

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS
MISSÕES**

PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CAMPUS DE ERECHIM

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AMANDA AVOZANI



TRABALHO DE GRADUAÇÃO II EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ERECHIM – RS

2018

AMANDA AVOZANI



**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AUTOMAÇÃO
EM ESTUFA**

**Trabalho de conclusão de curso, apresentado
à Disciplina Trabalho de Graduação, como
parte das exigências para conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia Agrícola e
obtenção do título de Engenheira Agrícola.**

Orientadora: Dra. Raquel Paula Lorensi

ERECHIM – RS

2018

AMANDA AVOZANI

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AUTOMAÇÃO EM ESTUFA

Trabalho de conclusão de Curso, apresentado à Disciplina Trabalho de Graduação, como parte das exigências para conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e obtenção do título de Engenheira Agrícola.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Msc Sérgio Henrique Mosele
URI-Erechim

Prof. Dr. Paulo Sergio Gomes da Rocha
URI-Erechim

Prof^a. Dr^a Raquel Paula Lorensi
URI-Erechim

Erechim, 28 de junho de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois Dele veio a força, sabedoria e esperança para sempre acreditar no impossível, mesmo em meio a tantos desafios.

Aos meus pais, pelo esforço e dedicação e por muitas vezes abdicarem de seus sonhos para que eu pudesse viver os meus, mesmo com a distância estiveram comigo nas minhas orações, amo vocês por tudo que representam na minha vida.

Aos meus irmãos que fizeram parte desta caminhada, dando suporte para nunca desistir dos meus objetivos, suas vitórias serviram de exemplo para mim.

A minha orientadora Prof^a Dr^a Raquel Paula Lorensi, pela paciência, compreensão, por muitas vezes ser mais que professora, ser amiga, ser inspiração para buscar o melhor de mim.

Ao Prof. Ms. Sérgio Henrique Mosele pelo incentivo desde o início do projeto e pela credibilidade em mim depositada.

Aos meus amigos, Carine Scanagatta, Tainara Mataczinski e Ronaldo Dal Prá por sempre estarem do meu lado em todos os momentos em que precisei.

RESUMO

Com a crescente demanda de alimentos, há uma necessidade de melhorar os métodos de produção, com a finalidade de propiciar um ambiente onde, a cultura se desenvolva com eficiência (alta produção, poucas perdas e melhor qualidade), alcançando os resultados esperados. Para isso, é preciso que se conheçam muito bem as espécies que se pretende cultivar em ambiente protegido bem como as técnicas de cultivo para que o ambiente seja controlado de forma a atender as necessidades fisiológicas da planta. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema automatizado utilizando um microcontrolador, sensores e atuadores, melhorando a qualidade de produção, levando em conta fatores econômicos, técnicos e ambientais. Foi desenvolvido um protótipo de uma estufa, onde foi instalado na parte interna um *cooler* para realizar a ventilação do ambiente interno, sistema de irrigação por gotejamento, assim como a disposição de um sensor de temperatura, quatro sensores de umidade de solo, um sensor de vazão e uma bomba d'água, controlados através do Arduino. Durante o período de desenvolvimento do protótipo foram realizados testes de funcionamento, nos quais foram medidos valores diferentes de temperatura, umidade do solo e vazão. O *software* e *hardware* atenderam às expectativas do proposto, pois o mesmo foi implementado um baixo custo, aproximando-se na medida do possível, o protótipo de uma situação real de implantação.

Palavras-chaves: Microcontrolador, irrigação, produção de alimentos, sensores.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática da arquitetura do Hardware Arduino.	16
Figura 2 - Representação gráfica do protótipo da estufa.	18
Figura 3 - Representação gráfica do funcionamento do sensor de temperatura.	20
Figura 4 - Sensor de temperatura DS18B20 utilizado no projeto.	20
Figura 5 - Cooler utilizado no projeto.	21
Figura 6 - Representação gráfica do funcionamento do sensor de umidade.	22
Figura 7 - Sensor de Umidade do Solo Higrômetro.	22
Figura 8 - Representação gráfica do funcionamento do sensor de vazão.	23
Figura 9 - Sensor de fluxo de água YF-S201.	24
Figura 10 - Placa com dois relés utilizados para controlar a bomba d'água e o cooler.	24
Figura 11 - Protótipo da estufa tamanho de bancada, para realização dos testes.	25
Figura 12 - Protoboard de 830 pontos utilizadas para a construção do hardware.	25
Figura 13 - Arduino MEGA 2560 semelhante ao utilizado no projeto.	26
Figura 14 - Parte interna do protótipo com os sistemas de irrigação e sensores.	27
Figura 15 - Placa com os componentes físicos do projeto.	28
Figura 16 - Software onde foi realizado o desenvolvimento da parte lógica que comanda o arduino, os sensores e atuadores.	28
Figura 17 - Sensor de umidade de solo após ser utilizado por um período de 3 meses.	30
Figura 18 - Bomba d'água utilizada para realizar o bombeamento da água até os gotejadores.	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1	Transformações na agricultura.....	11
3.2	Estufas.....	11
3.3	Irrigação	12
3.3.1	Método de irrigação localizada	13
3.3.2	A irrigação e o desenvolvimento do agronegócio.....	13
3.3.3	Manejo da água de irrigação	13
3.3.4	Sistema de bombeamento.....	14
3.4	Sistemas de automação	14
3.4.1	Plataforma Arduino	15
3.4.2	O Arduino e seus componentes.....	15
3.4.3	Software para criação da programação	16
3.5	Controle ambiental.....	17
3.5.1	Temperatura	17
3.5.2	Umidade de solo.....	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1.1	Estrutura da estufa.....	17
4.1.2	Manejo da estufa	18
4.1.3	Exemplificações do funcionamento	18
4.1.4	Plataforma Arduino MEGA 2560	18
4.1.5	<i>Protoboard</i> para montagem do circuito	19
4.1.6	Sensor de temperatura	19
4.1.7	Sistema de ventilação	20

4.1.8	Cooler.....	21
4.1.9	Sensor de umidade do solo.....	21
4.1.10	Sensor de fluxo de água (vazão)	22
4.1.11	Módulo Relé.....	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	construção do protótipo	24
5.2	desenvolvimento do hardware e software.....	25
5.3	Sensores	29
5.3.1	Controle da temperatura.....	29
5.3.2	Controle da umidade do solo	29
5.3.3	Controle do fluxo de água.....	30
5.4	atuadores	30
5.4.1	Cooler.....	30
5.4.2	Bomba d'água	31
6	CONCLUSÃO	31
7	BIBLIOGRAFIA.....	33

1 INTRODUÇÃO

A agricultura desde seu surgimento há cerca de 10 a 15 mil anos até a atualidade passou por diversas transformações. Inicialmente, a agricultura era voltada para a subsistência das comunidades que as plantavam e que também exploravam áreas do entorno. Mas, ao longo dos anos com o elevado crescimento populacional foi preciso uma maior produção para suprir as necessidades e atender a demanda do mercado, isso acabou transformando o sistema agrícola. (BORBA DOS SANTOS & SANTOS DO NASCIMENTO, 2009).

O ritmo de crescimento demográfico mundial, nos últimos anos, tem sido acima dos 70 milhões de pessoas por ano. A este ritmo, a população mundial em 2050 estará na ordem dos 9 bilhões e, até ao final do século, serão mais de 10 bilhões. Para satisfazer essa população a *Food and Agriculture Organization* (FAO) estima que a produção de alimentos deve aumentar em pelo menos 60%. (MUTEIA, 2017).

Será necessário buscar novas formas de produzir utilizando as mesmas áreas ou sistemas de produção em estufas as quais possibilitam controle nas condições de cultivo (temperatura, luz, umidade do solo, entre outros), para aumentar a eficiência e reduzir as perdas na produtividade.

Segundo Abrahão Silva, et. al. (2014) cultivar em ambiente protegido é muito mais que oferecer cobertura às plantas. A infraestrutura, por si, não proporciona todas as vantagens apontadas para o sistema. Para que a cultura se desenvolva com eficiência (alta produção, poucas perdas e melhor qualidade), alcançando os resultados esperados, é preciso que se conheçam muito bem as espécies que se pretende cultivar em ambiente protegido bem como as técnicas de cultivo para que o ambiente seja controlado de forma a atender as necessidades fisiológicas da planta.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema automatizado utilizando um microcontrolador, sensores e atuadores, melhorando a qualidade de produção, levando em conta fatores econômicos, técnicos e ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo a construção de um protótipo de estufa de baixo custo, para avaliar o funcionamento do *hardware* e *software*, propiciando assim um ambiente ideal para o desenvolvimento e qualidade das plantas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Construir um protótipo de uma estufa automatizada;
- ✓ Desenvolver e testar um sistema (*hardware* e *software*);
- ✓ Avaliar a temperatura, a umidade e a vazão;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TRANSFORMAÇÕES NA AGRICULTURA

Após a última metade do século XX, o crescimento da população teve um aumento considerável, em relação aos típicos bolsões de fome estabelecidos em países africanos, asiáticos e nas parcelas mais pobres da população mundial, a produção de alimentos acompanhou o ritmo do crescimento populacional. (GERGOLETTI, 2008).

Diante do perigo que as mudanças climáticas apresentam, o setor agroalimentar deve destacar-se como exemplo. Na qualidade de setor que mais utiliza os recursos naturais, em quantidade e diversidade, e que mais depende das condições climáticas, impõem-se maiores responsabilidades na reavaliação e racionalização de todas as suas práticas. (MUTEIA, 2017).

3.2 ESTUFAS

As estufas são estruturas que tem por intuito propiciar um microclima favorável para o desenvolvimento de culturas. É utilizada desde o século XVII permitindo o cultivo de plantas que normalmente não se adaptariam a determinadas condições edafoclimáticas de algumas regiões (LITJENS, 2009).

As estufas possuem diversas funções, uma delas é absorver o calor proveniente dos raios solares e retê-lo na parte interna, possibilidade de maior eficiência no controle de doenças e pragas, umidade do solo, reduzindo assim as perdas por lixiviação e redução do estresse fisiológicos das plantas (BREUNIG LINN et al., 2012). Desta

maneira, pode-se melhorar o desenvolvimento das plantas, realizar colheitas fora de época normal, aumentando assim a quantidade e qualidade de produção.

Nas décadas de 70 e 80 a difusão da utilização de estufas no Brasil ganhou força, com o sucesso econômico na produção de hortaliças de consumo nobre e o fomento propiciado por empresas fabricantes de plásticos facilitou na propagação do seu uso (BATISTA VIDA et al., 2006).

3.3 IRRIGAÇÃO

A irrigação foi uma das primeiras mudanças realizadas pelo homem no ambiente. Antigas civilizações tais como a China no rio Amarelo; do Nilo, no Egito; entre outros, surgiram e se estabeleceram em virtude da utilização de seus recursos hídricos. Sendo assim a irrigação é uma técnica milenar que possibilitou a produção em regiões áridas, sendo sinônimo de riqueza. (MONTOVANI et al. 2009).

As técnicas de cultivar utilizadas pelos agricultores eram rudimentares, nas imediações de rios as plantações eram irrigadas através da abertura de canais, ainda sem nenhum planejamento, atualmente esse método ainda é utilizado em lavouras de arroz, porém o dimensionamento desse tipo de irrigação exige um planejamento maior. (SILVA & FOLEGATTI, 2007).

O principal objetivo da irrigação é a utilização da água para aumentar a produtividade, além de possibilitar o controle de quando e quanto será aplicado na área. A elaboração de um projeto de irrigação contempla diversos parâmetros relevantes na escolha dos métodos a serem utilizados tais como: o clima, o solo, topografia, viabilidade econômica, equipamentos necessários entre outros. Existem três métodos de irrigação são eles: Superficial; Aspersão e Localizada. (SILVA DE OLIVEIRA et al., 2008).

Na visão inicial, a irrigação era vista somente como aplicação de água e tinha como objetivo principal, a luta contra a seca e, ou, a criação de condições de subsistência para os produtores. No novo conceito, a irrigação evoluiu de simples aplicação de água na agricultura para um importante instrumento no aumento da produção, produtividade e rentabilidade, diminuição dos riscos de investimento (MONTOVANI et al. 2009).

3.3.1 Método de irrigação localizada

A irrigação localizada engloba os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada no solo, diretamente sobre a região radicular. A aplicação pode ser realizada por dois sistemas, gotejamento ou microaspersão. Possuem uma alta eficiência de aplicação e uso da água.

Geralmente o sistema de irrigação localizada é o mais utilizado em estufas por possibilitar um controle rigoroso da quantidade de água aplicada às plantas além de possibilitar maior eficiência na aplicação, economizando água e energia. O sistema de irrigação por gotejamento é composto por emissores, dos quais água é aplicada diretamente na região radicular em pequenas intensidades e alta frequência.

Este sistema aplica água em apenas parte da área, reduzindo, assim, a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor. A irrigação localizada é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, ou seja, o sistema é constituído de tantas linhas laterais quantas forem necessárias para suprir toda a área, isto é, não há movimentação das linhas laterais. Porém, somente determinado número de linhas laterais deve funcionar por vez, a fim de minimizar a capacidade do cabeçal de controle (BERNARDO, 2006).

3.3.2 A irrigação e o desenvolvimento do agronegócio

A necessidade humana é primordial, para a consecução do produto agrícola é necessário levar em consideração diversas atividades que se iniciam da própria produção agrícola, entre outros processos indispensáveis para culminar no produto final. Diversos benefícios são gerados quando a técnica da irrigação é inclusa no sistema produtivo, as necessidades hídricas das plantas são supridas mesmo que ocorra escassez de precipitação, minimizando assim a possibilidade de perda na produção. (TESTEZLAF et al. 2002).

Segundo Testezlaf, et al. (2002) anteriormente citados, a utilização da técnica de irrigação é vista como um elemento ampliador da disponibilidade de produto. Assim como estudos científicos indicam que o estresse causado pela falta de água reduz sensivelmente a produção vegetal, porém quando há um controle na aplicação da água, como consequência ocorre índices de produtividade acima das medias das culturas.

3.3.3 Manejo da água de irrigação

A agricultura irrigada geralmente esta relacionada com o elevado consumo de água e a preocupação entorno desse assunto cresce proporcionalmente com o aumento da escassez de

água de boa qualidade, apesar do aporte tecnológico, no Brasil a irrigação ainda é praticada de forma inadequada, gerando grandes desperdícios (MANTOVANI et al., 2006 & MAROUELLI et al., 2008).

O desperdício segundo Mantovani et. al. (2006), ocorre por três fatores: uso de sistemas de baixa eficiência na aplicação da água, pouca utilização de critérios técnicos de manejo de água e poucas informações sobre parâmetros para manejo de água. É importante que haja aplicação de critérios tanto na fase de dimensionamento quanto na de operação dos sistemas de irrigação, para chegar ao nível de eficiência adequada, reduzindo assim os custos na implantação, o desperdício de água e consequentemente aumentando a lucratividade.

3.3.4 Sistema de bombeamento

Conjunto de componentes mecânicos e elétricos responsáveis por adicionar energia aos líquidos e tem como função facilitar o movimento dos mesmos. Para irrigação os tipos de bombas mais utilizados são as bombas centrífugas. O funcionamento se dá através da rotação do seu eixo acoplado ao rotor faz com que o fluído passe pelo centro do eixo onde é expulso para os lados devido à ação da força centrífuga (PEREIRA DE SÁ, 2010).

3.4 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

Del Harder em 1946 criou a palavra automação, referenciando alguns dispositivos automáticos que a *Ford Motor Company* tinha criado para suas linhas de produção. Com o surgimento de novas tecnologias muitas das novas invenções e desenvolvimentos foram contribuindo para a evolução da automação (GROOVER, 2001).

Para Santos (1979), existem diferenças entre os conceitos de automação e automatização, sendo que um está ligado à ideia de conjunto de técnicas das quais se constroem sistemas ativos que por sua vez atuam através das informações recebidas, onde o sistema toma como base essas informações para realizar os cálculos movimento automático, repetitivo e mecânico. Já a automatização esta vinculada a ideia de movimento automático, repetitivo e mecânico, ou seja, é um mecanismo de ação cega e sem correção.

Os sistemas eletrônicos destinados à automação permitem uma grande melhoria na forma de produzir em ambiente protegido. A introdução deste elemento em uma produção agrícola reduz, não só problemas de caráter humano de má operação, como também o consumo de insumos e o custo de produção. Ainda sim, a complexidade de se realizar o manejo da produção é tão elevada, que é inviável se projetar sistemas completamente autônomos. (ALBUQUERQUE & DURÃES, 2008).

Conforme Albuquerque & Durães (2008) citado acima faz-se necessário o monitoramento e a alteração de determinados parâmetros dependendo dos resultados do plantio, época do ano e estágio de desenvolvimento da planta. Para minimizar esses erros poder-se-ia variar a frequência de irrigação de acordo com os estágios da cultura.

3.4.1 Plataforma Arduino

O Arduino surgiu na cidade de Ivrea, na Itália, no ano de 2005. Com a ideia de facilitar e reduzir o custo para possibilitar que seus estudantes de *design* pudessem trabalhar com tecnologia, o professor Massimo Banzi e o pesquisador David Cuartielles desenvolveram o projeto da plataforma Arduino. (EVANS et al. 2013).

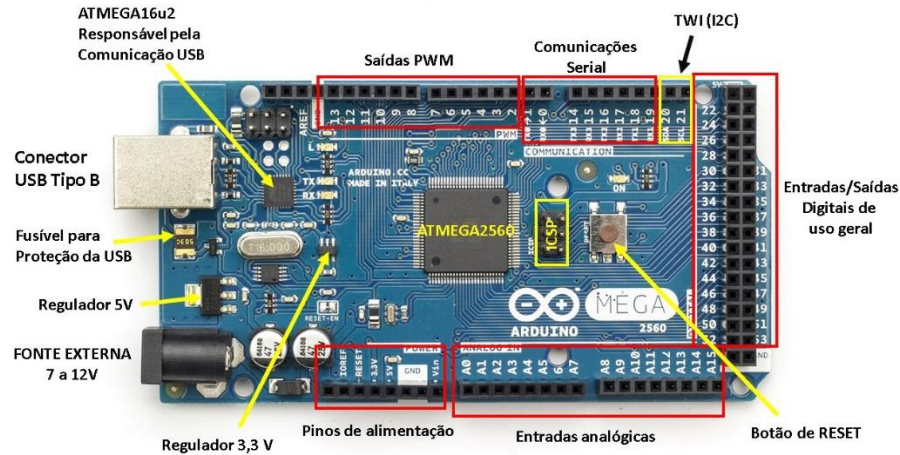
3.4.2 O Arduino e seus componentes

O Arduino é um microcontrolador, com inteligência programável sendo utilizado em controle de processos lógicos. A placa eletrônica é composta por um processador, memórias, periféricos de entradas e saídas, onde através do processamento de dados obtidos, tem-se um novo conjunto de saída dados.

Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. (MCROBERTS, 2011).

O Arduino utiliza a linguagem de programação *Processing* fundamentada na linguagem de programação C/C++ é baseado em um microcontrolador (Atmega328), possibilitando programa-lo. Pode ser programado utilizando-se uma interface serial USB.

Figura 1- Representação esquemática da arquitetura do *Hardware* Arduino.



Fonte: Souza (2014).

Especificações técnicas

O Arduino é uma placa eletrônica que contém as seguintes características:

- ✓ 14 pinos de entrada e saída digitais (dos quais 6 podem ser usados com saída analógicas PWM);
- ✓ 6 pinos de entrada analógica ou entrada ou saída digital;
- ✓ 5 pinos de alimentação;
- ✓ 1 pino de *reset*;
- ✓ 2 pinos para conectar o cristal oscilador.

3.4.3 Software para criação da programação

Para a inserção do software na placa do Arduino é necessário um IDE (Integrated Development Environment - Ambiente de desenvolvimento integrado) sendo que o compilador utilizado é C/C++. Depois de ter criado o programa e compilar, o código gerado é gravado no microcontrolador ATmega 328.

Compilador é o programa responsável por pegar um código escrito em uma determinada linguagem e reescrever o mesmo código em outra linguagem, com a mesma função. No caso do Arduino, a função do compilador é reescrever um código escrito em C/C++ e reescrever o código em binário Atmel AVR (KEMPER, 2017).

3.5 CONTROLE AMBIENTAL

3.5.1 Temperatura

A temperatura é um fator necessário para o controle de todas as atividades fisiológicas, assim como as taxas das reações metabólicas nas células, alterações da temperatura ambiental influenciam nas reações químicas vitais das plantas e ocasionam alterações significativas nas taxas de crescimento (BROWSE & XIN, 2001). A implantação de um sistema de ventilação para o controle interno da estufa é necessário para a adequação da temperatura ideal para cada cultivar.

3.5.2 Umidade de solo

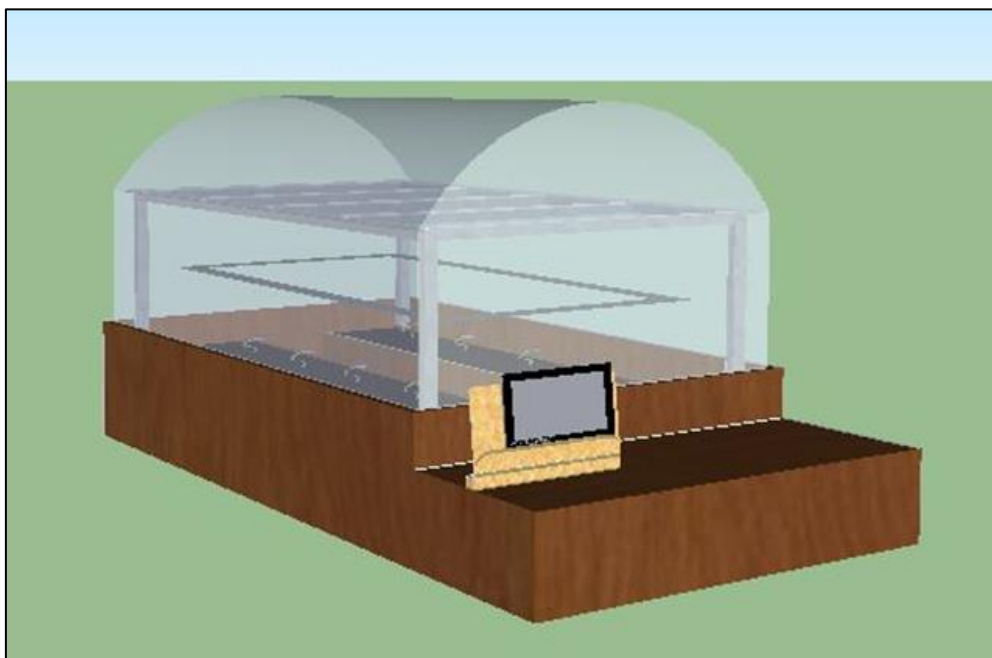
O solo possui a função de fornecer o suporte físico e químico para as plantas, composto de ar, nutrientes e água ele funciona como uma espécie de reservatório contendo elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. A umidade do solo é um fator importante, para que ocorra o estabelecimento das raízes no solo é necessário um equilíbrio entre a porcentagem de ar e água retidos nos poros. Existem três níveis de umidade de grande importância, que são: saturação, capacidade de campo e ponto de murcha permanente. (SARAIVA LOPES et al., 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1.1 Estrutura da estufa

Para este projeto foi utilizado à estufa tipo arco. Para construção da estrutura foi utilizado madeira e barras de *metalon*, com dimensões de 1200 x 800 x 7500 mm (comprimento x largura x altura) conforme (Figura 2). Para cobertura lateral e do teto foi utilizado filme agrícola (plástico 120 micras), para proporcionar um ambiente próximo do real.

Figura 2- Representação gráfica do protótipo da estufa.



Fonte: Avozani, 2017

4.1.2 Manejo da estufa

A estufa foi desenvolvida e controlada através de um microcontrolador, e os periféricos, permitindo o controle total do ambiente interno da estufa. Os dados da programação feitos no IDE Prossecing serão enviados através de cabo USB do computador que armazena o supervisor para a plataforma Arduino que processa os dados recebidos dos seus periféricos, formaram um conjunto de monitoramento de dados e decisões a serem interpretadas de forma descritiva.

4.1.3 Exemplificações do funcionamento

O funcionamento se dá através da interligação de sistemas denominados mestre e escravos, em ambientes de supervisão.

Serão utilizados sensores de temperatura, de umidade e vazão. Onde os mesmos irão comandar o cooler, gotejadores, respectivamente para controlar as variáveis.

4.1.4 Plataforma Arduino MEGA 2560

Para este projeto utilizou-se a placa Arduino MEGA 2560, é baseada no microcontrolador ATmega2560, ela possui 54 pinos de entradas e saídas digitais onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial. Por ser um projeto que necessitava de uma quantidade maior de pinos de

entradas e de saídas que o Arduino UNO apresentava, optou-se pela placa similar, com maior capacidade para construção do *hardware*.

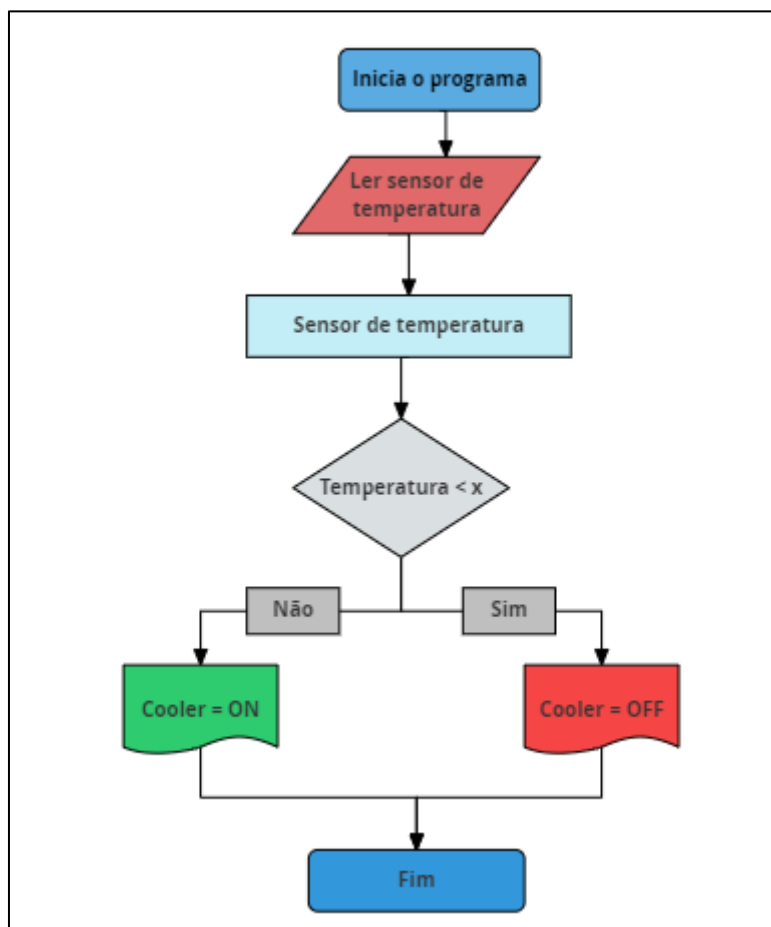
4.1.5 Protoboard para montagem do circuito

A *protoboard* é uma matriz de contatos, e neste projeto foi utilizada para fazer montagens provisórias para testar os circuitos eletrônicos responsáveis por interligar o arduino MEGA 2560, sensores e atuadores. A *protoboard* é constituída por uma base plástica, contendo inúmeros orifícios destinados à inserção de terminais de componentes eletrônicos. Internamente existem ligações determinadas que interconectam os orifícios, permitindo a montagem de circuitos eletrônicos sem a utilização de solda.

4.1.6 Sensor de temperatura

Para o controle da temperatura e ativação do sistema de ventilação e aquecimento, foi necessário a utilização de sensores em conjunto com o arduino conforme a (Figura 3). Para este projeto será utilizado o sensor de temperatura a prova de água DS18B20 apresentada na (figura 4). Este sensor é indicado para aplicações onde é necessário medir a temperatura a uma longa distância do microcontrolador ou em ambientes úmidos. Uma grande vantagem é que por ser digital, a leitura do sensor não sofre interferência da distância. O sensor permite a obtenção de leituras da temperatura de até 100°C.

Figura 3 - Representação gráfica do funcionamento do sensor de temperatura.



Fonte: Avozani, 2018.

Figura 4 - Sensor de temperatura DS18B20 utilizado no projeto.



Fonte: Filipeflop, 2017.

4.1.7 Sistema de ventilação

A renovação de ar dentro de estufa é importante, pois a concentração de gases e a umidade do ar são modificadas, pode ocasionar o surgimento de doenças. A

ventilação irá consistir na substituição de ar quente do interior da estufa por outra massa de ar mais fria, regulando a temperatura próxima ao ideal para cada cultura.

4.1.8 Cooler

O cooler é um elemento eletrônico formado por aletas ou pás, que possui a função de deslocar o ar para realizar o resfriamento, possui um motor elétrico que quando ligado a uma tensão seja contínua ou alternada, produz um campo magnético em seu estator que induz uma corrente no rotor, produzindo assim o giro do mesmo. (Figura 5).

Figura 5 - Cooler utilizado no projeto.



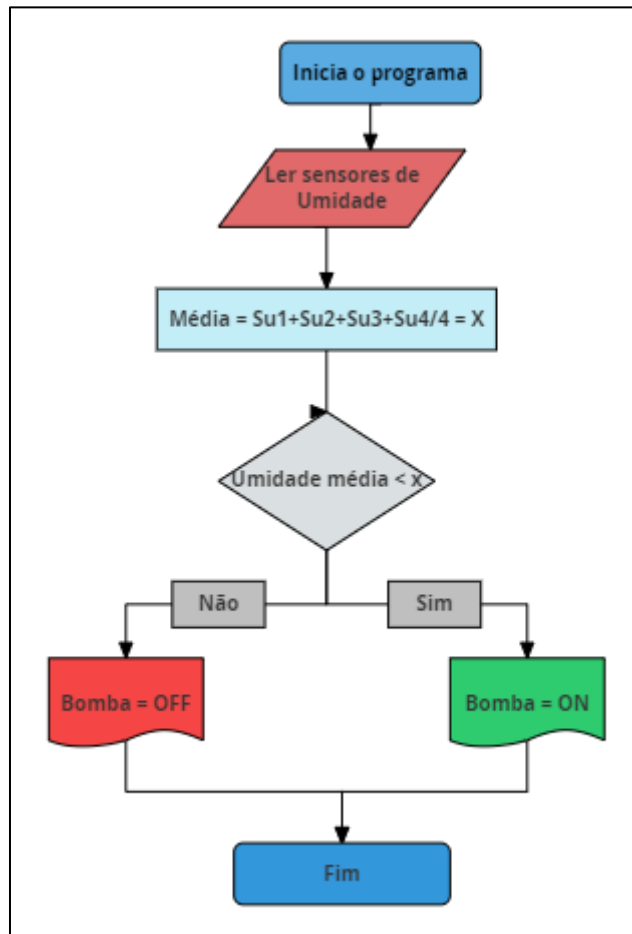
Fonte: Avozani, 2018.

4.1.9 Sensor de umidade do solo

Para o controle da umidade do solo foi utilizado o sensor de Solo Higrômetro seu funcionamento se dá por meio da variação da umidade no solo, onde a mesma possui uma resistividade da passagem de água no solo, ou seja, quanto maior a presença de água menor será a resistividade e quanto menor a presença de água maior a resistividade. Sendo assim o sensor envia sinais analógicos de tensão ao Arduino contendo estas informações de resistividade, que alimenta o supervisor com os respectivos dados. Quando a umidade do solo, exigida pela cultura, for menor que a desejada, o Arduino enviará sinais para ativação do sistema de bombeamento através do relé.

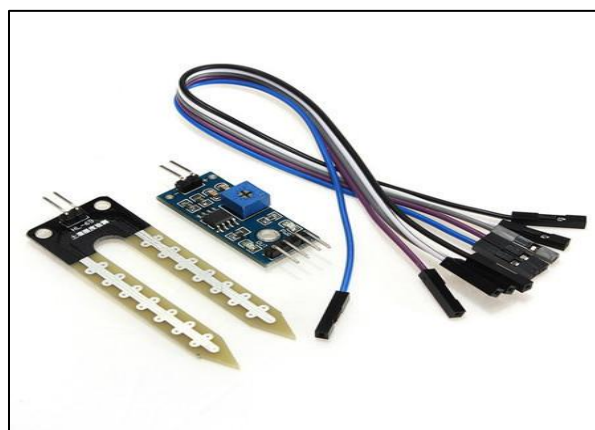
Este Sensor foi feito para detectar as variações de umidade no solo, sendo que quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido em estado baixo. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída digital.

Figura 6 - Representação gráfica do funcionamento do sensor de umidade.



Fonte: Avozani, 2018.

Figura 7 - Sensor de Umidade do Solo Higrômetro.



Fonte: Filipeflop (2017)

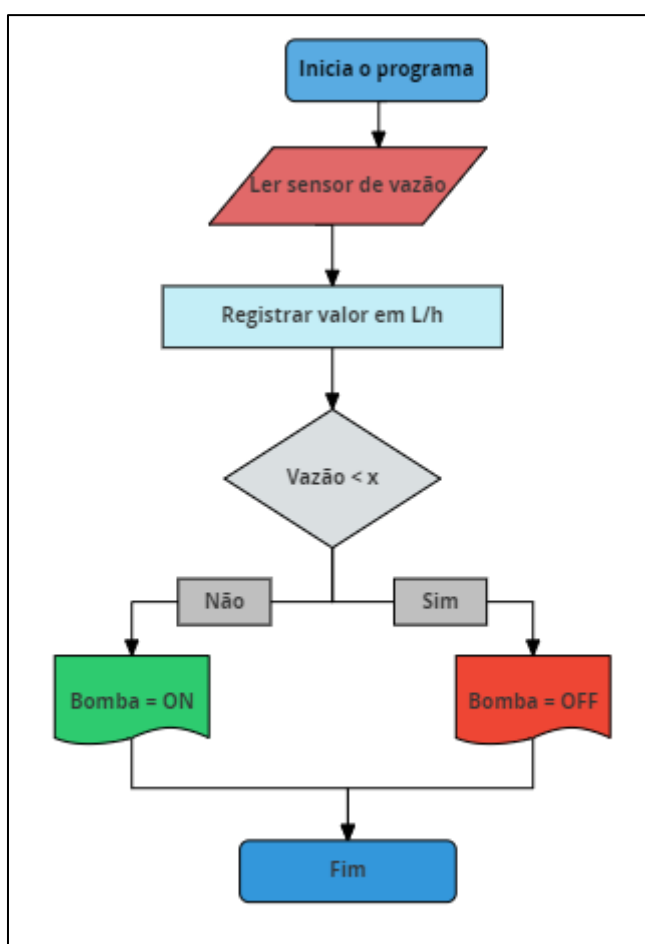
4.1.10 Sensor de fluxo de água (vazão)

O sensor de vazão YF-S201 tem a função de medir a quantidade de água que circula em determinada instalação, através de uma válvula em formato de cata-vento com um ímã

acoplado que trabalha em conjunto com um sensor de efeito hall enviando pulsos *Pulse Width Modulation* (PWM) para o arduino, que fará o processamento dos dados possibilitando a mensuração da vazão de água.

Para este projeto o sensor de fluxo de água YF-S201 irá medir a quantidade de água consumida. Além de funcionar como um elemento de segurança para o sistema de bombeamento hidráulico, através da programação será determinado uma quantidade mínima de água, antes de atingir um nível abaixo do determinado o sistema se desligará automaticamente, evitando a danificação do sistema de bombeamento.

Figura 8 - Representação gráfica do funcionamento do sensor de vazão.



Fonte: Avozani, 2018.

Figura 9 – Sensor de fluxo de água YF-S201.



Fonte: UsinaInfo (2017).

4.1.11 Módulo Relé

Para controlar os dispositivos atuadores (bomba d'água, *cooler*) foi usado dois relés (Figura 15) no Arduino, para controlar os mesmos ligados na rede elétrica (220 Volts). Um relé é basicamente um interruptor eletromecânico, onde uma corrente baixa aplicada a uma bobina faz com que o contato do interruptor se desloque, abrindo ou fechando um circuito elétrico. No caso do Arduino, uma tensão de 5v aplicada no relé faz com que acionemos um interruptor ligado a dispositivos ligados a uma tensão de 220v.

Figura 10 – Placa com dois relés utilizados para controlar a bomba d'água e o cooler.



Fonte: Reis, (2014)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

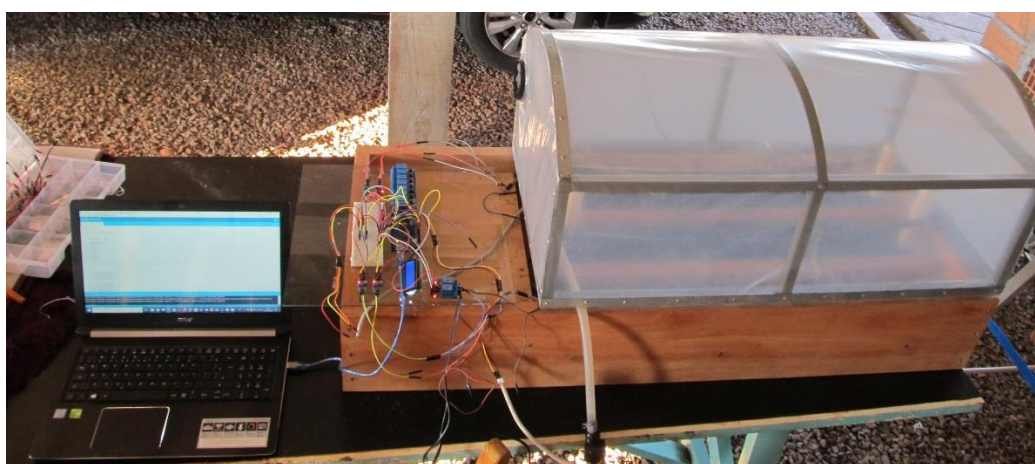
5.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Ao realizar o estudo sobre as plataformas de prototipagem existentes no mercado, definiu-se a utilização do Arduino Mega 2560 devido a sua capacidade e possibilidades de integrar uma maior quantidade de equipamentos. Foi feito também um levantamento dos

sensores disponíveis, no qual foi necessário compreender o seu modo de funcionamento, suas aplicabilidades para definir os modelos a serem utilizados.

Para realizar a programação e a construção do protótipo foi necessário testar códigos de programação para conhecer individualmente as funções que o equipamento fornece. Na estrutura foi instalado um *cooler* para realizar a ventilação do ambiente interno da estufa, sistema de irrigação por gotejamento, assim como a disposição de um sensor de temperatura, quatro sensores de umidade de solo, um sensor de vazão e uma bomba d'água, controlados através do Arduino.

Figura 11- Protótipo da estufa tamanho de bancada, para realização dos testes.

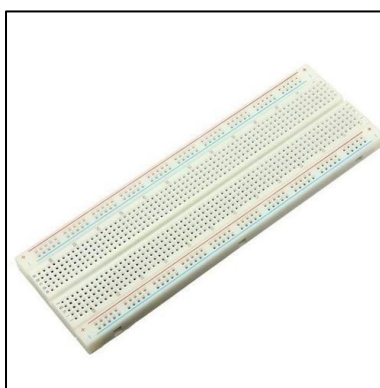


Fonte: Avozani, 2018.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE E SOFTWARE

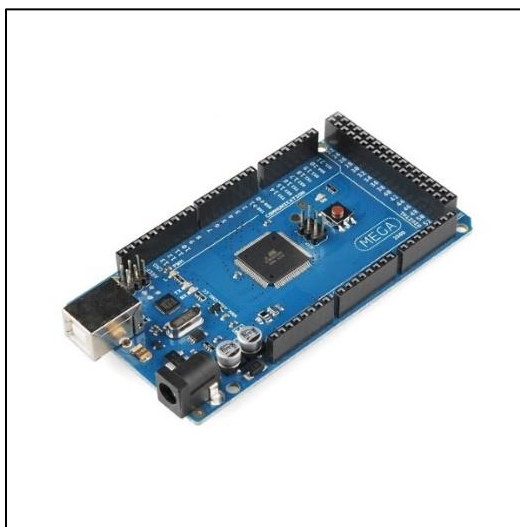
Para a construção do *hardware*, foi utilizado uma *protoboard* (Figura 12) que permitiu montar os circuitos eletrônicos entre os sensores, atuadores e um Arduino ATMEGA2560 (Figura 13).

Figura 12 – Protoboard de 830 pontos utilizadas para a construção do hardware.



Fonte: Filipeflop (2018)

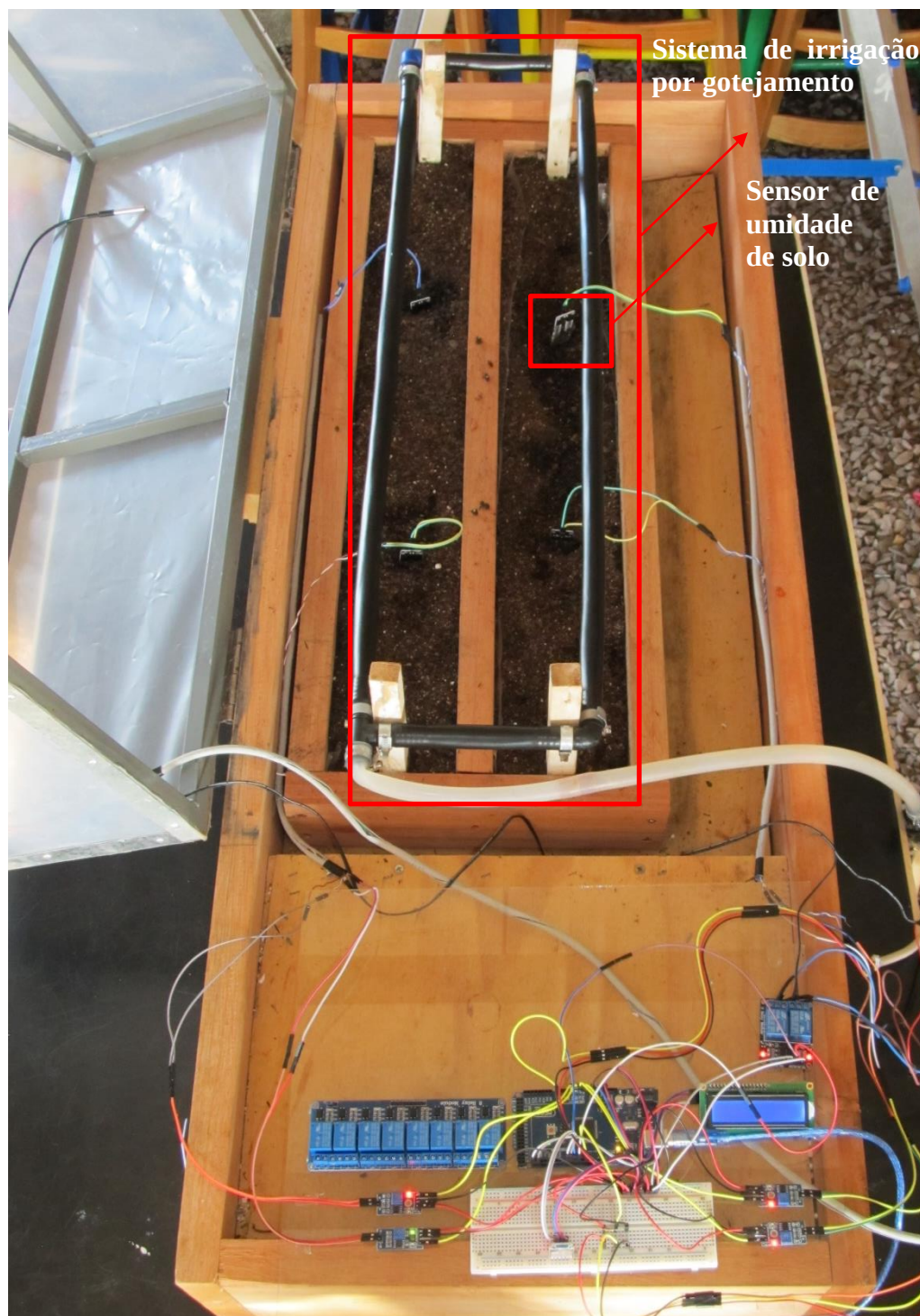
Figura 13 – Arduino MEGA 2560 semelhante ao utilizado no projeto.



Fonte: Filipeflop (2018)

Deixando um notebook servidor conectado ao controlador e rodando a aplicação, os dispositivos pertencentes ao protótipo foram testados individualmente para entender seus funcionamentos e a comunicação com o controlador. Para cada item era desenvolvido um código de programação de teste. Quando todos os itens foram testados individualmente, iniciou-se a integração dos equipamentos, com a elaboração do código de programação do protótipo.

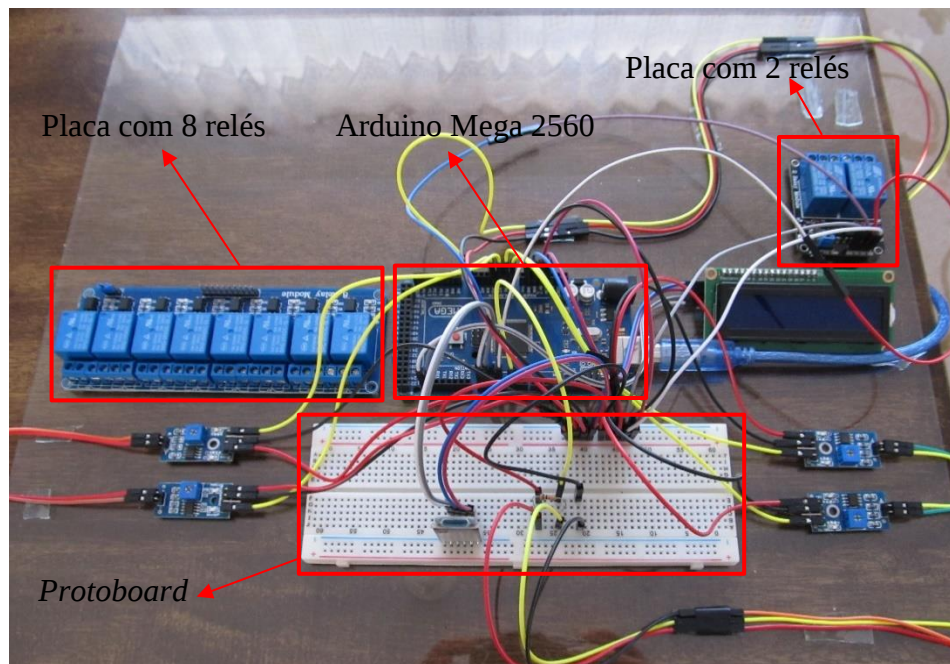
Figura 14 – Parte interna do protótipo com os sistemas de irrigação e sensores.



Fonte: Avozani, 2018.

A parte física do projeto (*hardware*) foi montada sobre uma placa de vidro, para facilitar a construção, onde foram utilizados *jumpers* para interligar os componentes conforme mostra a figura abaixo.

Figura 15 – Placa com os componentes físicos do projeto.



Fonte: Avozani, 2018.

Para o desenvolvimento da parte lógica (*software*), utilizou-se o IDE (*Integrated Development Environment* - Ambiente de desenvolvimento integrado) (Figura 16) sendo que o compilador utilizado é C/C++. Criando um programa atendendo as necessidades expostas no projeto.

Figura 16 – *Software* onde foi realizado o desenvolvimento da parte lógica que comanda o arduino, os sensores e atuadores.

```

Programa_o_estufa | Arduino 1.8.5 (Windows Store 1.8.10.0)
Arquivo  Editar  Sketch  Ferramentas  Ajuda

Programa_o_estufa
#include <Wire.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define I2C_ADDR    0x3F

#define BACKLIGHT_PIN 3
#define En_pin  2
#define Rw_pin  1
#define Rs_pin  0
#define D4_pin  4
#define D5_pin  5
#define D6_pin  6
#define D7_pin  7

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, En_pin, Rw_pin, Rs_pin, D4_pin, D5_pin,

```

Fonte: Avozani, 2018.

5.3 SENSORES

Sensores são dispositivos que recebem informações do ambiente e respondem através de estímulos elétricos, que podem ser interpretados por microcontroladores.

5.3.1 Controle da temperatura

O controle da temperatura foi feito através da utilização de um sensor de temperatura DS18B20 com precisão de $\pm 0,5$ °C, colocado em um ponto central do protótipo, a uma distância do *cooler* para que não houvesse uma interferência direta do vento gerado pelo mesmo em relação ao sensor.

Dentro do programa foi determinado uma faixa de temperatura de 24°C à 26°C, onde o arduino recebia informação do sensor de 5 em 5 segundos, caso a temperatura atingisse um valor acima dos 26°C, o *cooler* automaticamente era ativado, através de pulsos elétricos enviados do arduino para o relé, após a temperatura entrar novamente na faixa ideal o cooler era desligado.

5.3.2 Controle da umidade do solo

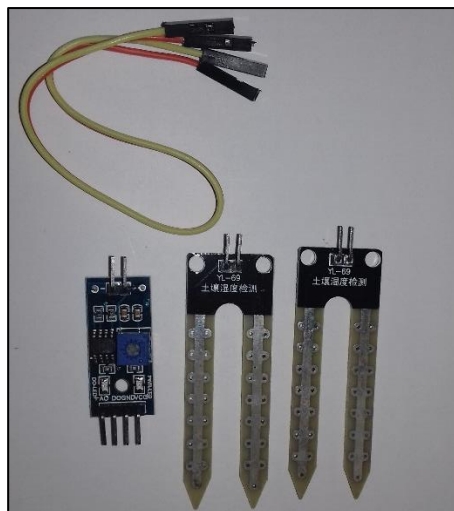
O controle da umidade do solo foi realizado utilizando quatro sensores higrômetros dispostos na parte interna da estufa. O sensor de umidade do solo consiste em 2 partes: uma sonda que entra em contato com o solo, e um pequeno módulo contendo um chip comparador LM393, que faz a leitura dos dados que vêm do sensor e envia para o arduino MEGA 2560.

O sensor de umidade de solo envia sinais analógicos para o arduino Mega 2560, o qual tem a capacidade de converter a faixa de valores que vão de 0 (extremamente úmido) a 1023 (muito úmido) através da programação inserida no mesmo, que converte em escala percentual os valores de umidade do solo.

Durante os testes estabeleceu-se uma faixa de valores de umidade do solo ideal que ficou entre 45% a 53%. Os valores obtidos foram utilizados para determinar o momento certo de acionar o sistema de bombeamento, que ao atingir a faixa de valor determinada como ideal automaticamente se desligava através de pulsos elétricos enviados do arduino Mega 2560 para o segundo relé.

Durante o período de avaliação verificou-se que a precisão dos sensores ficou comprometida, pois houve um desgaste das hastes que estavam em contato com o solo, como mostra a figura abaixo.

Figura 17 – Sensor de umidade de solo após ser utilizado por um período de 3 meses.



Fonte: Avozani, 2018.

5.3.3 Controle do fluxo de água

Para realizar o controle do fluxo de água foi utilizado um conjunto formado por uma bomba d'água e um sensor de vazão conectados em série. Os mesmos são ligados ao reservatório de água através de mangueiras. Ao serem acionados através de pulsos elétricos enviados do arduino Mega 2560 para o relé, a bomba d'água é acionada, então a água é impulsionada do reservatório para os gotejadores. A leitura dos pulsos é atualizada a cada cinco segundos, com o objetivo de definir em Hz a frequência lida.

5.4 ATUADORES

Os atuadores têm a função de produzir movimento ou de executar uma função de forma automática, através comandos enviados por microcontroladores, com base em uma entrada ou critério a ser seguido, os mesmos modificam o ambiente com ações.

5.4.1 Cooler

O *cooler* foi utilizado para ajudar na circulação do ar na parte interna do protótipo, sua ativação foi feita através do relé, que ao receber o comando do arduino Mega 2560 ativa ou desativa de forma automática, conforme a temperatura interna ideal do ambiente, determinada na programação.

5.4.2 Bomba d'água

Para realizar o bombeamento da água até o sistema de irrigação, foi utilizado uma bomba d'água semelhantes às que são usadas em aquários (Figura 18). A mesma é ativada através do relé, que recebe pulsos elétricos do arduino Mega 2560, ligando e desligando conforme as informações recebidas dos sensores de umidade de solo.

Figura 18 – Bomba d'água utilizada para realizar o bombeamento da água até os gotejadores.



Fonte: Petz, 2018.

Durante o período de desenvolvimento do protótipo foram realizados testes de funcionamento, nos quais foram medidos valores diferentes de temperatura, umidade do solo e vazão. O *software* e *hardware* atenderam às expectativas do proposto, pois o mesmo foi implementado um baixo custo, aproximando-se na medida do possível, o protótipo de uma situação real de implantação.

6 CONCLUSÃO

O presente projeto teve o propósito de viabilizar o uso da automação aliada a um baixo custo, para estufas de pequeno porte. Através do desenvolvimento do protótipo foi visto que há uma necessidade de incrementar melhorias, na parte física (*hardware*) e na parte lógica (*software*), para profissionalizar o sistema.

Após a avaliação do protótipo, sugere-se para melhoramento do projeto a implantação de sensores industriais, que possuem maior precisão e durabilidade, o que aumentaria o grau de confiabilidade do projeto. Outra sugestão de complementação do projeto é a elaboração de um sistema de supervisão de dados.

Para aplicação real do protótipo em uma estufa, seria necessário trocar os sistemas de bombeamento, o sistema de irrigação, acrescentar uma quantidade maior de sensores de

umidade e temperatura conforme a área da estufa, bem como acrescentar válvulas solenóides para comandar cada linha de irrigação, tornando assim o sistema mais preciso.

Como sugestões futuras, pode-se desenvolver um sistema supervisório para controle e gerenciamento do sistema de automação, com uma interface amigável, onde o produtor poderá selecionar opções de culturas a serem implantadas, não sendo necessárias alterações no código fonte do programa.

7 BIBLIOGRAFIA

ABRAHÃO SILVA, Bruna; PAGIUCA, Larissa Gui; RODRIGUES DA SILVA, Amanda. **Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. HORTIFRUTI BRASIL**, São Paulo, 01 mar. 2014. Capa, p. 10 e 13. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf>. Acesso em: 01 out. 2017.

ANDRADE, C.M.S., VALENTIM, J.F., CARNEIRO, J.C.C.; VAZ, F.A. 2004. **Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(3): 263-270.

BANZI, M. **Primeiros Passos com Arduino**. São Paulo: Novatec, 2012.

BASCONCELLO FILHO, Daniel O. **Curso de Arduino: O Hardware**. Disponível em: <http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_hardware_pg1.php>. Acesso em: 20 maio 2018.

BATISTA VIDA, João et al. **Manejo de Doenças de Plantas em Cultivo Protegido**. 2006. 18 p. Artigo (Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2006. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/80459.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2017.

BERNARDO S.; PALARETTI L.F.; MANTOVANI E. C. (2006). **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa, Editora da UFV. 318 p.

BORBA DOS SANTOS, Aline; SANTOS DO NASCIMENTO, Fábio. **Transformações ocorridas ao longo da evolução da atividade agrícola: algumas considerações**. 8. ed. Goiânia: Centro Científico Conhecer, 2009. 2 p. v. 5. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2009B/transformacoes.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

BREUNIG LINN, ADAN FELIPE et al. **Estufa inteligente: sustentabilidade automatizada**. 2012. 76 f. Artigo (Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) ESTUFA INTELIGENTE: Sustentabilidade Automatizada)- UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Goiânia, 2012.

BROWSE, J. & Xin, Z. 2001. **Temperature sensing and cold acclimation. Current Opinion in Plant Biology** 4: 241-246.

CHARTUNI MANTOVANI, Everardo ; BERNARDO, Salassier; PLARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação Princípios e Métodos** . 3ª. ed. Viçosa - MG: UFV, 2012. 355 p. v. 3º.

DE SOUZA MENDES, Paulo Cesar. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. 2006. 156 p. dissertação (Área de concentração: Processamento de Informação e Energia)- Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2006.

DERMEVAL SARAIVA LOPES, José; DE LIMA, Francisca Zenaide; GONÇALVES OLIVEIRA, Flávio. **Irrigação por aspersão convencional**. Viçosa - MG: Aprenda Fácil, 2009. 144 a 145 p.

ELETRÔNICA DIDÁTICA, **Protoboard**. 2018. Disponível em: <<http://www.eletronicadidatica.com.br/protoboard.html>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

EVANS, M.; NOBLE, J; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

FILIFEFLOR. Disponível em: <<https://www.filifevlo.com/produto/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

FILIFEFLOR. Disponível em: <<https://www.filifevlo.com/produto/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

FILIFEFLOR. Disponível em: <<https://www.filifevlo.com/produto/modulo-bluetooth-ble-v4-0-hm-10-keyes/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

FILIFEFLOR. Imagem Arduino ATMEGA 2560. 2018. Disponível em: <<https://www.filifevlo.com/produto/placa-mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

GERGOLETTI, Ivan Ferdinando. **PRODUÇÃO DE ALIMENTOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE CENÁRIOS NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**. 2008. 191 p. Tese - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP, Santa Bárbara D'Oeste - SP, 2008. Disponível em: <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/26052012_141832_ivan_gergo_tese.pdf>. Acesso em: 16 maio 2018.

GROOVER, M. P. – **Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing**. New Jersey. Prentice – Hall, 2001.

HOLT, J.S. 1995. **Plant response to light: a potencial tool for weed management**. Weed Science, 43: 474-482.

KEMPER. **Robótica com caráter social**. (Disponível em: <<http://www.kemper.com.br/wordpress/2017/11/02/Arduino-instalacao/>>Acessado em: 11 nov. 2017).

LARCHER, W. 2006. **Ecofisiologia Vegetal**. RiMa, São Carlos, SP, 398p.

LITJENS, O. J. **Automação de estufas agrícolas utilizando sensoriamento remoto e o protocolo Zigbee**. TCC (Engenharia Elétrica), Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2009.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARET TI, L. F. **Irrigação: princípios e práticas**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008c. 150 p

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MUTEIA, Hélder. **O crescimento populacional e a questão alimentar**. O País, Portugal, 25maio2018.OPINIÃO, p.16.Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/lisbon/docs/O_Pa%C3%ADs_25_7_2014.pdf>. Acesso em: 16 maio 2018.

PEREIRA DE SÁ, Daniel Augusto. **Sistemas fotovoltaicos para o bombeamento de água**. 2010. 65 f. dissertação (Engenharia Elétrica)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ,2010. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000529.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

PETZ. **Bomba d'água.2018**. Disponível em: <<https://www.petz.com.br/produto/bomba-submersa-boyu-sp-500-82420>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

REIS, Valdinei Rodrigues. **Usando um relé para controlar dispositivos elétricos**. 2014. Disponível em: <<http://www.arduino.br/arduino/acionadores/usando-um-rele-para-controlar-dispositivos-eletricos/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

SALISBURY, F. B. & Ross, C. W. 1991. **Plant Physiology**. 4th ed. California; Wadsworth Publishing Company, 1991. 682p.

SANTOS, J. J. H. **Automação Industrial**. São Paulo, 1979.

SANTOS PINHEIRO, José Mauricio. **Introdução às Redes de Supervisão e Controle**. 2006. Disponível em: <http://www.projetode-redes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php>. Acesso em: 16 nov. 2017.

SARAIVA LOPES, José Demerval et al. **Irrigação por Aspersão Convencional**. 2. ed. [S.l.]: Aprenda Fácil, 2017. 343 p.

SILVA, Leonardo Duarte Batista da; FOLEGATTI, Marcos Vinícius. **Manejo da Irrigação**. Rio de Janeiro – RJ: UFRRJ, 2007.

SILVA DE OLIVEIRA, Áureo et al. **Manejo da água de irrigação**. In: MAROUELLI, Waldir Aparecido et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 1. ed. [S.l.: s.n.], 2008. cap. 5, p. 159-232. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55931/1/IRRIGACAO-e-FERTIRRIGACAO-cap5.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2018.

SOUZA, Fábio. **Arduino MEGA 2560**. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

SOUZA, Fábio. **Resumo de recursos da Arduino MEGA 2560**. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

TESTEZLAF, Roberto; EIJI MATSURA, Edson; CARDOSO, João Luiz. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. 2002. 45 p. Artigo (Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio Engenharia Agrícola)- Faculdade de Engenharia Agrícola, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, Campinas - SP, 2002.

USINAINFO. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-fluxo-arduino/sensor-de-fluxo-de-agua-g-12-1-30-lmin-2578.html?search_query=sensor+de+fluxo+de+agua&results=8>. Acesso em: 20 out. 2017.