questões ambientais, condições climáticas, automação residencial, saúde, entre outras.

Na Figura 1, podem ser observados critérios onde a IoT é aplicada, com um índice de concentração de aplicações por área, com escala de 1 até 5, sendo 1 insignificante e 5 muito importante.

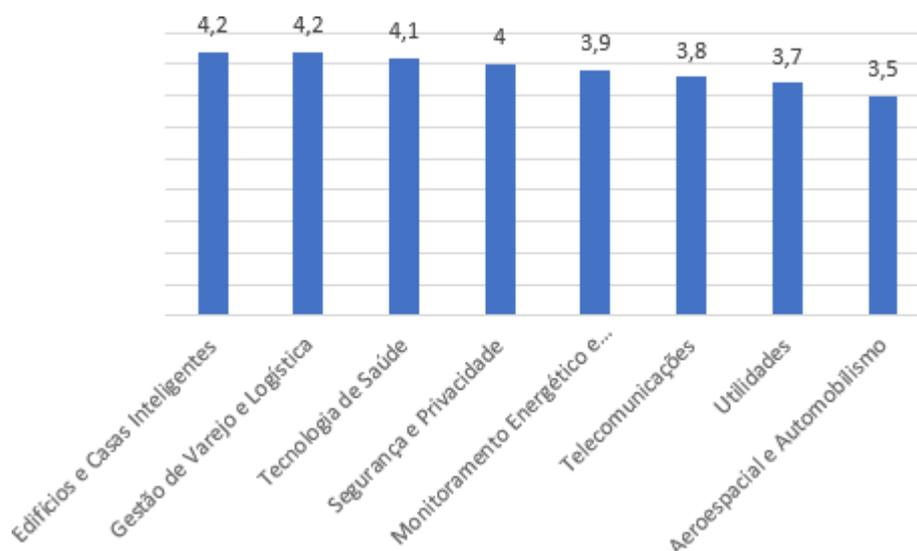


Figura 1: Critérios da IOT

Fonte: Sampaio (2018). adaptada pela Autora.

2.3 Utilização de sensores para automação

O termo sensor é utilizado para denominar dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente, esta poder ser luminosa, térmica, cinética e deve correlacionar-se com uma grandeza física que necessita ser mensurada como: pressão, velocidade, temperatura, corrente, aceleração, posição, etc. (WENDLING,2010).

Nos últimos anos desenvolveram-se diversos sistemas inteligentes aplicados na agricultura para a produção de alimentos com qualidade a baixo custo. O crescimento das plantas, para além de outros fatores, baseia-se nos níveis de umidade, temperatura, concentração de CO₂ e intensidade de luz que o ambiente envolvente propicia. Estes fatores precisam de ser monitorizados e preservados para se criar um sistema autônomo (IJAZ et al., 2012).

Segundo Pinto et.al (2012), o investimento no emprego de novas tecnologias como automação e controle de variáveis deste sistema para aumentar a qualidade dos produtos bem como o gasto com mão de obra, se torna cada vez mais necessário devido ao aumento do nível de exigência vindo dos consumidores de hortaliças.

Embora haja uma imensa variedade de sensores eletrônicos, pode-se classificá-los em dois tipos: sensores analógicos e sensores digitais. Essa divisão é feita conforme o componente que responde à variação da condição. Os sensores analógicos são os dispositivos mais comuns. São assim designados, pois se baseiam em sinais analógicos. Sinais analógicos são aqueles que, mesmo limitados entre dois valores de tensão, podem assumir infinitos valores intermediários. Isso significa que, pelo menos teoricamente, para cada nível da condição medida, haverá um nível de tensão correspondente. (SUZUKI, 2014).

Ao contrário de um sensor analógico, onde os valores possíveis são teoricamente infinitos, um sensor digital poderá apenas alternar entre certos estados bem definidos, não sendo possível haver um valor intermediário entre eles. Os sensores digitais baseiam-se em níveis de tensão bem definidos. Tais níveis de tensão podem ser descritos como alto (High) ou baixo (Low), ou simplesmente “1” e “0”. Ou seja, esses sensores utilizam lógica binária, que é a base do funcionamento dos sistemas digitais (SUZUKI, 2014).

Existem hoje no mercado diversos sensores de tipos e preços diversos, deve-se escolher de acordo com as especificações, necessidades e limitações, ou seja, a necessidade de cada projeto vai determinar o tipo de sensor necessário ao sistema (MAXWELL BOHR, 2006).

No cultivo protegido, a utilização de sensores e atuadores são amplamente aplicados, desde o monitoramento do ambiente, como sensores das condições ambientais, iluminação, etc., até a avaliação da qualidade da água da irrigação e sua aplicação. Todos esses sistemas, quando existentes, são geralmente interligados a uma interface ao usuário, via site, software ou aplicativo de celular, e essa prática favorece o produtor usuário.

2.4 Arduino

O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento projetada sobre um microcontrolador, com uma placa semelhante à de um computador de pequeno porte com memória RAM, armazenamento secundário (memória flash) e clock, entre outras funcionalidades, possibilitando a programação em linguagem C e C++ (OLIVEIRA, 2015).

Esta plataforma é composta por uma placa de circuitos com entradas e saídas, e apesar das similaridades com computadores, a notável diferença do Arduino está na forma de utilização das mesmas. A título de exemplo, em um computador convencional, emprega-se teclado e mouse para entradas e monitores e impressoras para saídas, entretanto no Arduino, as entradas e saídas estão diretamente ligadas a componentes eletrônicos. Em função disso, a plataforma pode estar lendo um valor de corrente elétrica, interpretando-o e apresentando como resposta, o acendimento de um LED, por exemplo, (OLIVEIRA, 2015). A Figura 5 apresentada abaixo, representa as entradas e saídas do Arduino.

O Arduino é um dispositivo programável, assim é necessário que sejam desenvolvidos programas em linguagem C ou C++ a fim de compilar e posteriormente transmitir para esta plataforma tornando possível a execução correta dos comandos desejados (OLI- VEIRA,2015).

Sua composição baseia-se em um hardware e um software. O primeiro, é a estrutura física, e o segundo é a parte lógica da plataforma, ambiente onde o

programa é desenvolvido, sendo um conjunto de instruções à serem seguidas e executadas.

O hardware do Arduino apresenta em sua composição blocos, exemplificados abaixo:

- Fonte de Alimentação - Recebe energia externa, filtra e converte a entrada em duas tensões reguladas e filtradas;
- Núcleo CPU - Um computador minúsculo, mas poderoso responsável por dar vida à placa;
- Entradas e Saídas - A CPU vem completa com diversos "dispositivos" embutidos dentro do chip;
- Pinos com Funções Especiais - Alguns pinos possuem hardware embutido para funções especiais;
- Firmware - Programa que carregamos dentro da CPU com nossas instruções de funcionamento da placa.

Já o software, se resume a um programa IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) muito simples de usar e de entender, com bibliotecas que podem ser facilmente encontradas na internet.

2.4.1 Entradas e saídas

As entradas e saídas de sinais são compostas por meio dos pinos do Arduino, nas quais pode-se acessar as funções do microcontrolador, enviar dados para dentro de sua memória e acionar dispositivos externos (MICROCHIP SOLUTIONS,2019).

No Arduino, os 28 pinos deste microcontrolador são divididos da seguinte maneira:

- 14 pinos digitais de entrada ou saída (programáveis);
- 6 pinos de entrada analógica ou entrada/saída digital (programáveis);
- 5 pinos de alimentação (gnd, 5V, ref analógica);
- 1 pino de reset;
- 2 pinos para conectar o cristal oscilador.

A Figura 2 mostra as entradas e saídas do Arduino:



Figura 2: Localização das Entradas e Saídas do Arduino

Fonte: Saber Eletrônica,2006.

2.5 Principais sensores e atuadores

Sensores são elementos eletrônicos capazes de converter energia em sinais elétricos, atuando na parte operacional como dispositivos de detecção. Já os atuadores são componentes que realizam a conversão de energia elétrica, hidráulica, pneumática em energia mecânica, sendo elementos finais de um de controle, atuando sobre uma variação do processo em resposta ao comando recebido (EMBARCADOS,2020).

Os tipos mais comuns de sensores são baseados na detecção de luz, som, ondas eletromagnéticas e contato e, geralmente, incluem um elemento sensor bruto ou transdutor e uma cadeia de processamento de sinal para disponibilizar as leituras brutas para computadores em rede (AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA,2013).

Os principais tipos de sensores são:

- Bumpers
- Odômetros;
- Sensores de Infravermelho (IR);
- Sensores ultrassônicos (SONAR);
- Sensores utilizando Laser (LIDAR- Laser Detection and Ranging);
- Bússola;
- Sistema de GPS (Global Positioning System);
- Sistemas Inerciais (Acelerômetros, Giroscópio);

- Sistema de Visão e câmeras de Vídeo. E como exemplos de atuadores, tem-se:

- Resistências;
- Válvulas;
- Relés;
- Solenoides;
- Cilindros;
- Motores.

2.5.1 GSM/GPRS

Em um primeiro instante, a transmissão de dados era feita via tecnologia GSM, (Sistema Global para Comunicações Móveis, do inglês Global System for Mobile Communications), onde a conexão de dados era ininterrupta, e portando poderia oscilar.

Diante da necessidade, a tecnologia GPRS (Serviços gerais de pacote por rádio, do inglês General Packet Radio Service) foi criada com a finalidade de possibilitar o tráfego de dados por comutação de pacotes, para que as redes de telefonia celular pudessem ser integradas às redes de internet, sendo a informação dividida em pacotes na origem e remontada no destino. Isto é possível pelo fato de que cada pacote leva consigo tanto o endereço do destino quanto a devida informação para remontagem no aparelho para o qual o pacote foi enviado (SAMPAIO,2018).

A vantagem da tecnologia GPRS em comparação com a GSM é que os recursos da transmissão são usados apenas quando o usuário está recebendo ou enviando os dados (ao invés de criar uma comunicação ininterrupta), o que evita o uso de recursos ao longo do tempo quando não há transmissão para ser realizada (NUNES,2019).

Portanto, a união das duas tecnologias trás o melhor desempenho, integrando GSM com GPRS, temos uma extensão da rede GSM, onde a arquitetura GPRS utiliza a mesma infraestrutura básica utilizada nas redes GSM, na qual inclui novos elementos de rede e interfaces e modifica alguns componentes já existentes (NUNES,2019).

Um módulo ou modem GSM é um equipamento que opera sobre as redes wireless das operadoras de telefonia celular. Seu comportamento é parecido com os antigos modems de discagem, onde a troca de dados se dava sobre uma linha telefônica cabeada. De forma semelhante a um aparelho de telefonia celular, os modems/módulos GSM necessitam de um cartão SIM para operar através da rede de uma operadora.

Já um modem GPRS (General Packet Radio Service) é um modem GSM com capacidade de transmissão de dados utilizando os protocolos de internet tradicionais como o IP (Internet Protocol), UDP (User Data Protocol), PPP (Point-to-Point Protocol) e conexões com o X25 (Protocolo para redes comutadas por pacotes).

2.5.2 Sensores de temperatura e umidade

Sensores de temperatura são dispositivos desenvolvidos para detectar a variação de temperatura em determinado meio. Dentre os sensores, destacam-se os termopares, sensores RTD, e os termistores.

O sensor de temperatura do tipo termopar trata-se de um par de fios metálicos, conectados à uma extremidade. O par de fios cria entre as suas pontas uma diferença na tensão termoelétrica, indicando a diferença de temperatura em suas partes. Um software de computador recebe a informação desta variação de temperatura entre as pontas do termopar e faz a análise necessária (MUNDO DA ELÉTRICA,2014).

O sensor de temperatura de resistência (RTD) consiste em um rolamento de fios, geralmente de platina, que ao se aquecerem indicam a variação de temperatura do ambiente. A faixa de alcance do sensor de temperatura de resistência pode ser reduzida quando este é feito de materiais como níquel e cobre (MUNDO DA ELÉTRICA,2014).

Em geral, o sensor de temperatura de resistência se parece com um fio alongado, com a forma de uma mola. Eles são envolvidos por algum tipo de material isolador, e alocados em um recipiente de metal (MUNDO DA ELÉTRICA,2014).

E por fim, os sensores de temperatura do tipo termistores são semicondutores com os limites de resistência elétrica equivalentes à temperatura. O termistor pode ser encontrado em duas categorias diferentes: o termistor de coeficiente de

temperatura negativo e o termistor de coeficiente de temperatura positivo. Os dois possuem extrema sensibilidade à alteração de temperaturas e o funcionamento distingue-se pela elevação ou declínio da resistência elétrica conforme a temperatura (MUNDO DA ELEÉTRICA,2014).

Sensores de umidade são dispositivos que possuem a função de mensurar e acompanhar as condições de umidade. Entre os sensores, destacam-se os psicrômetros.

O psicrômetro é um instrumento constituído por dois termômetros comuns. Um dos termômetros fornece a temperatura do ar, e o outro que tem o bulbo coberto com uma gaze umedecida com água destilada, constitui o termômetro de bulbo úmido. Com a evaporação, a água absorve calor do bulbo e o termômetro de bulbo úmido indica temperatura inferior àquela indicada pelo termômetro de bulbo seco, e por meio destas temperaturas calcula-se a umidade relativa através da comparação com a temperatura ambiente (GREENLANE,2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir, serão elucidadas de maneira clara e objetiva as circunstâncias da realização do trabalho, bem como a forma como foi conduzido e os procedimentos de avaliação que foram executados ao longo da elaboração do mesmo.

3.1 Local do projeto

O projeto foi realizado à distância, devido a a pandemia da Covid-19, em parceria da discente e a empresa júnior Mase Jr. da Universidade Federal do Pampa, e posteriormente implementado numa estufa agrícola, como mostra a Figura 3, de uma propriedade rural localizada na localidade do Caverá, município de Alegrete/RS, que segundo o IRGA,2010, possui temperatura média máxima anual de 30.3°C e média mínima de 15.2°C, com classificação climática de Koppen, como clima subtropical com verões quentes (cfa).



Figura 3: Estufa Agrícola do trabalho

Fonte: a Autora

3.2 Seleção de componentes eletrônicos a serem aplicados no sistema

Inicialmente, foi realizada uma capacitação de forma remota e síncrona pela plataforma Google Meet, com o professor Lucas Severo, a fim de ambientar o grupo de trabalho com a interface do Arduino, sua linguagem de programação e ferramentas. Similarmente, durante o treinamento, foi apresentada a placa ESP32 a ser utilizada e por fim um experimento de como ligar um LED foi ministrado pelo docente.

A preparação para o Arduino baseou-se na instalação de seu Ambiente Integrado de Desenvolvimento (Integrated development environment – IDE), por meio do download no link <https://www.arduino.cc/en/software>, como podemos observar na Figura 4.



Figura 4. IDE do Arduino

Fonte: Arduino, 2021.

À seguir foi instalada a placa com ESP 32: NodeMCU ESP-32S de 30 pios, através do menu Arquivo/Preferências, na interface do Arduino, e adicionado o repositório da empresa fabricante, constado abaixo, no campo “URL adicionais”: <https://dl.espressif.com/dl/packageesp32index.json>.

Posteriormente, foi instalada a placa do ESP32 no Arduino e por meio do menu Ferramentas/Placas/Gerenciador de Placas, a placa foi selecionada com a denominação ESP32 Dev Module. Prosseguindo no campo de busca, inserindo “ESP 32”, foi feita a instalação da biblioteca Espressif, como mostrado a seguir pela Figura 5.



Figura 5. Placa ESP32

Fonte: Arduino, 2021.

Adiante, foi estudada a linguagem do Arduino, bem como suas variáveis e respectivas estruturas e definições, como demonstrado abaixo:

boolean: valor verdadeiro (true) ou falso (false); char: um caractere;

Byte: tamanho de 8 bits

int: número inteiro de 16 bits com sinal; unsigned int: número inteiro de 16 bits sem sinal; long: número inteiro de 32 bits com sinal;

unsigned long: número inteiro de 32 bits sem sinal; float: número real de precisão simples (ponto flutuante); double: número real de precisão dupla (ponto flutuante); string: sequência de caracteres;

void: tipo vazio (não tem tipo);

Em sequência, o docente demonstrou a estruturação do código a seguir, a fim de realizar o estudo da estrutura e configurações do mesmo:

// Definição de variáveis:

int temp; double umid;

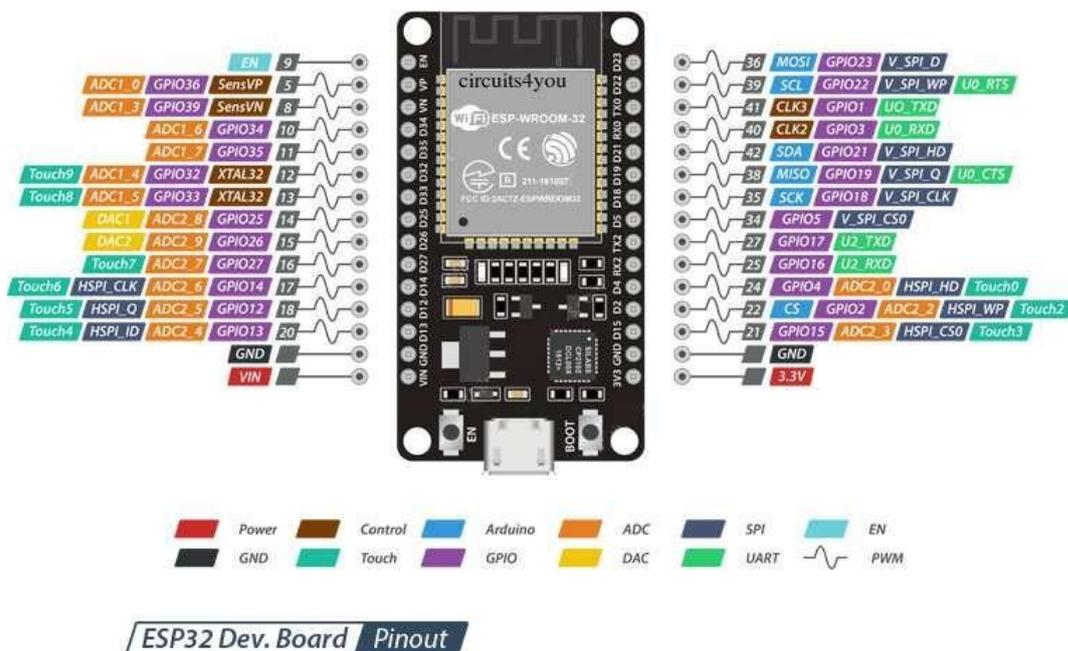
Void setup (configurações iniciais):

temp = 27;

Void loop (loop principal que será executado sempre; local onde está o programa):

funções do usuário

Após, foi realizado uma explanação e estudo sobre o PinOut da Placa do Arduino, como demonstrado na Figura 6, e os componentes listados na sequência.



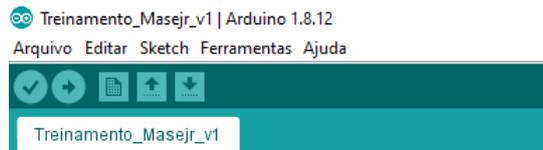
ESP32 Dev. Board Pinout

Figura 6: Composição PinOut Placa ESP32.

Fonte:Arduino,2021.

- ESP 32;
- Interface USB;
- Regulador de tensão;
- Pinos de entrada e saída (GPIO);
- Pinos analógicos (ADC);
- Conversor analógico digital;
- Pinos de comunicação específica serial;
- Pinos Touch;
- Sensores.

Posteriormente, o docente demonstrou um experimento de LED que foi compilado e gravado na placa, fazendo com que o LED ligasse e desligasse, como mostra o código da Figura 7.



```
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Treinamento_Masejr_v1

#define LED 2

void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
}

void loop() {
  delay(1000);
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(LED, LOW);
}
```

Figura 7: Código do Experimento LED

Fonte: Autora.

3.3 Concepção do sistema

Após as realizações dos testes iniciais, selecionou-se os componentes que fariam parte do sistema, e organizou-se uma sequência para estudos e concepção do sistema, conforme os itens seguintes.

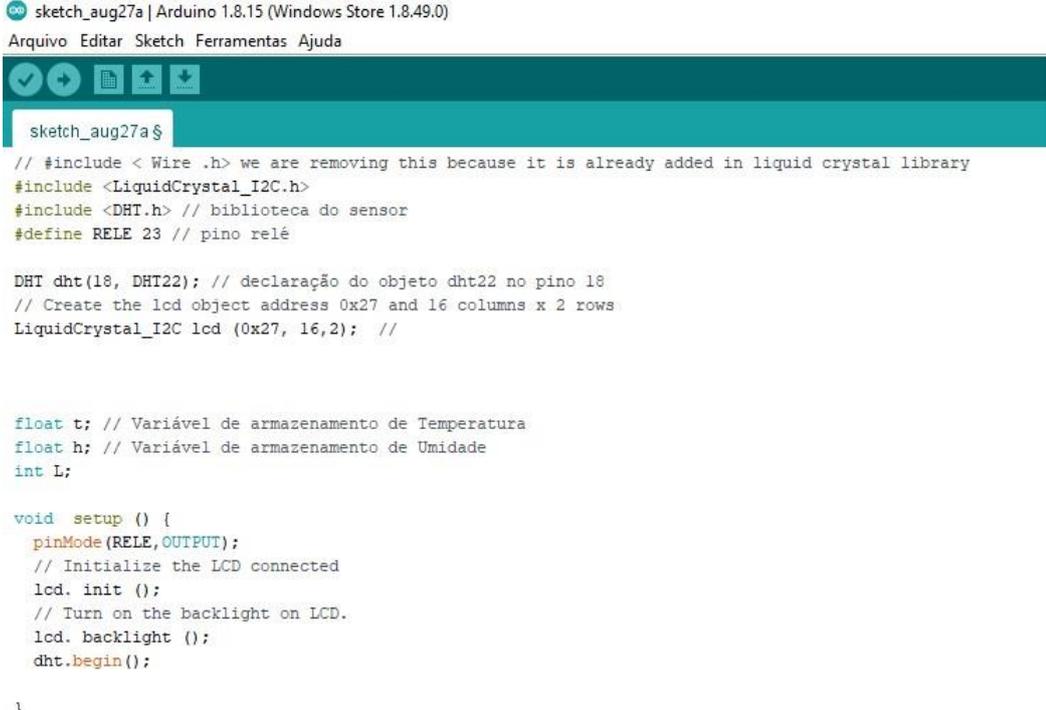
3.3.1 Teste do display LCD e do sensor DHT22

Realizou-se teste para conhecer as características e potencialidades dos componentes do LCD e do sensor DHT22. Utilizou-se os seguintes materiais:

- Protoboard;
- Cabo USB tipo C;
- Display LCD;
- Placa ESP32;
- Sensor DHT22;
- Jumper macho;
- Jumper fêmea
- Resistores;

Inicialmente foi feita a instalação da IDE do Arduino e da placa ESP32 com suas respectivas bibliotecas, e conectado a ESP32 na porta C do USB do computador, e assim criado uma porta serial com o nome COM e um número que será o número da porta.

Após, com código do Arduino exposto abaixo pela Figura 8, foram definidos os pinos do Display e suas configurações iniciais, e em seguida foi definido o número de linhas e colunas do LCD.



```
sketch_aug27a | Arduino 1.8.15 (Windows Store 1.8.49.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_aug27a $
// #include <Wire .h> we are removing this because it is already added in liquid crystal library
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DHT.h> // biblioteca do sensor
#define RELE 23 // pino relé

DHT dht(18, DHT22); // declaração do objeto dht22 no pino 18
// Create the lcd object address 0x27 and 16 columns x 2 rows
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16,2); //

float t; // Variável de armazenamento de Temperatura
float h; // Variável de armazenamento de Umidade
int L;

void setup () {
  pinMode(RELE, OUTPUT);
  // Initialize the LCD connected
  lcd. init ();
  // Turn on the backlight on LCD.
  lcd. backlight ();
  dht.begin();
}
}
```

Figura 8: Código Teste Arduino

Fonte:Arduino, 2021.

Posteriormente com o uso da plataforma online EasyEAD, foi montado e desenhado o esquemático do projeto, com a inserção dos componentes listados abaixo através da biblioteca, fornecida por diversos fabricantes, da plataforma, como será ilustrado no capítulo seguinte.

- Componentes do sistema Arduino Nano;
- Módulo GSM/GPRS; Sensor de umidade DHT22; Relé;
- Regulador de Tensão;
- Resistores;
- Capacitores.

Na sequência, foram feitas as ligações entre os componentes e suas respectivas trilhas e foi gerado o layout da placa, à ser convertido para a placa de circuito impresso, como será exposto no capítulo à seguir.

3.4 Desenvolvimento de aplicativo para controle do sistema

O controle de variáveis como temperatura e umidade são de extrema importância para que o arsenal de plantas seja mantido com excelência. Desta forma, foi desenvolvido um aplicativo a fim de monitorar à distância estas variáveis, juntamente com o acionamento do sistema de irrigação.

Na tela do aplicativo são apresentados, em tempo real os valores de temperatura em graus celsius e de umidade em porcentagem. Além disso, o usuário terá duas opções para o acionamento da irrigação, sendo a primeira por meio de um checkbox com a função de ligar ou desligar o sistema e segunda opção com a definição do horário de início e o horário de término da irrigação.

O aplicativo foi desenvolvido por meio de uma plataforma denominada MIT APP INVENTOR, onde foi realizada a programação.

Os sensores e atuadores do sistema não são conectados diretamente no aplicativo. A conexão é feita através do site ThingSpeak de denominação API, que coleta as informações dos sensores e atuadores do sistema e as codifica para o aplicativo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Confeção do esquemático para placa de circuito impresso

Com o uso da plataforma online EasyEAD, foi montado e desenhado o esquemático do projeto, com a inserção dos componentes, e também de botões com funções de acionamento de irrigação, iluminação, ventilação e acionamento de nebulização, como exposto abaixo pela Figura 9. Entretanto, somente o botão de acionamento de irrigação estará apto para ser utilizado, os demais foram inseridos apenas para facilitar projetos futuros.

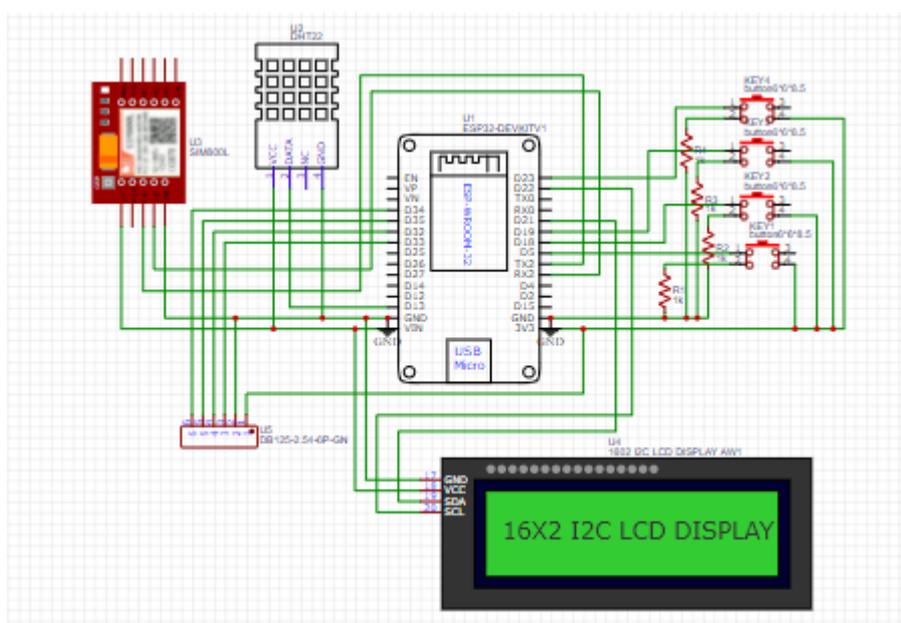


Figura 9: Esquemático da placa

Fonte: EasyEAD, 2021.

Posteriormente, foram realizadas as ligações entre os componentes, botões e suas respectivas trilhas e por fim gerado o layout da placa, à ser convertido para a placa de circuito impresso, como mostra a Figura 10.

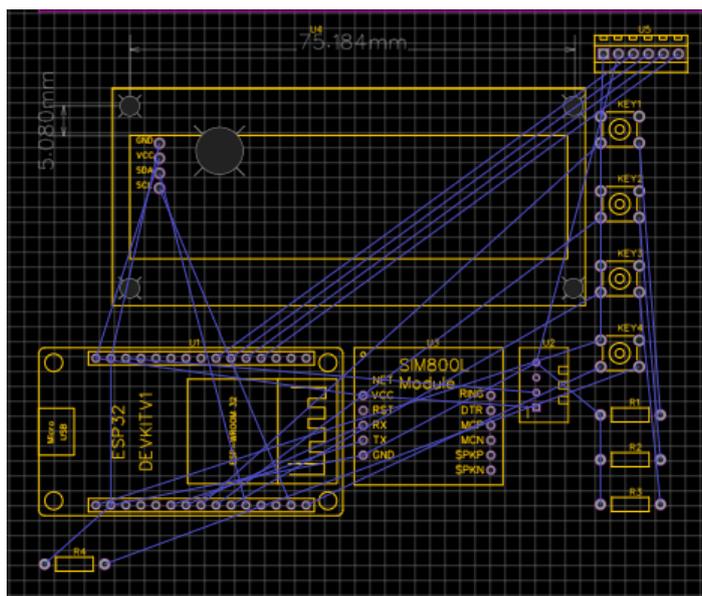


Figura 10: Esquema PCB (Placa de Circuito Impresso)

Fonte:EasyEAD,2021.

4.2 Instalação do sistema

O sistema foi testado e validado durante a montagem, e encontra-se em fase final de instalação na propriedade rural. Devido ao tempo para confecção da PCB no laboratório GAMA da Unipampa, ainda não se tem o sistema instalado no Case final. Na Figura 11, pode-se observar um protótipo do sistema em uma protoboard, que posteriormente, com a confecção da PCB, será instalado no Case.

Além disso, tem-se imagens do Case e dos demais componentes nas Figuras 12,13,14,15,16 e 17.

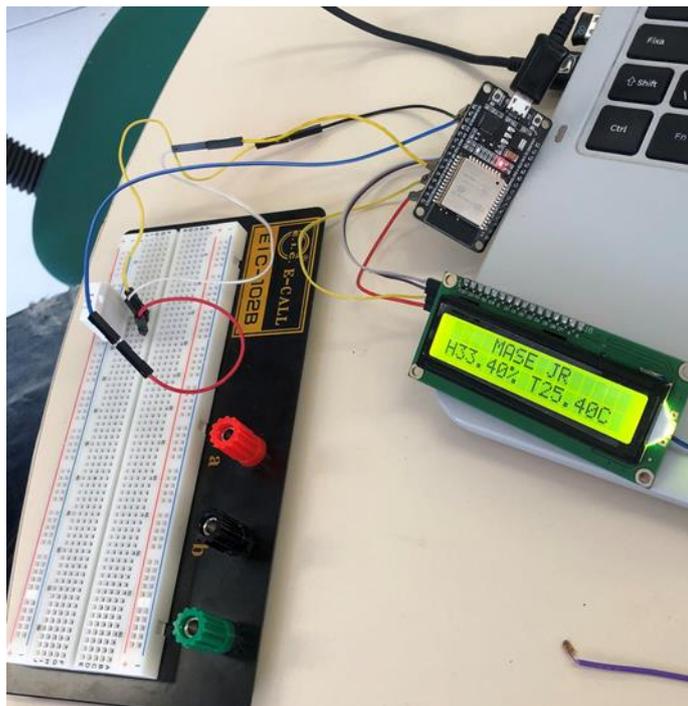


Figura 11: Protótipo do sistema.

Fonte: Autora



Figura 12: Case.

Fonte: Autora



Figura 16: Sensor DHT22.

Fonte: Autora



Figura 17: Módulo GSM/GPRS.

Fonte: Autora

Durante a instalação do projeto, o meio de transmissão de dados foi alterado, pois na localidade não havia sinal estável de telefonia móvel, sendo então implementada uma rede Wi-fi até a estufa agrícola, tornando possível utilizar a rede Wi-fi da placa ESP. Contudo, o sistema GPRS foi mantido na placa de circuito impresso, para futuramente, o produtor poder utilizar em outra aplicação.

O sistema foi instalado na estufa agrícola de 7x30 metros, conforme disposição apresentada na Figura 18.

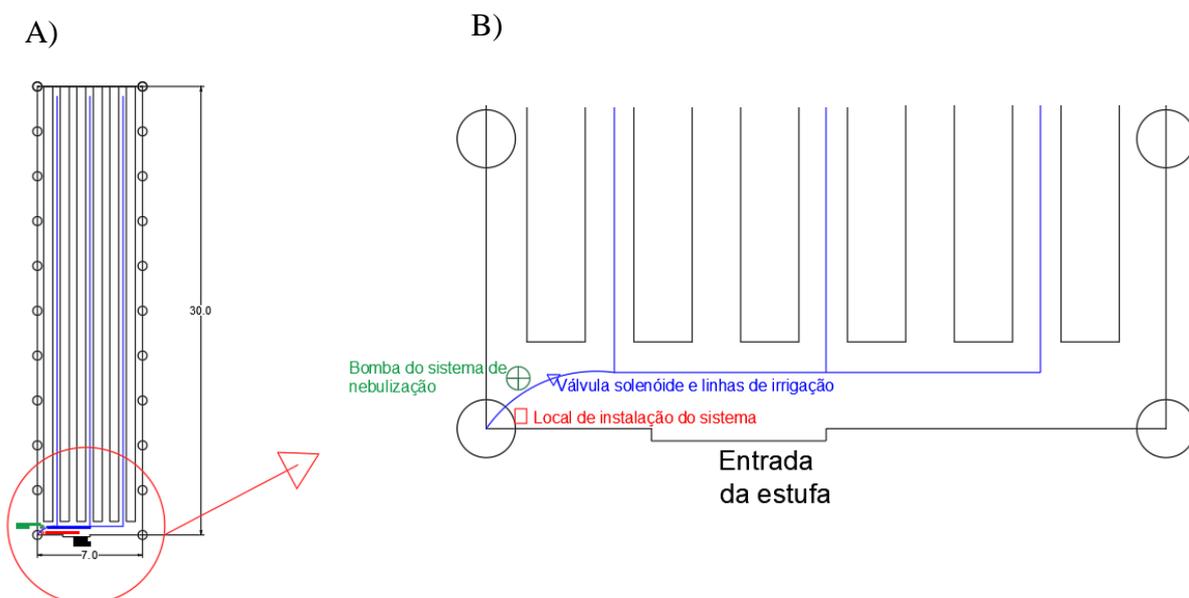


Figura 18: A) Planta baixa; B) Detalhe da planta baixa com local de instalação dos componentes.

Fonte: Autora

4.3 Aplicativo para controle do sistema

A programação do aplicativo foi realizada em blocos através da plataforma MIT APP INVENTOR, que é demonstrada pela figura 19 à seguir:

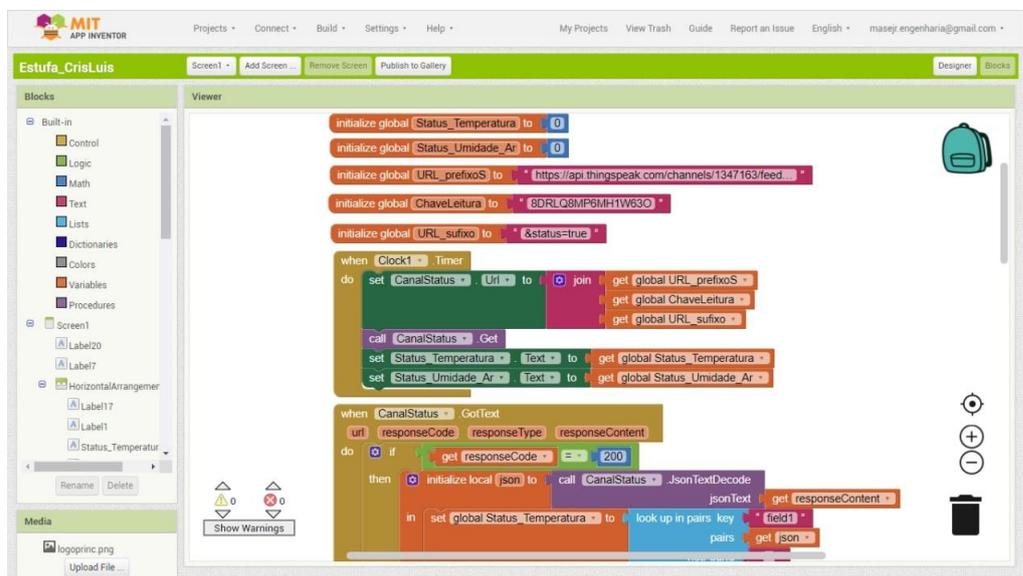


Figura 19: Plataforma de Desenvolvimento do aplicativo.

Fonte: Autora.

Na sequência tem-se a tela do aplicativo ainda na plataforma de desenvolvimento, apresentada pela figura 20 já na simulação da tela de um smartphone, sua interface, na Figura 21.

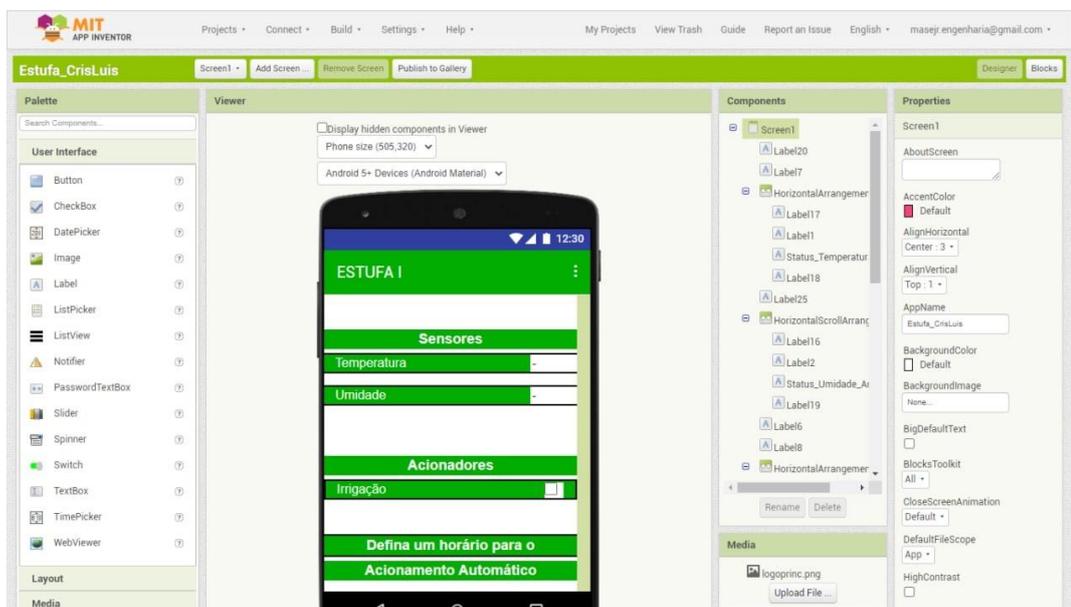


Figura 20: Tela do aplicativo no MIT.

Fonte: Autora.

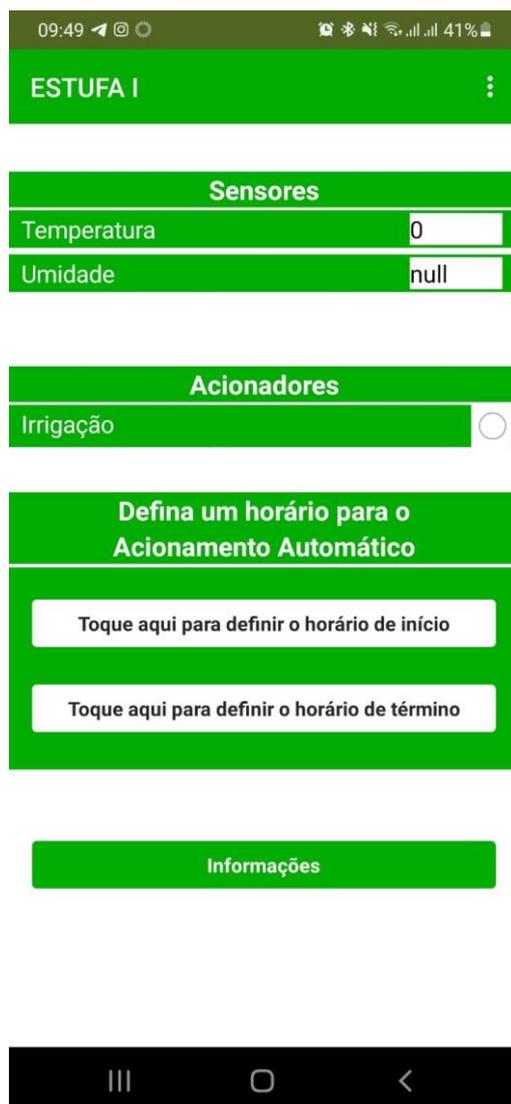


Figura 21: Tela do aplicativo em Smartphone.

Fonte: Autora.

4.4 Custos dos componentes

À seguir apresenta-se na Tabela 1, o custo de cada componente constituinte do projeto, bem como, o total investido.

Tabela 1 – Custo de cada componente do sistema.

Material	Quantidade	Valor
ESP32	3	R\$ 131,43
Fonte (12V)	1	R\$ 22,48
Fonte (5V)	1	R\$ 29,98
Sensor DHT22	1	R\$ 40,20
Módulo GPRS	1	R\$ 34,99
Resistores	10	R\$ 1,00
LEDs	5	R\$ 0,95
Módulo Relé	1	R\$ 47,77
Case	1	R\$ 67,63
PIN header fêmea	2	R\$ 3,20
Display LCD	1	R\$ 36,90
Válvula Solenóide	1	R\$ 49,90
Repetidor Wi-fi	1	R\$ 86,60
Total		R\$ 553,03

5 CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento do ambiente e acionamento da irrigação, proporcionará maior eficiência no serviço dos produtores rurais que vão utilizá-lo. Como a propriedade rural é mantida apenas pelo casal de produtores, estes possuem diversas atividades ao longo do dia, e o fato de poderem monitorar pelo aplicativo de celular a temperatura e umidade, e poderem acionar o sistema de irrigação, favorecem e otimizam o tempo para outras atividades.

O sistema elaborado com componentes de aplicação direta da Internet das Coisas é uma realidade, principalmente dentro de centros de ensino e pesquisa. No entanto, essa tecnologia de grande potencial e relativamente de baixo custo, não é conhecida por grande parte da população, e essa aplicação numa propriedade rural contribui para essa difusão da tecnologia, favorecendo o desenvolvimento técnico e intelectual dos membros que o elaborou, bem como os produtores rurais que o utilizarão.

Como sugestão de trabalhos futuros, indica-se que o sistema seja aprimorado quanto ao manejo de irrigação, através de sensores de umidade do solo ou outro método para tomadas de decisões acerca da automação. Além disso, indica-se que seja instalado acionadores para automação das cortinas laterais da estufa, com base nos resultados de temperatura e umidade do ar.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E.A.T. **Cultivares, clima e época de plantio do tomateiro**. Disponível em:

http://www.cpscetec.com.br/agriculturaorganica/site/mostra_culturas.php?codigo=348&cod_cat=75. Acesso em: 17 maio. 2019.

BRITO, A. A. A. **Casa de Vegetação com Diferentes Coberturas: desempenho em Condições de Verão**. Viçosa-MG: UFV, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, 2000.

BRITO, W. C. **Orientações gerais para projeto de construção de estufas**.

Cametá- PA, 2008. Disponível em: <

<https://www.passeidireto.com/arquivo/24244259/trabalho-de-casa-devegetacao>.

Acesso em: 21 de maio de 2017.

CRISTINA, Magda Ferreira Pinto. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**, 1 ed, Belo Horizonte, MG, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007, 51 páginas.

EMBRAPA Projetos. **Gestão do Portfólio Automação Agrícola, Pecuária e Florestal**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/210067/gestao-do-portfolio-automacao-agricola-pecuaria-e-florestal>.>

Acesso em: 19 de junho de 2019.

EMBRAPA hortaliças. **Agricultura protegida**. Disponível

em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355126/2250572/EDI%C3%87%C3%83O+17.pdf/b63bcb2c-e478-4ded-9c26-bedba360da4e>>. Acesso em 15 de maio de 2019.

GOMES, H. P. **Sistemas de Irrigação: Eficiência Energética**. João Pessoa, 2013.

IJAZ, F., SIDDIQUI, A. A., IM, B. K. & LEE, C., 2012. **Remote management and control system for LED Internet**. IEEE, pp. 942-946.

LIMA, J.E.L. **Sistemas de Comunicação e Controle para Hidroponia.**

Universidade do Minho. Escola de Engenharia. Outubro de 2014.

MAGALDI, H. R. **Alarmes: o livro do instalador.** São Paulo, Novatec Editora,2008.

MELONIO, N. (2012). **Hidroponia: conheça os prós e contra nesse tipo de**

cultivo. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/noticias/25959-hidroponia-conheca-os-pros-e-contra-nesse-tipo-de-cultivo/>. Acesso em 26 de Junho de 2019.

MICROCHIP SOLUTIONS. **Tecnoblog.** Disponível em: <

[http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A48PA-88A-88PA-168A-168PA328-328P_datasheet.pdf)

[ATmega48A48PA-88A-88PA-168A-168PA328-328P_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A48PA-88A-88PA-168A-168PA328-328P_datasheet.pdf)>. Acesso em:

17 de jun. de 2019.

NFT: Um tipo de Hidroponia. Disponível em: <<http://tudohidroponia.net/nft-um-tipo-de-hidroponia/>>. Acesso em: 16 de junho de 2019.

NUNES, N. **Sistema de Monitoramento para Identificação de Contaminantes Apolares em Águas Subterrâneas via Condutividade Elétrica.** Departamento de Automação e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina,2019.

OLIVEIRA, C.L.V.; ZANETTI, H.A.P. **Arduino descomplicado: como elaborar projetos de eletrônica.** Jundiaí, Érica Editora,2015.

PINTO, Gustavo S.; DA SILVA, Thaís L.; VIEIRA, Luciana A. ; DE SOUZA, Kleiber T..s.d. Sistema de Monitoramento para Cultivo em Áreas Cobertas. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM,2012.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento.** São Paulo: Codeagro, 2006. p. 15-29.

QUEIROZ, A.A.; CRUVINEL V.B.; FIGUEIREDO, K.M.E. **Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral**. Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus Uberlândia, 2017.

REIS, N.V.B. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Circular técnica 38, Brasília- DF.

ROMANINI, C. E. B.; GARCIA, A. P.; ALVARODO, L. M. , CAPELLI, L.; UMEZU, C. K.;
Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n11, 2010.

SABER ELETRÔNICA. Revista. São Paulo: Editora Saber, n. 405, out. 2006.

SAMPAIO, W. **Avaliando a eficiência energética de uma conexão com a Internet através do GPRS em um cenário IoT: Um estudo de caso com o SIM800L e o Middleware Dojot**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará – Campus de Quixadá, 2018.

SEGOVIA, J.F.O.; ANDRIOLO, J.L.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.
Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p. 37-41, 1997.

SILVA, R. P. **Eletrônica Básica: um enfoque voltado à informática**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2. ed, 2006.

SUZUKI, Marcelo Akira. **Automação de sistemas de irrigação**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso2.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2019.

TANKE, N. F. et al. **Automation of hydroponic installations using a robot with position based visual feedback**. In: CITESEER. **Proceedings of the**

international conference of agricultural engineering CIGR-Ageng. Spain:
Diazotec SL Publisher, paper. [S.l.], 2012.

TACHIKAWA, E. M. **Automação de técnica de cultivos hidropônicos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade São Francisco – Itatiba - São Paulo,2008.

TEIXEIRA, N T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas.** 1.ed. Guaíba:
Editora Agropecuária,1996.

WENDLING, M. **Sensores.** Trabalho de Conclusão de Curso Técnico.
Universidade Estadual Paulista – Campus Guaratinguetá,2010.