

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DE CURITIBA  
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**FELIPE LUIS BRAGA  
MAURICIO RANGEL DOS SANTOS  
RICARDO PACHECO LEAL JUNIOR**

**AUTOMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO DE PEQUENO PORTE:  
Automatização da irrigação em cultivo de morango**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2019**

FELIPE LUIS BRAGA  
MAURICIO RANGEL DOS SANTOS  
RICARDO PACHECO LEAL JUNIOR

**AUTOMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO DE PEQUENO PORTE: Automatização da  
irrigação em cultivo de morango**

Trabalho de Conclusão do curso de Graduação, em Engenharia de Controle e Automação apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso 2, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador (a): Dr. Roberto Candido

CURITIBA  
2019

FELIPE LUIS BRAGA  
MAURICIO RANGEL DOS SANTOS  
RICARDO PACHECO LEAL JUNIOR

## **AUTOMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO DE PEQUENO PORTE: Automatização da irrigação em cultivo de morango**

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 27 de junho de 2019

---

Prof. Esp. Paulo Sérgio Walenia  
Coordenador de Curso de Engenharia de Controle e Automação

---

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Rosa  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso  
de Engenharia de Controle e Automação do DAELT

### **ORIENTAÇÃO**

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Roberto Candido  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

---

Prof. Dr. Roberto Candido  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Marco Antonio Buseti De Paula  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação

## **AGRADECIMENTO**

Gostaríamos de agradecer primeiramente ao nosso professor orientador Roberto Candido por nos auxiliar nessa jornada de desenvolvimento do nosso trabalho de conclusão de curso (TCC), e também um carinho especial a Mabel Guimarães que nos trouxe as necessidades dos produtores e providenciou o contato com produtores para levantamento de demandas. Agradecemos também aos produtores que nos receberam em suas propriedades, e nós explicaram na prática como é realizado o cultivo do morango.

Eu Felipe Luis Braga, agradeço especialmente a minha família pelo auxílio durante este período conturbado do curso.

Eu Mauricio Rangel dos Santos, agradeço primeiramente a Deus, meus pais e toda a minha família que me deram todo apoio necessário para que este sonho se tornasse realidade, um agradecimento especial para Karoline Zonatto que me auxiliou em todas as etapas desta jornada.

Eu Ricardo Pacheco Leal Junior, agradeço o apoio e incentivo de meus pais em toda minha jornada acadêmica desde a pré-escola, e principalmente durante o período universitário.

## RESUMO

BRAGA, Felipe Luis; LEAL JUNIOR, Ricardo Pacheco; SANTOS, Mauricio Rangel dos; **AUTOMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO DE PEQUENO PORTE: Automatização da irrigação em cultivo de morango**. 2019. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Curso de Engenharia de Controle e Automação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

A falta de soluções tecnológicas inovadoras para o agronegócio de pequenas propriedades rurais, dificulta a expansão e modernização do cultivo de hortifrúti, sendo uma das principais barreiras encontrada no cultivo de morango a falta de irrigação adequada. Este trabalho tem como premissa o melhoramento da irrigação do cultivo do morango, com a utilização da plataforma Node-RED que irá receber dados de sensores de umidade instalados junto ao substrato onde as plantas são fixadas, possibilitando ao agricultor o controle automático da irrigação de acordo com a umidade do substrato em que a planta está inserida. O sistema também prevê o monitoramento remoto de dados de umidade relativa apresentados de acordo com os sensores. Salienta-se que este trabalho não tem como objetivo o dimensionamento de tubulações e capacidade de transporte de fluidos pelas bombas. Ao final deste trabalho nota-se as diversas possibilidades de aplicação desse protótipo, oferecendo desse modo não apenas um produto, mas um serviço que tem a capacidade de se adequar a diferentes tipos de cultivos.

**Palavras-chave:** Irrigação, Node-RED, Umidade, Remoto.

## ABSTRACT

BRAGA, Felipe Luis; LEAL JUNIOR, Ricardo Pacheco; SANTOS, Mauricio Rangel dos; **AUTOMATION IN THE AGRIBUSINESS OF SMALL SIZE: Automation of irrigation in strawberry cultivation**. 2019. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Curso de Engenharia de Controle e Automação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

The lack of innovative technological solutions for the agribusiness of small farms makes it difficult to expand and modernize horticultural crops, one of the main barriers in agriculture being a lack of adequate irrigation. This work has as main objective the irrigation of the strawberry crop, using the Node-RED platform that will provide the data of the moisture sensors supplied along with the substrate where the plants are fixed, allowing the automatic control of the irrigation according to the moisture of the substrate on which the plant is inserted. The system also provides for the remote monitoring of relative humidity data presented according to the sensors. It is emphasized that this work does not have the objective of dimensioning the pipes and capacity of transport of fluids by the pumps. At the end of this work we can see the different possibilities of applying this prototype, thus offering not only a product, but a service that has the capacity to adapt to different types of crops.

**Keywords:** Irrigation, Node-RED, Moisture, Remote.

## Lista de Siglas

|         |   |
|---------|---|
| ANA     | Agência Nacional de Águas   |
| BNDES   | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  |
| CEPEA   | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada  |
| DFVPLs  | <i>Dataflow Visual Programming Languages;</i>   |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária   |
| FAO     | <i>Food and Agriculture Organization</i> (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) |
| ha      | Hectare   |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística   |
| IDE     | Integrated Development Environment  |
| Incra   | Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária   |
| IoT     | <i>Internet of Things</i> (Internet das coisas)   |
| LAN     | <i>Local Area Network</i> (Rede de área local)  |
| MAPA    | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento   |
| MDA     | Ministério do Desenvolvimento Agrário   |
| MQTT    | <i>Message Queuing Telemetry Transport</i> (Transporte de telemetria da fila de mensagens)                  |
| ODS     | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável  |
| ONU     | Organização das Nações Unidas   |
| PIB     | Produto Interno Bruto   |
| Pnater  | Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural   |
| PNDF    | Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura   |
| PoE     | <i>Power over Ethernet</i> (Força através da Ethernet)  |
| SEBRAE  | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  |
| TCC     | Trabalho de conclusão de curso  |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Produção de grãos e área plantada. ....                                | 19 |
| Figura 2: Estrutura do morangueiro.....  | 26 |
| Figura 3: Morangueiro com plantio no solo .....                                  | 27 |
| Figura 4: Modo de plantio fora do solo em sistema aberto.....                    | 28 |
| Figura 5: Sistema de irrigação por aspersão em operação.....                     | 30 |
| Figura 6: Sistema de irrigação localizado ou por gotejamento .....               | 31 |
| Figura 7: Sistema de irrigação localizado ou por gotejamento .....               | 31 |
| Figura 8: <i>Raspberry Pi 3 B+</i> .....   | 33 |
| Figura 9: Dimensões <i>Raspberry Pi 3 B+</i> .....                               | 34 |
| Figura 10: Pinos GPIO .....  | 36 |
| Figura 11: Funções Pinos GPIO.....   | 36 |
| Figura 12: Resistor pull-up .....  | 36 |
| Figura 13: Resistor pull-down.....   | 37 |
| Figura 14: Flow do Node-RED .....  | 38 |
| Figura 15: Cadeia produtiva .....  | 41 |
| Figura 16: Diagrama de blocos para o controle de irrigação em modo automático... | 42 |
| Figura 17: Esquemático conectividade.....  | 45 |
| Figura 18: Sensor resistivo.....   | 46 |
| Figura 19: Sensor capacitivo .....   | 47 |
| Figura 20: Sensor capacitivo com comunicação Bluetooth .....                     | 47 |
| Figura 21: Comparativo do tamanho entre sensores .....                           | 48 |
| Figura 22: Obtenção das curvas de tensão dos sensores .....                      | 50 |
| Figura 23: Código StandardFirmata fornecido pela IDE do Arduino.....             | 51 |
| Figura 24: Flow de seleção de modo de operação.....                              | 53 |
| Figura 25: Código inserido no nó de função Modo de Operação .....                | 54 |
| Figura 26: Flow de operação manual .....   | 55 |
| Figura 27: Flow Modo Automático.....   | 57 |
| Figura 28: Função Get Umidade R1.....  | 57 |
| Figura 29: Flow de leitura dos sensores.....                                     | 58 |
| Figura 30: Configuração do nó range para o sensor resistivo .....                | 59 |
| Figura 31: Flow Liga Bomba.....  | 60 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 32: Flow Configurações de Umidade .....   | 61 |
| Figura 33: Flow Tipo de irrigação .....  | 62 |
| Figura 34: Flow Gráfico .....  | 62 |
| Figura 35: Interface de usuário para modos de operação - Computador .....                              | 63 |
| Figura 36: Interface de usuário com interlock ativo para seleção de operação manual - Computador ..... | 64 |
| Figura 37: Interlock desativado em modo de operação manual .....                                       | 64 |
| Figura 38: Interlock desativado em modo de operação automático – Vista celular...65                    | 65 |
| Figura 39: Interface de usuário com interlock ativo para tipo de irrigação .....                       | 66 |
| Figura 40: Acesso ao menu.....   | 66 |
| Figura 41: Menu do software.....   | 67 |
| Figura 42: Menu do software – Vista Celular.....   | 67 |
| Figura 43: Dashboards de umidade .....   | 68 |
| Figura 44: Dashboards de umidade – Vista celular.....  | 68 |
| Figura 45: Configuração de setpoints de umidade máxima e mínima.....                                   | 69 |
| Figura 46: Configuração de umidade máxima e mínima - Vista celular .....                               | 69 |
| Figura 47: Tela de gráficos.....   | 70 |
| Figura 48: Tela gráficos - Vista celular .....   | 71 |
| Figura 49: Esquemático Circuito .....  | 72 |
| Figura 50: Esquemático elétrico .....  | 73 |
| Figura 51: Bornes tipo Sak.....  | 74 |
| Figura 52: Terminal de conexão com os sensores.....  | 75 |
| Figura 53: Montagem do protótipo .....   | 75 |
| Figura 54: Montagem do protótipo - 2 .....   | 76 |
| Figura 55: Caixa de controle com equipamentos fixados .....  | 77 |
| Figura 56: Caixa de controle com tela LCD 3,5 polegadas .....  | 78 |
| Figura 57: Sensores fixados em terra .....   | 78 |
| Figura 58: Modo automático de irrigação acionado.....  | 79 |
| Figura 59: Acionamento da bomba no modo automático .....   | 80 |
| Figura 60: Acesso ao Node-RED Dashboard via dispositivo na rede local .....                            | 81 |
| Figura 61: Acesso a programação do Node-RED via dispositivo na rede local.....                         | 82 |
| Figura 62: VNC Viewer acesso local .....   | 82 |
| Figura 63: Requisição de usuário e senha da Raspberry.....   | 83 |
| Figura 64: Acesso a Raspberry via VNC Viewer em rede local.....  | 83 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 65: VNC Viewer acesso via rede externa.....                 | 84 |
| Figura 66: Acesso a Raspberry via VNC Viewer em rede externa ..... | 85 |

## Lista de tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Materiais utilizados .....                         | 43 |
| Tabela 2: Levantamento de Tensão x Umidade dos sensores..... | 48 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                  | 13 |
| 1.1. TEMA.....                                      | 13 |
| 1.1.1. Delimitação do tema.....                     | 14 |
| 1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS.....                     | 14 |
| 1.3. OBJETIVOS.....                                 | 15 |
| 1.3.1. Objetivo Geral.....                          | 15 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos.....                   | 15 |
| 1.4. JUSTIFICATIVA.....                             | 15 |
| 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....               | 16 |
| 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....                     | 16 |
| 2. AGRICULTURA E AGRONEGÓCIO.....                   | 17 |
| 2.1. AGRICULTURA.....                               | 18 |
| 2.2. AGRONEGÓCIO.....                               | 19 |
| 2.3. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....  | 20 |
| 2.4. TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO.....                 | 21 |
| 2.5. PEQUENAS PROPRIEDADES.....                     | 23 |
| 2.6. AGRICULTURA FAMILIAR.....                      | 23 |
| 2.7. SEBRAE.....                                    | 24 |
| 3. CULTIVO DE MORANGOS.....                         | 25 |
| 3.1. MORANGUEIRO.....                               | 25 |
| 3.2. TIPOS DE IRRIGAÇÃO.....                        | 29 |
| 3.2.1. Irrigação por aspersão.....                  | 29 |
| 3.2.2. Irrigação localizado ou por gotejamento..... | 30 |
| 4. RASPBERRY PI.....                                | 32 |
| 4.1. RASPBERRY PI 3 B+.....                         | 33 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.1.1. | Especificações Técnicas Raspberry Pi 3 B+ ..... | 34 |
| 4.1.2. | GPIO.....                                       | 35 |
| 4.2.   | NODE-RED .....                                  | 37 |
| 4.2.1. | Programação Baseada em Fluxo .....              | 39 |
| 4.3.   | PRÉ CONCEPÇÃO DE SOLUÇÃO .....                  | 40 |
| 5.     | MATERIAIS E MÉTODOS .....                       | 43 |
| 5.1.   | DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO.....            | 45 |
| 5.2.   | PROCESSAMENTO DE DADOS.....                     | 50 |
| 5.3.   | DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE .....               | 52 |
| 5.3.1. | Modo de Operação .....                          | 53 |
| 5.3.2. | Modo de operação manual.....                    | 54 |
| 5.3.3. | Modo de operação automático .....               | 56 |
| 5.3.4. | Leitura Sensores.....                           | 58 |
| 5.3.5. | Liga Bomba .....                                | 60 |
| 5.3.6. | Configurações de Umidade .....                  | 60 |
| 5.3.7. | Tipo de irrigação .....                         | 61 |
| 5.3.8. | Gráfico .....                                   | 62 |
| 5.4.   | INTERFACES E OPERAÇÃO DO SOFTWARE .....         | 63 |
| 5.5.   | DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....               | 71 |
| 6.     | RESULTADOS.....                                 | 77 |
| 7.     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                      | 86 |
| 7.1.   | CONCLUSÃO .....                                 | 86 |
| 7.2.   | PROPOSTAS FUTURAS .....                         | 87 |
|        | REFERÊNCIAS.....                                | 88 |
|        | APENDICE A - CÓDIGO FONTE PARA O NODE-RED ..... | 91 |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. TEMA

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2017, p. 9), a irrigação no Brasil teve início na produção de arroz no estado do Rio Grande do Sul na década de 1900, com intensificação nas outras regiões do país a partir de 1970.

O sistema de irrigação visa distribuir água em quantidade adequada visando o desenvolvimento vegetal adequado com o mínimo de desperdício de água (MELLO; SILVA, 2007).

Para Reisser Junior et al. (2014, p. 58), o cultivo de morangos no Brasil é uma atividade agrícola especializada e exige conhecimentos técnicos de alto nível, e de acordo com o autor, o país tem uma área de plantio de aproximadamente 4000 hectares (ha) com produção de aproximadamente 105 mil toneladas.

A propriedade cujo sistema de irrigação será estudado, cultiva os morangos fora de solo em *slabs* (sacos plásticos tubulares com substrato para plantio), o que evita doenças nas plantas e ajuda na ergonomia dos trabalhadores durante a colheita.

Esta propriedade utiliza o sistema de tipo aberto, que de acordo com Gonçalves et al. (2016, p.12) não reaproveita a solução de nutrientes drenada durante o ciclo produtivo, ao contrário do sistema do tipo fechado, e a irrigação deve ser feita a partir de fitas gotejadoras dentro dos *slabs*. Entretanto, tal propriedade utiliza o método de irrigação individual por planta, que para Gonçalves et al. (2016, p.26) é adequado ao sistema do tipo fechado.

Segundo a *Food and Agriculture Organization* - FAO (2017) citada pela ANA (2017, p.12), “o Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo”. Considerando a necessidade de economia de água e o princípio do cultivo do morango que impossibilita molhar as folhas e frutos devido a possível ocorrência de doença e fungos na planta, a irrigação por gotejamento é uma solução satisfatória a tais fatores, segundo Oliveira et al. (1981, p. 603) o gotejamento proporciona uma distribuição mais controlada e racional da água o que permite a sua reposição na quantidade desejada.

Conforme Moraes et al. (2010, p.12), compreende-se como automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que aperfeiçoe os objetivos das indústrias e serviços, e venham a substituir o trabalho humano devido a segurança das pessoas, qualidade de dos produtos, redução de custos ou velocidade de produção, desse modo, a automação facilita as atividades elaboradas pelos trabalhadores e não poderia ser diferente na agroindústria.

### 1.1.1. Delimitação do tema

A mudança de um sistema de irrigação feito através de bombas d'água e registros manuais com a atuação da irrigação feita de acordo com as verificações manuais do produtor, para um sistema automatizado com microprocessamento, em que as irrigações sejam feitas de acordo com a necessidade de umidade dos morangueiros por meio de sensores de umidade, válvulas solenoides que irão permitir a mistura de nutrientes, e simulação de acionamento de contadores das bombas d'água. Além do monitoramento remoto de dados de umidade relativa apresentados de acordo com os sensores instalados junto às plantas.

Salienta-se que este trabalho não tem como objetivo o dimensionamento de tubulações e capacidade de transporte de fluidos pelas bombas, tendo em vista que a propriedade agrícola onde o sistema será implementado já possui um sistema de irrigação por gotejamento acionado manualmente.

## 1.2. PROBLEMAS E PREMISAS

A falta de soluções tecnológicas inovadoras para o agronegócio de pequenas propriedades rurais dificulta a expansão e modernização do cultivo de hortifrúti, sendo uma das principais barreiras encontrada na lavoura de morango a falta de irrigação adequada.

Este trabalho tem como premissa o melhoramento da irrigação do cultivo do morango, com a utilização da plataforma *Raspberry Pi* que irá receber dados de sensores de umidade instalados junto ao substrato onde as plantas são fixadas,

possibilitando ao agricultor o controle automático da irrigação de acordo com a umidade do substrato em que a planta está inserida. Em uma segunda etapa, pretende-se a criação de *Dashboards* junto ao *software* Node-RED ou similar, o que permitiria o monitoramento a distância, pelo produtor, da umidade do substrato registrada pelos sensores.

Também se deseja a utilização deste *software* para simulação de acionamento de bombas d'água.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo Geral

Simular a aplicação de irrigação por gotejamento de morangueiros utilizando controle e monitoramento de umidade via Node-RED, Arduino e *Raspberry Pi* ou *hardware* compatível com o *software* Node-RED.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar um estudo de caso sobre plantio de morangos e sistema de irrigação por gotejamento.
- Efetuar um estudo sobre sensores de umidade de solo e sua aplicação no cultivo de morango.
- Aprender sobre a plataforma *Raspberry Pi* e o *software* Node-RED.
- Desenvolver um *software* em Node-RED para monitoramento de umidade no cultivo de morango.
- Simular o acionamento de bombas d'água para irrigação dos morangueiros de acordo com a umidade necessária para o cultivo.
- Desenvolver *Dashboard* para monitoramento remoto da umidade relativa de acordo com os sensores de umidade.
- Aplicar solução piloto em um protótipo de bancada.

### 1.4. JUSTIFICATIVA

Estender o estudo de controle e automação para além das indústrias, com soluções inovadoras ao agronegócio e uso de novas tecnologias como o *hardware Raspberry Pi* e a utilização do *software* Node-RED muito utilizado em projetos de *IoT* que está em alta no mercado industrial com o surgimento da indústria 4.0.

Tendo como base o sistema de irrigação por gotejamento, instalado na propriedade no qual o estudo será embasado, o projeto piloto “deve ser automatizado com o uso de programadores automáticos e válvulas solenoides, de forma a permitir a aplicação uniforme da solução nutritiva durante vários períodos de irrigação durante o dia” (GONÇALVES et al., 2016).

Sendo este tema de pesquisa, uma necessidade dos agricultores da Região Metropolitana de Curitiba, conforme apontamento do SEBRAE.

## 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em parceria com o SEBRAE na primeira etapa do trabalho, foram realizadas visitas a produtores de morango da região metropolitana de Curitiba, onde foram analisadas as necessidades locais e os possíveis métodos de implementação das modificações no sistema de irrigação proposto. A coleta de dados sobre o melhor desenvolvimento da plantação foi realizada com acompanhamento de um Engenheiro Agrônomo, consultor do SEBRAE, junto aos agricultores.

Na segunda etapa durante a disciplina de TCC1, foram desenvolvidos os referenciais teóricos sobre o cultivo de morangos e a plataforma *Raspberry Pi*. Após realizado este estudo, foi determinado as melhores opções de sensores e demais componentes, para serem utilizados no protótipo. Os integrantes da equipe também aprenderam programação em Node-RED e *JavaScript*.

A terceira etapa do projeto constituiu-se da programação do sistema que irá automatizar a irrigação com utilização da plataforma *Raspberry Pi* e ao final do trabalho foi desenvolvido um protótipo para suprir a necessidade de simulação de irrigação, com intuito de gerar um produto comercializável no futuro.

## 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Buscou-se o desenvolvimento deste trabalho em 7 capítulos, estruturados conforme a seguir.

- Capítulo 1 - Introdução: A introdução abordou qual o tema do trabalho, contendo quais os objetivos pretendidos e a justificativa de porquê tal trabalho foi relevante a área de estudo de seus realizadores.
- Capítulo 2 – Agricultura e Agronegócio: Definições, dados, referências sobre agricultura e agronegócio.
- Capítulo 3 - Cultivo de morangos: Embasamento teórico sobre desenvolvimento de morangueiros.
- Capítulo 4 – *Raspberry Pi*: Estudo sobre a plataforma *Raspberry Pi* e sua utilização na agricultura, ou *hardware* compatível com o *software* Node-RED.
- Capítulo 5 - Materiais e Métodos: Irá apresentar os materiais utilizados e o porquê da escolha desses materiais na construção do protótipo e como foi desenvolvido o mesmo.
- Capítulo 6 - Resultado: Irá apresentar o funcionamento do projeto piloto, com a integração dos sensores de umidade e demais componentes utilizados junto aos métodos de controle e monitoramento.
- Capítulo 7 – Conclusão

## 2. AGRICULTURA E AGRONEGÓCIO

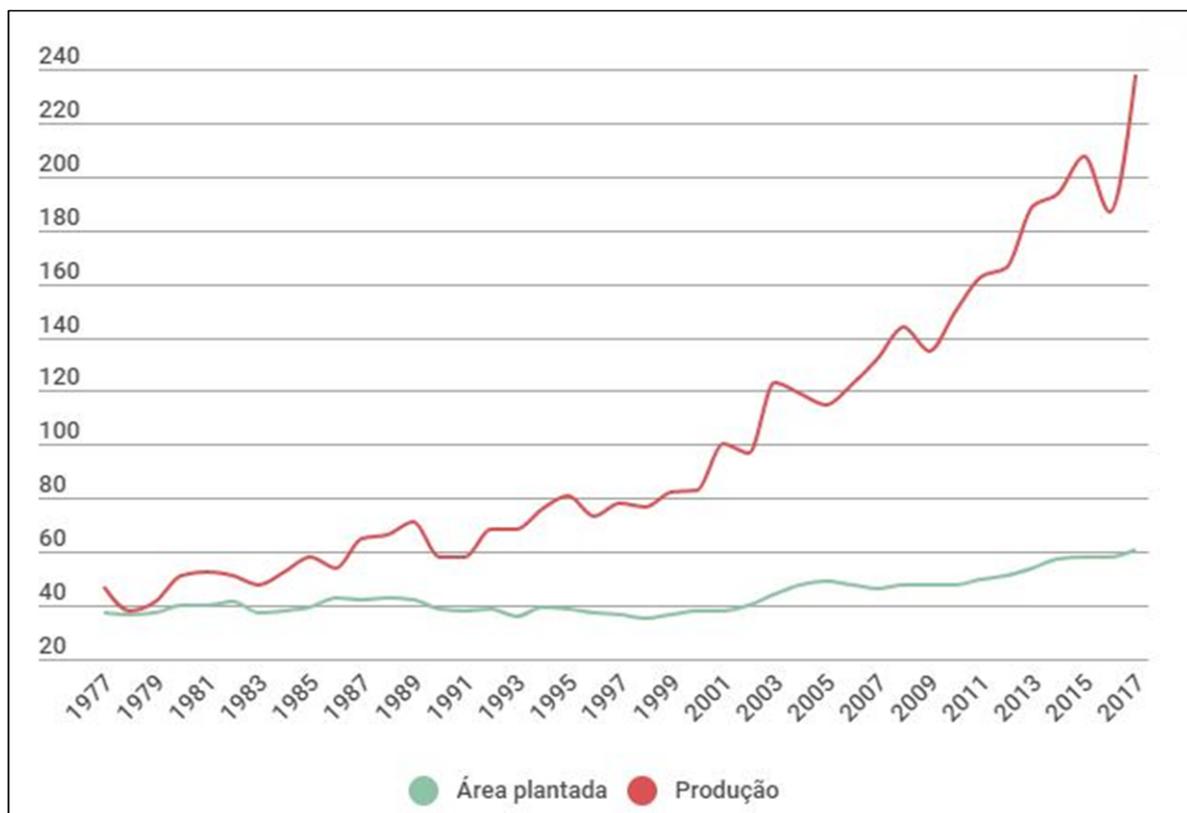
Neste capítulo será abordado o panorama da agricultura e agronegócio no Brasil e no mundo, assim como um aspecto histórico destes sistemas.

## 2.1.AGRICULTURA

Estima-se que por volta de 10 mil anos atrás a humanidade abandonou progressivamente a caça e a simples coleta de alimentos, para começar a cultivar seus próprios grãos isso deu início a prática de cultivo da terra, ou seja, agricultura. Mas foi apenas no século XVIII que o homem começou a produzir em grande escala, foi no século XIX que adjunto com novas tecnologias como os tratores, componentes químicos e sementes geneticamente melhoradas que se deu a agricultura moderna que vemos até a atualidade conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2018).

No Brasil ainda nos anos 60 e 70 a agricultura era rudimentar, pois prevalecia o trabalho braçal e na grande maioria das vezes auxiliados somente com a força de bovinos, sendo que menos de 2% das propriedades rurais contavam com máquinas agrícolas. De acordo com a EMBRAPA (2018), o auxílio do governo em pesquisa e incentivo da industrialização da agricultura possibilitou o aumento da produtividade por hectares no Brasil, conforme pode ser visto na Figura 1, onde a produção está referenciada em milhões de toneladas e a área plantada em milhões de hectares, sendo estes dados a linha superior e inferior respectivamente.

Figura 1: Produção de grãos e área plantada.



Fonte: EMBRAPA (2018)

Pode-se observar neste gráfico o grande aumento da produção a partir dos anos 2000 o que gerou uma maior procura por soluções tecnológicas para o agronegócio.

## 2.2. AGRONEGÓCIO

O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (2018) entende o agronegócio sendo a soma de quatro segmentos, sendo os insumos para a agropecuária, agroindústria, agros serviços, e agropecuária básica. Estima-se que o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, até o mês de maio de dois mil e dezoito, acumule uma queda de 2,83%, onde essa queda é resultado principalmente do setor primário e no setor de agros serviços, onde o acumulado dos cinco primeiros meses de dois mil e dezoito é estimado em 5,46% e 2,93% respectivamente (CEPEA, 2018).

O agronegócio brasileiro de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2018), é responsável por cerca de 25% do PIB, e por

aproximadamente 50% das exportações nacionais, onde dentro deste percentual a produção agrícola é responsável por 69,5% da arrecadação e a pecuária é responsável por 30,5%.

De acordo com MAPA (2018), a fruticultura no Brasil é uma das mais diversificadas do mundo, possuindo uma área de cultivo superior a 2 milhões de hectares e uma produção de aproximadamente 44 milhões de toneladas anuais, sendo ultrapassado em produção apenas pela China e Índia. Ainda de acordo com o MAPA (2018), a fruticultura, que é geradora e distribuidora de renda, contribui significativamente para o desenvolvimento do país, além de ser um segmento com alto potencial para garantir elevado volume de produção com qualidade, onde para o país alcançar protagonismo sustentável deverá ser desenvolvido sistemas de geração de tecnologias voltados à agricultura.

A fruticultura brasileira possui na base do setor produtivo uma grande participação de pequenos e médios produtores, e para atingir as metas de longo prazo estipulados pelo Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura (PNDF), deve-se fortalecer os pontos críticos de sucesso e competitividade desse contingente de produtores (MAPA, 2018). As principais metas desse plano de longo prazo, ou seja, até dois mil e vinte e oito, de acordo com MAPA (2018) são, contribuir com sessenta bilhões de reais, no objetivo de o Brasil aumentar sua participação no mercado de alimentos global, contribuir para que o consumo per capita anual de frutas e derivados no mercado interno seja de setenta quilos, e atingir um valor de exportações de dois bilhões de dólares desses produtos.

### 2.3. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Líderes mundiais se reuniram na sede da Organização das Nações Unidas (ONU) em Nova York em setembro de 2015, e planejaram um conjunto de dezessete objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) para o ano de 2030 (PLATAFORMA AGENDA 2030).

Dentro dos dezessete ODS, o plano tem 169 metas para erradicar a problema e promover vida digna para todos.

O segundo objetivo do ODS tem o nome de “fome zero e agricultura sustentável”, onde visa acabar com a fome, melhoria da nutrição, alcançar a

segurança alimentar e promover a agricultura sustentável (PLATAFORMA AGENDA 2030).

De acordo com a plataforma agenda 2030, durante as duas últimas décadas, o desenvolvimento da agricultura junto ao rápido crescimento econômico, foram responsáveis mundialmente pela redução de cinquenta por cento da proporção de pessoas subnutridas. Entretanto, em dois mil e quatorze, ainda existem 795 milhões de pessoas em estado de desnutrição crônica (PLATAFORMA AGENDA 2030), e este objetivo da ODS pretende acabar com todas as formas de fome e má-nutrição no prazo de quinze anos a partir de dois mil e quinze.

Existem oito metas dentro do ODS 2, entre elas estão: Acabar com a fome; Acabar com todas as formas de desnutrição; Até dois mil e vinte manter a diversidade genética de sementes, plantas cultivadas, animais de criação e domesticados; Aumentar o investimento na infraestrutura rural; Corrigir e Prevenir as restrições ao comércio nos mercados agrícolas mundiais; Garantir o funcionamento adequado dos mercados de commodities de alimentos; Dobrar a produtividade agrícola; Garantir sistemas sustentáveis de produção (PLATAFORMA AGENDA 2030).

Onde estes dois últimos são detalhados a seguir conforme a Plataforma agenda 2030:

Até 2030, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores, inclusive por meio de acesso seguro e igual à terra, outros recursos produtivos e insumos, conhecimento, serviços financeiros, mercados e oportunidades de agregação de valor e de emprego não-agrícola;

Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às alterações climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo; (Plataforma agenda 2030)

De acordo com a Plataforma agenda 2030, é necessário a implantação de práticas agrícolas sustentáveis, por meio da agricultura familiar, à tecnologia e ao mercado para poder alcançar este objetivo.

## 2.4. TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO

Ao final do século 20, novas tecnologias voltadas à produção rural começaram a se instalar no agronegócio, podendo se considerar uma revolução neste ramo (REVIDO, 2013, apud LIMA et. al, 2017), de modo que essa agricultura conta com recursos desde a adubação corretiva e técnicas de manejo, até tecnologias mais sofisticadas como a biotecnologia, maquinário agrícola com tecnologia de ponta e geoposicionamento por satélite - GPS (LIMA et. al 2017).

De acordo com Lima et. al (2017), para atingir maior produtividade é necessário saber o que fazer e como fazer, assim como nas grandes empresas do setor industrial. Um dos recursos que podem ser adotados para a resolução desse problema é a utilização do *Big Data* (armazenamento de dados gerados em grande quantidade), o qual não é apenas um recurso para grandes indústrias, mas também pode ser implantado em propriedades agrícolas. Segundo Maia (2014), uma empresa agrícola com sede no interior de São Paulo, faz a aquisição e armazenamento de dados a cada safra de suas seis fazendas, o que representava 30 gigabytes de informações como mapas de colheitas e índices pluviométricos.

O objetivo do *Big Data* no agronegócio é armazenar e processar dados sobre diversas variáveis do plantio, como sobre o clima e solo, para obter informações de como aumentar a produtividade das fazendas além de otimizar o uso da água, fertilizantes e sementes (MAIA, 2014).

De acordo com Ricardo Inamasu apud Maia (2014), na agricultura convencional, os produtores tomavam as decisões sobre a utilização de fertilizantes e da água, de acordo com uma média de valores da propriedade agrícola, e atualmente ocorre a preocupação com a alteração de dados sobre áreas menores dentro de uma propriedade, e conforme estas alterações, deve-se adaptar a produção para obter sucesso na lavoura, e ainda de acordo com Inamasu, estima-se que a eficiência do plantio pode ser melhorada em 30% com o cruzamento de dados.

A EMBRAPA é um grande incentivador do desenvolvimento de tecnologias para aplicação no agronegócio e promove vários eventos voltados à exposição de produtos e serviços inovadores (LIMA et. al, 2017), e ainda de acordo com os autores, existem vários casos de tecnologias já consolidadas no agronegócio, tais como os produtos Agritempo, Invernada, Diagnose Virtual, Sista (Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental) e Infoteca-e.

## 2.5. PEQUENAS PROPRIEDADES

De acordo com o Censo Agropecuário (2006), a divisão de terras no Sul do Brasil tem um “padrão agrário do campesinato da Europa Ocidental”, ou seja, parcela as terras em pequenas propriedades, o que é característica da agricultura familiar.

De acordo com o Incra (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), a classificação do tipo de propriedade agrícola é definida pela quantidade de módulos fiscais que o imóvel possui, sendo essa classificação dada em relação a Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993.

Um módulo fiscal é definido de acordo com cada município e expresso em hectare (ha). Em Curitiba, 1 módulo fiscal corresponde a 5 ha, em São José dos Pinhais, um módulo fiscal corresponde a 12 ha (INCRA, 2013).

Um minifúndio de acordo com o Incra, tem área menor a 1 módulo fiscal, uma pequena propriedade tem área entre 1 módulo fiscal e 4 módulos fiscais, uma média propriedade tem área entre 4 e 15 módulos fiscais e uma grande propriedade possui área superior a 15 módulos fiscais.

## 2.6. AGRICULTURA FAMILIAR

Entende-se como agricultura familiar os estabelecimentos que estão de acordo com todos os termos da Lei nº 11.324, de 24 de julho de 2006 (CENSO AGROPECUÁRIO, 2006).

A partir da década de 1990, a extensão rural brasileira passou por uma reconstrução após um período de declínio, e esta reconstrução gerou a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Pnater), a qual se tornou lei no ano de 2010, desse modo, a extensão rural passou a contar com orçamento e estruturas para responder às demandas crescentes para o fortalecimento rural, o qual foi baseado no fortalecimento da agricultura familiar de acordo com o Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA (2014).

A agricultura familiar contribui para o mercado doméstico, pois produz alimentos a custos baixos o que colabora para o controle da inflação (GONÇALVES, 2002; ALVES et.al.,2013, apud MDA,2014), e além de colaborar com o controle da inflação, a agricultura familiar é importante para as políticas de segurança alimentar

(MDA, 2014), pois de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006), a agricultura familiar é provedora de alimentos para consumo no mercado interno.

O censo agropecuário identificou 4.367.402 propriedades cuja agricultura é familiar, e isto representa 84,4% dos estabelecimentos agrícolas brasileiros, embora a área ocupada pela agricultura familiar seja apenas de 24,3% em relação a todos os estabelecimentos agropecuários do Brasil (IBGE, 2006).

Em relação a mão de obra, de acordo com os dados do IBGE (2006), a agricultura familiar registrava ao final de 2006, 12,3 milhões de pessoas vinculadas a este segmento, enquanto a agricultura que não se enquadra como familiar ocupavam apenas 4,2 milhões de pessoas, o que representa 25,6%, enquanto a agricultura familiar representa 74,4% do pessoal ocupado.

De acordo com o MDA (2014, p.21), a inovação tecnológica na agricultura requer adaptação às condições específicas de uma região, sendo pelas condições socioeconômicas ou condições agroecológicas, portanto depende de uma pesquisa regional robusta, onde tais inovações possam ser aplicadas localmente com foco nas condições sociais e ambientais para que o sistema produtivo seja sustentável.

## 2.7. SEBRAE

Como instituição, o SEBRAE existe desde 1972, mas sua história começou quase uma década antes, com um programa para financiamento à pequenas e médias empresas, criado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico atual Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (SEBRAE). No ano de 1972, o SEBRAE era chamado de Centro Brasileiro de Assistência Gerencial à Pequena Empresa (CEBRAE), e em 1990 foi transformado em Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), quando desvinculou-se da administração pública, e tornou-se uma instituição privada sem fins lucrativos a qual é mantida por repasses de grandes empresas do Brasil.

O SEBRAE é uma entidade privada com intuito de promover o desenvolvimento sustentável e competitividade dos empreendimentos com faturamento anual bruto de até quatro milhões e oitocentos mil reais, ou seja, empreendimentos de micro e pequeno porte (SEBRAE).

De acordo com o SEBRAE, as soluções desenvolvidas atendem desde o empreendedor que irá abrir seu próprio negócio até as empresas consideradas de pequeno porte que já estão consolidadas, mas buscam se posicionar novamente no mercado.

### 3. CULTIVO DE MORANGOS

A produção mundial do morango gira em torno de 4,5 milhões de toneladas sendo os Estados Unidos o maior produtor com mais de 28% desta produção. O cenário brasileiro vem crescendo a cada ano, com cerca de 40% da área total de produção na América do Sul atualmente, o que corresponde a aproximadamente 3.500 ha. O estado do Paraná, em 2010, foi o segundo maior produtor, alcançando 18 mil toneladas de morango, perdendo somente para o estado de Minas Gerais (EMBRAPA, 2016 p.18-21).

Segundo a EMBRAPA (2016, p.24), no mercado global o morango é uma das frutas mais valorizadas, sendo que a cada ano cresce o valor das exportações em relação ao volume exportado alcançando mais do que U\$ 1,8 bilhões em 2010.

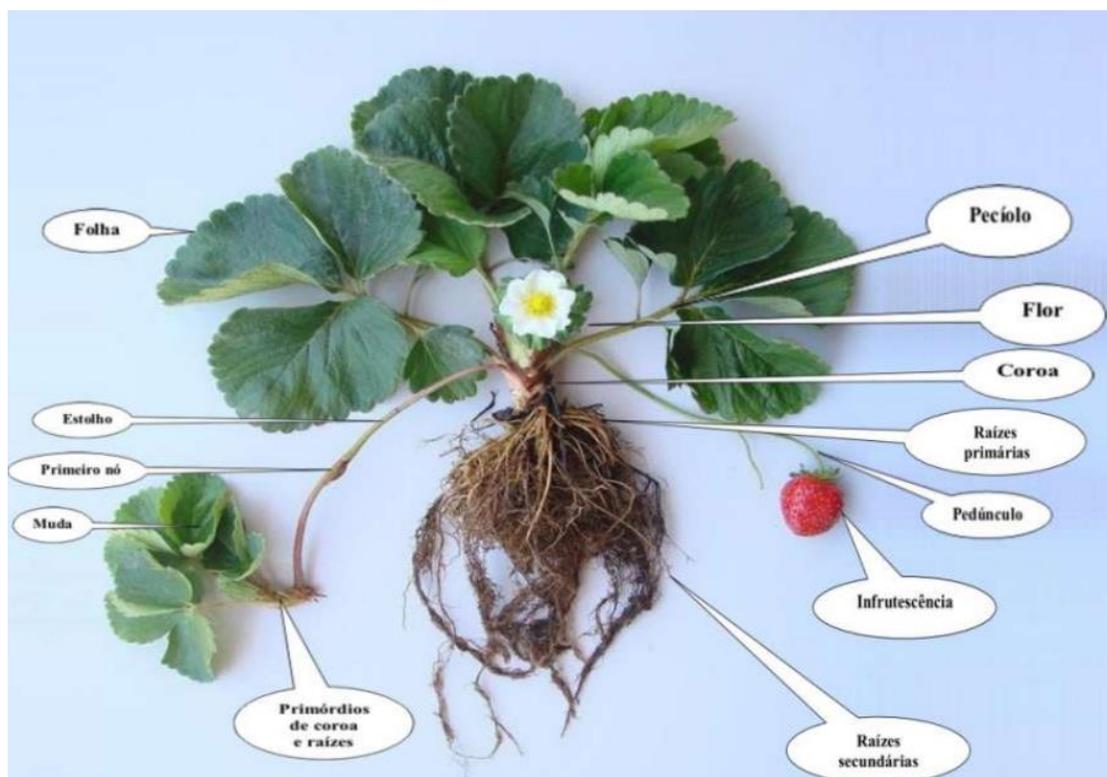
No Brasil não há grandes produtores, já que grande maioria da sua produção tem como base a agricultura familiar, o que gera uma importância significativa no cenário socioeconômico do Brasil (ANTUNES et al.,2011 p.11).

#### 3.1. MORANGUEIRO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma planta pertencente à família das rosáceas (ANTUNES et al.,2011), e tem indícios de consumo na Pré-História pelos povos do centro e do norte da Europa, devido a registros de sementes em sítios arqueológicos, datados do Neolítico e da Idade dos Metais (EMBRAPA,2016).

No cultivo do morango, segundo a EMBRAPA (2016, p.38, apud, RONQUE, 1998), “a altura varia de 15 cm a 30 cm, podendo ser rasteiras ou eretas, formando pequenas touceiras, que aumentam de tamanho à medida que a planta envelhece.” Na Figura 2 pode-se visualizar a planta com suas partes distintas:

Figura 2: Estrutura do morangueiro



Fonte: DIAS, Mário Sérgio Carvalho, 2013.

Observa-se assim que o morangueiro é constituído das seguintes estruturas:

- A) Raízes, estas divididas em primárias e secundárias.
- B) Caule / Coroa.
- C) Estolões.
- D) Folha
- E) Flor
- F) Fruto.

Basicamente o plantio do morango é feito de dois modos, diretamente no solo, conforme Figura 3, ou sem o contato no solo, conforme Figura 4.

Ao optar pelo plantio diretamente no solo o produtor deve considerar o nível tecnológico que será adotado (EMBRAPA apud. SANTOS; MEDEIROS, 2005), podendo ter o solo coberto por plástico ou outro tipo de proteção, além de possuir uma espécie de estufa ao redor do canteiro, observa-se na Figura 3, um exemplo de plantio em solo:

Figura 3: Morangueiro com plantio no solo



Fonte: Autoria própria

No plantio fora do solo existem dois sistemas, são eles, sistema aberto e sistema fechado.

No sistema aberto a solução drenada (que não foi absorvida pela planta) não é reaproveitada durante o ciclo de produção. Já o sistema fechado a solução nutritiva da planta é coletada e reutilizada no ciclo, diminuindo assim os danos ambientais causados (GONÇALVEZ et. al, 2016 p.12).

A produção de morango com plantio fora do solo e sistema aberto, pode ser visualizada na Figura 4, registrada pelos autores em uma propriedade da região metropolitana de Curitiba.

Figura 4: Modo de plantio fora do solo em sistema aberto



Fonte: Autoria própria

No Brasil ao considerar o plantio fora do solo, planta-se os morangueiros em substratos ou em água, conforme EMBRAPA (2016, p.224).

Há ainda outro tipo de classificação, no plantio fora do solo, que dependendo do meio onde se desenvolvem as raízes, os sistemas de cultivo podem classificar-se em três grupos, são eles o cultivo em substrato, o cultivo em água e o cultivo aeropônico (DURÁN et al., 2000, apud EMBRAPA, 2016).

O modo de plantio em que este trabalho discorre é o cultivo em substrato ou semi-hidropônico que conforme EMBRAPA (2016, p.223) trata-se do cultivo em substrato sólido, inerte e poroso podendo ser composto de vários materiais, também conhecido como *slabs*.

Outro aspecto importante a considerar são os materiais utilizados na composição dos substratos, que podem ser minerais (de origem natural ou artificial) e orgânicos. Entre os materiais minerais encontram-se: solo mineral, areia, vermiculita, perlita, cinasita e lâ de rocha. Entre os materiais orgânicos citam-se: turfas, casca de arroz, fibra de coco, resíduos de fabricação da madeira e composto de lixo domiciliar. (EMBRAPA, 2016 p.226)

Os diferentes materiais que compõe os *slabs* podem acarretar diferentes *setpoints* de umidade, porém este trabalho não tem o intuito de fazer uma análise profunda neste aspecto.

### 3.2. TIPOS DE IRRIGAÇÃO

Irrigação é a técnica que pode ser definida como a aplicação de água ao solo, visando adequar a umidade e o desenvolvimento normal das plantas nele cultivada (MELLO e SILVA, 2007).

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2017, p. 9), a irrigação no Brasil teve início no estado do Rio Grande do Sul na produção de arroz na década de 1900, com intensificação nas outras regiões do país a partir de 1970.

Na cultura do morango um dos pontos chaves de sua produção é a maneira em que é feita a irrigação do solo, pois a planta é sensível ao teor de umidade do solo tendo uma umidade ideal específica, pois a planta não deve estar com o solo seco, tão pouco encharcado, sendo as principais fontes de irrigação a por aspersão e por gotejamento.

#### 3.2.1. Irrigação por aspersão

Irrigação por aspersão conforme Silva et al. (2012, p. 4 apud Albuquerque, 2008, p. 258), trata-se de “uma técnica que visa suprir a demanda hídrica da cultura pelo fracionamento de um jato de água em gotas lançadas sobre a superfície do terreno, simulando uma chuva intensa e uniforme”. A figura 5 mostra um sistema de irrigação por aspersão em operação.

Figura 5: Sistema de irrigação por aspersão em operação



Fonte: Mello e Silva, 2007.

Este sistema de irrigação possui os seguintes componentes:

- G) Aspersores
- H) Tubulações
- I) Moto-bomba
- J) Acessórios

No que se trata em cultivo de morango esta técnica, caiu em desuso na grande maioria das plantações (EMBRAPA, 2016 p.283), por ser ineficiente ao desperdiçar muita água e possibilitar o surgimento de fungos nas folhas e nos frutos do morangueiro, conforme relatos de produtores da região metropolitana de Curitiba.

### 3.2.2. Irrigação localizado ou por gotejamento

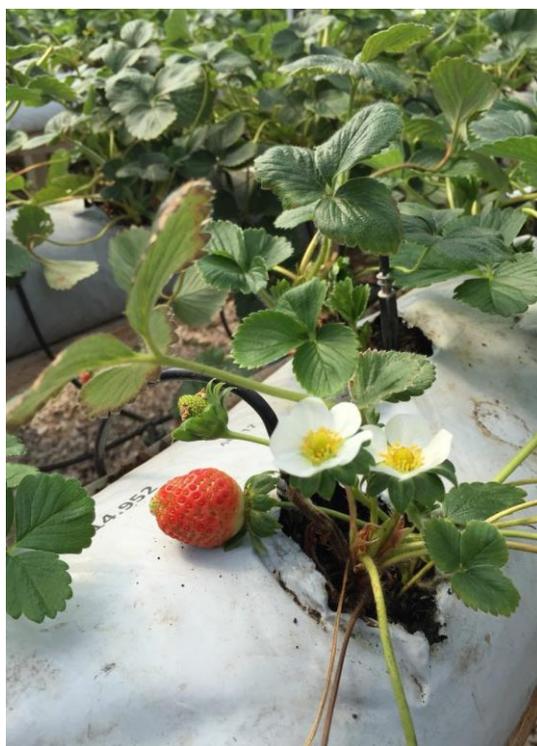
Sistema de irrigação localizada, consiste em aplicação da água lentamente por gotejadores diretamente na raiz da planta. Conforme a EMBRAPA (2016, p. 283) atualmente a cultura do morango é uma das que mais utilizam o sistema de irrigação por gotejamento. A Figura 6 e Figura 7 abaixo, ilustram um sistema de irrigação por gotejamento.

Figura 6: Sistema de irrigação localizado ou por gotejamento



Fonte: Autoria própria

Figura 7: Sistema de irrigação localizado ou por gotejamento



Fonte: Autoria própria

O sistema de irrigação localizada, ou gotejamento, pode ser constituído pelas seguintes partes:

- Moto-bomba.
- Cabeçal de controle (medidor de vazão, filtros, injetor de fertilizantes, válvulas de controle de pressão, registros e manômetros.)
- Tubulações (Linhas de transmissão).
- Gotejadores.

As principais vantagens deste tipo de irrigação são, conforme Esteves (2012), maior produtividade e eficiência no uso da água, possibilidade de automatização da irrigação e a adubação (Fertirrigação), e maior eficiência na adubação e controle sanitário.

Como desvantagens este sistema possui a possibilidade de entupimento dos gotejadores devido a impureza da água, implicando assim na utilização de um sistema de filtragem, outra inconveniência é que o sistema radicular da planta fica mais concentrado, e por último, o custo inicial do sistema é mais elevado pois há necessidade de uma mão de obra especializada e “alta” tecnologia aplicada (ESTEVES 2012, apud BERNARDO 2002, p.5).

Desta forma, após ser feita a análise dos sistemas de irrigação aqui apresentados, optou-se neste trabalho utilizar o sistema de irrigação localizada ou por gotejamento, pois esta tecnologia além de ser a mais difundida no cultivo do morango no mundo é a tecnologia utilizada pelos produtores de morango na qual foram feitas as visitas juntamente com colaboradores do SEBRAE.

#### 4. RASPBERRY PI

A Fundação *Raspberry Pi* foi criada em 2008 como uma instituição de caridade com sede no Reino Unido, com o objetivo de avanço da educação de adultos e crianças, particularmente no campo dos computadores, informática e assuntos afins.

O para iniciar a Fundação *Raspberry Pi* foi uma queda nas aplicações para a graduação da Universidade de Cambridge em ciência da computação no início dos anos 2000. Por décadas, escolas ensinaram como usar programas de computador, não como fazê-los. Ao mesmo tempo, as tecnologias digitais tornaram-se menos

vulneráveis. O resultado foi que, seja na escola ou em casa, muitos se tornaram consumidores digitais em vez de fabricantes digitais (RaspberryPi.org).

Nossos co-fundadores foram inspirados a criar um produto: um computador programável de baixo custo que apresentaria jovens pessoas para computação.

Usamos os lucros gerados de nossas atividades comerciais para alimentar nossa missão educacional mais ampla. Nós construímos um portfólio de iniciativas educacionais que incluem conteúdo, clubes, programas, competições e treinamento, e são ajudando milhões de pessoas a aprenderem computação e criação digital.

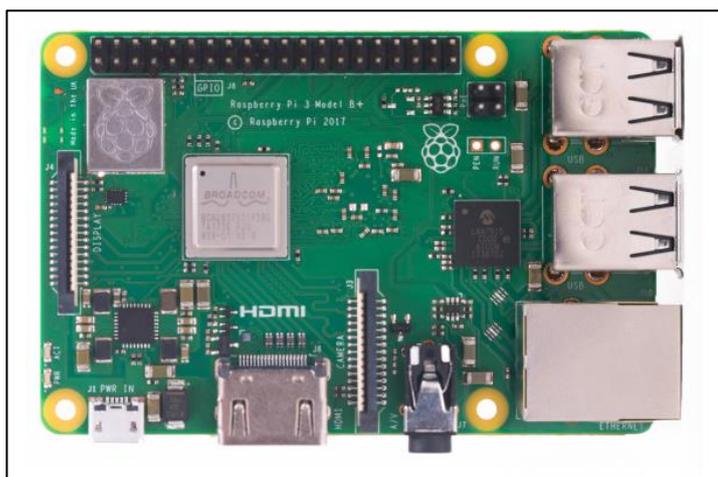
Embora amamos os computadores Raspberry Pi, as atividades educacionais da Fundação são neutras em relação a dispositivos e plataformas. Nós queremos ajudar as pessoas a usar qualquer tecnologia disponível para aprender como criar.(RaspberryPi.org)

Dentre os modelos que existem na gama de produtos da Raspberry, para este trabalho foi escolhido o modelo Raspberry Pi 3 B+.

#### 4.1. RASPBERRY PI 3 B+

O *Raspberry Pi 3 Modelo B +* é o mais recente produto da gama *Raspberry Pi 3*, com um processador quad core de 64 bits com *clock* de 1.4GHz, 2.4GHz *dual-band* e LAN *wireless* de 5 GHz, *Bluetooth 4.2 / BLE*, *Ethernet* mais veloz e capacidade PoE por meio de um PoE HAT separado. Este dispositivo pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8: *Raspberry Pi 3 B+*

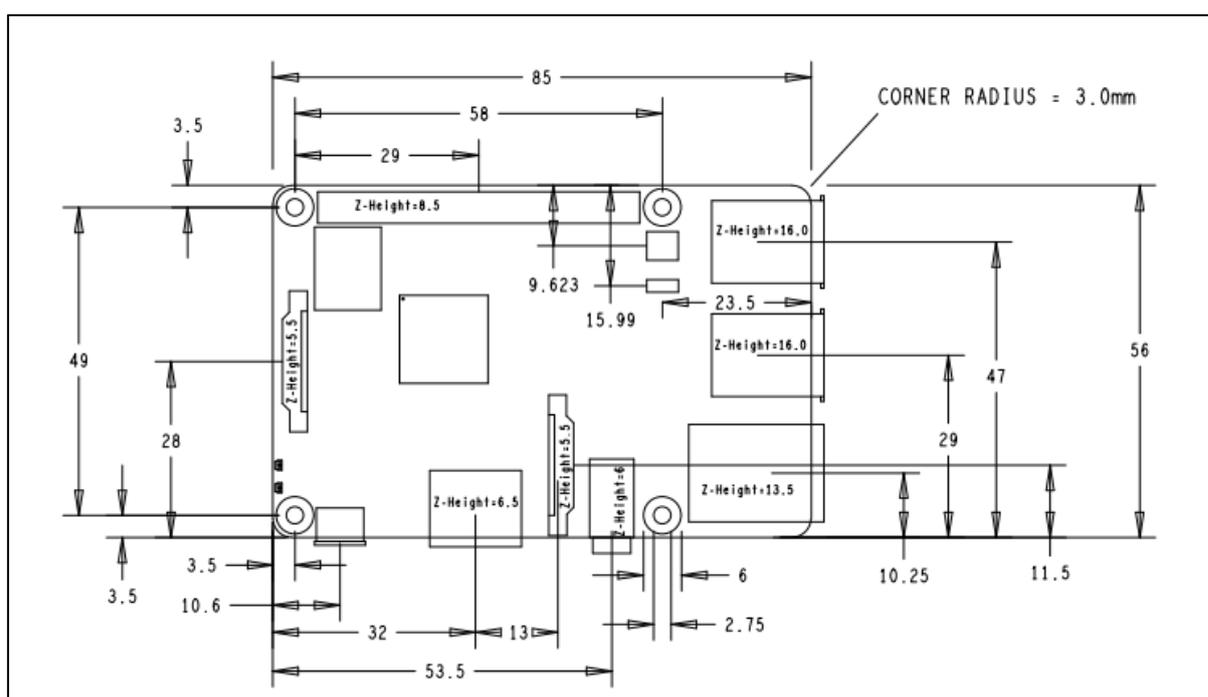


Fonte: RaspberryPi.org

O *Raspberry Pi 3 B+* difere-se de outros modelos de componentes de microprocessamento, como o Arduino Uno, pois funciona similarmente a um

computador, onde pode-se instalar e utilizar diferentes *softwares* embarcados e linguagens de programação diversas, além da sua capacidade de processamento, sendo seu processador um quad core de 64 bits rodando a 1.4GHz e o do Arduino, por exemplo, possui um processador de núcleo único de 8 bits operando a 16MHz, valor referente ao cristal externo conectado ao processador(Arduino.cc). O *Raspberry Pi 3 B+* também é vantajoso em relação a outros microprocessadores por possuir 4 entradas USBs 2.0 e o principal para o objetivo do trabalho uma entrada Gigabit Ethernet e um módulo 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN para a visualização remota dos *dashboards* do Node-RED, pois para outros modelos, por exemplo o Arduino, é necessário um computador como mestre para a instalação do *software* Node-RED e a utilização de componentes como Arduino ou PIC como escravos. As dimensões do dispositivo *Raspberry Pi 3 B+*, podem ser visualizadas na Figura 9.

Figura 9: Dimensões *Raspberry Pi 3 B+*



Fonte: RaspberryPi.org

Segue abaixo as especificações, do modelo selecionado para o protótipo, contendo as informações de processamento, memória e entre outras.

#### 4.1.1. Especificações Técnicas Raspberry Pi 3 B+

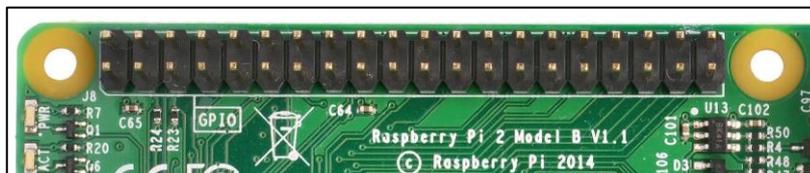
De acordo com o site RaspberryPI.org, a *Raspberry Pi 3 B+* possui as seguintes especificações técnicas:

- A) Processador: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
- B) Memória RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
- C) Conectividade:
  - a) 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE
  - b) Gigabit Ethernet over USB 2.0 (rendimento máximo 300Mbps)
  - c) 4 Portas USB 2.0
- D) Acesso: 40 pinos GPIO header estendido.
- E) Vídeo & som:
  - a) 1 x full size HDMI
  - b) MIPI DSI display port
  - c) MIPI CSI camera port
  - d) Saída estéreo de 4 polos e porta de vídeo composto
- F) Multimídia: H.264, Decodificado MPEG-4 (1080p30); Codificação H.264 (1080p30); OpenGL ES 1.1, Gráficos 2.0
- G) Suporte cartão SD: Formato Micro SD para carregar o sistema operacional e armazenamento de dados.
- H) Entrada de energia:
  - a) 5V/2.5A DC via conector micro USB
  - b) 5V DC via GPIO header
  - c) *Power over Ethernet* (PoE) - Ativado (Requer PoE HAT separado)
- I) Operação: em temperatura, 0–50°C

#### 4.1.2. GPIO

Um recurso poderoso do *Raspberry Pi* é a linha de pinos GPIO (entrada / saída de propósito geral) ao longo da borda superior da placa. Um cabeçalho GPIO de 40 pinos é encontrado em todas as placas *Raspberry Pi* atuais (não preenchidas no Pi Zero e Pi Zero W). Qualquer um dos pinos GPIO pode ser designado (em *software*) como um pino de entrada ou saída e usado para uma ampla gama de propósitos. A Figura 10 ilustra os pinos de GPIO presentes em uma *Raspberry* modelo Pi 2.

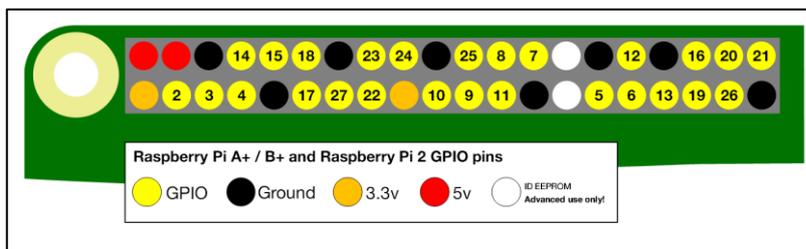
Figura 10: Pinos GPIO



Fonte: RaspberryPi.org

As funções de cada pino de GPIO, pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11: Funções Pinos GPIO

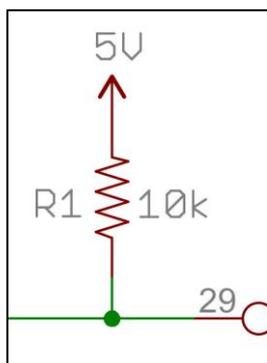


Fonte:RaspberryPi.org

Portanto, os GPIOs são compostos de 2 pinos de 5V e 2 pinos 3.3V e 8 pinos de 0V. Os pinos GPIO *outputs* (saídas) podem ser configurados como alto (3.3V) ou baixo (0V). Um pino GPIO designado como pino de entrada pode ser lido como alto (3.3V) ou baixo (0V). Isso é facilitado com o uso de resistores *pull-up* ou *pull-down* internos.

A Figura 12 mostra como pode ser a configuração de um resistor de *pull-up*.

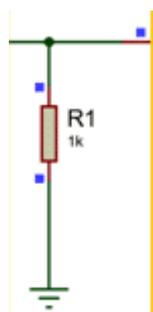
Figura 12: Resistor pull-up



Fonte: Autoria própria

A seguir na Figura 13 é ilustrado a configuração de um resistor de *pull-down*.

Figura 13: Resistor pull-down



Fonte: Autoria própria

Esta configuração de acionamento é utilizada para proteger o pino do componente eletrônico contra picos de corrente externas ao sistema.

#### 4.2. NODE-RED

O Node-RED é uma ferramenta de programação baseada em fluxo, originalmente desenvolvida pela equipe de Serviços de Tecnologia Emergentes da IBM e agora faz parte da Fundação JS (JS FOUNDATION, 2018).

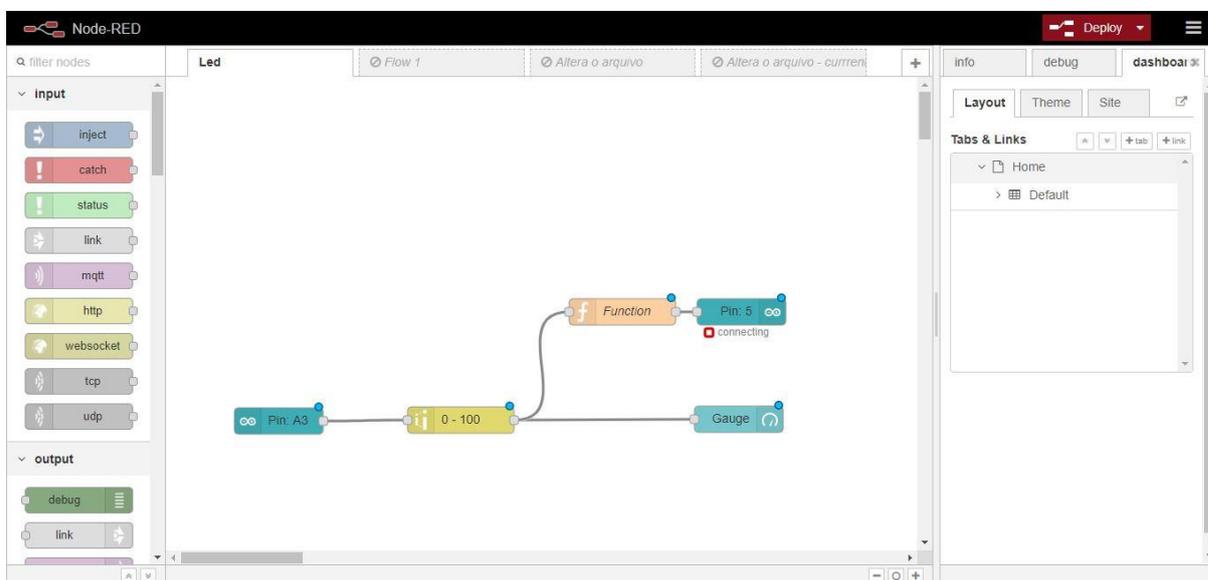
Inventado por J. Paul Morrison na década de 1970, a programação baseada em fluxo é uma maneira de descrever o comportamento de uma aplicação como uma rede de caixas pretas, ou "*Nodes*" ("Nós"), como são chamados no Node-RED. Cada nó tem um propósito bem definido, são dados alguns dados, faz-se algo com esses e

depois passa essas informações adiante. A rede é responsável pelo fluxo de dados entre os nós.

O Node-RED começou a vida no início de 2013 como um projeto paralelo de Nick O'Leary e Dave Conway-Jones, do grupo de serviços de tecnologia emergentes da IBM. O que começou como uma prova de conceito para visualizar e manipular mapeamentos entre tópicos MQTT - *Message Queuing Telemetry Transport*, um protocolo de mensagens leve para sensores e pequenos dispositivos móveis otimizado para redes TCP/IP não confiáveis ou de alta latência, rapidamente se tornou uma ferramenta muito mais geral que poderia ser facilmente estendida em qualquer direção. Foi aberto em setembro de 2013 e vem sendo desenvolvido desde então, culminando em ser um dos projetos fundadores da Fundação JS em outubro de 2016.

É um modelo que se baseia em uma representação visual e o torna mais acessível a uma ampla gama de usuários. Se alguém pode dividir um problema em etapas discretas, ele pode analisar um fluxo e ter uma noção do que está fazendo; sem ter que entender as linhas individuais de código dentro de cada nó. (JS FOUNDATION, 2018)

Figura 14: Flow do Node-RED



Fonte: Autoria própria

O Node-RED consiste em um tempo de execução baseado em Node.js que você aponta para um navegador da Web com acesso ao editor de fluxo. No navegador, você cria seu aplicativo arrastando-nos de sua paleta para um espaço de trabalho e começa a conectá-los. Um *flow* do *software* Node-RED pode ser visto na Figura 14.

#### 4.2.1. Programação Baseada em Fluxo

No modelo de execução de fluxo de dados, um programa é representado por um gráfico direcionado. Os nós do gráfico são instruções primitivas como operações aritméticas ou de comparação. Arcos direcionados entre os nós representam as dependências de dados entre as instruções. (ARVIND e CULLER 1986 apud, JOHNSON, 2004).

A principal vantagem é que, no fluxo de dados, mais de uma instrução pode ser executada de uma vez só. Assim, se várias instruções se tornarem executáveis ao mesmo tempo, elas podem ser processadas em paralelo. Este princípio simples fornece o potencial para execução massiva em paralelo no nível de instrução. (JOHNSON, 2004).

Curiosamente, a partir de meados dos anos 80 em diante, o desenvolvimento das DfVPLs (*dataflow visual programming languages*) vieram de diferentes fontes do que diretamente da pesquisa em fluxo de dados. De fato, indústria desempenhou um papel nesta fase de desenvolvimento. A fonte mais comum foi o processamento de sinal e imagem, que se empresta particularmente bem para uma abordagem de fluxo de dados. Assim sendo, muitos DfVPLs foram produzidos para resolver problemas específicos e utilizou-se fluxo de dados porque forneceu a melhor solução para o problema. Como Hills [1992] comentou, DfVPLs neste período foram mais sucedidos em domínios de aplicação estreitos e em domínios onde a manipulação de dados é a tarefa principal.

LabView é um conhecido DfVPL desenvolvido em meados da década de 1980 para permitir a construção de instrumentos “virtuais” para análise de dados em laboratórios. Como tal, foi destinado ao uso de pessoas que não eram programadores profissionais (JOHNSON, 2004). Um programa no LabView é construído conectando funções pré-definidas, exibidas como caixas com ícones, usando arcos para caminhos de dados.

O quão poderosa uma linguagem de programação visual pode ser, depende mais fortemente de seu ambiente do que suas contrapartes baseadas em texto. A facilidade com que as tarefas podem ser realizadas tem uma grande influência sobre como ela se compara a outras linguagens. Quem usou DfVPLs na indústria comentou

que a natureza visual é um componente essencial da linguagem, não simplesmente uma interface, e que sem as ferramentas de visualização oferecidas pelo ambiente, DFVPLs teriam uso limitado (JOHNSON, 2004).

#### 4.3. PRÉ CONCEPÇÃO DE SOLUÇÃO

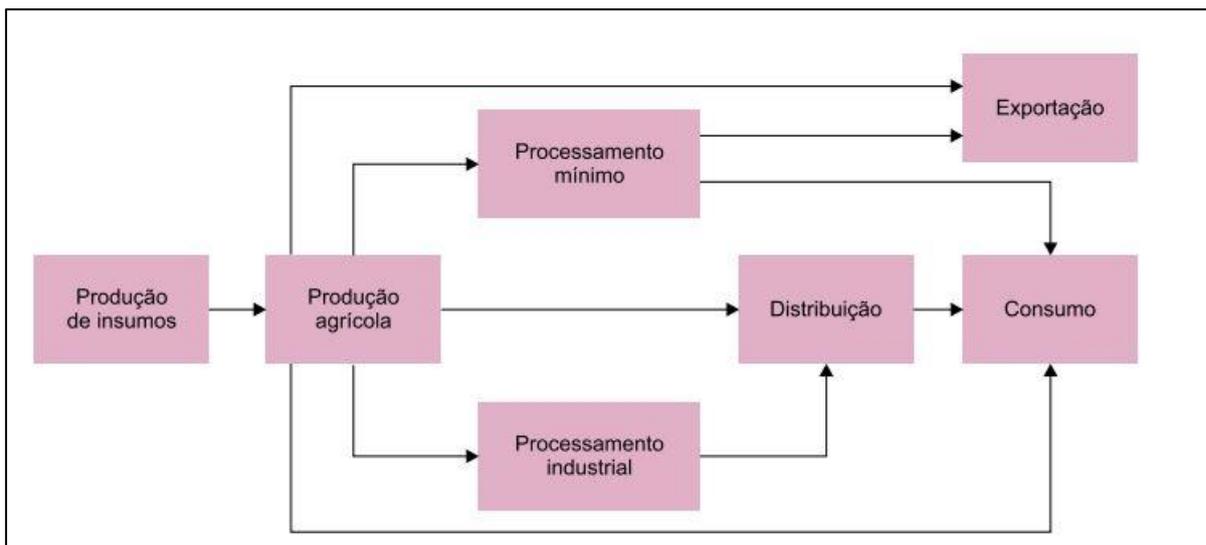
Para compor o PNDF, a pesquisa e desenvolvimento devem estar na base como fonte de conhecimento para a inovação no campo, onde avanços reais para a competitividade e sustentabilidade da produção, só será notado com a implantação de inovações provenientes do desenvolvimento de novas tecnologias ou tecnologias já disponíveis (MAPA ,2018). O PNDF propõe linhas de ações a serem definidas modularmente, como a estruturação de redes de pesquisa, desenvolvimento e inovação, se caracterizando pela constituição de redes de instituições de ciência e tecnologia executoras, onde as redes de pesquisa devem completar, por meio de uma articulação adequada, instituições de pesquisa, universidades, institutos federais e empresas privadas, sendo estas empresas tanto produtoras quanto processadoras (MAPA,2018).

Em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), apoia projetos para a agricultura familiar voltados à inovação tecnológica e produção de tecnologia, com objetivo de contribuir para a sustentabilidade econômica, ambiental e social (MDA, 2014).

Portanto, conforme o PNDF, MDA e CNPq, as universidades, assim como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), podem desenvolver soluções ao agronegócio, sendo este o tema deste trabalho de conclusão de curso (TCC), o qual está alinhado a outros três TCCs em desenvolvimento paralelo por outros alunos da UTFPR, cujo os temas são sobre a seleção de morangos, embalagem, lavagem e secagem, além de novos temas futuros tais como autossuficiência da estufa.

Este trabalho se encaixa na produção agrícola, dentro da cadeia produtiva do morango que pode ser visualizada na Figura 15.

Figura 15: Cadeia produtiva



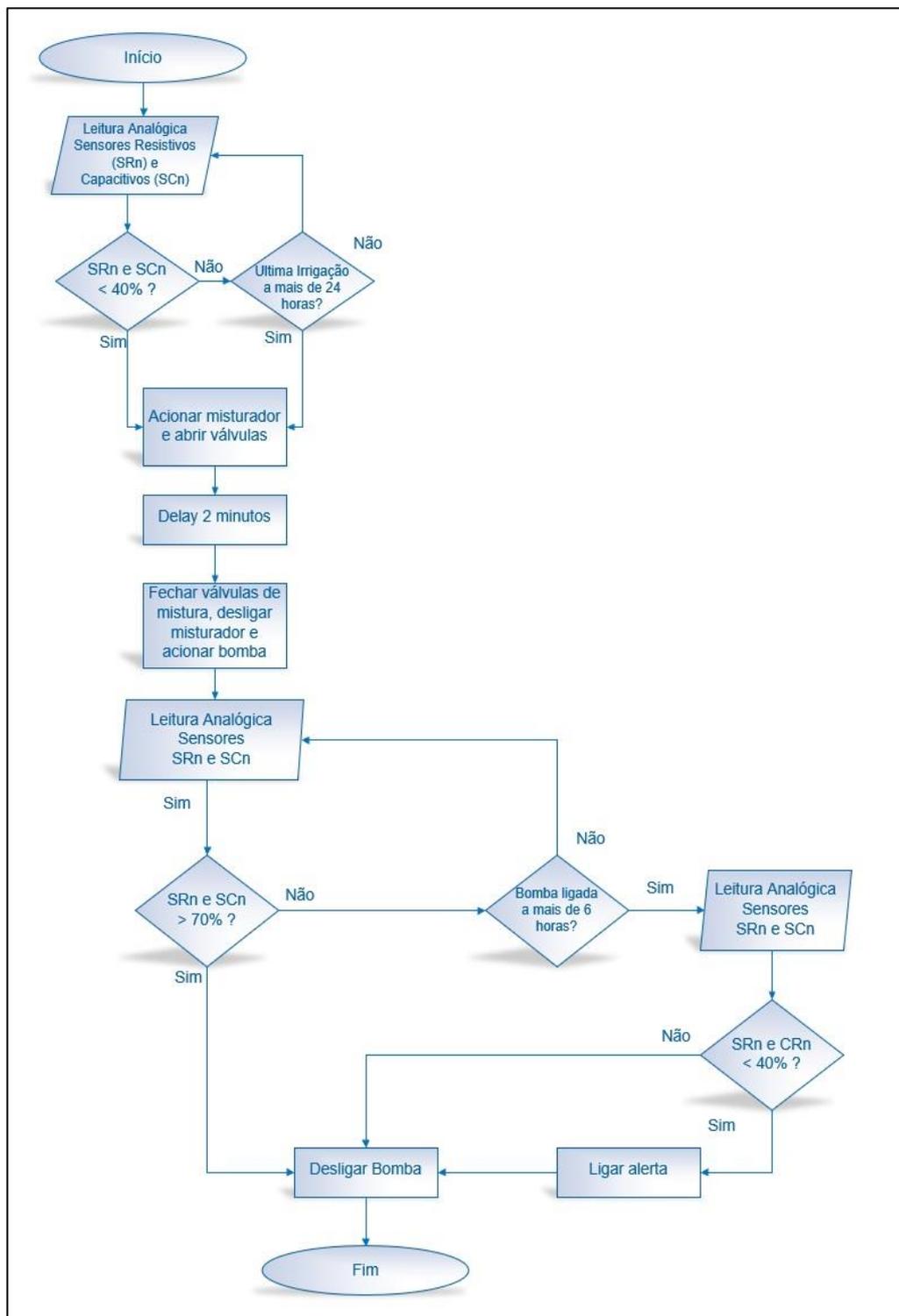
Fonte: Retirado de Embrapa (2016, p.29)

Dentro deste tópico, podemos expandir a produção agrícola para o sistema de controle da irrigação, cujo modo automático pode ser descrito conforme o diagrama de blocos da Figura 16, cujos valores de *setpoint* (Valor desejado) dos sensores não são os finais do trabalho, e estão descritos no diagrama apenas como descritivos de funcionamento, onde tais valores estão de acordo com Marszczaokoski, Cruz e Silva (2013) que em trabalho em campo junto a um produtor de morango, percebeu-se que a umidade ideal para os morangueiros, estava em torno de 60%, e o índice de baixa umidade abaixo de 40%, e umidades elevadas acima de 70%. Os limites de tempo de operação, assim como os valores desejados de umidade, não são os finais do trabalho.

O controle manual da irrigação não será apresentado em diagrama de blocos, pois o acionamento poderá ser feito a qualquer momento, desde que o modo de operação selecionado esteja configurado como manual.

A seguir na Figura 16 é possível visualizar o diagrama de bloco em que o projeto será baseado.

Figura 16: Diagrama de blocos para o controle de irrigação em modo automático



Fonte: Autoria Própria.

Os métodos utilizados para a programação de controle de irrigação, será apresentado no capítulo 5.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme apresentado no capítulo 4, o sistema de irrigação a ser simulado, contém acionamentos automáticos e manuais, de forma que o capítulo 5 apresenta quais os materiais e métodos utilizados para alcance dos objetivos desejados.

Os materiais utilizados no protótipo de sistema de irrigação são:

Tabela 1: Materiais utilizados

| Quantidade | Material                                     | Valores (R\$) |
|------------|--|---------------|
| 1          | Sensor de umidade resistivo                  | R\$ 3,50      |
| 1          | Sensor de umidade capacitivo                 | R\$ 7,00      |
| 1          | Fonte de alimentação 5V 3000 mA              | R\$ 15,00     |
| 1          | Fonte de alimentação 5V 1000 mA              | R\$ 20,00     |
| 20 metros  | Cabo 1x0,32 mm <sup>2</sup>                  | R\$ 15,00     |
| 20 metros  | Cabo 2x0,32 mm <sup>2</sup>                  | R\$ 20,00     |
| 1          | Tela touchscreen 3,5 polegadas               | R\$ 100,00    |
| 1          | Cabo tipo <i>flat</i>                        | R\$ 15,00     |
| 1          | <i>Raspberry Pi</i> 3B+                      | R\$ 250,00    |
| 1          | Arduino Uno                                  | R\$ 35,00     |
| 1          | Cabo USB                                     | R\$ 5,00      |
| 1          | Bomba submersa 5 v                           | R\$ 20,00     |
| 1          | Modulo relé com 4 relés                      | R\$ 20,00     |
| 19         | Parafusos e porcas com rosca métrica         | R\$ 2,00      |
| 14         | Borne sak 2,5 mm <sup>2</sup>                | R\$ 25,00     |
| 1          | Caixa de distribuição (21,1 x 33,5 x 8,8 cm) | R\$ 60,00     |
| TOTAL      |  | R\$ 612,50    |

A fonte de alimentação de 5V de 3000 mA é destinada a alimentação da *Raspberry*, que por sua vez alimenta sua tela LCD por cabo *flat* e o Arduino via cabo USB. O Arduino então é responsável pela alimentação dos sensores e envio de sinais digitais para as portas de sinais dos relés. A fonte de 5V de 1000 mA é responsável pela alimentação do módulo de relé e pela alimentação da bomba 5V quando acionada.

Os cabos usados neste trabalho são, cabo de 0,32 mm<sup>2</sup> sem blindagem, que tem por finalidade transmitir o sinal analógico de saída dos sensores de umidade e realizar a alimentação de cada sensor, optou-se por este cabo porque após realização de testes, observou-se que não apresentavam perdas quando ligados ao circuito.

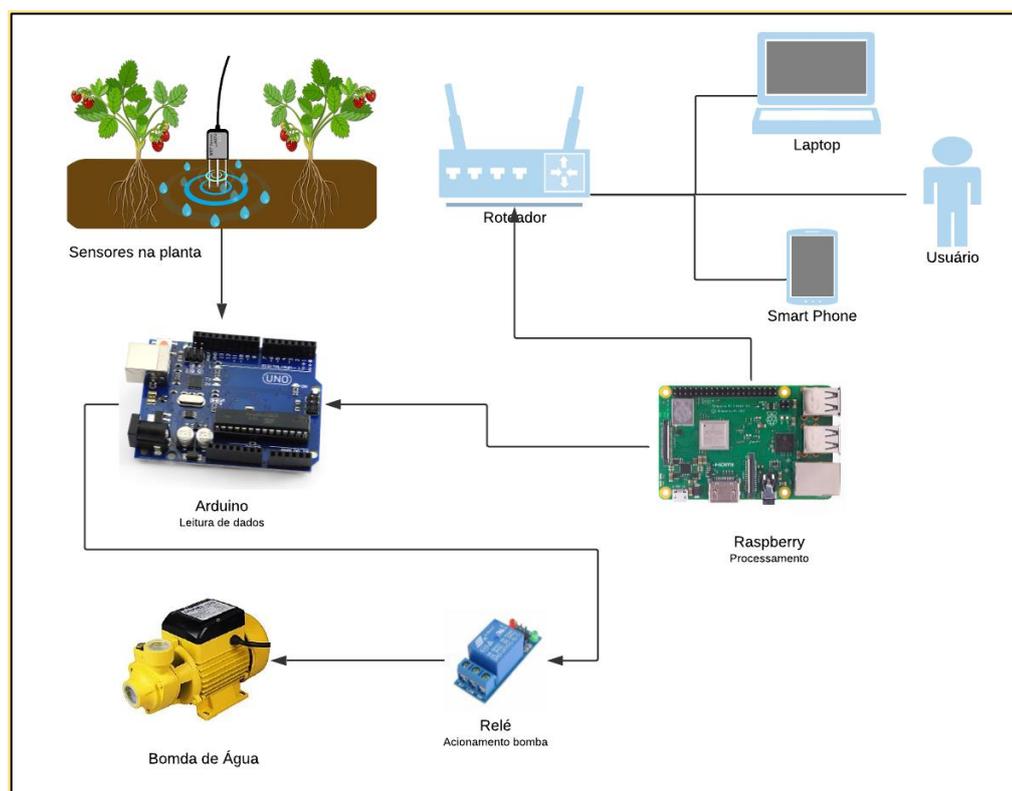
A tela *touchscreen* de 3,5 polegadas, foi adquirida juntamente a *Raspberry Pi*, e possui resolução de 320x480 pixels sendo conectada a *Raspberry* através de 26 pinos de GPIO.

O módulo relé usado neste trabalho tem como finalidade acionar a bomba de 5V, e acionar um contator que por sua vez poderá acionar um motor elétrico. Esta ação será realizada a partir de uma saída digital do Arduino UNO que fará a mudança de posição da chave do relé, a qual pode ser conectada no terminal normalmente aberto ou normalmente fechado, chave qual pode operar com uma corrente de 10 amperes, o que é suficiente para o acionamento de um contator. Neste caso utilizaremos o terminal normalmente fechado, pois o módulo relé comuta sua chave com o sinal digital de valor 0, desse modo o envio de um sinal de valor 1, a chave ficará em sua posição fechada. Ressalta-se que esta ligação pode ser alterada de acordo com a programação do *software* Node-RED

Para uma melhor visualização do sistema montado, a bomba de 5V descrita anteriormente, será utilizada para simular a bomba da propriedade na qual este trabalho está embasado.

A Figura 17 ilustrada a seguir, dá uma visão de como é realizada a conectividade do sistema como um todo.

Figura 17: Esquemático conectividade



Fonte: Autoria própria

Observa-se nesta figura as diferentes etapas do sistema, desde a obtenção dos dados dos sensores até interface homem-máquina que será disponibilizada ao cliente final.

### 5.1. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

A determinação da Umidade do solo é essencial para o controle da água em culturas irrigadas como no caso de morangueiros, e tendo como foco a agricultura familiar, existem poucas opções de equipamentos específicos para medição de umidade de solo a um custo acessível (COELHO, et al, 2013).

Um aparelho possível para se realizar esta medida e de baixo custo é o chamado tensiômetro, que pode ser visto como uma boa opção por ser um equipamento de fácil utilização (COELHO, et al. 2013), de acordo com o site Agrosmart, o tensiômetro possui a limitação de necessitar de frequentes manutenções devido ao seu método de funcionamento, onde pode ocorrer acúmulo de ar na

cavidade da cápsula porosa, e a principal desvantagem deste equipamento para este trabalho, é a falta de automação, de modo que este equipamento não possui uma interface de comunicação, e necessita de leituras manuais diárias.

Ainda de acordo com COELHO et al (2013) outro método possível para a determinação da umidade do solo pode ser o método do tato, o qual pode ter uma precisão de até 5%, e como uma terceira opção, também poderia ser adotado pelo agricultor o método da facilidade de penetração, onde este método não permite determinar a umidade do solo, mas determina se a umidade do solo está adequada à absorção de água pelas raízes das plantas, onde sua utilização é similar no equipamento chamado de penetrômetro de Stolf, onde esta medida é do tipo qualitativa e é feita com base no número de batidas necessárias de um peso específico, para que o equipamento penetre uma distância fixa no solo.

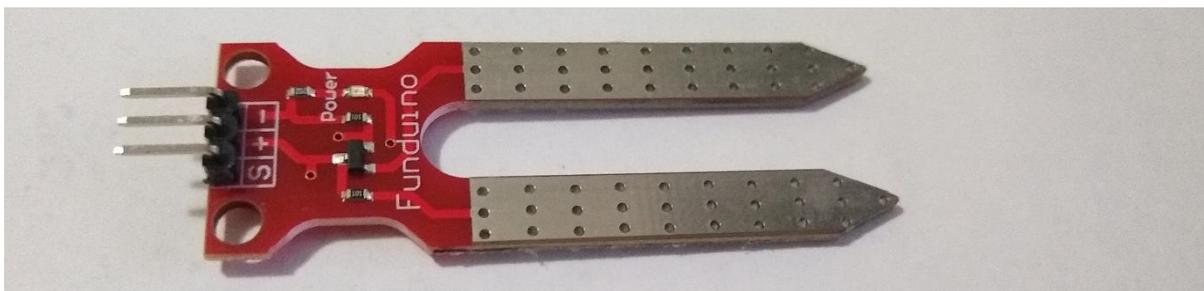
Outros métodos que podem ser utilizados para a medição da umidade do solo podem ocorrer com a utilização de sensores de condutividade térmica, onde é feita uma relação da variação da massa de água no equipamento junto à diferença de temperatura medida. (AGROSMART).

Os blocos de resistência elétrica, também são utilizados para a medição da umidade do solo, e consistem em elementos porosos com eletrodos, onde a passagem de corrente elétrica entre estes eletrodos é função não linear da tensão da água no solo (AGROSMART), e pode-se desse modo estimar a umidade do solo.

Para este trabalho com intuito de termos a conectividade entre um sensor de umidade em campo junto a um sistema de monitoramento em tempo real, decidiu-se pela utilização do equipamento conhecido como higrômetro. E para avaliar o funcionamento deste equipamento, será utilizado o higrômetro do tipo resistivo e capacitivo.

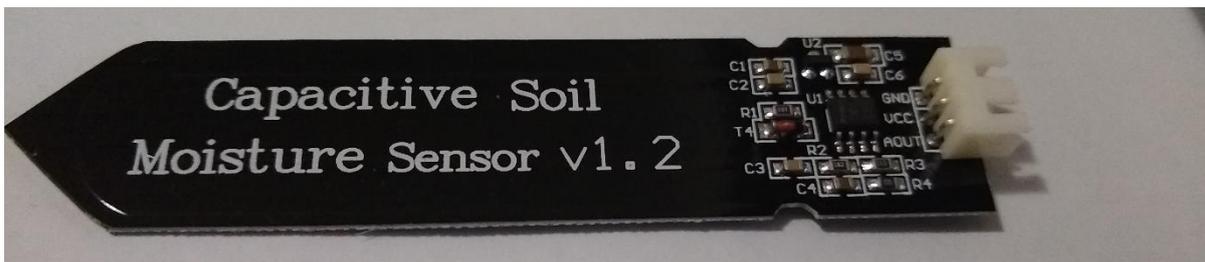
Estes equipamentos podem ser visualizados na Figura 18 e Figura 19.

Figura 18: Sensor resistivo



Fonte: Autoria própria

Figura 19: Sensor capacitivo



Fonte: Autoria própria

Outro dispositivo que pode ser utilizado para monitoramento de umidade, é o sensor capacitivo com modulo de comunicação *Bluetooth*. Este equipamento está representado na Figura 20.

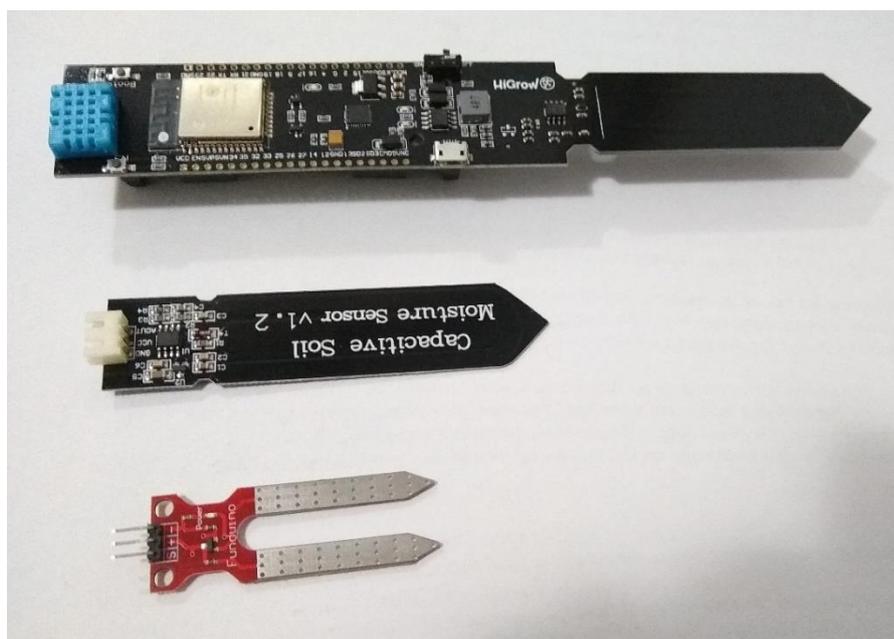
Figura 20: Sensor capacitivo com comunicação Bluetooth



Fonte: Autoria própria

Para fins comparativos entre dimensões dos sensores, a Figura 21 ilustrada a seguir apresenta os sensores das Figura 18 a Figura 20, lado a lado.

Figura 21: Comparativo do tamanho entre sensores



Fonte: Autoria própria

Realizando um levantamento de umidade máxima e mínima e comparando com tensão entre a referência de 0 V e o sinal analógico do sensor, foi estabelecido um *range* de trabalho nos sensores, e a partir disto levantou-se os dados de umidade percentual do solo em relação a tensão no terminal de sinal do sensor. Os dados obtidos a partir deste levantamento, estão representados na tabela 2.

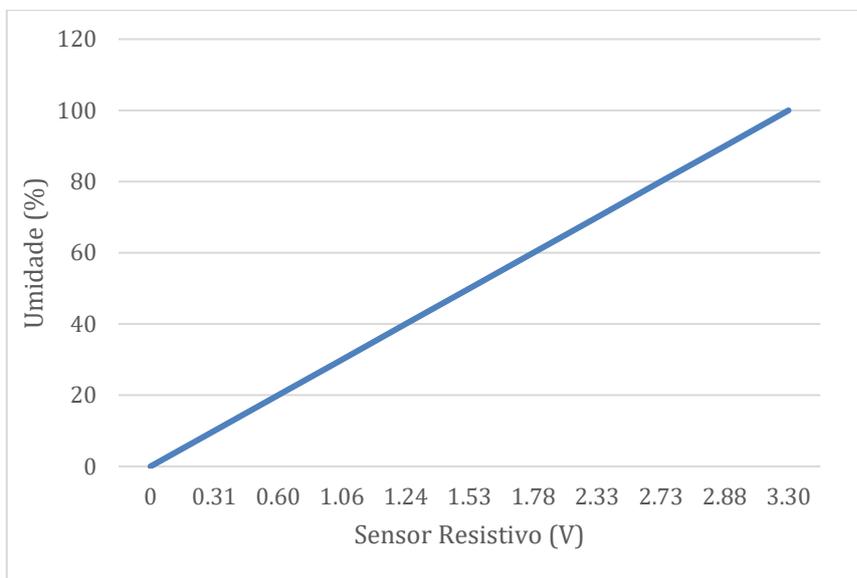
Tabela 2: Levantamento de Tensão x Umidade dos sensores

| Umidade (%) | Sensor Capacitivo (V) | Sensor Resistivo (V) |
|-------------|-----------------------|----------------------|
| 0           | 3.2                   | 0                    |
| 10          | 2.45                  | 0.31                 |
| 20          | 2.35                  | 0.60                 |
| 30          | 2.24                  | 1.06                 |
| 40          | 2.13                  | 1.24                 |
| 50          | 1.83                  | 1.53                 |
| 60          | 1.79                  | 1.78                 |
| 70          | 1.60                  | 2.33                 |
| 80          | 1.52                  | 2.73                 |
| 90          | 1.41                  | 2.88                 |
| 100         | 1.32                  | 3.30                 |

Fonte: Autoria própria

Os dados das colunas Umidade (%) e Sensor Resistivo (V), foram plotados a seguir no gráfico 1 para melhor visualização dos dados.

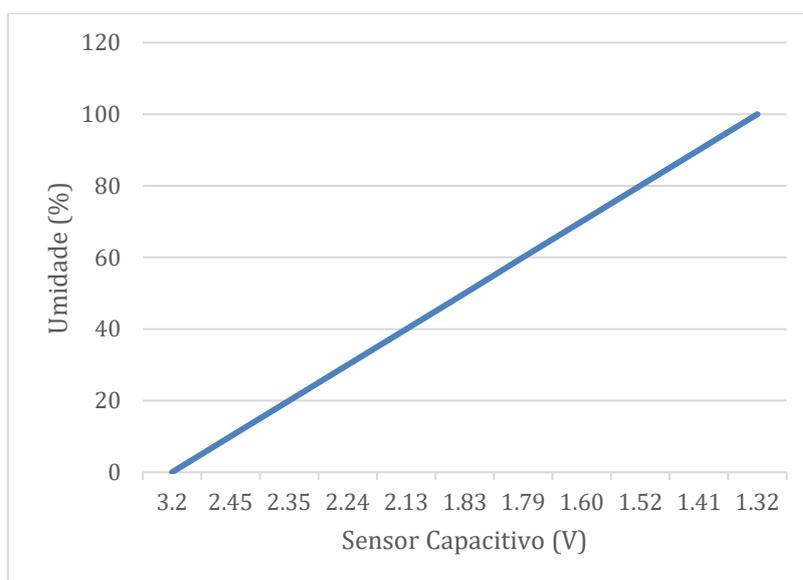
Gráfico 1: Levantamento de Tensão X Umidade sensor resistivo.



Fonte: Autoria própria

O gráfico 2, apresenta a plotagem dos dados das colunas Umidade (%) e Sensor Resistivo (V).

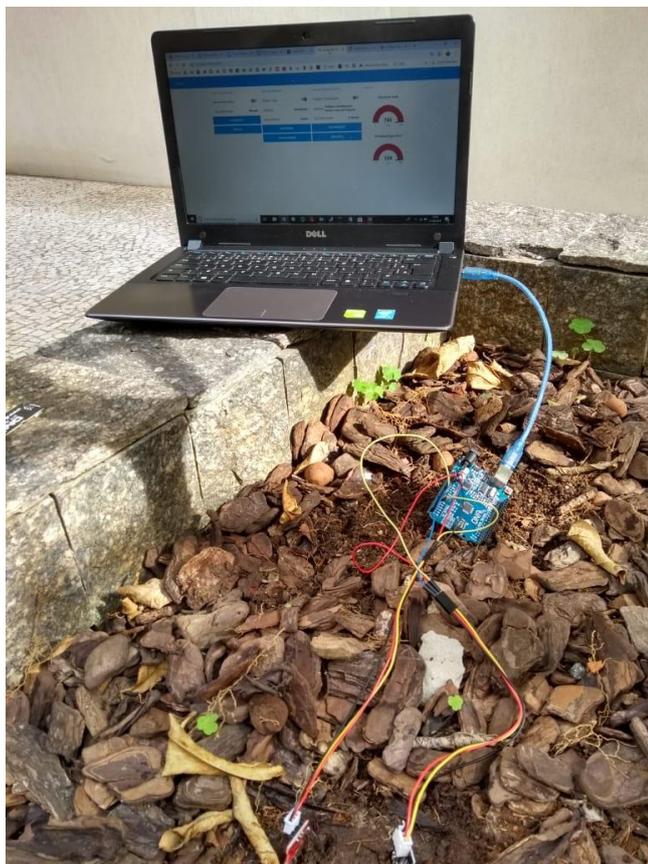
Gráfico 2: Levantamento de Tensão X Umidade sensor capacitivo.



Fonte: Autoria própria

O levantamento dos dados presentes na tabela 2, foram realizados com a inserção dos sensores de umidade em terra, de modo a definir a escala de atuação dos sensores. Um dos levantamentos realizados pode ser visualizado na Figura 22.

Figura 22: Obtenção das curvas de tensão dos sensores



Fonte: Autoria própria

Os dados obtidos foram necessários para a programação do *nodes* de leitura dos sensores no item 5.3.4.

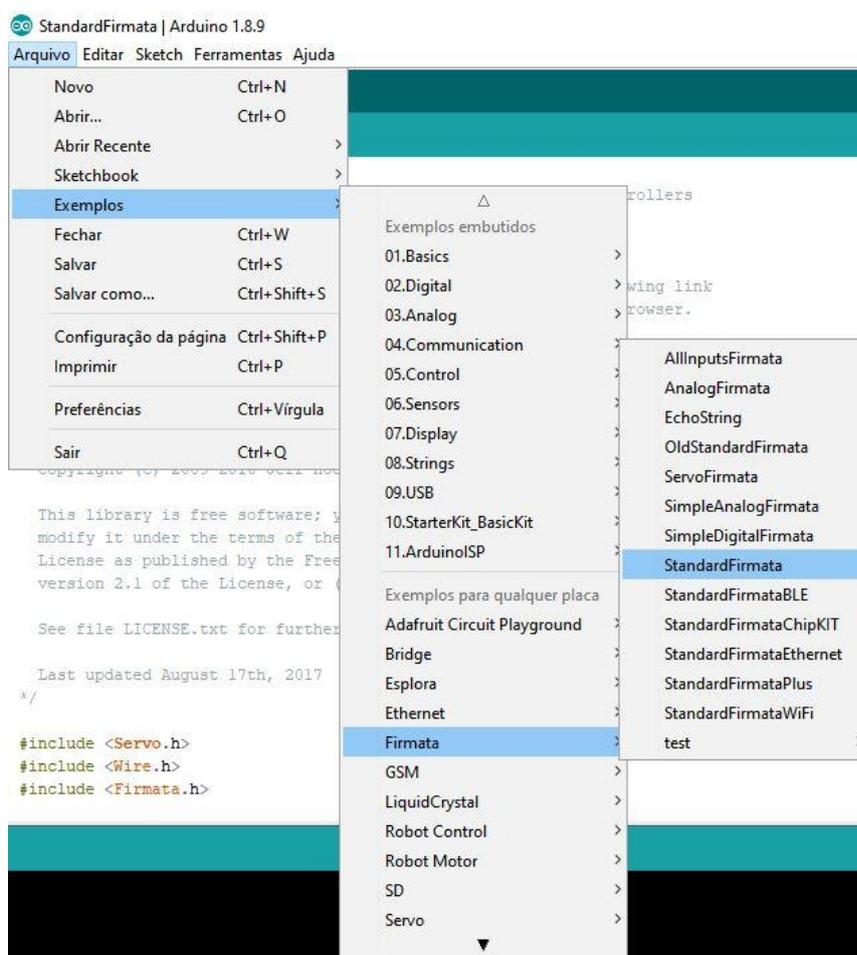
## 5.2. PROCESSAMENTO DE DADOS

Os sensores escolhidos são analógicos e possuem alimentação de 5V e de acordo com a curva característica dos sensores levantada na tabela 2, nota-se que os sinais de tensão dos sensores são distintos, e variam de 0 V a 3,3 V para o sensor resistivo, e de 3,2 V a 1,32 V para o sensor capacitivo entre a umidade mínima mensurada e sua umidade máxima respectivamente. Utilizando estes dados, se

estabeleceu um *range* de leitura analógica dos sensores, conforme será apresentado na subseção 5.3.3.

Os pinos de GPIO da *Raspberry* trabalham com tensão máxima de 3,3V, são digitais e não possuem proteção, deste modo optou-se por fazer a leitura analógica dos sensores Arduino, transmitindo os dados analógicos dos sensores via porta USB (*Universal Serial Bus*) para a *Raspberry Pi 3B+* através do protocolo de comunicação *Firmata* disponibilizada pela IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino, onde este protocolo fornece a comunicação entre o Arduino e o computador mestre liberando acesso direto aos pinos de entrada e saída, conforme orientado pelo site da Node-RED na página *Interacting with Arduino*. O código *StandardFirmata* disponibilizado pela IDE do Arduino, pode ser aberto conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23: Código StandardFirmata fornecido pela IDE do Arduino



Fonte: Arduino IDE 1.8.9

A *Raspberry Pi 3 B+* além de processar os dados dos sensores de umidade, irá enviar comandos para as saídas digitais do Arduino para os acionamentos necessários, além de apresentar uma interface de monitoramento e acionamento do sistema ao usuário.

### 5.3. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O *software* escolhido para programação do sistema de automação, foi o Node-RED, cuja linguagem tem sua programação baseada em fluxos, conforme apresentado no capítulo 4 e visualizado em diversas imagens apresentadas neste capítulo.

O Node-RED é uma plataforma de programação aberta e pode ser acessada via browser, a partir do momento em que todos os *softwares* necessários para o seu funcionamento estejam instalados no sistema operacional.

Salienta-se que a programação do *software* que neste trabalho está sendo realizada através da *Raspberry Pi*, poderia ser implementado em um notebook ou desktop com os devidos *softwares* instalados, e que neste trabalho optou-se por realizar a programação embarcada em uma *Raspberry* pelo seu menor custo em relação a outros equipamentos, mas que o funcionamento do sistema é o mesmo em diferentes plataformas e o mesmo código pode ser utilizado em ambas os dispositivos, tomando cuidado apenas para alteração de porta em qual o Arduino estará ligada e alterar este parâmetro no Node-RED, de modo que grande parte da programação deste *software* ocorreu em diferentes notebook com a exportação e importação do código disponibilizado pelo Node-RED, e que para os testes finais foi repassado este código a *Raspberry*.

Primeiramente, de acordo com a Figura 24 a programação do *software* será dividida entre o modo de irrigação automático e manual, onde na Figura 27, foi apresentado uma prévia do modo automático.

Para melhor organização do *software*, este foi dividido em oito *flows*, sendo eles:

- A) Modo de Operação
- B) Operação Manual
- C) Modo Automático

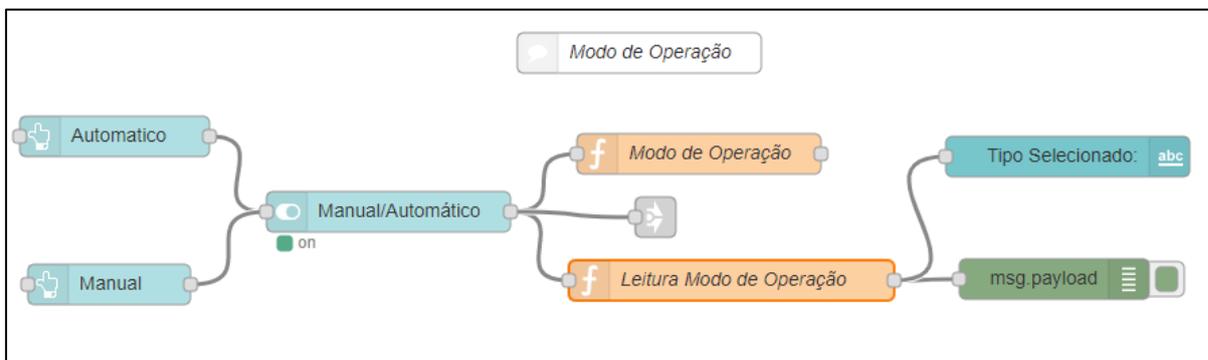
- D) Leitura Sensores
- E) Liga Bomba
- F) Configurações de Umidade
- G) Tipo de Irrigação
- H) Gráfico

As subseções a seguir, ilustraram a programação baseada em fluxo do Node-RED e algumas das funções disponíveis neste *software*.

### 5.3.1. Modo de Operação

A programação do *software* se iniciou com a elaboração de um código para o usuário do sistema poder escolher entre a operação manual ou automática, conforme pode ser visualizado na Figura 24.

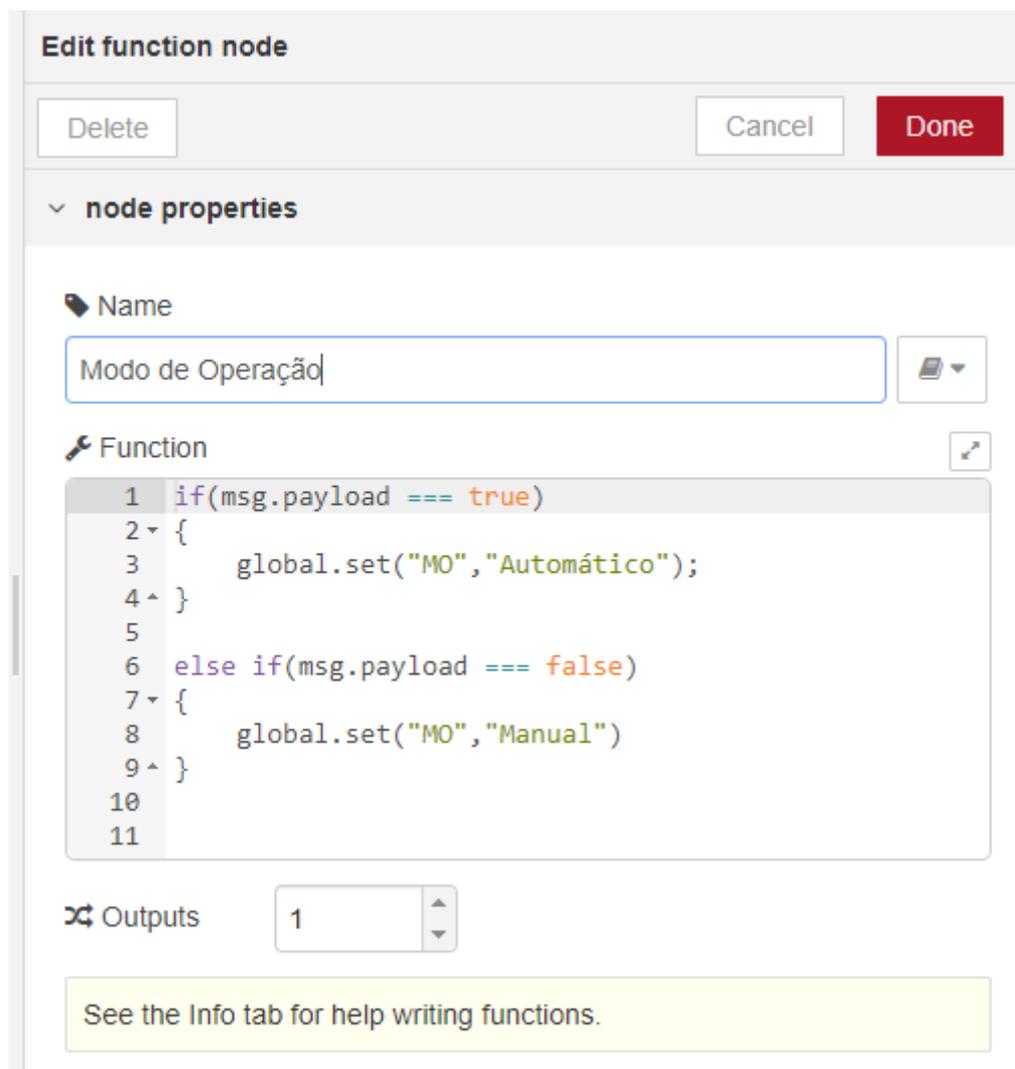
Figura 24: Flow de seleção de modo de operação



Fonte: Autoria própria

A programação existente no nó Modo de Operação presente na Figura 24, pode ser visualizado na Figura 25.

Figura 25: Código inserido no nó de função Modo de Operação



Fonte: Autoria própria

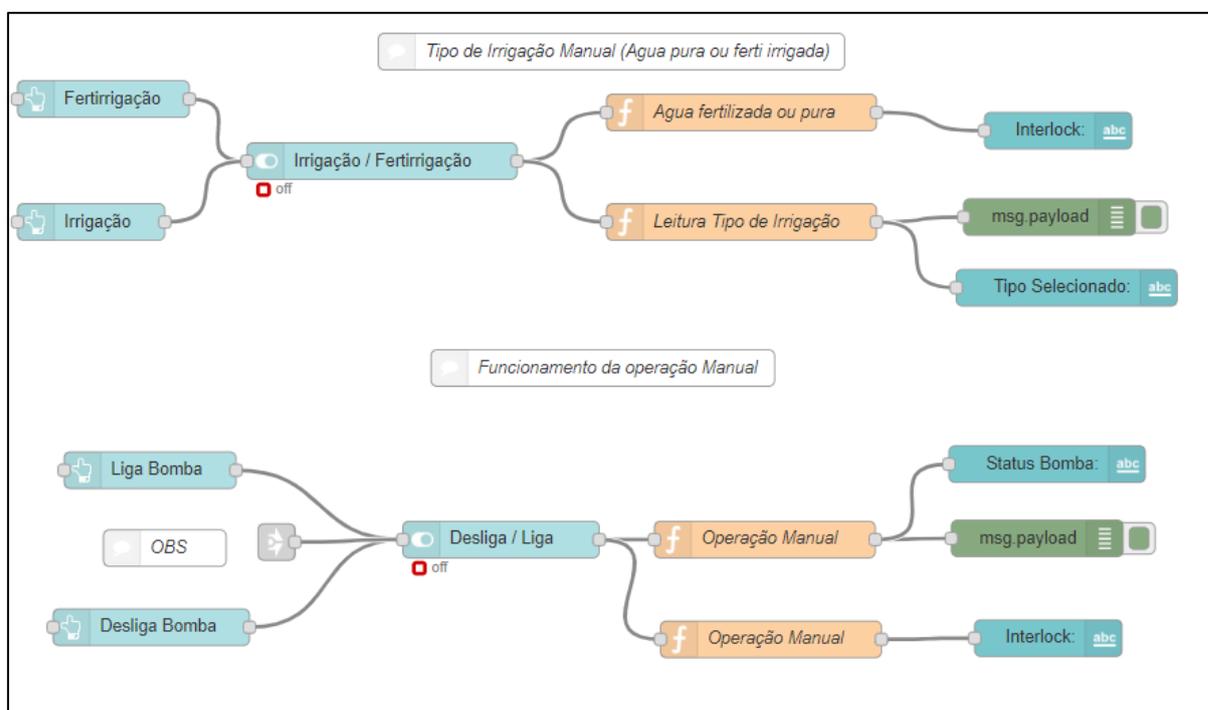
É possível notar que a programação do Node-RED é baseada na linguagem de programação *JavaScript*.

### 5.3.2. Modo de operação manual

O *flow* referente ao modo de operação manual, possui a programação de acionamento da bomba e seleção de tipo de irrigação, diretamente pelo usuário. Este *flow* também possui a programação de seleção de fertirrigação ou irrigação caso o produtor possua tanques exclusivos para estes processos, podendo ser direcionado

o fluxo de água por via de válvulas solenoides. A estrutura deste *flow* pode ser visualizada na Figura 26.

Figura 26: Flow de operação manual



Fonte: Autoria própria

Este *flow* além da programação de acionamentos, apresenta intertravamentos para que não seja possível ligar a bomba manualmente, quando o modo de operação selecionado para o sistema esteja em automático. A seção 5.4 demonstrará os intertravamentos apresentados na interface com o usuário.

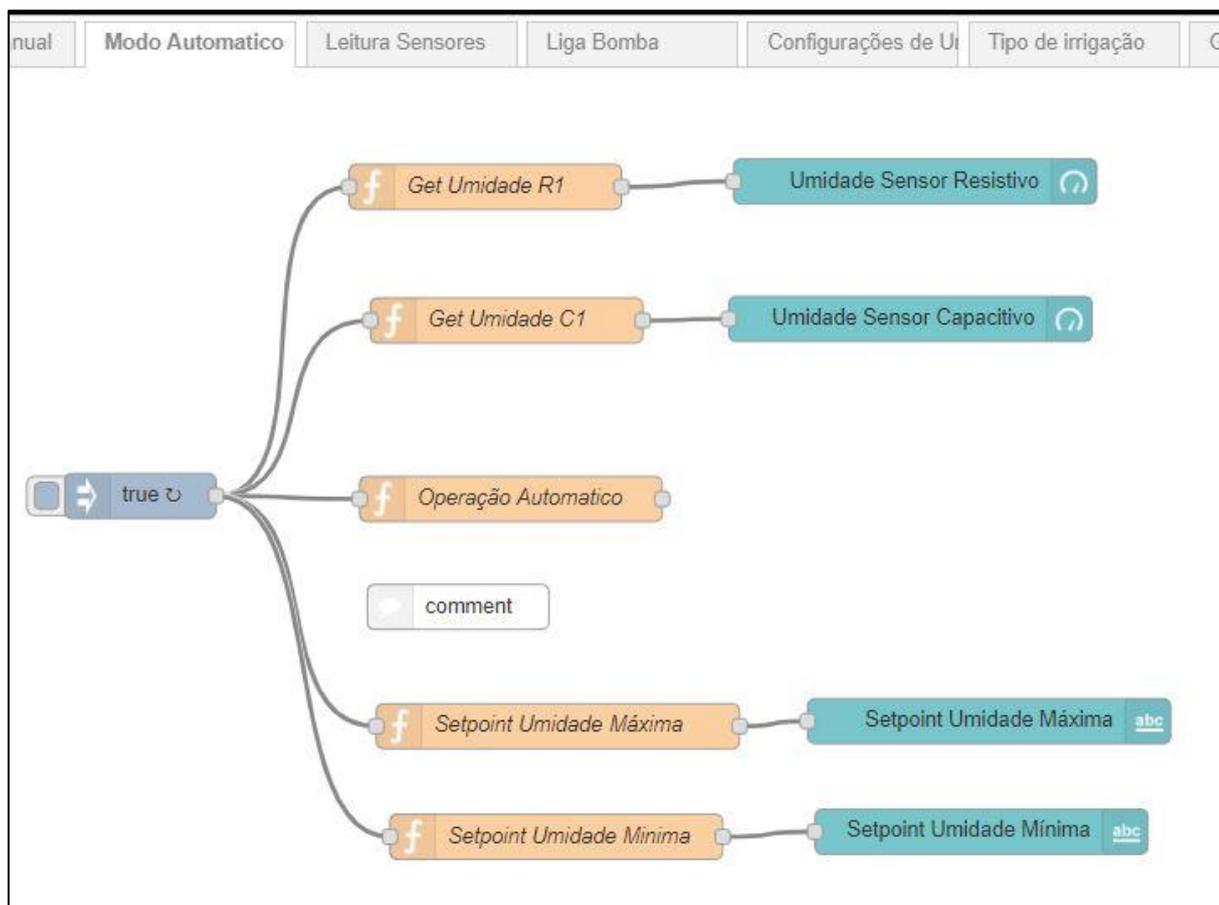
Esta troca entre modos de irrigação é necessária quando o produtor tiver um tanque exclusivo para injeção de água sem nutrientes no sistema. Onde no caso do produtor em que foi realizado visitas, não existe esta exclusividade, de modo que o sistema possui dois tanques, onde no tanque 1 é inserido manualmente a calda A - o termo calda pode ser entendido como a mistura de diversos tipos de nutrientes conforme explicado pelo produtor - e no tanque 2 é inserido manualmente a calda B, onde após inserido as caldas nos seus respectivos tanques, são acionados misturadores e cerca de um minuto após estes misturadores serem acionados, a mistura dos dois tanques é enviada de forma simultânea ao substrato através de uma mesma tubulação que é interligada antes da motobomba. O controle de condutividade

elétrica nesta propriedade, é realizado diretamente nos tanques 1 e 2 após a homogeneização da mistura entre as caldas e a água presente nos tanques, desse modo não tendo um reservatório destinado exclusivamente a irrigação, e caso necessário a utilização de irrigação ao invés da fertirrigação, apenas não se deve adicionar nutrientes aos tanques.

### 5.3.3. Modo de operação automático

O *flow* de modo de seleção automático, possui um nó de *Inject* com valor booleano igual a 1, o qual ativa os 5 nós de funções a cada 10 segundos, desse modo a leitura dos sensores é realizada em intervalos de 10 segundos e os dados são enviados aos *dashboards* de umidade e *setpoints* de umidades, configurados pelo usuário, conforme pode ser visualizado a seguir na estrutura do *flow* “modo automático” presente na Figura 27.

Figura 27: Flow Modo Automático



Fonte: Autoria própria

As funções “Get Umidade R1” e “Get Umidade C1”, requisitam a leitura dos sensores capacitivos e resistivos que estão presentes no *flow* “Leitura Sensores”, e enviam a mensagem recebida para o seu *dashboard* respectivo, a programação da função “Get Umidade R1” pode ser visualizada na Figura 28.

Figura 28: Função Get Umidade R1

```

Name
Get Umidade R1

Function
1 var UmidadeR1 = global.get ("UmidadeR1");
2 msg.payload = UmidadeR1;
3
4 return msg;

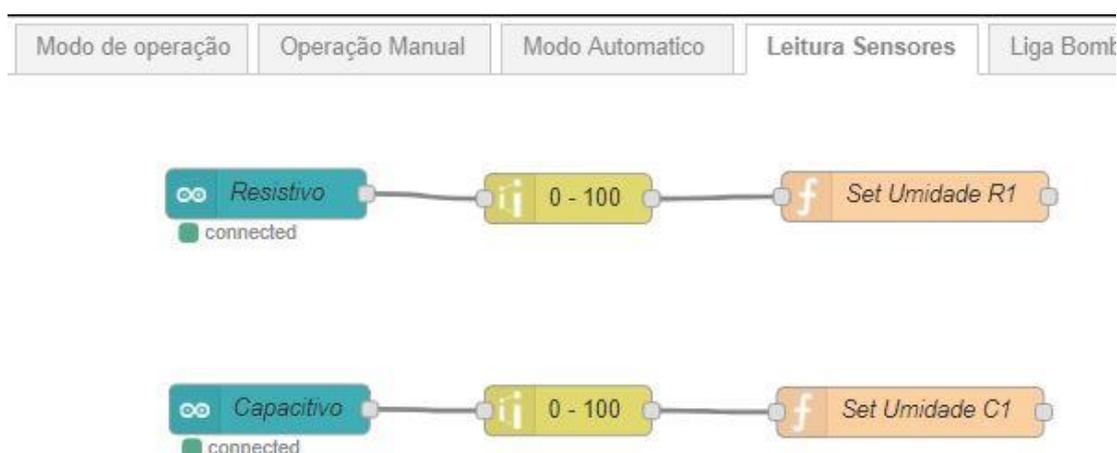
```

As funções “Setpoint Umidade Máxima” e “Setpoint Umidade Mínima”, requisitam o valor de *setpoint* de umidade máxima e mínima configurada pelo usuário presente no *flow* “Configurações de Umidade”. A programação dessas funções é semelhante à da figura anterior, alterando-se apenas as variáveis a serem lidas.

#### 5.3.4. Leitura Sensores

O *flow* utilizado para a leitura dos sensores possui a leitura das entradas analógicas A0 e A1 da placa Arduino e são responsáveis pela coleta de dados dos sensores resistivo e capacitivo respectivamente, conforme pode ser visualizado na Figura 29.

Figura 29: Flow de leitura dos sensores



Fonte: Autoria própria

O nó *range* visualizado na Figura 29 como 0-100, possui a configuração de leituras mínima e máxima pela entrada analógica do Arduino, e a partir destes valores, o nó retorna um valor dentro da escala desejada, conforme pode ser visualizado na Figura 30 onde é ilustrado a configuração realizada para o sensor resistivo.

Figura 30: Configuração do nó range para o sensor resistivo

Fonte: Autoria própria

A configuração realizada neste nó *range*, foi realizada de acordo com a Tabela 2, onde o Arduino realiza a conversão de valores analógicos para uma escala com resolução de 10 bits, ou seja, variando um valor de tensão de 0 a 5V para um valor decimal entre 0 e 1023, e como os sensores apresentados neste trabalho tem sua tensão variando em uma escala diferente de 0 a 5V, foi realizado um ajuste conforme a equação (1) a seguir, onde tem-se como exemplo o valor máximo de leitura para o sensor do tipo resistivo.

$$\text{Valor Máximo de Escala} = \frac{1023}{5} \times \text{Valor Máximo Sensor} = \frac{1023}{5} \times 3,3 = 675 \quad (1)$$

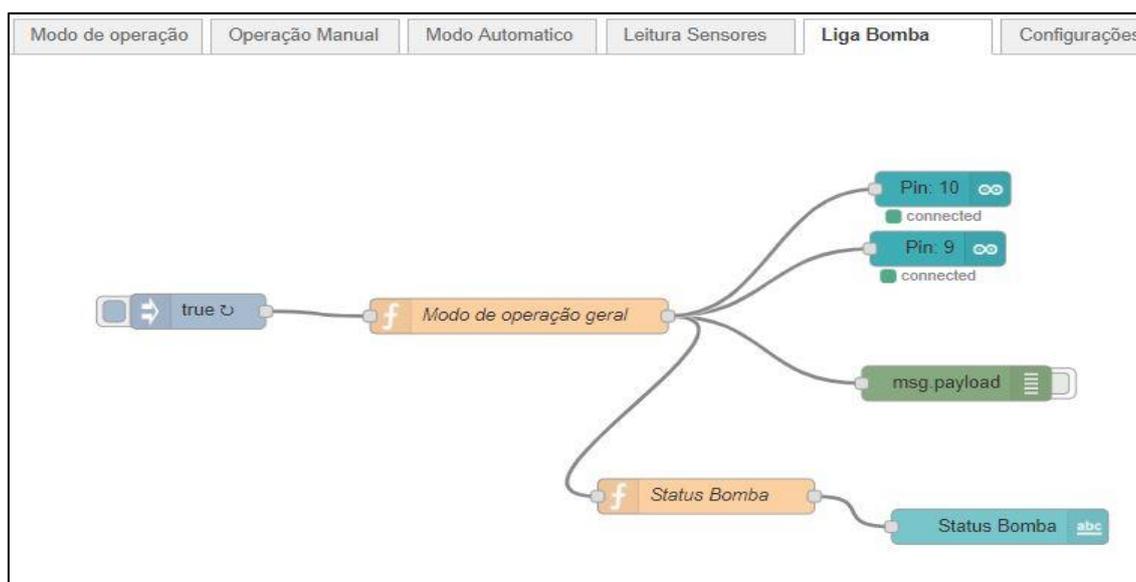
Esta mesma equação foi aplicada para os valores mínimos, tanto do sensor resistivo quanto capacitivo, alterando a escala do sensor de acordo com a Tabela 2.

Os nós de função presentes na Figura 29, são responsáveis por armazenar a mensagem enviada pelo nó *range* em uma variável global, que posteriormente é acessada pelo *flow* Modo Automático, conforme a subseção 5.3.3.

### 5.3.5. Liga Bomba

O *flow* “Liga Bomba” compila o *flow* “Operação Manual” e “Modo Automático” em um único comando de acionamento dentro do nó “Modo de operação geral”, que retornará um sinal booleano aos pinos digitais 9 e 10 do Arduino, conforme demonstrado na Figura 31.

Figura 31: Flow Liga Bomba



Fonte: Autoria própria

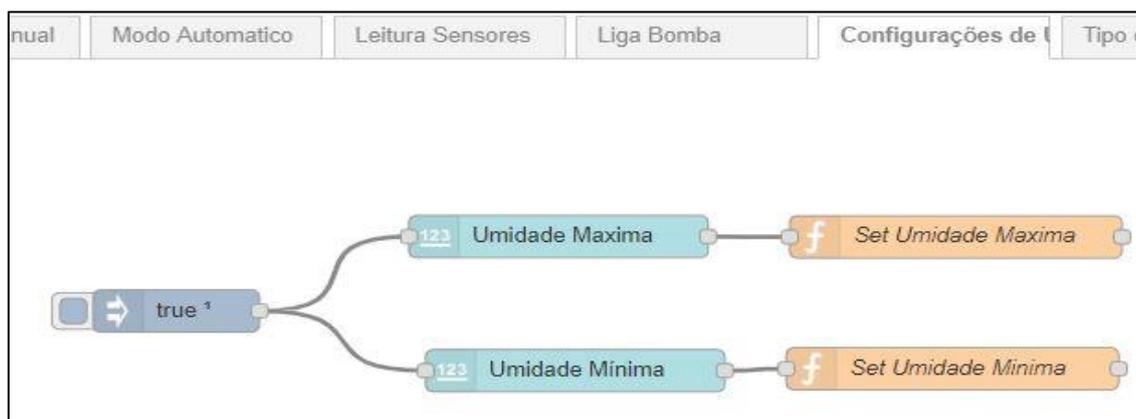
Em que os pinos 10 e 9 correspondem as saídas digitais do arduino em que estão conectados os relés.

### 5.3.6. Configurações de Umidade

Este *flow* é responsável por disponibilizar uma interface gráfica para o usuário configurar qual a umidade mínima e máxima desejada para o modo de operação

automático, e gravar estes valores em uma variável global que posteriormente será requerida no *flow* “Modo Automático” conforme a subseção 5.3.3. A estrutura de programação deste *flow* é ilustrada na Figura 32.

Figura 32: Flow Configurações de Umidade



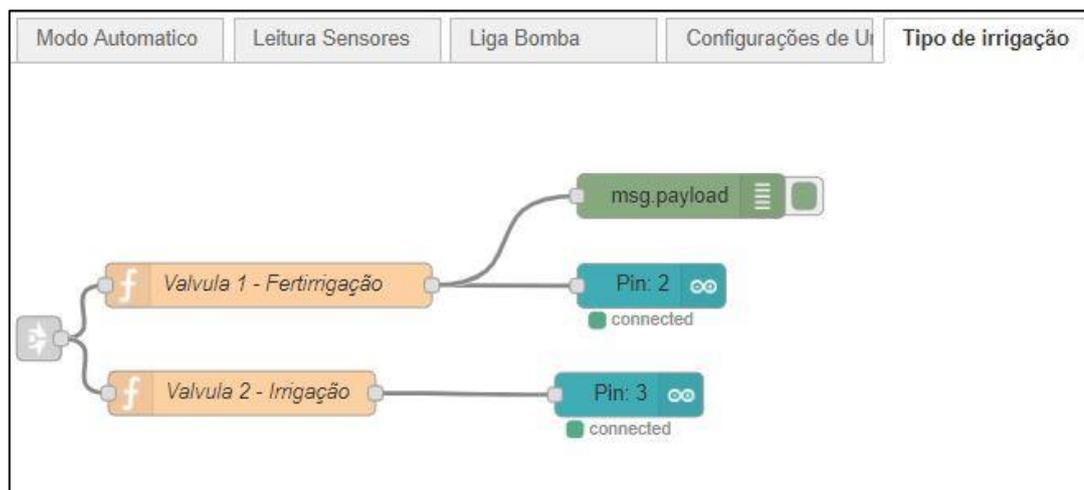
Fonte: Autoria própria

Estes *setpoints* que são responsáveis pelo controle da umidade do sistema.

### 5.3.7. Tipo de irrigação

Este *flow* é responsável por receber a informação de qual o tipo de irrigação selecionado no *flow* “Operação Manual” e em seguida acionar uma saída digital do Arduino de acordo com a seleção de fertirrigação e irrigação. A estrutura deste *flow* pode ser visualizada na Figura 33.

Figura 33: Flow Tipo de irrigação



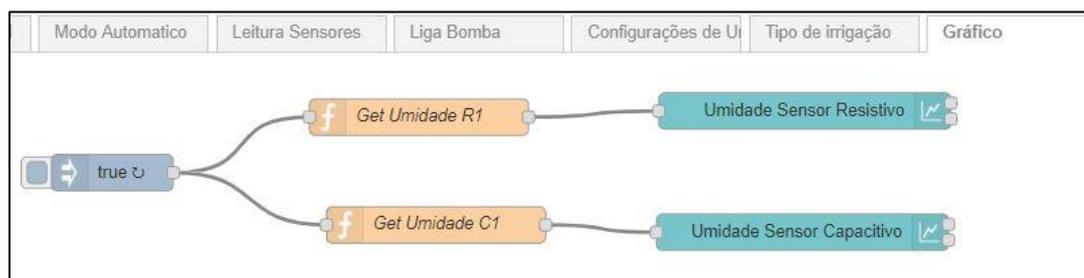
Fonte: Autoria própria

Neste nó é realizado o acionamento através nos pinos 2 e 3 dos diferentes atuadores no sistema de irrigação do produtor.

### 5.3.8. Gráfico

Este *flow* possui a mesma programação das funções presentes no *flow* “Modo Automático”, onde apenas foram retirados os dados de *setpoint* de umidades, alterado o valor de *inject* para 30 minutos, e substituído o *dashboard* do tipo *gauge* por um *dashboard* do tipo *chart*, além de armazenar estes novos *dashboards* em um menu específico para gráficos conforme será apresentado na seção 5.4. A Figura 34 representa a estruturação deste *flow*.

Figura 34: Flow Gráfico



Fonte: Autoria própria

Os gráficos obtidos por este *node* podem ser visualizados, por exemplo, na Figura 47.

#### 5.4. INTERFACES E OPERAÇÃO DO SOFTWARE

As interfaces com o usuário, assim como a programação do *software*, são acessadas via browser, sendo possíveis serem visualizadas através de um computador ou por celular. Nesta interface é possível alterar o modo de operação do sistema de irrigação entre manual e automático via *dashboard* do tipo *switch* ou *dashboard* do tipo *button* conforme a Figura 35 ilustrada.

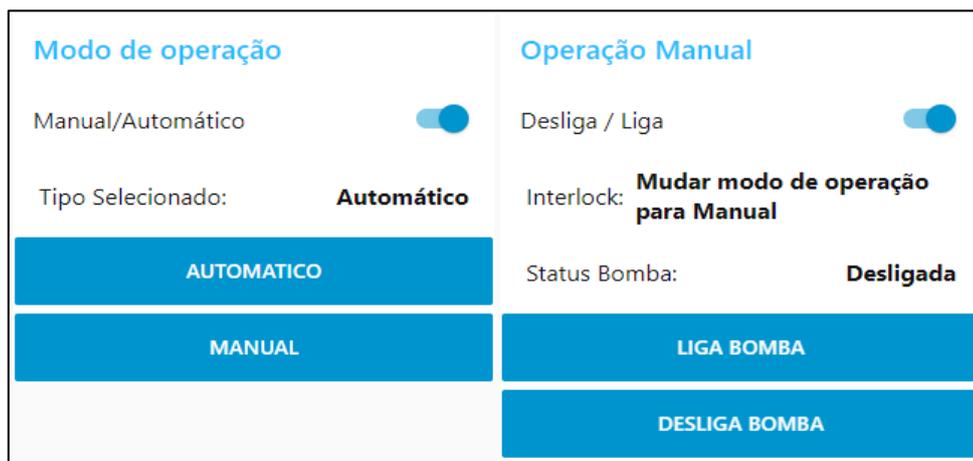
Figura 35: Interface de usuário para modos de operação - Computador



Fonte: Autoria própria

Caso o usuário tente acionar a irrigação, fora do modo de operação manual, o sistema não permitirá esta ação, pois só será aceita esta operação, caso o usuário esteja no modo de operação manual, e a mensagem “Mudar modo de operação para Manual” irá aparecer no campo chamado de *Interlock* na coluna operação manual conforme ilustrado na Figura 36.

Figura 36: Interface de usuário com interlock ativo para seleção de operação manual - Computador



Fonte: Autoria própria

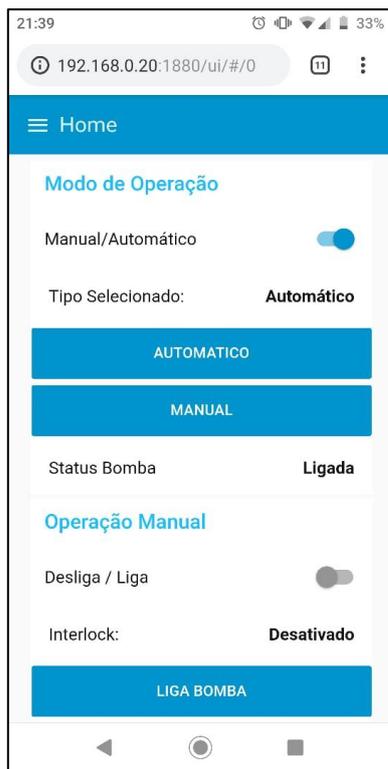
Este comando só será permitido, após o operador selecionar o modo de operação manual, dessa forma o *interlock* será desativado, conforme pode ser visualizado na Figura 37.

Figura 37: Interlock desativado em modo de operação manual



Fonte: Autoria Própria

Figura 38: Interlock desativado em modo de operação automático – Vista celular



Fonte: Autoria própria

Caso o produtor, tenha reservatórios distintos para irrigação, sendo um para a irrigação com água sem adição de nutrientes e outro com adição de nutrientes, o usuário também poderá alterar entre o tipo de irrigação desejada quando estiver trabalhando no modo de operação manual, e apenas conseguirá alterar o tipo de irrigação desejada, caso o status da bomba esteja desligado, de modo que uma mensagem irá alertar o usuário no campo *Interlock* respectivo a coluna “Tipo de Irrigação Manual” com a mensagem “Desligar a bomba para mudar o tipo de irrigação”, conforme é apresentado na Figura 39.

Figura 39: Interface de usuário com interlock ativo para tipo de irrigação



Fonte: Autoria própria

Além da seleção do modo de operação, a interface também possibilita ao usuário, a visualização da umidade em cada sensor conectado ao sistema, onde esta interface pode ser visualizada diretamente na tela de 3,5 polegadas conectada a *Raspberry Pi 3B+*, ou via dispositivo com browser e conectado na mesma rede da *Raspberry Pi 3B+*.

Para acesso aos *Dashboards* de umidade instantânea dos sensores, o usuário deve acessar o menu do *software* ao lado esquerdo do título “Home” conforme a Figura 40.

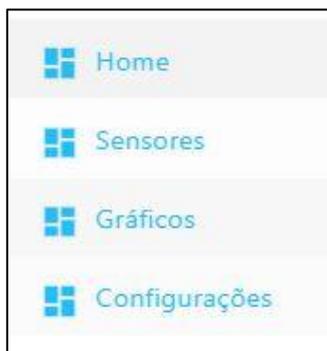
Figura 40: Acesso ao menu



Fonte: Autoria Própria

Em seguida selecionar aba “Sensores”. conforme ilustrado na Figura 41.

Figura 41: Menu do software



Fonte: Autoria Própria

A Figura 42 ilustra o acesso ao menu do *software*, a partir de um celular.

Figura 42: Menu do software – Vista Celular



Fonte: Autoria Própria

A Figura 43 ilustra a umidade atual do sensor resistivo e capacitivo, de modo que os *Dashboards* além de apresentarem o valor decimal da unidade medida, possuem uma escala de cor que varia de amarelo para umidades muito baixas, passando em seguida para verde para umidades médias e passando para azul em umidades mais elevadas.

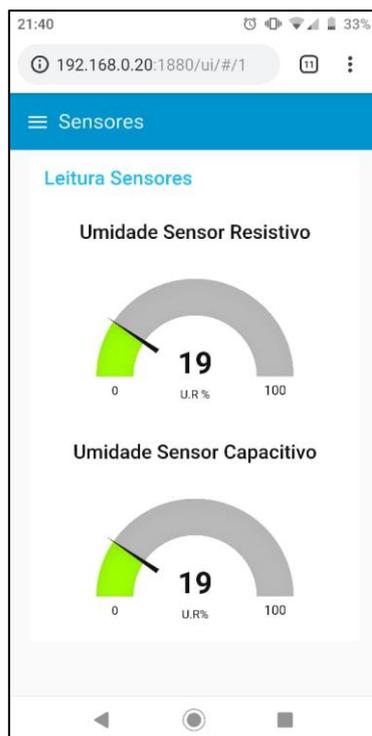
Figura 43: Dashboards de umidade



Fonte: Autoria Própria

A página de *dashboards*, acessados via celular, tem aparência conforme a Figura 44.

Figura 44: Dashboards de umidade – Vista celular



Fonte: Autoria Própria

Conforme apresentado na subseção 5.3.3 o usuário poderá escolher quais os limites de umidade máxima e mínima para o modo de operação automático do sistema. Esta configuração pode ser acessada através do menu na aba configurações, de modo que o usuário poderá ajustar a umidade mínima entre 1% e 49% e umidade máxima entre 50% e 99%, este ajuste pode ser realizado através das flechas de acréscimo e decréscimo conforme apresentado na Figura 45.

Figura 45: Configuração de setpoints de umidade máxima e mínima



Fonte: Autoria Própria

A configuração de *setpoints*, acessada via celular, pode ser visualizada na Figura 46.

Figura 46: Configuração de umidade máxima e mínima - Vista celular

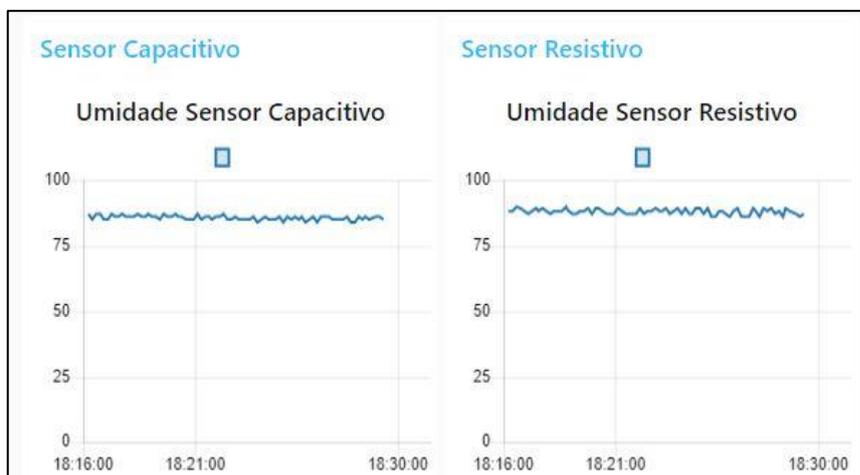


Fonte: Autoria Própria

Como ilustrado na Figura 41, a interface gráfica também disponibiliza ao usuário uma aba no menu com tela de gráficos.

Acessando esta tela, o usuário terá acesso a gráficos de umidade para o sensor resistivo e capacitivo conforme visualizado na Figura 47.

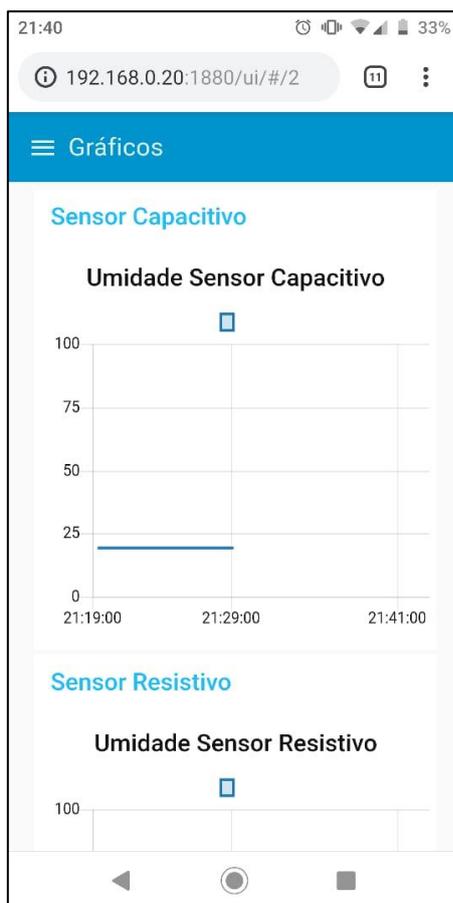
Figura 47: Tela de gráficos



Fonte: Autoria Própria

Estes mesmos gráficos podem ser visualizados a partir de um celular, conforme ilustrado na Figura 48.

Figura 48: Tela gráficos - Vista celular



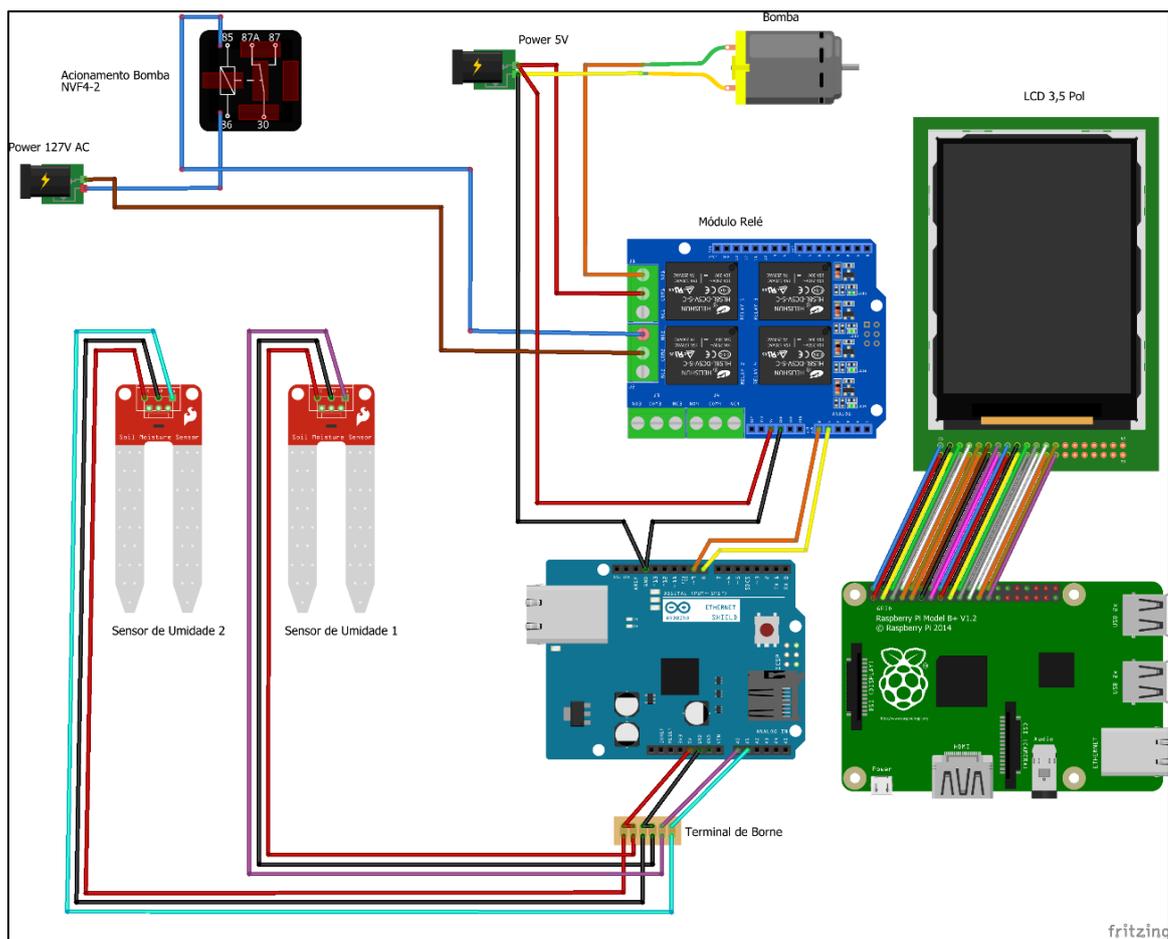
Fonte: Autoria Própria

Em ambas as interfaces os gráficos podem ser facilmente visualizados.

## 5.5. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Os componentes eletrônicos como módulo de relé, *Raspberry Pi*, Arduino e a tela LCD de 3,5 polegadas foram alocados em uma caixa de distribuição (cujas dimensões são: 21,1 x 33,5 x 8,8 cm) para proteção dos componentes. A Figura 49 apresenta um esquemático de como o circuito foi montado.

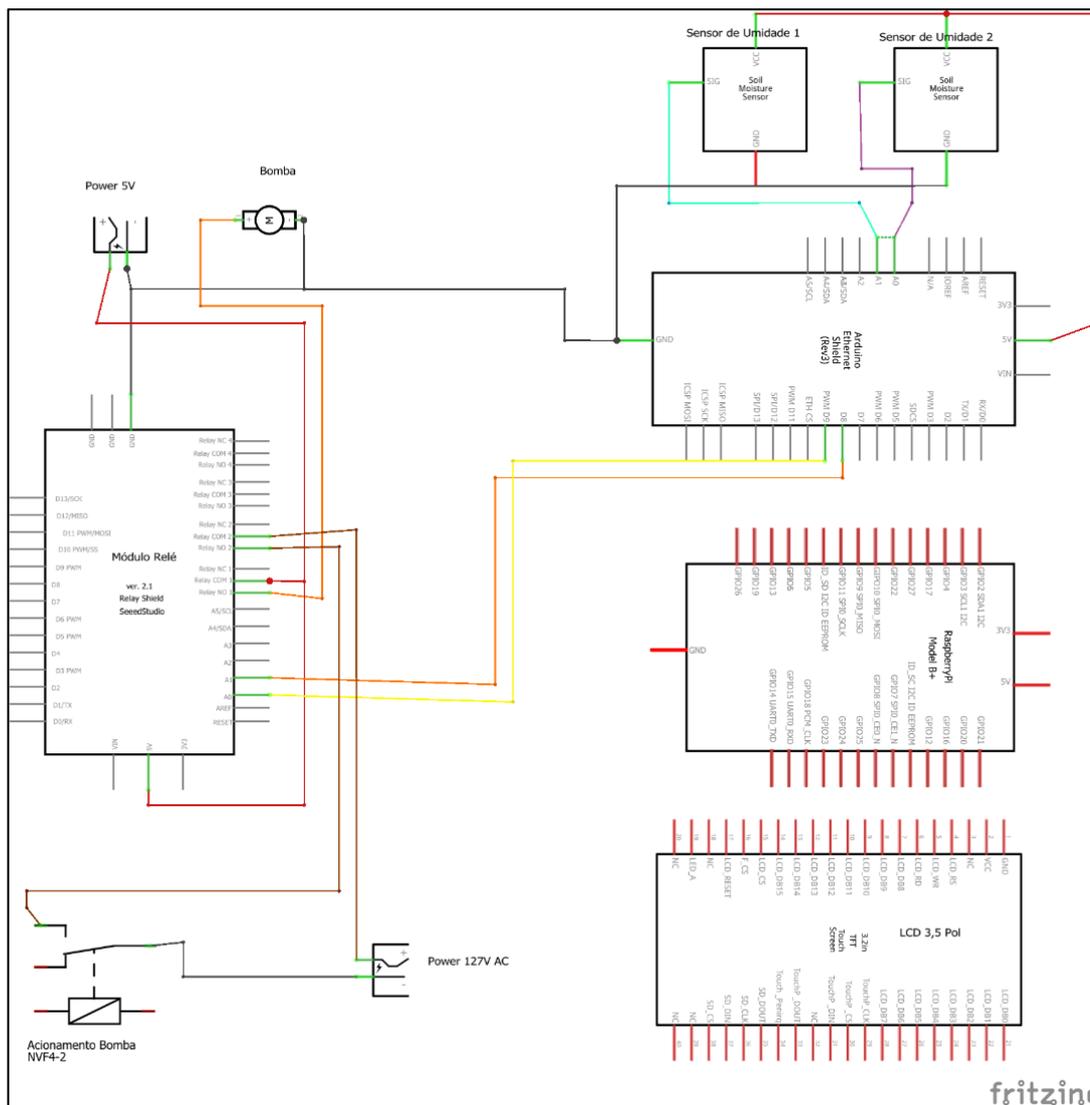
Figura 49: Esquemático Circuito



Fonte: Autoria Própria

O esquema de ligação entre os terminais dos componentes presentes no circuito, é representado na Figura 50.

Figura 50: Esquemático elétrico

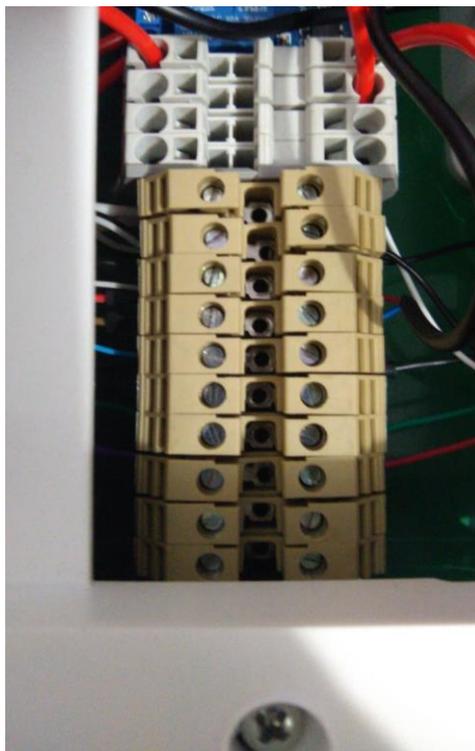


Fonte: Autoria Própria

O módulo relé está conectado nas portas digitais D9 e D10 do Arduino, para acionamento da bomba de 5V e contator respectivamente. Dentro da caixa de distribuição foram inseridas duas tomadas de 127V para a alimentação das duas fontes de 5V utilizadas no projeto.

As portas de entradas analógicas A0 e A1 do Arduino, responsáveis para leitura de tensão dos sensores, foram conectadas a uma régua de bornes do tipo sak de 2,5 mm<sup>2</sup> e a partir destes bornes foram conectados cabos de 0,32mm<sup>2</sup> de 10 metros para a leitura do sinal em campo, conforme representado na Figura 51.

Figura 51: Bornes tipo Sak



Fonte: Autoria Própria

Neste protótipo serão utilizados dois sensores de umidade, um do tipo resistivo e outro do tipo capacitivo. As conexões destes cabos serão feitas através de terminais que podem ser inseridos e retirados dos sensores sem necessidade de utilização de ferramentas, para facilitar o manuseio do equipamento e evitar curtos circuitos durante montagens e desmontagens para teste do protótipo, o terminal utilizado para conexão com os sensores, pode ser visualizado na Figura 52.

Figura 52: Terminal de conexão com os sensores



Fonte: Autoria Própria

A Figura 53 apresenta uma disposição inicial dos componentes a serem inseridos dentro da caixa de distribuição.

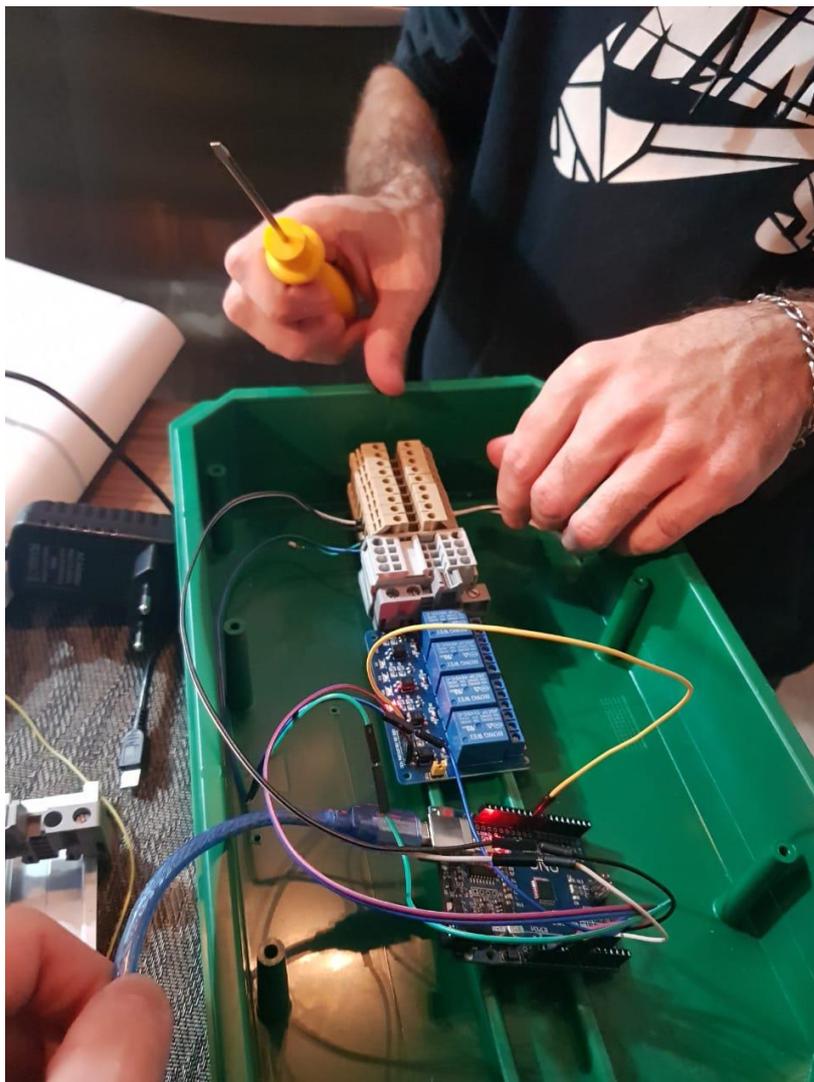
Figura 53: Montagem do protótipo



Fonte: Autoria Própria

Após a definição do local de instalação dos componentes, estes foram fixados na caixa de distribuição, conforme pode ser visualizado na Figura 54.

Figura 54: Montagem do protótipo - 2



Fonte: Autoria Própria

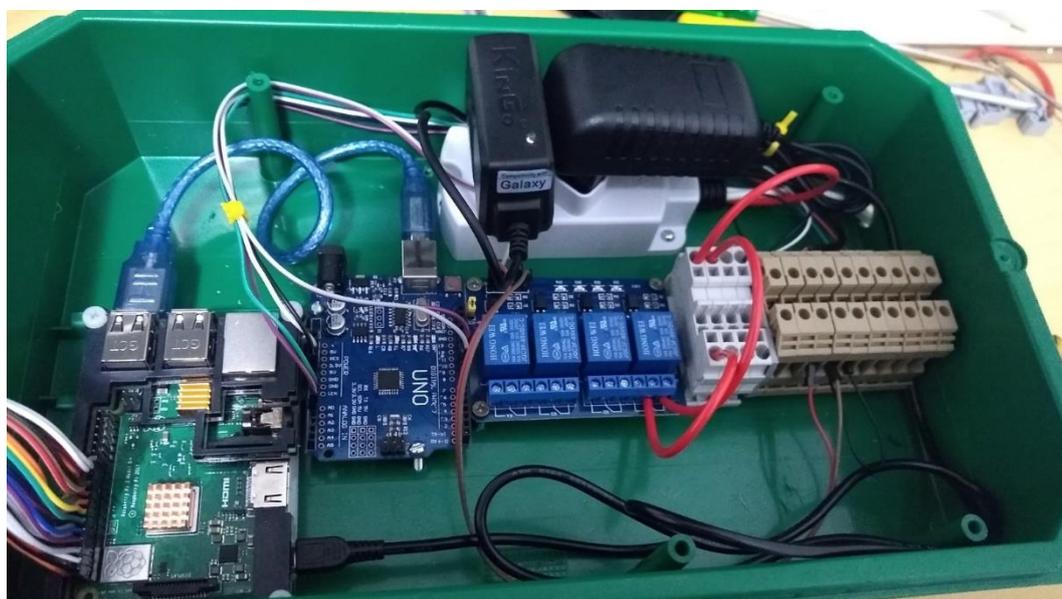
As imagens acima foram registradas durante a montagem do protótipo.

## 6. RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos com a utilização do protótipo em operação automática e operação manual por meio de gráficos de umidade e tempo de acionamento da irrigação, assim como a utilização do acesso em rede local ao sistema de irrigação e acesso externo.

O *layout* interno do protótipo após a fixação de todos os componentes eletroeletrônicos na caixa de distribuição, pode ser visualizado na Figura 55.

Figura 55: Caixa de controle com equipamentos fixados



Fonte: Autoria Própria

O *layout* externo do protótipo com a tela LCD fixada na tampa da caixa de distribuição pode ser visualizado em seguida na Figura 56.

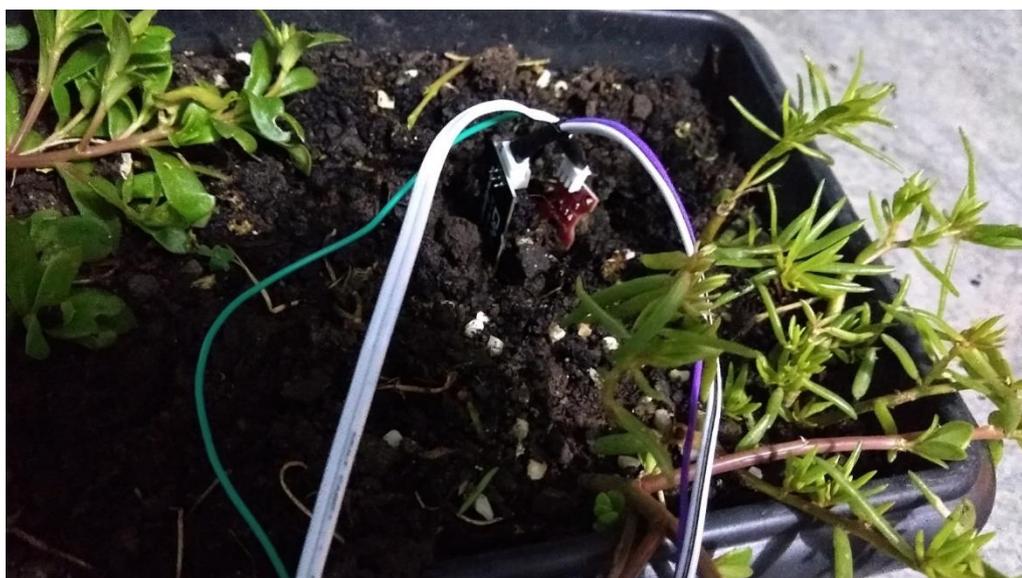
Figura 56: Caixa de controle com tela LCD 3,5 polegadas



Fonte: Autoria Própria

Para testar o funcionamento do protótipo em modo automático inseriu-se os sensores em um recipiente com terra em baixa umidade, vide Figura 57, e em seguida executou-se o programa.

Figura 57: Sensores fixados em terra



Fonte: Autoria Própria

Após o início da execução do *software*, configurou-se o *setpoint* de umidade mínima e máxima em 40 e 80 por cento, respectivamente e alterou-se o modo de operação para automático, como pode ser visualizado abaixo na Figura 58.

Figura 58: Modo automático de irrigação acionado

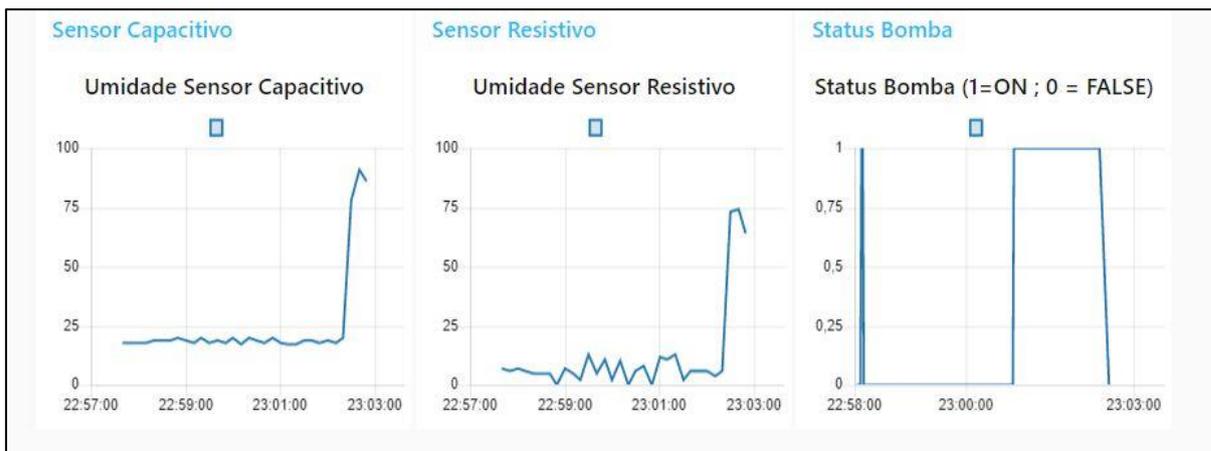
| Modo de Operação                                      | Operação Manual                         | Tipo de Irrigação Manual                             | Setpoint de Umidades              |
|---|---|--|-----------------------------------|
| Manual/Automático <input checked="" type="checkbox"/> | Desliga / Liga <input type="checkbox"/> | Irrigação / Fertilirrigação <input type="checkbox"/> | Setpoint Umidade Máxima <b>80</b> |
| Tipo Seleccionado: <b>Automático</b>                  | Interlock: <b>Desativado</b>            | Interlock: <b>Desativado</b>                         | Setpoint Umidade Mínima <b>40</b> |
| <b>AUTOMATICO</b>                                     | <b>LIGA BOMBA</b>                       | Tipo Seleccionado: <b>Irrigação</b>                  |                                   |
| <b>MANUAL</b>   | <b>DESLIGA BOMBA</b>                    | <b>FERTIRRIGAÇÃO</b>                                 |                                   |
| Status Bomba <b>Ligada</b>                            |   | <b>IRRIGAÇÃO</b>                                     |                                   |

Fonte: Autoria Própria

Com o sistema iniciado, e *setpoints* de umidade devidamente configurados, o *software* detectou que a umidade dos sensores estavam abaixo do *setpoint* estabelecido, desse modo acionando uma porta digital do Arduino conectada ao modulo relé comutando sua chave e acionando a bomba de 5 V submersa em água, transferindo assim a água do reservatório para o recipiente em que os sensores estavam inseridos.

A Figura 59 ilustra o momento em que o pino digital do Arduino é estabelecido com 1 acionando a bomba, e ilustra a variação de umidade obtida nos sensores, aumentando-a até o *setpoint* máximo estabelecido nos dois sensores, momento em que o pino digital do Arduino assume estado igual a 0 e desliga a bomba de irrigação.

Figura 59: Acionamento da bomba no modo automático

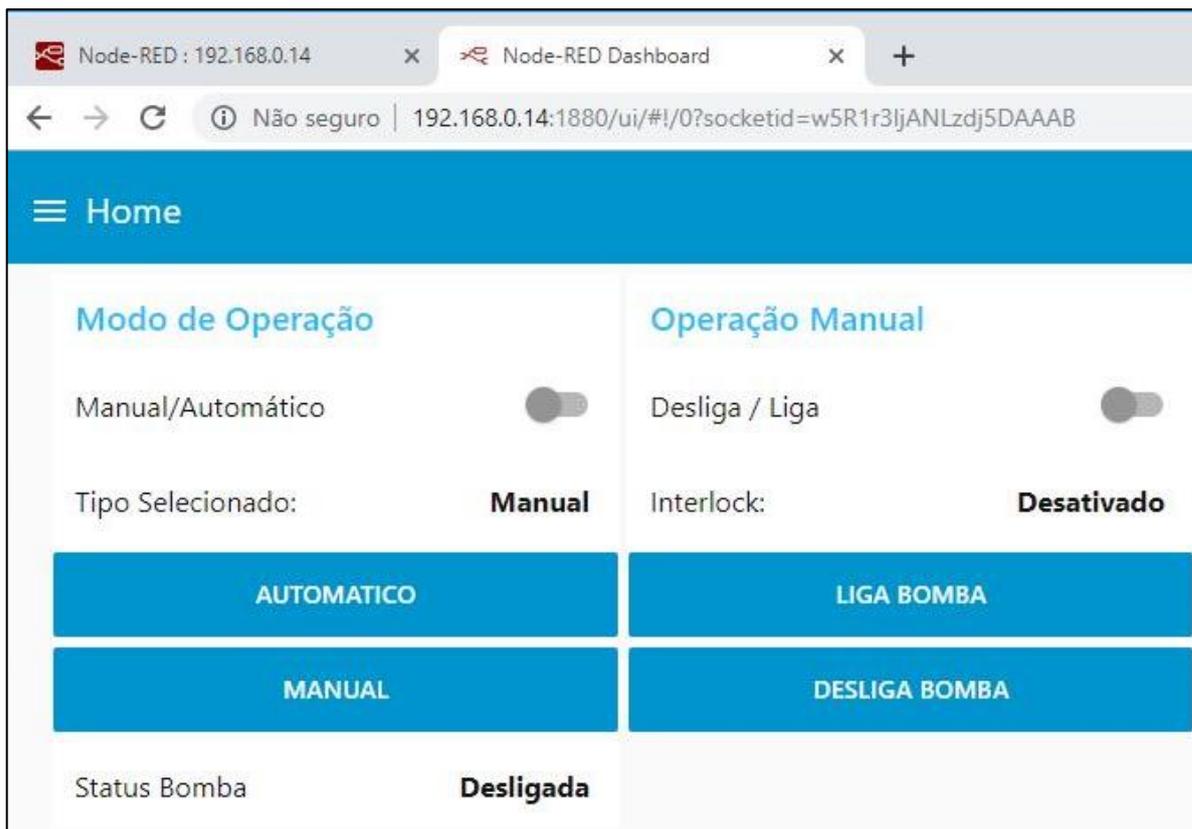


Fonte: Autoria Própria

O acesso remoto ao *software* de irrigação via rede local, atualmente pode ser realizado digitando o endereço IPV4 da *Raspberry* no navegador, este acesso remoto pode ser realizado tanto para a programação do *software*, quanto para a visualização da interface gráfica.

Para acesso a interface gráfica do *software*, o produtor deverá inserir o endereço da seguinte forma em seu navegador 'https://IP da Raspberry:1880/ui', conforme podemos visualizar na Figura 60.

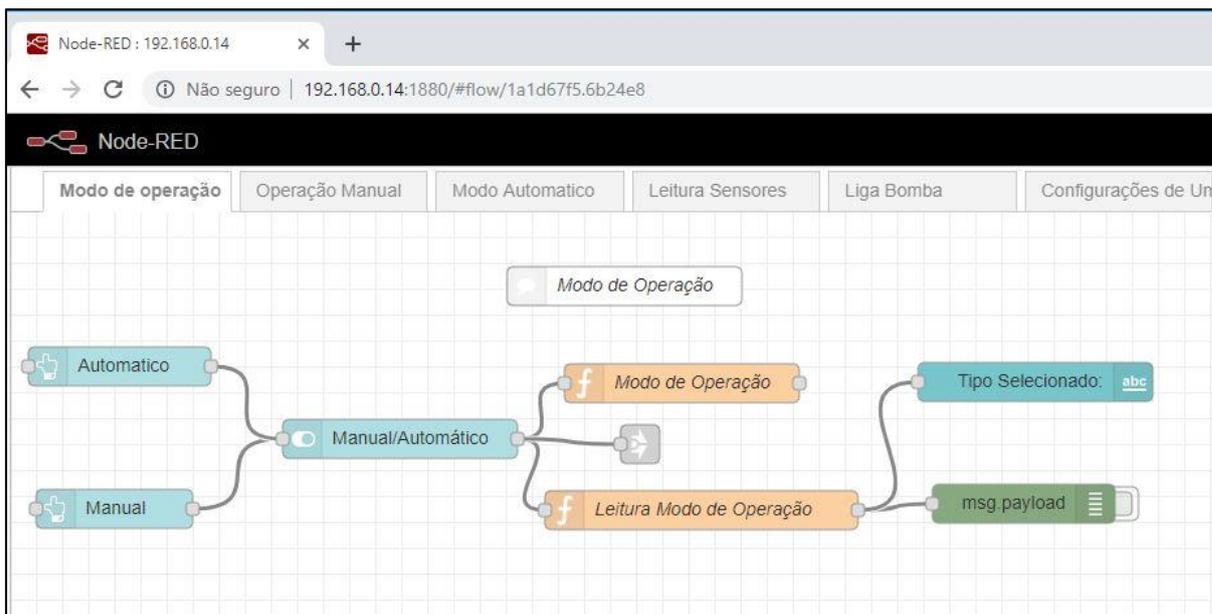
Figura 60: Acesso ao Node-RED Dashboard via dispositivo na rede local



Fonte: Autoria Própria

Para programação do *software*, o endereço de acesso é semelhante ao endereço de acesso a parte de interface, e deve ser inserido no seguinte formato 'https://IP da Raspberry:1880', como é visualizado na Figura 61.

Figura 61: Acesso a programação do Node-RED via dispositivo na rede local



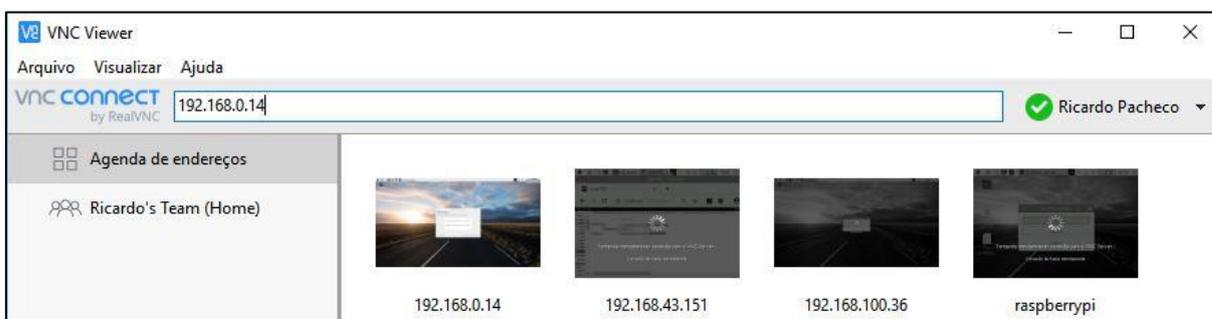
Fonte: Autoria Própria

Com a utilização do *software* VNC, que é nativo da *Raspberry*, é possível acessar diretamente seu sistema operacional.

No dispositivo de acesso, deve-se ter o *software* VNC Viewer instalado em seu sistema, de modo que a conexão será realizada com a *Raspberry* funcionando como um *Server* e o dispositivo de acesso como um *Viewer*.

O acesso pelo VNC Viewer, pode ser realizado de duas formas. A primeira forma de acesso é via rede local inserindo o IP da *Raspberry* no campo de pesquisa do *software* VNC Viewer conforme representado na Figura 62.

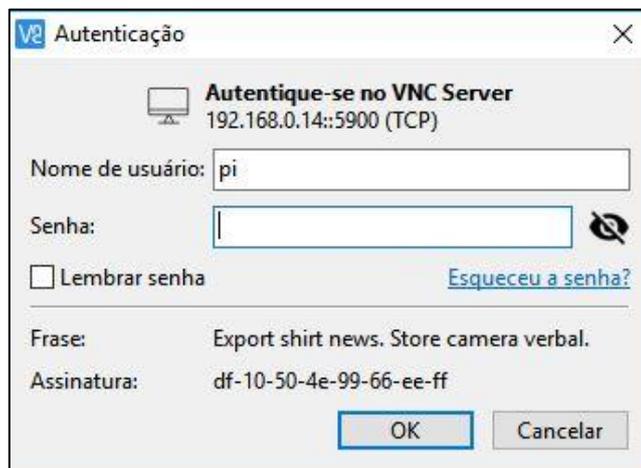
Figura 62: VNC Viewer acesso local



Fonte: Autoria Própria

Em seguida será solicitado usuário e senha da *Raspberry* conforme Figura 63.

Figura 63: Requisição de usuário e senha da Raspberry



Fonte: Autoria Própria

Após inserção de usuário e senha o usuário terá acesso a *Raspberry*, conforme ilustrado na Figura 64.

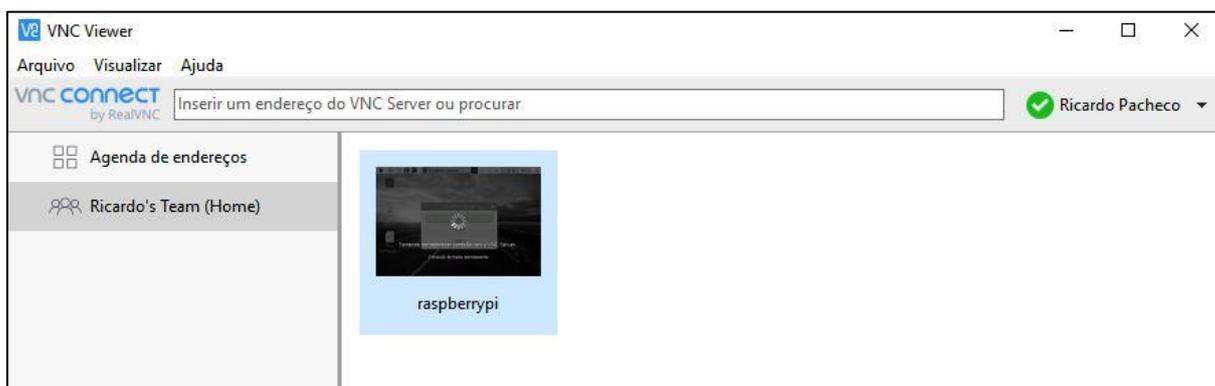
Figura 64: Acesso a Raspberry via VNC Viewer em rede local



Fonte: Autoria Própria

A segunda forma de acesso, e está com a possibilidade de ser realizada de redes externas, é feita com a utilização de um e-mail de cadastro, de forma que o servidor VNC presente na *Raspberry*, deverá estar conectado a este e-mail. Acessando o *software VNC Viewer* e se conectando ao mesmo e-mail presente no *VNC Server*, o *software VNC* nos fornecerá quais os servidores VNC cadastrados com este e-mail conforme a Figura 65.

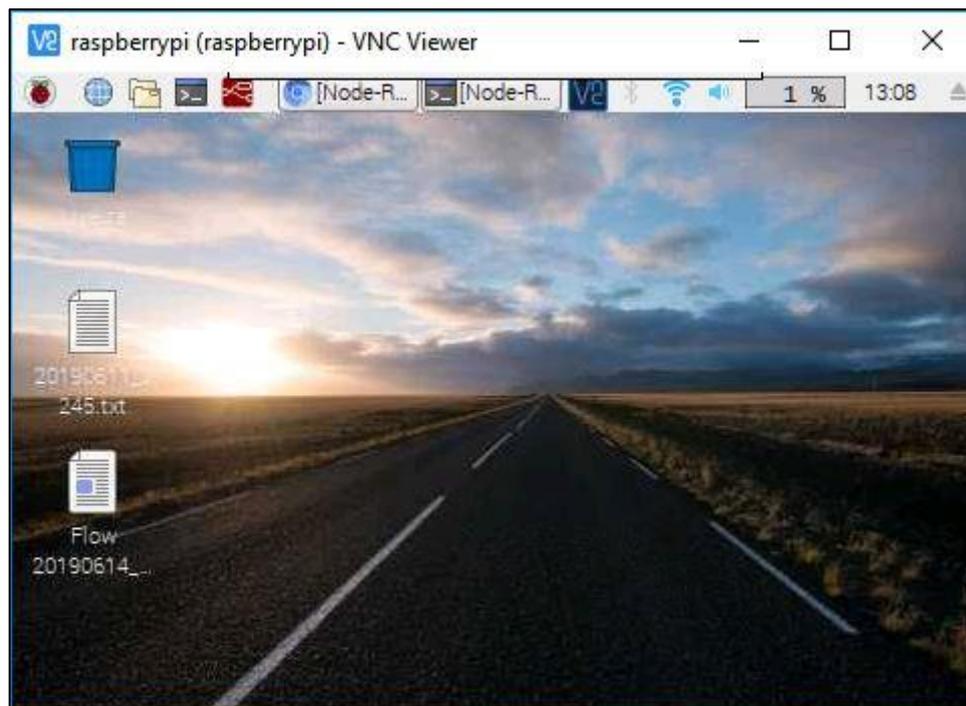
Figura 65: VNC Viewer acesso via rede externa



Fonte: Autoria Própria

Selecionando o dispositivo desejado, será encaminhado em e-mail de verificação ao gerenciador de e-mail da conta cadastrada, e após esta verificação, que é necessária apenas uma vez por dispositivo de acesso, é requisitado usuário e senha da *Raspberry*, conforme acesso local apresentado na Figura 63, e em seguida é estabelecido a conexão entre o *VNC Server* e *VNC Viewer* conforme visualizado na Figura 66.

Figura 66: Acesso a Raspberry via VNC Viewer em rede externa



Fonte: Autoria Própria

Portanto, com a utilização do software Node-RED junto ao dispositivo *Raspberry Pi*, é possível acessar o dispositivo e *software* de controle da irrigação remotamente, desde que exista as condições necessárias citadas anteriormente.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 7.1. CONCLUSÃO

O protótipo desenvolvido neste trabalho atende de forma significativa todos objetivos traçados em sua concepção. A proposta de usar um sistema programado em Node-RED, foi executada com excelência, possibilitando ao agricultor ativar a irrigação na palma da mão, além de deixar o sistema regular-se por meio da ação dos sensores e atuadores.

Ainda possibilitará no futuro uma base de dados que indicara o melhoramento da produção do seu cultivo causado pela implementação de um sistema de automação na irrigação da sua plantação. Devido à grande expansão do uso de coleta de dados no setor agropecuário, temos convicção que estamos no caminho certo para fazer parte da revolução agrícola, que está seguindo os passos da indústria 4.0.

Neste trabalho há grandes possibilidades de aprimoramentos, como sugestão de melhorias para o futuro cabe algumas ideias que não foram possíveis contemplar, são elas a adição de um sensor de condutividade elétrica da água, que não foi possível devido ao seu elevado custo e a alteração no *layout* do painel com aumento de seu tamanho e divisão em duas áreas sendo uma exclusiva para controle e comandos e outro para força.

Este trabalho visava em sua conclusão o desenvolvimento de um produto, porém hoje pode-se oferecer um serviço. Serviço esse que também estão embasados na indústria 4.0 pois este serviço tem o potencial de se adequar a diferentes modos de plantio e diferentes plantas, não se fixando somente no cultivo do morango.

Ao final do desenvolvimento do protótipo, levantou-se um custo total para sua produção, entre *hardwares*, componentes elétricos e demais itens citados na lista de matérias, de aproximadamente 650 reais, o que aparenta ser um custo viável comercialmente, pois em pesquisas realizadas existem controladores de irrigação no mercado sendo comercializados por 500 reais, mas que não possuem todas as opções de funcionamento apresentadas neste trabalho. Com intuito de tornar este protótipo um produto comercializável futuramente, devem ser realizados estudos mais aprofundados sobre seu custo e como tornar este produto competitivo no mercado agrícola, pois componentes como a *Raspberry Pi 3 B+* e sua tela LCD encarecem o

produto, de modo a ser estudado componentes similares com preços mais competitivos.

## 7.2. PROPOSTAS FUTURAS

Durante a realização desse trabalho observou-se várias propostas de melhorias, apresentadas pela banca avaliadora, especialistas no cultivo de morango, professores que em conversas informais sobre o projeto apresentaram sugestões e ideias obtidas pela equipe em si.

O principal ponto de melhoria, é a implementação do sensor de condutividade elétrica, que em sugestões de especialistas deveria ser realizada no solo, e em visita a um dos produtores, esta condutividade é medida diretamente na água, sendo a medida na água sendo possível através de instrumentação já existente no meio industrial.

Outra sugestão, seria a não disponibilização de comandos via acesso remoto, e apenas disponibilização de dados como a informação de umidade nos sensores, não sendo possível que o usuário acione a irrigação fora da rede local.

Atualmente o acesso fora da rede local, está sendo disponibilizado pelo *software* VNC, conforme explicado no capítulo 6, pretende-se posteriormente que este acesso remoto, seja realizado via navegador Web, assim como está sendo realizado atualmente dentro de uma rede local.

Em trabalhos futuros, poderá ser avaliado além do higrômetro resistivo e capacitivo com transmissão de sinal via cabo, a utilização de um higrômetro capacitivo com *Bluetooth* integrado, visando uma comunicação wireless, a qual permite maior facilidade de mudança de posicionamento do sensor pelo produtor, em relação aos sensores conectados via cabo.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada** / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio: Brasil**. CEPEA, Maio de 2018. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil\\_MAIO\\_CNA.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil_MAIO_CNA.pdf). Acesso em 20/09/2018 às 10:06.

CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasil**. Maio de 2018. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil\\_MAIO\\_CNA.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil_MAIO_CNA.pdf). Acesso em 20/09/2018 às 10:06

COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. da; SANTANA JUNIOR, E. B.; PARIZOTTO, I. **Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em manejo de irrigação em agricultura familiar**. EMBRAPA 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94110/1/ComunicadoTecnico-155.pdf>. Acesso em 08 de abril as 20:45

Embrapa. **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1092843/morangueiro> acessado 15/10/2018 as 02:14.

Embrapa. **Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018 . <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030++o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829> acessado em 26/10/2018 as 17:10.

ESTEVES, Bárbara dos Santos **Irrigação por gotejamento**/Bárbara dos Santos Esteves, com a colaboração de Dione Galvão da Silva... [et al.]. -- Niterói: Programa Rio Rural, 2012. [http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/32\\_Irrigacao\\_por\\_gotejamento.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/32_Irrigacao_por_gotejamento.pdf) acessado em 21/10/2018 as 11:57.

ESTRELA, C. C. **Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação no sistema de produção de morango em propriedades familiares no município de Turuçu-RS**. Dissertação (Mestrado). 97p. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agro tecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 402 p.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. **Produção de morangos fora do solo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32 p. (Embrapa Clima Temperado, Documentos, 410.)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: 2006: agricultura familiar: primeiros resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro\\_2006.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf). Acesso em 08/09/18 às 15:04

Johnston, Wesley M.; Hanna, J. R. Paul; Millar, Richard J. **Advances in dataflow programming languages**. ACM Computing Surveys, Vol. 36, (2004). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=7E42FC419C4C09DC0371F9BB914DA5BE?doi=10.1.1.99.7265&rep=rep1&type=pdf>

JS Foundation Node-RED. **About**. Disponível em: <https://nodered.org/about/>. Acesso em: 09/10/18 às 10:20

Maia, Humberto, Jr. "**Da terra brotam os dados: o uso da big data no campo promete aumentar a produtividade. A tecnologia está chegando ao Brasil--mas esbarra nos problemas que as propriedades enfrentam da porteira para fora.**" Exame, 1 Oct. 2014, p. 60+. Academic OneFile. Disponível em <http://link.galegroup.com/apps/doc/A394684202/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=c6abb114>. Acesso em: 19/09/2018 às 11:12.

MARSCZAOKOSKI, Fábio Gregory; CRUZ, Raphaela Piazza da; SILVA, Wesley de Abreu e. **Sistema microcontrolado de irrigação aplicado a morangueiros**. 2013. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: [https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2012\\_1\\_07/2012\\_1\\_07\\_final.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2012_1_07/2012_1_07_final.pdf). Acesso em: 12/11/2018 às 17:02.

MELLO, Jorge Luiz Pimenta; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Apostila de Irrigação**. Rio de Janeiro, 2007.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). **Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura**. MAPA. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf>. Acesso em 04/09/2018 às 15:53.

Ministério do Desenvolvimento Agrário (Brasil). **Conhecimento, tecnologia e inovação para o fortalecimento da agricultura familiar: contribuições das organizações estaduais de pesquisa agropecuária**. Brasília: MDA Agrário, 2014. Disponível em: [http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user\\_img\\_19/Conhecimento%20Tecnologia%20e%20Inova%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20Fortalecimento%20da%20Agricultura%20Familiar%20%2813-01-15%29%20Final%281%29.pdf](http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_19/Conhecimento%20Tecnologia%20e%20Inova%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20Fortalecimento%20da%20Agricultura%20Familiar%20%2813-01-15%29%20Final%281%29.pdf). Acesso em 20/09/18 às 11:29.

MORAES, Cícero Couto de. **Engenharia de automação industrial** / Cícero Couto de Moraes, Plínio de Lauro Castrucci. - 2.ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2010.

Node-RED. **Interacting with Arduino**. Disponível em: <https://nodered.org/docs/hardware/arduino>. Acesso em 09 de fevereiro de às 21:34.

OLIVEIRA, Antônio Joaquim de et al. **Influência de níveis de irrigação em algumas propriedades físico-químicas do morango (Fragaria hybridus)**. An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz [online]. 1981, vol.38, n.2, p.601-622.

Plataforma Agenda 2030. **Plataforma Agenda 2030: Acelerando as transformações para a Agenda 2030 no Brasil.** Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br>. Acesso em: 18/09/2018 às 15:41.

Raspberry Pi Foundation. **GPIO.** Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/README.md>. Acesso em 22/09/18 às 14:45

Raspberry Pi Foundation. **Raspberry Pi 3 Model B+.** Disponível em: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>. Acesso em 22/09/18 às 00:45

Raspberry Pi Foundation. **Raspberry Pi Foundation - Strategy 2018-2020.** Disponível em: <https://static.raspberrypi.org/files/about/RaspberryPiFoundationStrategy2018%E2%80%932020.pdf>. Acesso em 22/09/18 às 00:45

REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; ALDRIGHI, M.; VIGNOLO, G. **Panorama do cultivo de morangos no Brasil.** Revista Campo & Negócios, p. 58-59, 2014.

SATO, Marcus; SANTOS, Diego. **Esqueça o tensiômetro, conheça as novas tecnologias para monitorar a umidade do solo.** AgroSmart. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/irrigacao/tensiometro-tecnologias-monitorar-umidade-do-solo/>. Acesso em: 10/04/2019

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Conheça o Sebrae.** Disponível em: [http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/canais\\_adicionais/conheca\\_quemsomos](http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/canais_adicionais/conheca_quemsomos). Acesso em 22/09/18 às 14:28.

SILVA, Dione Galvão da **Irrigação por aspersão**/Dione Galvão da Silva, com a colaboração de Bárbara dos Santos Esteves... [et al.]. -- Niterói: Programa Rio Rural, 2012. Disponível em: [http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/33\\_Irrigacao\\_por\\_aspersao.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/33_Irrigacao_por_aspersao.pdf). Acesso em 21/10/2018 as 11:07.

## APENDICE A - CÓDIGO FONTE PARA O NODE-RED

```
[{"id":"bc2c18cf.eb4d38","type":"tab","label":"Modo de
operação","disabled":false,"info":""},{id:"8ab48c7e.bf657","type":"tab","label":"Opera
ção
Manual","disabled":false,"info":"","id":"67d33a0d.992e14","type":"tab","label":"Modo
Automatico","disabled":false,"info":"","id":"961dc621.62ce58","type":"tab","label":"Lei
tura
Sensores","disabled":false,"info":"","id":"b821c5fb.ecde18","type":"tab","label":"Liga
Bomba
","disabled":false,"info":"","id":"e8404a14.0d74f8","type":"tab","label":"Configurações
de
Umidade","disabled":false,"info":"","id":"1bfee5d.2ad281a","type":"tab","label":"Tipo
de
irrigação","disabled":false,"info":"","id":"18c03512.d45c4b","type":"tab","label":"Gráfi
co","disabled":false,"info":"","id":"5c697359.05b3ac","type":"ui_base","theme":{"nam
e":"theme-
light","lightTheme":{"default":"#0094CE","baseColor":"#0094CE","baseFont":"-apple-
system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-
serif","edited":true,"reset":false},"darkTheme":{"default":"#097479","baseColor":"#097
479","baseFont":"-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-
serif","edited":true,"reset":false},"customTheme":{"name":"Untitled Theme
1","default":"#4B7930","baseColor":"#4B7930","baseFont":"-apple-
system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"},"themeState":{"base-
color":{"default":"#0094CE","value":"#0094CE","edited":true},"page-titlebar-
backgroundColor":{"value":"#0094CE","edited":false},"page-
backgroundColor":{"value":"#fafafa","edited":false},"page-sidebar-
backgroundColor":{"value":"#ffffff","edited":false},"group-
textColor":{"value":"#1bbfff","edited":false},"group-
borderColor":{"value":"#ffffff","edited":false},"group-
backgroundColor":{"value":"#ffffff","edited":false},"widget-
textColor":{"value":"#111111","edited":false},"widget-
backgroundColor":{"value":"#0094ce","edited":false},"widget-
borderColor":{"value":"#ffffff","edited":false},"base-font":{"value":"-apple-
system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"}}},"site":{"name":"Node-RED
Dashboard","hideToolbar":"false","allowSwipe":"false","allowTempTheme":"true","dat
eFormat":"DD/MM/YYYY","sizes":{"sx":48,"sy":48,"gx":6,"gy":6,"cx":6,"cy":6,"px":0,"py
":0}},{id":"2aad1e0d.49a8d2","type":"arduino-
board","z":"","device":"COM4"},{"id":"9ac4e9ec.e9f4a8","type":"ui_group","z":"","name
":"Leitura
Sensores","tab":"967e77e8.7d8f88","order":1,"disp":true,"width":"6","collapse":false},{
"id":"e42154f6.6001f8","type":"ui_group","z":"","name":"Tipo de Irrigação
Manual","tab":"a3a4c0e6.3bd58","order":2,"disp":true,"width":"6","collapse":false},{id
":"547d5c01.9c5504","type":"ui_group","z":"","name":"Modo de
operação","tab":"a3a4c0e6.3bd58","order":1,"disp":true,"width":"6","collapse":false},{
id":"94bc2ee2.35da3","type":"ui_group","z":"","name":"operação
```

```

Manual", "tab": "a3a4c0e6.3bd58", "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "a3a4c0e6.3bd58", "type": "ui_tab", "z": "", "name": "Home", "icon": "dashboard", "order": 1}, {"id": "967e77e8.7d8f88", "type": "ui_tab", "z": "", "name": "Sensores", "icon": "dashboard", "order": 3}, {"id": "a425bd8b.65f7d", "type": "ui_tab", "z": "", "name": "Configurações", "icon": "dashbo", "order": 5}, {"id": "23898589.5909ca", "type": "ui_group", "z": "", "name": "Setpoint
Umidade
Mínima", "tab": "a425bd8b.65f7d", "order": 1, "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "54919512.d92f1c", "type": "ui_group", "z": "", "name": "Setpoint
Umidade
Máxima", "tab": "a425bd8b.65f7d", "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "e0fcbdc1.e2a6b", "type": "ui_group", "z": "", "name": "Setpoint
de
Umidades", "tab": "a3a4c0e6.3bd58", "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "5b7dc6d9.8ec028", "type": "ui_tab", "z": "", "name": "Gráficos", "icon": "dashboard", "order": 4}, {"id": "8eeb6772.f615f8", "type": "ui_group", "z": "", "name": "Sensor
Capacitivo", "tab": "5b7dc6d9.8ec028", "order": 1, "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "a3ddf870.3cc2b8", "type": "ui_group", "z": "", "name": "Sensor
Resistivo", "tab": "5b7dc6d9.8ec028", "order": 2, "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "727d4a9f.634174", "type": "ui_group", "z": "", "name": "Status
Bomba", "tab": "5b7dc6d9.8ec028", "disp": true, "width": "6", "collapse": false}, {"id": "20a9ef4.fb9871", "type": "function", "z": "bc2c18cf.eb4d38", "name": "Modo
de
Operação", "func": "if(msg.payload === true)\n{\n  global.set(\"MO\", \"Automático\");\n}\n\nelse if(msg.payload === false)\n{\n  global.set(\"MO\", \"Manual\")\n}\n\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "x": 514, "y": 132, "wires": [[]], {"id": "19ba3bea.d76584", "type": "function", "z": "bc2c18cf.eb4d38", "name": "Leitura
Modo de Operação", "func": "\nvar x = global.get(\"MO\");\n\nmsg.payload = x;\n\nreturn msg;\n\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "x": 528.9999847412109, "y": 230.0000343322754, "wires": [{"75f5c0dd.14da7", "68d4361d.5b7508"}], {"id": "75f5c0dd.14da7", "type": "debug", "z": "bc2c18cf.eb4d38", "name": "", "active": false, "tosidebar": true, "console": false, "tostatus": false, "complete": "payload", "x": 776, "y": 225, "wires": []}, {"id": "e44d5110.20eae", "type": "ui_switch", "z": "bc2c18cf.eb4d38", "name": "", "label": "Manual/Automático", "group": "547d5c01.9c5504", "order": 1, "width": 0, "height": 0, "passthru": true, "decouple": "false", "topic": "", "style": "", "onvalue": "true", "onvalueType": "bool", "onicon": "", "oncolor": "", "offvalue": "false", "offvalueType": "bool", "officon": "", "offcolor": "", "x": 298.00001525878906, "y": 175.00001525878906, "wires": [{"20a9ef4.fb9871", "19ba3bea.d76584", "5f22b37d.eb1b7c"}], {"id": "79a63568.8af96c", "type": "ui_button", "z": "bc2c18cf.eb4d38", "name": "", "group": "547d5c01.9c5504", "order": 4, "width": 0, "height": 0, "passthru": false, "label": "Manual", "color": "", "bgcolor": "", "icon": "", "payload": "false", "payloadType": "bool", "topic": "", "x": 79, "y": 229, "wires": [{"e44d5110.20eae"}], {"id": "fe62055c.5c48e8", "type": "comment", "z": "bc2c18cf.eb4d38", "name": "Modo de Operação", "info": "Seleciona se o modo de operação sera automático ou manual\n", "x": 470, "y": 57, "wires": []}, {"id": "4ffad391.2d461c", "type": "function", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "Operação Manual", "func": "var MO = global.get(\"MO\");\n\nvar ButtonBomba;\nvar BombaManual;\n\nButtonBomba = msg.payload;\n\nif(MO == \"Manual\")\n{\n  BombaManual = ButtonBomba;\n  \n  if(BombaManual === true)\n  {\n    global.set(\"Interlock1\", true);\n  }\n  \n  else if (BombaManual === false)\n  {\n    global.set(\"Interlock1\", false);\n  }\n  \n}\n\nif(MO == \"Automático\")\n{\n  BombaManual = false;\n  \n}\n\nif(BombaManual === true)\n{\n  msg.payload = \"Ligada\"\n}\n\nelse if(BombaManual === false)\n{\n  msg.payload = \"Desligada\"\n}\n\n\nreturn msg;\n\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "x": 624, "y": 446.0000686645508, "wires": [{"70c5e583.4a113c", "5a4b0545.85e16c"}], {"id": "70c5e583.4a113c", "type": "debug", "z": "8ab48c7e.bf

```

657", "name": "", "active": false, "tosidebar": true, "console": false, "tostatus": false, "complete": "payload", "x": 839, "y": 449.00001335144043, "wires": [], {"id": "77b23a91.a273c4", "type": "comment", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "Funcionamento da operação Manual", "info": "A operação Manual apenas funciona caso no modo de operação estiver em manual. Caso o modo de operação estiver em Automático, na mensagem de saída da operação manual retornará no valor booleano false", "x": 488, "y": 310, "wires": [], {"id": "85d8e1f.4c47c2", "type": "ui\_button", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "", "group": "94bc2ee2.35da3", "order": 4, "width": 0, "height": 0, "passthru": false, "label": "Liga Bomba", "color": "", "bgcolor": "", "icon": "", "payload": "true", "payloadType": "bool", "topic": "", "x": 119, "y": 394, "wires": [{"id": "216dff0.fb634"}], {"id": "a50825b6.2a5568", "type": "ui\_button", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "", "group": "94bc2ee2.35da3", "order": 5, "width": 0, "height": 0, "passthru": false, "label": "Desliga Bomba", "color": "", "bgcolor": "", "icon": "", "payload": "false", "payloadType": "bool", "topic": "", "x": 198.99999237060547, "y": 519.9999732971191, "wires": [{"id": "216dff0.fb634"}], {"id": "54a4cff4.8dc0e", "type": "comment", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "OBS", "info": "Verificar se a ligação entre Manual/Automático e Operação Manual, não irá interferir no modo automático, quando o sensor mandar sinal para irrigar pois quando mudamos o modo para automático, a variável BombaManual muda para false. Provavelmente terá de implementar um if, se caso o sensor estiver em true, e o modo de operação for alterado de manual para automático. O sinal do sensor tem que prevalecer sobre o sinal BombaManual, por exemplo BombaManual = SensorR1status. Onde SensorR1 varia de 0 a 100%, e SensorR1status, é um booleano", "x": 131, "y": 458, "wires": [], {"id": "efd6363d.057338", "type": "ui\_switch", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "", "label": "Irrigação / Fertirrigação", "group": "e42154f6.6001f8", "order": 1, "width": 0, "height": 0, "passthru": true, "decouple": "false", "topic": "", "style": "", "onvalue": "true", "onvalueType": "bool", "onicon": "", "oncolor": "", "offvalue": "false", "offvalueType": "bool", "officon": "", "offcolor": "", "x": 308, "y": 140, "wires": [{"id": "794be784.f93ba8"}, {"id": "21e3fb6f.dadf04"}], {"id": "794be784.f93ba8", "type": "function", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "Água fertilizada ou pura", "func": "var MO = global.get('MO');\nvar Interlock1 = global.get('Interlock1');\n\nif(Interlock1 === false)\n{\n if(MO == 'Manual')\n {\n if(msg.payload === true)\n {\n global.set('Água', 'Fertirrigação');\n }\n else if(msg.payload === false)\n {\n global.set('Água', 'Irrigação');\n }\n }\n msg.payload = 'Desativado';\n return msg;\n}\n\nif(Interlock1 === true)\n{\n msg.payload = 'Desligar a bomba para mudar o tipo de irrigação'\n return msg;\n}\n\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "x": 601, "y": 100, "wires": [{"id": "3553c2e8.dffd2e"}], {"id": "21e3fb6f.dadf04", "type": "function", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "Leitura Tipo de Irrigação", "func": "var x = global.get('Água');\n\nmsg.payload = x;\n\nreturn msg;\n\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "x": 601, "y": 190, "wires": [{"id": "6034b5e2.7fb1bc"}, {"id": "4f7fc030.60617"}, {"id": "1dac9163.8d64df"}], {"id": "7caae224.f1318c", "type": "comment", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "Tipo de Irrigação Manual (Água pura ou fertirrigada)", "info": "Seleciona se teremos irrigação ou fertirrigação", "x": 495, "y": 50, "wires": [], {"id": "70d50686.8fa5e8", "type": "ui\_button", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "", "group": "e42154f6.6001f8", "order": 4, "width": 0, "height": 0, "passthru": false, "label": "Fertirrigação", "color": "", "bgcolor": "", "icon": "", "payload": "true", "payloadType": "bool", "topic": "", "x": 81, "y": 89, "wires": [{"id": "efd6363d.057338"}], {"id": "b1b6f17b.e071", "type": "ui\_button", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "", "group": "e42154f6.6001f8", "order": 5, "width": 0, "height": 0, "passthru": false, "label": "Irrigação", "color": "", "bgcolor": "", "icon": "", "payload": "false", "payloadType": "bool", "topic": "", "x": 71, "y": 190, "wires": [{"id": "ef"}]





```

msg;,"outputs":1,"noerr":0,"x":625.0242462158203,"y":705.5001850128174,"wires":[
["ce740090.d9b12"]],{"id":"74c0ccb5.c9ff44","type":"link
in","z":"8ab48c7e.bf657","name":"Entrada_LigaBombaManual","links":["5a4b0545.85
e16c"],"x":491.09716033935547,"y":704.8611507415771,"wires":["89616f6f.366b2"]
},{"id":"3c0cdb9.2fd3624","type":"inject","z":"b821c5fb.ecde18","name":"","topic":"","pa
yload":"true","payloadType":"bool","repeat":"1","crontab":"","once":false,"onceDelay":
0.1,"x":161.02075958251953,"y":219.88192749023438,"wires":["414dfa83.ffd144"]],
{"id":"414dfa83.ffd144","type":"function","z":"b821c5fb.ecde18","name":"Modo
de
operação geral","func":"var MO = global.get(\"MO\");\n\nvar LigaBomba;\nvar
automatico
= global.get(\"LigaBombaAutomatico\");\nvar manual
=
global.get(\"LigaBombaManual\");\n\nif(MO == \"Automático\")\n{\n\n
if(automatico
=== true){\n
LigaBomba = 1;\n
}\n
\n
else if(automatico === false){\n
LigaBomba = 0;\n
}\n
\n
\n
}\n\nelse if(MO == \"Manual\")\n{\n
if(manual ===
true){\n
LigaBomba = 1;\n
}\n
\n
else if(manual === false){\n
LigaBomba =
0;\n
}\n
}\n\n\nmsg.payload
= LigaBomba;\n\nreturn
msg;,"outputs":1,"noerr":0,"x":391.9618225097656,"y":218.93407249450684,"wires"
:[["f369bb9c.89ce08","b0c95a57.164448","47b6be31.b3c66","2e95979f.9f96b8","516
2aa38.af0fd4"]],{"id":"66220cf0.3a0384","type":"ui_text","z":"b821c5fb.ecde18","grou
p":"547d5c01.9c5504","order":5,"width":0,"height":0,"name":"","label":"Status
Bomba","format":"{{msg.payload}}","layout":"row-
spread","x":753.0798721313477,"y":404.47572326660156,"wires":[]},{"id":"f369bb9c.
89ce08","type":"debug","z":"b821c5fb.ecde18","name":"","active":false,"tosidebar":tru
e,"console":false,"tostatus":false,"complete":"payload","x":721.0729522705078,"y":28
1.6076364517212,"wires":[]},{"id":"4f7fc030.60617","type":"debug","z":"8ab48c7e.bf6
57","name":"","active":false,"tosidebar":true,"console":false,"tostatus":false,"complete
":"payload","x":852,"y":186,"wires":[]},{"id":"423bd27d.ec6a3c","type":"function","z":"e8
404a14.0d74f8","name":"Set
Umidade
Maxima","func":"var Umax
=
msg.payload;\nglobal.set(\"UmidadeMaxima\",Umax);\n\nreturn
msg;,"outputs":1,"noerr":0,"x":591.0833396911621,"y":126.27780818939209,"wires"
:[[]]},{"id":"3d50123.386aeee","type":"function","z":"e8404a14.0d74f8","name":"Set
Umidade
Minima","func":"var
Umin
=
msg.payload;\nglobal.set(\"UmidadeMinima\",Umin);\n\nmsg.payload = Umin;\nreturn
msg;\n","outputs":1,"noerr":0,"x":589.0173263549805,"y":220.01042652130127,"wire
s":[[]]},{"id":"b0c95a57.164448","type":"arduino
out","z":"b821c5fb.ecde18","name":"","pin":"9","state":"OUTPUT","arduino":"2aad1e0
d.49a8d2","x":707.0833702087402,"y":166.13889694213867,"wires":[]},{"id":"5ec8efb
f.6f984","type":"function","z":"67d33a0d.992e14","name":"Setpoint
Umidade
Máxima","func":"var Umax
=
global.get(\"UmidadeMaxima\");\nvar Umin
=
global.get(\"UmidadeMinima\");\n\nmsg.payload
=
Umax;\nreturn
msg;,"outputs":1,"noerr":0,"x":383.0764350891113,"y":496.40976428985596,"wires"
:[["870c4f4a.9447c"]],{"id":"870c4f4a.9447c","type":"ui_text","z":"67d33a0d.992e14","
group":"e0fcbdc1.e2a6b","order":1,"width":0,"height":0,"name":"","label":"Setpoint
Umidade
Máxima","format":"{{msg.payload}}","layout":"row-
spread","x":668.017333984375,"y":493.010422706604,"wires":[]},{"id":"c0b37ba5.2e6
dc8","type":"function","z":"67d33a0d.992e14","name":"Setpoint
Umidade
Minima","func":"var Umax
=
global.get(\"UmidadeMaxima\");\nvar Umin
=
global.get(\"UmidadeMinima\");\n\nmsg.payload
=
Umin;\nreturn
msg;,"outputs":1,"noerr":0,"x":382.0173645019531,"y":570.0104370117188,"wires":[
["ad7ea5f0.5d34f8"]],{"id":"ad7ea5f0.5d34f8","type":"ui_text","z":"67d33a0d.992e14",
"group":"e0fcbdc1.e2a6b","order":2,"width":0,"height":0,"name":"","label":"Setpoint

```

```

Umidade                               M nima", "format": "{{msg.payload}}", "layout": "row-
spread", "x":662.9582366943359,"y":566.6111240386963,"wires":[],{"id":"cd1f82d3.0
8399","type":"ui_numeric","z":"e8404a14.0d74f8","name":"","label":"Umidade
M nima","group":"23898589.5909ca","order":0,"width":0,"height":0,"passthru":true,"to
pic":"","format": "{{value}}", "min": "1", "max": "49", "step": 1, "x": 362.07994079589844, "y":
221.41323852539062, "wires": [ [ "3d50123.386aeec" ] ], {"id": "ae1ba89d.09eee8", "type"
:"ui_numeric", "z": "e8404a14.0d74f8", "name": "", "label": "Umidade
Maxima", "group": "54919512.d92f1c", "order": 0, "width": 0, "height": 0, "passthru": true, "to
pic": "", "format": "{{value}}", "min": "50", "max": "99", "step": 1, "x": 352.0173797607422, "y":
126.01044845581055, "wires": [ [ "423bd27d.ec6a3c" ] ], {"id": "47b6be31.b3c66", "type": "f
unction", "z": "b821c5fb.ecde18", "name": "Status Bomba", "func": "\nif(msg.payload ===
1)\n{\n    msg.payload = \"Ligada\";\n}\n\nelse if (msg.payload === 0)\n{\n\n
msg.payload = \"Desligada\" ; \n}\n\nelse{\n    msg.payload=\"Desligada\";\n}\n\nreturn
msg;","outputs":1,"noerr":0,"x":536.0764541625977,"y":378.4131965637207,"wires":[
[ "66220cf0.3a0384" ] ], {"id": "4aab7880.9ccfc8", "type": "inject", "z": "e8404a14.0d74f8", "
name": "", "topic": "", "payload": "true", "payloadType": "bool", "repeat": "", "crontab": "", "once
": true, "onceDelay": "1", "x": 122.07638549804688, "y": 178.96875858306885, "wires": [ [ "a
e1ba89d.09eee8", "cd1f82d3.08399" ] ], {"id": "1dac9163.8d64df", "type": "link
out", "z": "8ab48c7e.bf657", "name": "Tipo_Irriga o", "links": [ "bc409c0b.f966f" ], "x": 791.
2917098999023, "y": 301.4513874053955, "wires": [], {"id": "bc409c0b.f966f", "type": "link
in", "z": "1bfee5d.2ad281a", "name": "Entrada_Tipo_Irriga o", "links": [ "1dac9163.8d64d
f" ], "x": 214.07641220092773, "y": 186.96535873413086, "wires": [ [ "d89c18d3.e9c2d8", "
a29d6009.fdcd" ] ], {"id": "d89c18d3.e9c2d8", "type": "function", "z": "1bfee5d.2ad281a", "
name": "Valvula 1 - Fertirriga o", "func": "var Tipolrrigacao = msg.payload;\nvar
valvula1;\n\nif(Tipolrrigacao == \"Fertirriga o\")\n{\n    valvula1=true;\n}\n\nelse
{valvula1=false}\n\nmsg.payload
=
valvula1;\n\nreturn
msg;","outputs":1,"noerr":0,"x":369.0764465332031,"y":150.64240646362305,"wires"
:[ [ "2e6febd9.b12aa4", "90ac1851.c9e4a8" ] ], {"id": "a29d6009.fdcd", "type": "function", "
z": "1bfee5d.2ad281a", "name": "Valvula 2 - Irriga o", "func": "var Tipolrrigacao =
msg.payload;\nvar
valvula2;\n\nif(Tipolrrigacao ==
\"Irriga o\")\n{\n
valvula2=true;\n}\n\nelse
{valvula2=false}\n\nmsg.payload
=
valvula2;\n\nreturn
msg;","outputs":1,"noerr":0,"x":351.0174369812012,"y":224.01047801971436,"wires"
:[ [ "c2cc160f.4659a8" ] ], {"id": "2e6febd9.b12aa4", "type": "arduino
out", "z": "1bfee5d.2ad281a", "name": "", "pin": "2", "state": "OUTPUT", "arduino": "2aad1e0
d.49a8d2", "x": 627.0833015441895, "y": 151.02087783813477, "wires": [], {"id": "c2cc16
0f.4659a8", "type": "arduino
out", "z": "1bfee5d.2ad281a", "name": "", "pin": "3", "state": "OUTPUT", "arduino": "2aad1e0
d.49a8d2", "x": 612.0729827880859, "y": 225.0244255065918, "wires": [], {"id": "90ac185
1.c9e4a8", "type": "debug", "z": "1bfee5d.2ad281a", "name": "", "active": true, "tosidebar": tr
ue, "console": false, "tostatus": false, "complete": "payload", "x": 647.0173645019531, "y": 9
0.01044464111328, "wires": [], {"id": "2e95979f.9f96b8", "type": "arduino
out", "z": "b821c5fb.ecde18", "name": "", "pin": "10", "state": "OUTPUT", "arduino": "2aad1e
0d.49a8d2", "x": 711.0173301696777, "y": 115.01041603088379, "wires": [], {"id": "4659a
413.76814c", "type": "function", "z": "18c03512.d45c4b", "name": "Get
Umidade
R1", "func": "var UmidadeR1 = global.get (\"UmidadeR1\");\nmsg.payload =
UmidadeR1;\n\nreturn
msg;","outputs":1,"noerr":0,"x":383.0173568725586,"y":53.010433197021484,"wires"
:[ [ "94a01dae.86681" ] ], {"id": "6ecdfe61.39b27", "type": "function", "z": "18c03512.d45c4b
", "name": "Get
Umidade
C1", "func": "var UmidadeC1 = global.get
(\"UmidadeC1\");\nmsg.payload
=
UmidadeC1;\n\nreturn

```

```

msg;,"outputs":1,"noerr":0,"x":397.01727294921875,"y":142.01733207702637,"wires":
[["9bed5b80.7bb698"]],{"id":"a245d56.95c1528","type":"inject","z":"18c03512.d45c4
b","name":"","topic":"","payload":"true","payloadType":"bool","repeat":"10","crontab":"","
"once":false,"onceDelay":0.1,"x":131.02069854736328,"y":98.88881874084473,"wire
s":[["4659a413.76814c","6ecdfe61.39b27"]],{"id":"9bed5b80.7bb698","type":"ui_chart
","z":"18c03512.d45c4b","name":"","group":"8eeb6772.f615f8","order":0,"width":"6","h
eight":"6","label":"Umidade Sensor
Capacitivo","chartType":"line","legend":"true","xformat":"HH:mm:ss","interpolate":"line
ar","nodata":"","dot":false,"ymin":"0","ymax":"100","removeOlder":"10","removeOlderP
oints":"","removeOlderUnit":"60","cutout":0,"useOneColor":false,"colors":["#1f77b4","#
aec7e8","#ff7f0e","#2ca02c","#98df8a","#d62728","#ff9896","#9467bd","#c5b0d5"],"u
seOldStyle":false,"x":698.0798835754395,"y":148.0659942626953,"wires":[[[],[]]},{
"94a01dae.86681","type":"ui_chart","z":"18c03512.d45c4b","name":"","group":"a3ddf8
70.3cc2b8","order":0,"width":"6","height":"6","label":"Umidade Sensor
Resistivo","chartType":"line","legend":"true","xformat":"HH:mm:ss","interpolate":"linea
r","nodata":"","dot":false,"ymin":"0","ymax":"100","removeOlder":"10","removeOlderPo
ints":"","removeOlderUnit":"60","cutout":0,"useOneColor":false,"colors":["#1f77b4","#a
ec7e8","#ff7f0e","#2ca02c","#98df8a","#d62728","#ff9896","#9467bd","#c5b0d5"],"us
eOldStyle":false,"x":700.0173034667969,"y":48.01044464111328,"wires":[[[],[]]},{
"a7167819.0b73b8","type":"ui_chart","z":"18c03512.d45c4b","name":"","group":"727d4
a9f.634174","order":0,"width":"6","height":"6","label":"Status Bomba (1=ON ; 0 =
FALSE)","chartType":"line","legend":"true","xformat":"HH:mm:ss","interpolate":"linear"
,"nodata":"","dot":false,"ymin":"0","ymax":"1","removeOlder":"10","removeOlderPoint
s":"","removeOlderUnit":"60","cutout":0,"useOneColor":false,"colors":["#1f77b4","#aec7
e8","#ff7f0e","#2ca02c","#98df8a","#d62728","#ff9896","#9467bd","#c5b0d5"],"useOl
dStyle":false,"x":730.017333984375,"y":254.0104217529297,"wires":[[[],[]]},{
"2c25
5f27.64dea","type":"link
in","z":"18c03512.d45c4b","name":"Status_Bomba_Grafico","links":["5162aa38.af0fd4
"],"x":477.07643127441406,"y":255.86112213134766,"wires":["a7167819.0b73b8"]},
{"id":"5162aa38.af0fd4","type":"link
out","z":"b821c5fb.ecde18","name":"Status_Bomba_Saida_Digital","links":["2c255f27.
64dea"],"x":664.0729522705078,"y":226.57291412353516,"wires":[]}]

```